

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



**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE UN SECTOR DE LA  
CUENCA ALTA DEL RÍO SAN MIGUEL, EN LAS  
COORDENADAS N: 877903 Y E: 410973 AL NOROESTE DEL  
POBLADO DE AGUA LINDA. MUNICIPIO HERES,  
PARROQUIA ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE  
GRADO PRESENTADO  
POR EL BACHILLER  
GOITIA MORENO, YAER  
ISAAC PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE GEÓLOGO**

**CIUDAD BOLÍVAR, ABRIL DE 2018**



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

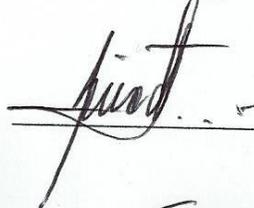
**ACTA DE APROBACIÓN**

Este Trabajo de Grado, titulado: **“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE UN SECTOR DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN MIGUEL, EN LAS COORDENADAS N: 877903 Y E: 410973 AL NOROESTE DEL POBLADO DE AGUA LINDA. MUNICIPIO HERES, PARROQUIA ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR”**, presentado por el bachiller, **GOITIA MORENO, YAER ISAAC** cédulas de identidad No: **19.078.656**; como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO** ha sido **APROBADO** de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente por el jurado integrado por los profesores

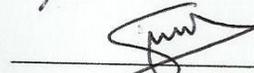
Nombre y Apellido:

Firma:

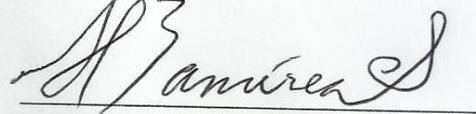
Prof. Rosario Rivadulla  
(Asesor)



Prof. JOSE SIMON GONZALEZ  
(Jurado)



Prof. Henry Ramirez  
(Jurado)



Prof. Rosario Rivadulla  
Jefe de Dpto. de Geología



Prof. Francisco Monteverde  
Director de Escuela



En Ciudad Bolívar, a los \_\_\_\_\_ días del mes de Abril de 2018

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo de investigación a mi sobrina hermosa Paula, por ser la energía que promueve mis acciones y a mi novia bella Marinés quien ha sido mi apoyo y mi sustento en los momentos difíciles y quien mantiene mi rumbo en la búsqueda constante del éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco a mi padre Ernesto Goitia y en especial a mi madre Yalitzee Moreno por su apoyo, amor incondicional y por su sabiduría, a mi hermana Oriana Goitia por su cariño fraternal y por ser parte del círculo vital de mi vida, a mi novia Marinés González por su amor puro y sincero, a mi tutora Rosario Rivadulla por guiarme en mi tesis, a la profesora Anna Bandini por apoyarme en los ensayos de laboratorio, a mis profesores por inculcar la sapiencias, despertar mi curiosidad y pasión en la carrera, también a la Universidad de Oriente por proveerme de los conocimientos necesarios para poder convertirme en un profesional y a Dios por crear las circunstancias necesarias y poner a las personas adecuadas para recorrer el camino que me llevará al éxito.

## RESUMEN

El presente estudio se basa en una caracterización geológica de un tramo de 200 metros en un sector del río San Miguel en su cuenca alta, en la época de sequía del año 2017, el río se encuentra ubicado al norte del poblado de Agua Linda, tomando la Troncal 19, en el Municipio Heres del estado Bolívar. La metodología empleada en esta investigación es de tipo descriptiva, con un diseño de tipo documental y de campo. En la zona de estudio se establecieron tres estaciones de muestreo tanto para sedimentos como para muestras de roca. Las muestras de rocas fueron descritas macroscópicamente; y a las de sedimentos se les realizaron análisis granulométricos por tamizado, morfoscópicos, se les determinaron los mecanismos de transporte por el método de Visher, y la estimación de las velocidades de sedimentación, transporte y erosión según el criterio Hjulstrom. Se identificaron dos unidades geológicas: la Formación Mesa con costras ferruginosas y Sedimentos Recientes caracterizados por sedimentos arenosos de gruesos a finos, que forman barras y además se encuentran en el lecho. En las márgenes del río hay arenas medias y arenas finas, y en el lecho arenas medias y muy gruesas a gruesas. Se determinó que en las márgenes predominan las partículas sub-angulosas y angulosas, y van desde 50 % hasta 68,2 % y de 23 % a 34,7 %, respectivamente; y en el lecho del río las partículas sub-angulosas se encuentran entre 47,7 % a 56,7 % y las angulosas desde 25,3 % hasta 35%; lo cual indica que la fuente de los sedimentos está cercana. Por el método Visher se obtuvo que el mecanismo de transporte predominante es la saltación, que incluye de 2 a 5 subpoblaciones con diámetros de 0,15 mm a 1 mm, que corresponde a arenas medias a finas; la tracción tiene de 3 a 1 sub-poblaciones con diámetros de 1 mm a 4,1 mm, que corresponde a arenas muy gruesa; la suspensión tiene de 2 a 1 sub-poblaciones, con diámetros de 0,02 mm a 0,15 mm que responde a limos gruesos. De acuerdo al criterio de Hjulstrom las velocidades para que se produzca la sedimentación está en un rango de 1,5 cm/s y 7,5 cm/s, para el transporte de partículas, va de 1,5 cm/s hasta 23 cm/s, para mover sedimentos arenosos gruesos a finos limosos; de 7,5 cm/s y menores a 45 cm/s para transportar los sedimentos arenosos gruesos gravosos; y para erosionar los sedimentos arenosos gruesos a finos limosos, la velocidad del flujo debe ser mayor a 20 cm/s y 23 cm/s y para sedimentos arenosos gruesos gravosos, mayores a 45 cm/s. Del análisis mineralógico se determinó que el mineral más abundante corresponde a cuarzo cristal de roca, seguido de cuarzos lechosos y cuarzos ahumados, con presencia de minerales pertenecientes al grupo de los óxidos en menor proporción; lo que indica que los sedimentos muestran una alta madurez mineralógica.

# CONTENIDO

Página

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE APÉNDICES .....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I. SITUACIÓN A INVESTIGAR.....</b>	<b>2</b>
1.1 Situación a investigar.....	2
1.2 Objetivos de la investigación .....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	4
1.4 Alcance de la investigación.....	4
1.5 Limitaciones de la investigación .....	4
<b>CAPÍTULO II. GENERALIDADES.....</b>	<b>5</b>
2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio .....	5
2.2 Acceso al área de estudio .....	6
2.3 Características físico-naturales.....	6
2.3.1 Clima .....	6
2.3.2 Temperatura.....	6
2.3.3 Precipitación .....	7
2.3.4 Humedad.....	7
2.3.5 Relieve.....	7
2.4 Características Bióticas.....	8
2.4.1 Vegetación .....	8
2.4.2 Fauna .....	8
2.5 Geología regional .....	8
2.5.1 Complejo de Imataca.....	9
2.5.2 Formación Mesa.....	9
2.5.3 Depósitos aluviales .....	10
<b>CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
3.1 Antecedentes o estudios previos .....	11
3.2 Fundamentos teóricos .....	12
3.2.1 Clasificación de los sedimentos.....	12

3.2.1.1 Sedimento no cohesivo.....	12
3.2.1.2 Sedimento cohesivo.....	12
3.3 Escala granulométrica de Wentworth.....	13
3.4 Redondez de las partículas de sedimento clástico.....	14
3.5 Mecanismos de transporte fluvial de los sedimentos .....	15
3.6 Método de Visher .....	17
3.7 Diagrama de Hjulstrom (1935) .....	18
<b>CAPÍTULO IV. METODOLOGIA DE TRABAJO.....</b>	<b>19</b>
4.1 Tipo de investigación.....	19
4.2 Diseño de la investigación .....	19
4.2.1 Investigación documental.....	19
4.2.2 Investigación de campo .....	19
4.3 Población y muestra de la investigación.....	20
4.3.1 Población de la investigación .....	20
4.3.2 Muestra de la investigación .....	20
4.4 Etapas de la investigación.....	20
4.4.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica .....	22
4.4.2 Visitas al área de estudio .....	23
4.4.2.1 Toma de muestras .....	23
4.4.3 Ensayos de laboratorio .....	23
4.4.4 Mapa geológico y de muestreo .....	27
4.4.5 Interpretación de los resultados .....	27
4.4.6 Elaboración del informe final .....	27
<b>CAPÍTULO V. ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
5.1 Identificación de las unidades geológicas del área de estudio .....	28
5.2 Clasificación textural de los sedimentos.....	31
5.3 Grado de transporte de las partículas.....	32
5.4 Mecanismos de transporte de sedimentos.....	32
5.5 Movimiento de los sedimentos de acuerdo al criterio de Hjulstrom .....	35
5.6 Mineralogía de las partículas .....	36
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>37</b>
Conclusiones .....	37
Recomendaciones.....	38
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Página
2.1 Ubicación geográfica del río San Miguel (Google Earth).....	5
2.2 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 1999-2001).....	10
3.1 Figura 3.1 Mecanismos de transporte, en función de la granulometría (Miall, A. 1978).....	16
3.2 Representación de curvas de la distribución de tamaño de grano en depósitos fluviales y marinos (Visher, G. 1969).....	17
3.3 Diagrama de Hjulstrom (1935). (Allen, G. 1965).....	18
4.1 Flujograma de la investigación.....	21
5.1 Mapa geológico y de muestreo.....	28
5.2 Rocas de la Formación Mesa.....	29
5.3 Sedimentos Recientes en una de las márgenes del río.....	29

## LISTA DE TABLAS

	Página
3.1 Escala granulométrica de Udden-Wentworth (Pettijohn, F. 1975).....	13
5.1 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 1.....	30
5.2 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 2.....	30
5.3 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 3.....	30
5.4 Clasificación textural de las muestras de sedimentos.....	31
5.5 Análisis morfoscópico de las partículas de los sedimentos.....	32
5.6 Subpoblaciones de los mecanismos de transporte de acuerdo a Visher...	33
5.7 Velocidades críticas para que se produzca el movimiento de los sedimentos.....	35
5.8 Mineralogía de las partículas de las muestras de sedimentos.....	36

## LISTA DE APÉNDICES

	Página
A CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS.....	43
B GRADO DE TRANSPORTE DE LOS SEDIMENTOS.....	53
C MODOS DE TRANSPORTE DE LAS PARTÍCULAS CON EL MÉTODO DE VISHER.....	59
D LÍMITES DE VELOCIDADES NECESARIOS PARA QUE SE PRODUZCA EL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DE ACUERDO AL CRITERIO DE HJULSTROM.....	65

## **LISTA DE ANEXOS**

1. MAPA GEOLÓGICO Y DE MUESTREO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

## INTRODUCCIÓN

Las corrientes fluviales corresponden a uno de los medios de transporte de partículas sedimentarias de mayor importancia, debido a su alta capacidad de carga o propiedad para movilizar sedimentos sin depositarlos. Asimismo, el comportamiento del flujo y los distintos mecanismos por los cuales las partículas sedimentarias se transportan, determinarán las características texturales de las mismas, y con cálculos basados en algunos modelos aerodinámicos y leyes que rigen la dinámica fluvial es posible establecer patrones útiles para el análisis de dichos procesos.

Además, los estudios respecto a las propiedades de los materiales terrígenos y el comportamiento de las corrientes fluviales, son importantes para interpretar los factores que intervienen en la formación de rocas clásticas y predecir la sedimentación tanto en los arroyos más pequeños como en los ríos más caudalosos. Por tal motivo, el objetivo principal de ésta investigación es caracterizar geológicamente un sector de la cuenca alta del río San Miguel, con un enfoque sedimentológico y mineralógico.

La investigación estará dividida en V Capítulos. En el Capítulo I se plantea la situación a investigar, objetivos, alcances y limitaciones. El Capítulo II se centra en los rasgos generales, ubicación geográfica, aspectos físicos-naturales y bióticos de la región cercana al río San Miguel. El Capítulo III, muestra antecedentes con investigaciones similares tanto en la zona como en áreas próximas al estado Bolívar y conceptos que enriquecen el contenido del trabajo. El Capítulo IV, trata sobre la metodología de la investigación y el procedimiento para el logro de los objetivos. En el Capítulo V se presentan tabulados y graficados los resultados de la investigación. Por último, se muestran las conclusiones y recomendaciones relevantes de la investigación.

# CAPÍTULO I

## SITUACIÓN A INVESTIGAR

### 1.1 Situación a investigar

El río San Miguel es un afluente del río Orinoco que se encuentra al noroeste del estado Bolívar, pero el acceso a sus adyacencias es limitado, este hecho lo ha aislado de la actividad humana y por esta razón se ha convertido en una reserva natural casi inalterada permitiendo la conservación de las propiedades físicas de la zona tanto desde el punto de vista ambiental como geológico.

Las condiciones de este río, captan el interés científico, sobre todo por su geología, lo cual hace imperativo el estudio de la interacción entre los fenómenos sedimentológicos, hídricos y mineralógicos para analizar la procedencia de los minerales y rocas que se encuentran en la zona, así como también, el comportamiento de las corrientes de las aguas del río y su efecto en las características geológicas actuales.

Por lo expuesto anteriormente, esta investigación se enfoca en caracterizar la geología de la cuenca alta del río San Miguel, considerando los tamaños, morfologías y propiedades las partículas de sedimentos presentes en la zona, así como también los distintos modos de transporte de las mismas. Por otra parte, se describieron macroscópicamente las muestras de rocas recogidas en las zonas circundantes al río y adicionalmente se estudiará la mineralogía de las partículas.

## **1.2 Objetivos de la investigación**

### **1.2.1 Objetivo general**

Realizar la caracterización geológica de un sector de la cuenca alta del río San Miguel, en las coordenadas N: 877903 Y E: 410973 al Noroeste del poblado de Agua Linda, parroquia Orinoco, municipio Heres, estado Bolívar.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

1. Identificar las unidades geológicas del área de estudio, mediante el uso de mapas geológicos y reconocimientos de campo de los afloramientos presentes.
2. Clasificar los sedimentos de acuerdo a la textura, mediante el análisis de distribución granulométrica por tamizado a las muestras obtenidas en campo.
3. Establecer el grado de transporte de las partículas de sedimentos analizando la morfoscopía de las muestras obtenidas en el área de estudio.
4. Determinar los mecanismos de transporte de las partículas, analizando las curvas granulométricas por el método de Visher.
5. Describir los límites de velocidades necesarios para que se produzca el movimiento de los sedimentos de acuerdo al criterio de Hjulstrom.
6. Determinar la mineralogía de los sedimentos del río con el microscopio petrográfico.

### **1.3 Justificación de la investigación**

Con el estudio de los ambientes fluviales priorizando el modo de transporte y las características físicas de las partículas es posible comprender los procesos sedimentarios a los que han expuestas, así como también predecir la sedimentación y entender la génesis de las rocas presentes.

Además, el estudio de la mineralogía de las partículas aporta información respecto al grado de transporte y madurez mineralógica de las mismas, un rasgo imprescindible para estimar su fuente de origen y la posible presencia de minerales de interés económico en la zona.

### **1.4 Alcance de la investigación**

En esta investigación se estudió un tramo de 200 metros en la cuenca alta del río San Miguel, para clasificar texturalmente los sedimentos del río y determinar su grado de transporte, así como la mineralogía, los mecanismos de transporte de las partículas y la velocidades necesarias para el movimiento de las mismas en el lecho del río, en conjunto con el reconocimiento macroscópico de muestras de roca presentes en la zona de estudio.

### **1.5 Limitaciones de la investigación**

Los aspectos más limitantes en el desarrollo de esta investigación fueron la dificultad para obtener vehículo de transporte hacia la zona de estudio y la poca disponibilidad de laboratorios para realizar análisis químicos y petrológicos en las instalaciones de la universidad.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 Ubicación relativa y geográfica del área de estudio

La cuenca alta del río San Miguel, se encuentra a aproximadamente 2 km al norte del poblado de Agua Linda, municipio Heres, estado Bolívar, dicho poblado se ubica al Nor-Oeste de Ciudad Bolívar con un recorrido de 35 km de distancia a partir de la carretera Nacional Troncal 19. (Figura 2.1)

El río San Miguel desemboca en el caño Curiapo, del río Orinoco; y las coordenadas UTM de la zona de estudio son las siguientes: Norte: 877903 y Este: 410973.



Figura 2.1. Ubicación geográfica del río San Miguel (Google Earth)

## **2.2 Acceso al área de estudio**

Para acceder a la cuenca alta del río San Miguel por vía terrestre desde Ciudad Bolívar, se toma la Troncal 19 vía Caicara del Orinoco, llegando hasta el poblado de Agua Linda, donde se encuentra un camino secundario que conduce hacia un lugar que los habitantes denominan “El Mangal” desde el cual se puede llegar a pie hacia la zona de estudio.

## **2.3 Características físico-naturales**

### **2.3.1 Clima**

C.V.G TECMIN (1991), afirma que el área de estudio recibe una precipitación total media anual, de 1850 mm. La temporada de lluvias comienza en abril y culmina en octubre, con máximos pluviométricos en los meses de julio y agosto.

El periodo de sequía abarca los meses de noviembre hasta marzo, siendo enero el mes más seco del año. El máximo principal se manifiesta en el mes de marzo y el secundario en diciembre, el mínimo valor de evaporación se observa en julio (C.V.G TECMIN, 1991).

### **2.3.2 Temperatura**

La temperatura media anual es de 26,5° C, aproximadamente, con una oscilación térmica, promedio anual, de 24° C y poca amplitud térmica diaria. Los máximos de temperatura ocurren en los periodos de Marzo-Abril y Octubre-Noviembre (principal y secundario, respectivamente). La temperatura más baja se manifiesta durante el mes de Julio (C.V.G TECMIN, 1991).

### **2.3.3 Precipitación**

Generalmente, en Ciudad Bolívar y las zonas rurales cercanas a ella, se caracterizan por presentar una estación lluviosa con un máximo (unimodal) de lluvia al año y de régimen pluviométrico durante los meses Mayo, Junio, Julio y Agosto, el invierno es seco o con poca precipitación es decir, la precipitación media mensual en dichos meses es menor de 60 mm (C.V.G TECMIN, 1991).

### **2.3.4 Humedad**

La humedad relativa, promedio anual, es de 73% aproximadamente. Se estima que los valores más altos se registran durante los meses de Junio a Octubre, y los más bajos en Febrero y Marzo. La dirección prevaleciente del viento es en sentido Este-Noreste y la velocidad media varía entre 4 km/h y 10 km/h (C.V.G TECMIN, 1991).

### **2.3.5 Relieve**

Esta área principalmente es caracterizada por la presencia de extensas planicies y peniplanicies que son las áreas donde se ha alcanzado un máximo rebajamiento del paisaje, su topografía es plana, con pendientes suaves donde oscilan ondulaciones de 0-4% y 4-16% respectivamente, lo que favorece la recepción de coluviones y aluviones (C.V.G. TECMIN, 1991).

Los tipos de relieves característicos son las llanuras aluviales y erosionales. El modelado de estos paisajes tienen como génesis los procesos tanto endógenos como exógenos ocurridos sobre las rocas pertenecientes a las provincias de Imataca, y Cuchivero (C.V.G. TECMIN, 1991).

## **2.4 Características Bióticas**

### **2.4.1 Vegetación**

Las características de la vegetación, dependen de varios aspectos importantes tales como: la capa vegetal, los tipos de suelos, las condiciones climáticas, la hidrología, entre otros. De acuerdo a estos factores en el área de estudio, se define una vegetación de sabana, debido al alto contenido de sílice en los suelos y por la escasa capa vegetal se producen especies vegetales de gramínea arbustiva, matorrales y bosques de galerías (C.V.G TECMIN, 1991).

### **2.4.2 Fauna**

La fauna silvestre del estado Bolívar, alberga una gran variedad de especies que son características de los territorios del sur del río Orinoco, llegándose a reportar hasta 212 especies de mamíferos pertenecientes a 31 familias (Consultora Ingeniería Caura S.A, 1994).

## **2.5 Geología regional**

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, C., Iturralde, J. y Picard, X. 1980).

### **2.5.1 Complejo 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 rívera, posee una longitud aproximada de 500 km y una anchura variable de 65 a 130 km. 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).

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

### **2.5.2 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.

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).

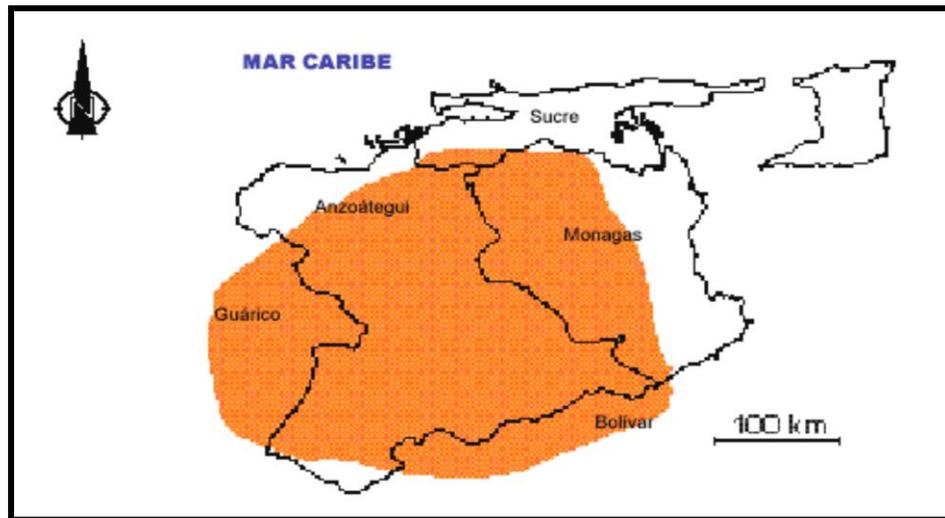


Figura 2.2 Extensión geográfica de la Formación Mesa (Modificada de PDVSA-Intevep, 1999-2001)

### 2.5.3 Depósitos aluviales

Los componen materiales provenientes de la disgregación de la Formación Mesa y la descomposición de las rocas del Complejo de Imataca, los cuales son arrastrados y depositados por las aguas de escorrentía y el viento hacia los diferentes ríos de la región (Betancourt, J.1998).

Estos materiales de color amarillo a blanco y con una granulometría variable, se encuentran dispuestos en forma de planicies que dan origen a pequeñas terrazas constituidas por sedimentos arenosos-limosos, acarreados por los ríos, principalmente en época de lluvias (Betancourt, J.1998).

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Antecedentes o estudios previos**

González, M. y Pompa, A. (2017) **“CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y AMBIENTAL DE UN TRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN MIGUEL EN EL POBLADO DE AGUA LINDA. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. Se basó en caracterizar los sedimentos y las aguas de un tramo de la cuenca alta del río San Miguel, con un enfoque ambiental, dicho estudio se llevó a cabo en la época de sequía del año 2016. Los resultados sedimentológicos indicaron que las partículas son arenas medias sub-angulosas y angulosas. Las aguas son de tipo 1A de acuerdo al Decreto N° 883 y según el Índice de Calidad de las Aguas (ICA), las aguas, son de buena calidad y pueden ser usadas para el consumo humano. Este trabajo servirá de apoyo en cuanto a las características del área y la metodología.

Cova, M. y Sanabria, J. (2017) **“ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN EL SECTOR LOS CASTILLOS DEL RÍO ORINOCO. ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**. El objetivo fundamental consistió en analizar el movimiento de sedimentos en el lecho del cauce del sector Los Castillos. Como resultados relevantes se determinó que los materiales del cauce se corresponden con arenas mal gradadas. Finalmente utilizando el modelo de Visher permitió determinar que los materiales del cauce se mueven siguiendo la distribución; por saltación (97 %), por suspensión (1 a 2 %) y por tracción (1 a 2 %). Este trabajo estudio servirá de guía en cuanto a los métodos a utilizar para analizar el movimiento de los sedimentos.

## **3.2 Fundamentos teóricos**

### **3.2.1 Clasificación de los sedimentos**

Los sedimentos están conformados por partículas, con características físicas que determinan sus propiedades. Una de estas características es el tamaño de grano que afecta directamente a la cohesión de las partículas debido a la fuerza de atracción que existe entre las mismas por lo cual estas se clasifican en sedimentos cohesivos y sedimentos no cohesivos.

#### **3.2.1.1 Sedimento no cohesivo**

También denominado material granular, es el formado por granos gruesos o partículas sueltas, como las arenas y gravas. En los granos gruesos de los sedimentos o suelos, la fuerza de gravedad predomina fuertemente sobre cualquier otra fuerza, por ello todas las partículas gruesas tiene un comportamiento similar. Además, esto significa que el peso de las partículas es la fuerza principal que resiste las fuerzas de arrastre y sustentación, es decir el empuje de la corriente y dado que la fuerza de gravedad siempre está presente, al disminuir o cesar la acción del agua, las partículas se detienen, caen y se depositan (García, M y Maza J. 1998).

#### **3.2.1.2 Sedimento cohesivo**

Es el formado por partículas de grano muy fino, constituidas por minerales de arcilla, que se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión, la cual se opone a que las partículas individuales sean separadas o arrancadas del conjunto del que forman parte. Esa fuerza de unión es considerablemente mayor que el peso de cada grano y es la que resiste a las fuerzas de arrastre y sustentación, causadas por el flujo de agua (García, M. y Maza, J. 1998).

### 3.3 Escala granulométrica de Wentworth

La escala granulométrica de Wentworth (Tabla 3.1) ha sido utilizada clásicamente para diferenciar los tipos de sedimentos. Esta clasificación los divide en bloques, guijarros, gránulos, arenas, limos y arcillas. Términos como fino, medio y grueso son utilizados para subdividir las partículas mencionadas anteriormente (Pettijohn, F. 1975).

Tabla 3.1 Escala granulométrica de Udden-Wentworth (Pettijohn, F. 1975).

Fragmento	Grado	Tamaño
Cantos rodado	Muy grande	4-2 m
	Grande	2-1 m
	Mediano	1-0,5 m
	Pequeño	0,5-0,256 m
Guijarros	Grande	256-128 mm
	Pequeño	128-64 mm
Gravas	Muy Gruesa	64-32 mm
	Gruesa	32-16 mm
	Mediana	16-8 mm
	Fina	8-4 mm
	Muy fina	4-2 mm
Arena	Muy Gruesa	2-1 mm
	Gruesa	1-0,5 mm
	Media	0,5-0,25 mm
	fina	0,25-0,125 mm
	Muy fina	0,125-0,0625 mm
Limo	Grueso	0,0625-0,0312 mm
	Medio	0,312-0,016 mm
	Fino	0,016- 0,004 mm
Arcilla	Gruesa	0,004-0,002 mm
	Media	0,002-0,001 mm
	Fina	0,001 mm

### 3.4 Redondez de las partículas de sedimento clástico

La forma de los granos (fragmentos clásticos) de cada partícula que conforma un sedimento es una de sus características más obvias y tiene gran influencia en la determinación de su comportamiento durante el transporte y la depositación. De igual manera constituye una importante característica de su textura. Esta propiedad es también una de las más difíciles de describir y medir en términos cuantitativos, de hecho, el problema; aún desafía a una solución satisfactoria (Pettijohn, F. 1975).

La redondez se relaciona con la agudeza de las aristas y de los vértices de un fragmento clástico, independientemente de la forma. La redondez se expresa como la relación entre el promedio del radio de curvatura de las aristas o vértices y el radio de curvatura de la esfera máxima inscrita o el radio nominal del fragmento. En una palabra entonces, la redondez de una partícula clástica es la suma de su historia de abrasión (Pettijohn, F. 1975).

Pettijohn, F. (1975) describe los grados de redondez de una partícula de la siguiente manera:

1. Anguloso: Las aristas y los vértices son agudos y muestran poca o ninguna prueba de desgaste. Los vértices secundarios son numerosos (entre 15-30) y agudos.
2. Sub-anguloso: Los fragmentos mantienen aún su forma primitiva y las caras están virtualmente intactas, pero las aristas y los vértices han sido redondeados en cierto grado mostrando los efectos típicos del desgaste.
3. Sub-redondeado: Las aristas y los vértices están redondeados en curvas suaves y la superficie de las caras primitivas se encuentran bastante reducidas,

mostrando considerable desgaste pero manteniendo aún la forma primitiva del grano. Los vértices secundarios están muy redondeados y en número reducido.

4. Redondeado: Las caras originales se muestran completamente destruidas pero todavía pueden presentar alguna superficie plana. Puede haber ángulos cóncavos entre caras remanentes. Todas las aristas y los vértices originales han sido pulidos hasta curvas suaves y amplias.

5. Bien o muy redondeado: La superficie consta totalmente de curvas amplias, sin caras originales con aristas y vértices; carece de áreas planas y de aristas secundarias. La forma original se reconoce por la forma actual del grano.

### **3.5 Mecanismos de transporte fluvial de los sedimentos**

Los mecanismos de depósitos están principalmente ligados a los procesos fluviales; una corriente es capaz de transportar partículas de diferentes tamaños, según sea la corriente y la densidad del material, habrá una distribución de zonas diversas de la sección del cauce.

Los sedimentos gruesos son transportados por tracción sobre el fondo, se desplazan manteniendo contacto con el fondo del cauce bien sea por rodamiento, deslizamiento o por saltación. Estos sedimentos se acumulan en las zonas donde las corrientes son más rápidas, en los canales y a veces también sobre las barras, cuando quedan cubiertas en períodos de crecidas.

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 (Allen, G. y Segura, F. 1989) (Figura 3.1).

El mecanismo fundamental que rige el transporte de sedimentos es el movimiento de un fluido, el aire o el agua, provocando una puesta en movimiento (erosión), un transporte y finalmente, la sedimentación de partículas. La puesta en movimiento es provocada por la tracción que origina una corriente el actuar sobre una superficie sedimentaria (Allen, G. 1965).

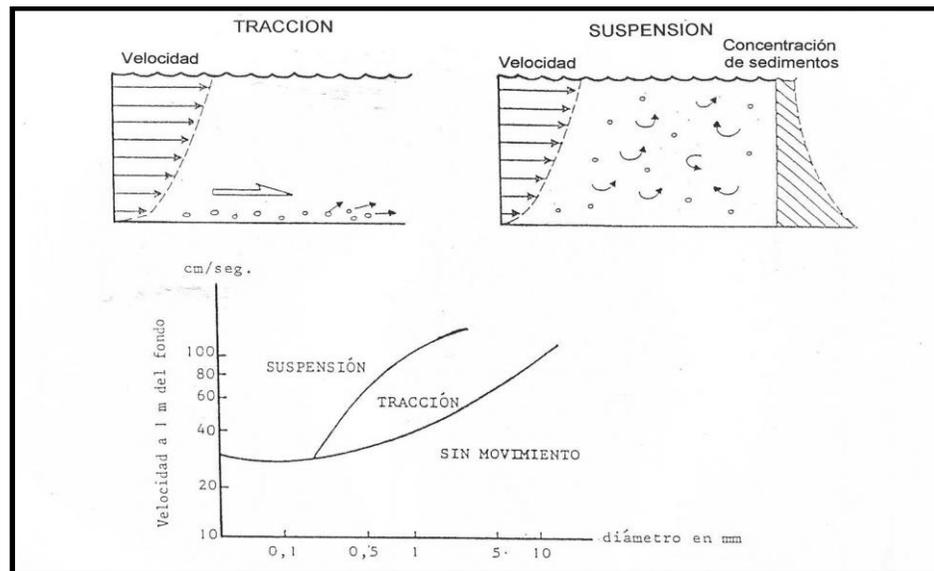


Figura 3.1 Mecanismos de transporte, en función de la granulometría (Miall, A. 1978).

Cuando esta fuerza es superior a la resistencia de fricción e inercia de las partículas, éstas se pondrán en movimiento. Esta fuerza que actúa sobre el fondo es proporcional a la velocidad de escorrentía del fluido. La relación entre estas dos componentes para un río dado, es un parámetro importante puesto que condiciona la configuración del canal y el tipo de depósito. (Allen, G. y Segura, F. 1989).

Durante cada crecida hay un ciclo de erosión y de depósito de sedimentos. Cuando el caudal aumenta la velocidad crece y los canales se erosionan a fin de acomodarse al caudal más elevado. Cuando el caudal decrece los sedimentos se

depositan, primero los más gruesos en los canales y después las arenas sobre las barras (Allen, G. y Segura, F. 1989).

### 3.6 Método de Visher

El método consiste en utilizar las curvas granulométricas y trazar líneas rectas tangentes a ellas en diferentes partes, las cuales permiten determinar dos puntos de truncamiento que separan a las sub - poblaciones de tracción, saltación y suspensión. Así, el segmento más grueso se asigna a proceso de transporte por tracción, el intermedio a saltación y el más fino a suspensión.

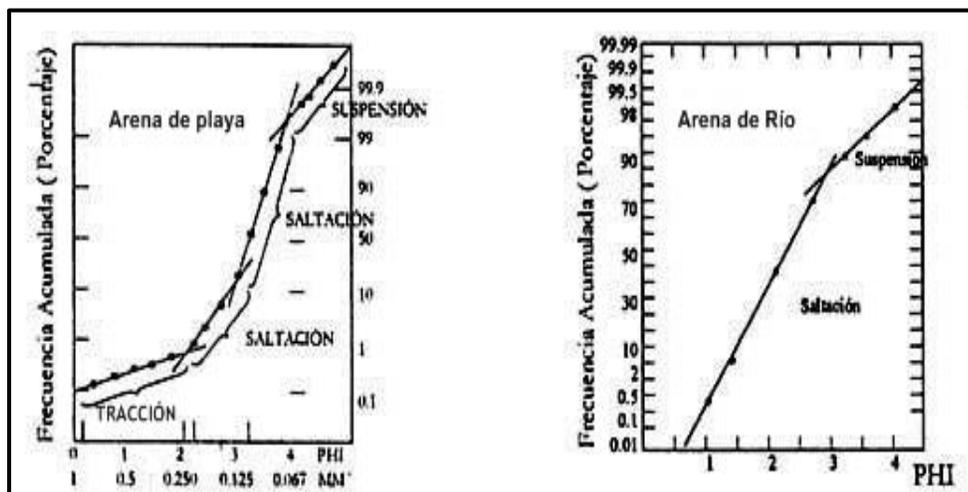


Figura 3.2 Representación de curvas de la distribución de tamaño de grano en depósitos fluviales y marinos (Visher, G. 1969).

La litología y granulometría dependen de la distribución de granos disponible, la mayoría de las arenas que van a ser depositadas por corrientes unidireccionales, en particular en canales meandriformes van a mostrar dos poblaciones fundamentales: la saltación desde 1.75 a 3 Phi, con quiebre a suspensión de 2.75 a 3.50 Phi. La fracción por tracción ocurre en tamaño más grueso a 0.5 phi. (Figura 3.2) (Visher, G. 1969)

### 3.7 Diagrama de Hjulstrom (1935)

El diagrama de Hjulstrom, relaciona diferentes granulometrías de sedimentos con una velocidad de corriente de agua en las cuales son erosionadas, transportadas y sedimentadas (Figura 3.3) (Allen, G. 1965).

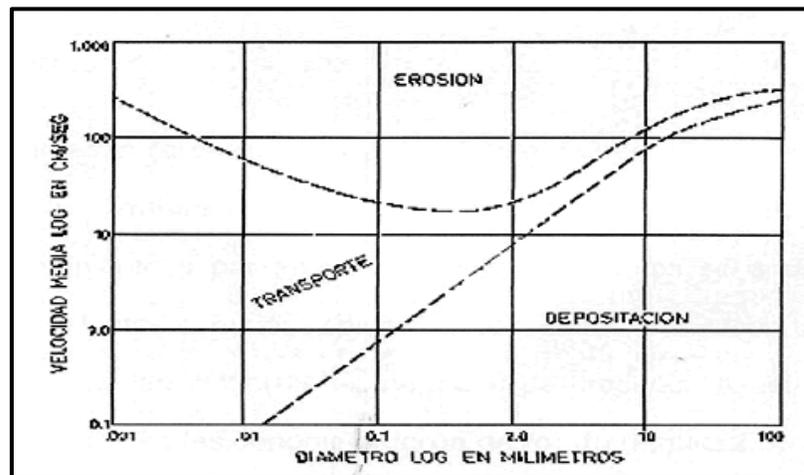


Figura 3.3 Diagrama de Hjulstrom (1935). (Allen, G. 1965).

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, G. 1965).

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 necesaria una velocidad de corriente superior que se requiere para transportar y sedimentar. Esto muestra que para los sedimentos más finos, se requiere una velocidad de corriente mayor para provocar erosión que en las arenas. Este fenómeno se debe principalmente a la forma de las partículas arcillosas y a las fuerzas electrostáticas entre ellas (Reineck, H. y Sing, I. 1990).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA DE TRABAJO**

#### **4.1 Tipo de investigación**

Esta investigación es de tipo descriptivo, dado que se busca caracterizar de manera precisa las características geológicas y ambientales que presenta el área de estudio, basándose principalmente en los parámetros analizados en laboratorio.

#### **4.2 Diseño de la investigación**

##### **4.2.1 Investigación documental**

Según Arias, F. (2012), la investigación documental “está basada en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por lo tanto, esta investigación es de tipo documental porque está fundamentada en revisiones bibliográficas de textos, publicaciones, investigaciones anteriores, trabajos de grado, entre otros.

##### **4.2.2 Investigación de campo**

Para Arias, F. (2012), la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. Entonces, esta investigación es de campo porque se lleva a cabo en contacto directo con el área de estudio y la realización de distintos análisis realizados en campo.

### **4.3 Población y muestra de la investigación**

#### **4.3.1 Población de la investigación**

En esta investigación se tomó como población 200 metros de longitud como una fracción mínima representativa de la longitud real estimada de la cuenca alta del río San Miguel.

#### **4.3.2 Muestra de la investigación**

Para la muestra de esta investigación se establecieron tres (3) estaciones de muestreo para un total de nueve (9) muestras de sedimentos a lo largo de la cuenca alta, donde también se tomaron tres (3) muestras de roca, siendo en total doce (12) muestras necesarias para sus respectivos análisis.

### **4.4 Etapas de la investigación**

La primera etapa de la investigación estuvo enfocada en la revisión de la bibliografía y cartografía de la zona de estudio, con las cuales se redactaron los primeros capítulos de la investigación; en segunda instancia se encuentran las visitas a campo, la obtención de muestras y mediciones de las velocidades de corriente; la tercera etapa alberga los estudios de laboratorio para los análisis físicos de las muestras de sedimentos y la descripción detallada de muestras de roca, seguidamente se halla la fase de procesamiento de datos en la que se digitalizó el mapa geológico y de muestreo; finalmente se interpretaron los datos para redactar el informe final.

Las etapas y actividades de esta investigación se encuentran esquematizadas en el siguiente flujograma (Figura 4.1).

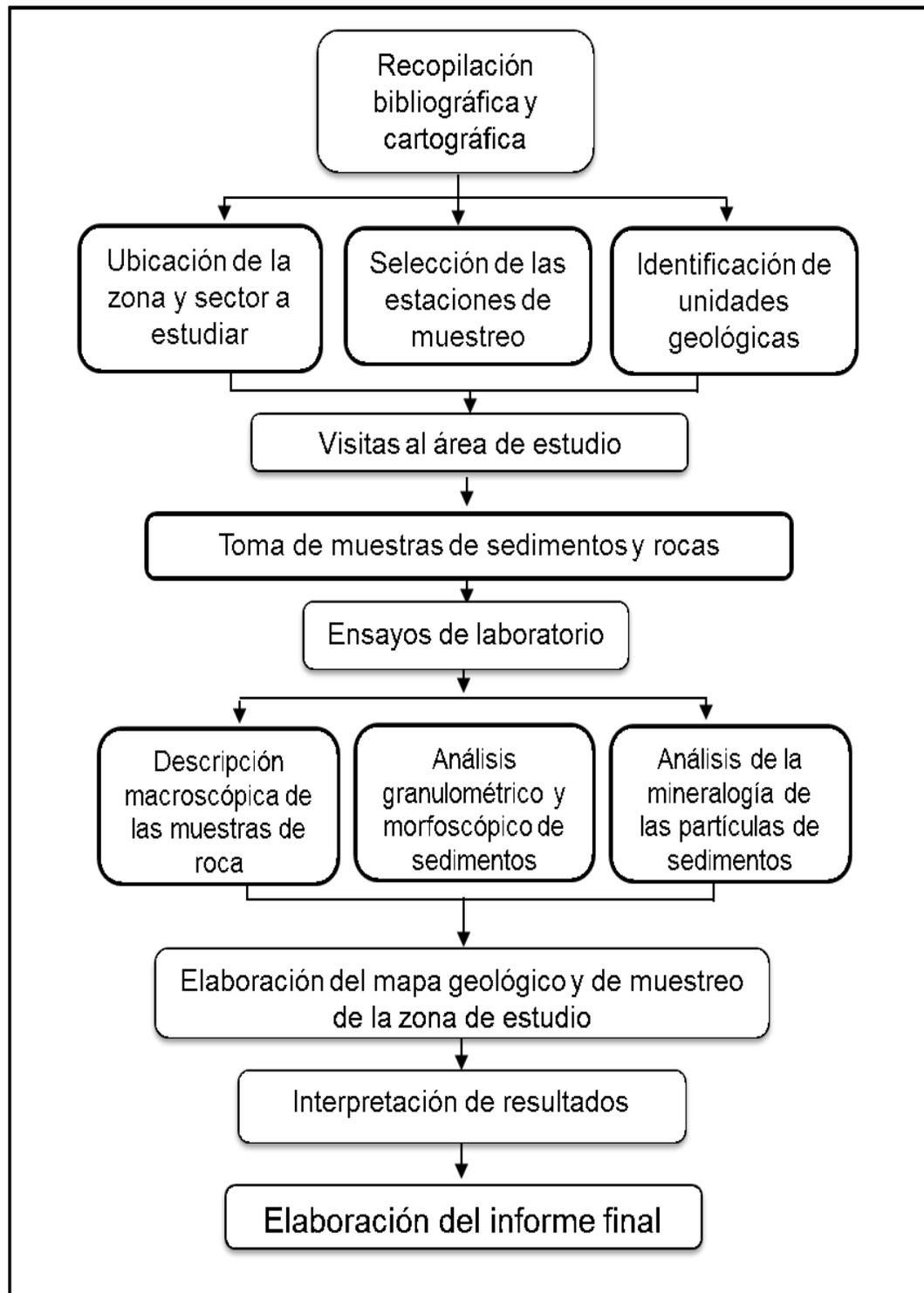


Figura 4.1 Flujo de la investigación.

#### **4.4.1 Recopilación bibliográfica y cartográfica**

Se reunió toda la información posible acerca del área de estudio a través del material bibliográfico y cartográfico disponible (libros, informes, trabajos de grado, mapas geológicos, topográficos, hojas cartográficas, imágenes de radar). Además, se ubicó el área de estudio utilizando la hoja cartográfica 7439 (Sector Mayagua), a escala 1:100000 e imágenes de radar Cartosur 7439-IV-NO, a escala 1:50.000.

##### **4.4.1.1 Ubicación del área de estudio**

Para ubicar el área de estudio se utilizó la hoja cartográfica 7439 (Sector Mayagua), a escala 1:100000, e imágenes de radar Cartosur 7439-IV-NO, a escala 1:50.000.

##### **4.4.1.2 Selección de estaciones de muestreo**

Para las muestras de roca se escogieron los afloramientos cercanos a la cuenca alta del río; las estaciones para sedimentos se establecieron por secciones transversales al cauce obteniendo tres estaciones de muestreo (margen derecha, canal y margen izquierda); las mediciones de las velocidades de la corriente se realizaron en las mismas estaciones de muestreo para sedimentos.

##### **4.4.1.3 Identificación de unidades geológicas**

Para describir los principales rasgos geológicos de la cuenca alta del río San Miguel, se llevó a cabo una visualización detallada de la zona mediante la revisión de la cartografía con información geológica sobre dicha área, verificando las mismas con las visitas a campo posteriores.

#### **4.4.2 Visitas al área de estudio**

Las visitas de reconocimiento al área se realizaron con la finalidad de identificar las formaciones geológicas presentes, comparar lo visto en campo con la cartografía disponible, observar la presencia de afloramientos, definir el tramo a estudiar y establecer los puntos de muestreo con la ayuda de instrumentos de georreferenciación. Además, en las visitas al área se tomaron muestras de roca y sedimentos para ser analizados en el Laboratorio de Sedimentología de la Escuela de Ciencias de la Tierra.

##### **4.4.2.1 Toma de muestras**

Las muestras de sedimentos recolectadas fueron georreferenciadas en cada estación a cada 70 metros aproximadamente, siendo en total 9 muestras de sedimentos de un kilogramo cada una.

Para el etiquetado de muestras se utilizó la nomenclatura “MS” más el número de la estación seguido de la zona del río de dónde se extrajeron, es decir, para la margen derecha se identificaron con las siglas “MD”, la margen izquierda con la nomenclatura “MI” y para el lecho del río “L”. Las muestras de roca se tomaron en distintos puntos dentro del sector a estudiar para su posterior identificación y descripción macroscópica.

#### **4.4.3 Ensayos de laboratorio**

Se realizaron con la finalidad de conocer las características de los sedimentos y las muestras de roca del área de estudio.

#### **4.4.3.1 Descripción macroscópica de las muestras de roca**

Con una lupa 10 X se realizó la descripción de los aspectos físicos de las muestras de roca, como color, textura y patinas de oxidación. Las estaciones de muestreo para rocas fueron definidas por la presencia de pequeños afloramientos rocosos, en las cercanías del canal del río San Miguel en su cuenca alta.

#### **4.4.3.2 Análisis granulométrico**

El procedimiento consistió en cuartear las muestras de sedimentos, las cuales fueron llevadas al horno para secarlas y homogeneizarlas. Posteriormente se hizo pasar la muestra a través de una serie de tamices que varían desde 4 mm (Tamiz N° 5) hasta diámetros de 0,053 mm (Tamiz N° 270), luego se pesó cada tamiz y se colocó la serie de tamices en un agitador mecánico o tamizadora RX29 tipo Rotap por aproximadamente 15 min.

Transcurrido ese tiempo, la serie de tamices se retiró del agitador mecánico y se obtuvo el peso del material retenido en cada tamiz, el peso total retenido fue comparado con el peso total de la muestra para corroborar si hubo pérdida de material. Finalmente se con los valores obtenidos se elaboraron las gráficas granulométricas usando escala logarítmica en el eje de las abscisas (escala Wentworth) y en el eje de las ordenadas, con escala natural del 0 al 100 con los porcentajes retenidos acumulados.

#### **4.4.3.3 Análisis morfooscópico**

Los sedimentos retenidos en el tamiz N° 35 a partir del análisis granulométrico de cada muestra, éstas fueron colocadas en el vidrio de reloj para su observación con lupa estereoscópica, con la finalidad de identificar las partículas y clasificarlas como

angulosas, subangulosas, subredondeadas, redondeadas o bien redondeadas, según la clasificación de Pettijhon. El conteo se realiza manualmente contando 300 partículas a cada una de las nueve (9) muestras obtenidas en campo.

#### **4.4.3.4 Determinación de los mecanismos de transporte de las partículas**

Para establecer los mecanismos de transporte de las partículas de sedimentos, se aplicó el método de Visher, el cual consiste en trazar líneas tangentes a las curvas de distribución granulométricas, en las cuales los puntos de intersección de las líneas representan una transición entre cada mecanismo de transporte (suspensión, saltación y tracción). Visher estableció rangos para identificar cada uno de los mecanismos, ubicando la saltación entre diámetros de 1 mm y 0,1 mm, la tracción a partículas con diámetros mayores a 1mm y la suspensión en diámetros menores a 0,1 mm.

En los casos donde hubo intersecciones de líneas tangentes dentro de un mismo rango, se establecieron subpoblaciones para el tipo de mecanismo respectivo, tomando como límites los puntos exactos donde se cruzaron las tangentes y prolongando una línea imaginaria hacia el eje de las abscisas para obtener el diámetro correspondiente.

#### **4.4.3.5 Descripción de las velocidades necesarias para que se produzca el movimiento de los sedimentos de acuerdo al criterio de Hjulstrom**

Las velocidades necesarias para depositar, transportar y erosionar sedimentos, se describieron aplicando el criterio Hjulstrom, a partir de los diámetros obtenidos con el percentil 50 ( $P_{50}$ ) de las curvas granulométricas para las muestras del lecho del río, posteriormente con dicho diámetro se ingresó por el eje de las abscisas al Diagrama de Hjulstrom y se interceptaron las curvas de sedimentación/transporte y transporte/erosión, trazando una línea perpendicular hacia el eje de las ordenadas con

el propósito de obtener las velocidades críticas para sedimentar, transportar o erosionar sedimentos en el canal del río.

#### **4.4.3.6 Mineralogía de los sedimentos**

El análisis de la mineralogía de las muestras de sedimentos obtenidas en campo se realizó considerando una serie de pasos previos para acondicionarlas con el propósito de clasificar los minerales que se encuentran en la zona de estudio y sus porcentajes aproximados.

Las muestras primeramente fueron lavadas con agua, para remover las partículas pequeñas como limos y arcillas, estas partículas al tener una densidad baja quedan en suspensión y se extraen enjuagando repetidas veces la muestra. Posteriormente, se procedió al secado de los sedimentos, utilizando la luz solar para que el agua que aún se encuentra en el recipiente y en las partículas se evapore. No se utiliza otro método de secado para no alterar la mineralogía original de las muestras.

Después de ser lavadas y secadas, se homogenizaron las muestras y se cuartearon en 4 porciones, para luego seleccionar 2 porciones, que fueron homogenizadas nuevamente y después se hizo un segundo cuarteo, con el fin de seleccionar 2 porciones representativas que fueron homogenizadas para el análisis mineralógico. Una vez homogeneizada la muestra de sedimentos, se envuelve un imán en una hoja de papel para extraer los minerales magnéticos de la muestra. Después, las muestras de sedimentos y de magnéticos son empaquetados de manera individual.

Las muestras ya separadas y preparadas son observadas en una lupa que se encuentra en el laboratorio de petrografía para determinar los minerales que

conforman las partículas de los sedimentos y calcular el porcentaje aproximado de minerales que se encuentran en las muestras.

#### **4.4.4 Mapa geológico y de muestreo**

El mapa geológico de la zona de estudio se elaboró tomando como base la Hoja Cartográfica 7439 (Sector Mayagua) a escala 1:100000 y la Ortoimagen de radar 7439-IV-NO a escala 1:50000, procesadas por el software AutoCAD 2017, en este programa se abrió la imagen 7439-IV-NO, donde se observaron elementos como relieve, textura, color, escala y coordenadas del área y se generaron curvas de nivel y el patrón de drenaje.

Las zonas de muestreo fueron agregadas al programa AutoCAD 2017 con las coordenadas obtenidas en campo de cada estación, para ser ploteadas, además de la hoja cartográfica antes citada, delimitando la zona de estudio de la cuenca alta del río San Miguel.

#### **4.4.5 Interpretación de los resultados**

Una vez analizadas en laboratorio las muestras obtenidas, tanto de rocas, sedimentos y agua, se procedió a analizar los valores obtenidos con los ensayos para interpretar las características generales de la zona de estudio y corroborar dicha información con la cartografía geológica del área.

#### **4.4.6 Elaboración del informe final**

.

Para elaborar el informe final, se recopiló el material con la información interpretada siguiendo los objetivos de la investigación y cumpliendo con las normas establecidas por la Universidad de oriente.

# CAPÍTULO V

## ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Identificación de las unidades geológicas del área de estudio

En el tramo estudiado del río San Miguel, fueron identificadas dos unidades geológicas, que son la Formación Mesa y los Sedimentos Recientes (Figura 5.1 y Anexo 1).

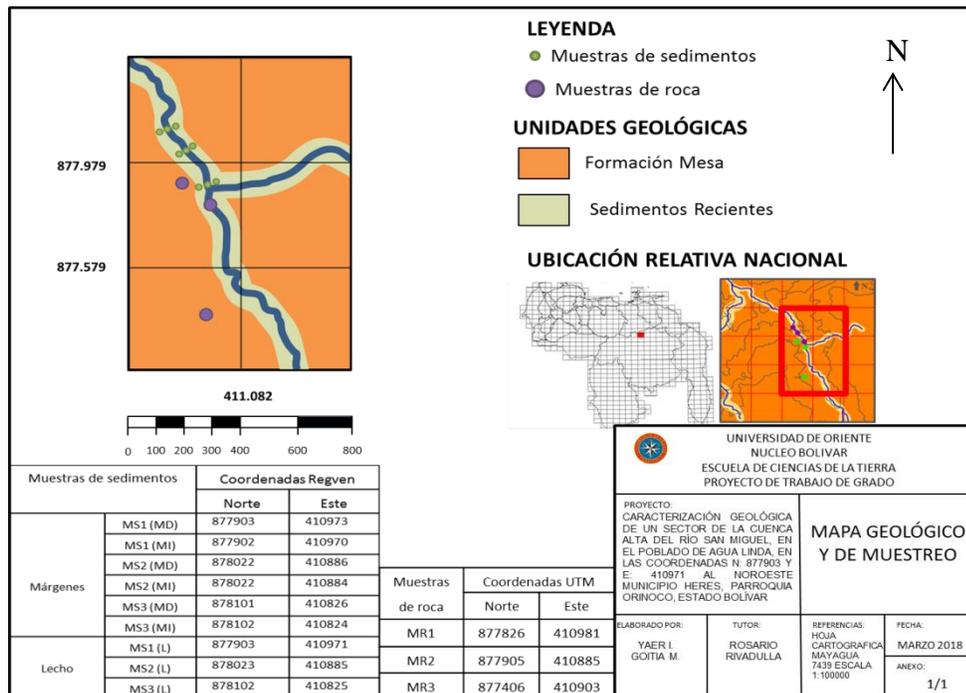


Figura 5.1 Mapa geológico y de muestreo

La Formación Mesa es la unidad de mayor extensión, y se caracteriza por costras ferruginosas de color marrón rojizo, y areniscas ferruginosas de color morado rojizo y marrón rojizo con bioturbaciones (Figura 5.2) (Tabla 5.1 a 5.3).



Figura 5.2 Rocas de la Formación Mesa

Los Sedimentos Recientes se caracterizan por arenas que van desde muy gruesas hasta arenas muy finas limosas de color marrón claro, cuarzosas, con abundantes partículas sub-angulosas. (Figura 5.3)



Figura 5.3 Sedimentos Recientes en una de las márgenes del río.

Tabla 5.1 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 1

Código de muestra	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte:	Este:	
MR1	877826	410981	
			Costra de hierro, color oscuro con presencia de laminaciones de tonalidades terrosas intercaladas entre laminaciones de color azul brillante y verde claro, debido a la presencia de minerales férricos.

Tabla 5.2 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 2

Código de muestra	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte:	Este:	
MR2	877905	410885	
			Arenisca ferruginosa de grano muy fino, con matriz uniforme de color morado rojizo, posiblemente por el contenido de minerales ferrosos.

Tabla 5.3 Descripción macroscópica de la muestra de roca N° 3

Código de muestra	Coordenadas UTM		Descripción
	Norte:	Este:	
MR3	877406	410903	
			Arenisca de grano medio color marrón, con bioturbaciones de antiguas madrigueras de bachacos o termitas.

## 5.2 Clasificación textural de los sedimentos

Para clasificar texturalmente los sedimentos, se hicieron los análisis de distribución granulométrica por tamizado a cada una de las muestras y con los datos obtenidos se graficaron las curvas granulométricas utilizando la escala de Wentworth en el eje de las abscisas (Apéndice A).

Con los resultados de las gráficas se determinó que el 44,44% de las muestras son arenas gruesas con partículas finas y medias, el 22,22% de arenas muy gruesas con partículas gravosas y medias, así como un 22,22% para arenas medias a finas y un 11,11% para arenas finas a medias (Tabla 5.4)

Tabla 5.4 Clasificación textural de las muestras de sedimentos.

Código de Muestras		Coordenadas Regven		Clasificación
		Norte	Este	
Márgenes	MS1 (MD)	877903	410973	Arena media a fina
	MS1 (MI)	877902	410970	Arena gruesa a muy fina
	MS2 (MD)	878022	410886	Arena muy gruesa a media
	MS2 (MI)	878022	410884	Arena gruesa a media
	MS3 (MD)	878101	410826	Arena media a fina
	MS3 (MI)	878102	410824	Arena fina a media
Lecho	MS1 (L)	877903	410971	Arena gruesa a fina limosa
	MS2 (L)	878023	410885	Arena muy gruesa a gravosa
	MS3 (L)	878102	410825	Arena gruesa a fina

Puede observarse que en el lecho del río predominan las arenas gruesas y muy gruesas con variedades tanto de gravas como de partículas finas (MS1 (L), MS2 (L) Y MS3 (L)). En las márgenes de la estación N°1, se encuentran arenas de grano medio a fino (MS1 MD) y arenas gruesas a muy finas (MS1 MI). Para las márgenes de la estación N°2, hay arenas de grano muy grueso a medio (MS2 MD) y arenas gruesas a medias (MS2 MI). En la última estación, las márgenes tenían arena media a fina y arena fina a media, para las muestras MS3 MD y MS3 MI respectivamente.

### 5.3 Grado de transporte de las partículas

Para deducir el grado de transporte de las partículas, fue obligatorio realizar análisis morfoscópicos, que permitieron observar el grado de desgaste de las aristas de los granos. Se sabe que las partículas con muy poco transporte sufren menos desgaste en sus aristas y aquellas con mucho transporte tienen aristas más redondeadas.

Tabla 5.5 Análisis morfoscópico de las partículas de los sedimentos.

Código de Muestras	Porcentaje (%)			
	Angulosas	Sub-angulosas	Sub-redondeadas	Redondeadas
MS1 (MD)	29,7	50	18,3	2
MS1 (MI)	30,6	52	13,7	3,7
MS1 (L)	30,3	56,7	11	2
MS2 (MD)	23	54	21,7	1,3
MS2 (MI)	25	68,2	5,6	1,2
MS2 (L)	35	48,7	15	1,3
MS3 (MD)	23,3	63,3	12	1,4
MS3 (MI)	34,7	52	12,3	1
MS3 (L)	25,3	47,7	24,3	2,7

Sabiendo los valores de redondez obtenidos para cada una de las muestras (Tabla 5.5) (Apéndice B) se estableció que el mayor porcentaje de las partículas fueron sub-angulosas (47,7 – 68,2%), seguidas de las angulosas (23 – 35%); sub-redondeadas (5,6 – 24,3 %); redondeadas (1 – 3,7%) lo que indica que han sufrido poco transporte y se encuentran cerca de su fuente de origen.

### 5.4 Mecanismos de transporte de sedimentos

De acuerdo a las gráficas obtenidas a partir de las curvas granulométricas (Apéndice C y Tabla 5.6) se pudo determinar por el método de Visher que el 100% de las muestras presentan mecanismos de transporte tales como: suspensión, saltación y

tracción, de los cuales el mecanismo de transporte que predomina en los sedimentos del río San Miguel es la saltación, con variantes en el número de sub-poblaciones, como es el caso del análisis de las curvas correspondientes a las muestras.

Tabla 5.6 Subpoblaciones de los mecanismos de transporte según Visser

Muestras		Textura	Diámetro en mm de las partículas atribuidas a las sub poblaciones			
			Suspensión	Saltación	Tracción	
Márgenes	MS1(MD)	Arena media a fina	0,05 – 0,08	0,15 – 0,6	–	
			0,08 – 0,15	0,6 – 1		
	MS1(MI)	Arena gruesa a muy fina	0,02 – 0,05	0,08 – 0,26	0,75 – 1,8	
			0,05 – 0,08	0,26 – 0,49		
	MS2(MD)	Arena muy gruesa a media	–	0,12 – 0,2	1 – 1,8	
				0,2 – 1	1,8 – 4,1	
	MS2(MI)	Arena gruesa a media	–	0,12 – 0,29	1 – 4	
				0,29 – 0,41		
	MS3(MD)	Arena media a fina	0,023 - 0,1	0,1 – 0,2	–	
				0,2 – 0,38		
				0,38 – 0,55		
				0,55 – 1		
MS3(MI)	Arena fina a media	0,05 - 0,1	0,1 – 0,14	–		
			0,14 – 0,24			
			0,24 – 0,46			
			0,46 – 0,55			
MS3(MI)	Arena fina a media	0,05 - 0,1	0,55 – 1	–		
			0,1 – 0,14			
			0,14 – 0,24			
			0,24 – 0,46			
Lecho	MS1(L)	Arena gruesa a fina limosa	0,07 – 0,14	0,14 – 0,3	2 – 1	
			–	0,3 – 0,54		1 – 1,9
				0,54 – 1		1,9 – 2,4
	MS2(L)	Arena muy gruesa a gravosa	–	0,13 – 0,23	2,4 – 4	
				0,23 – 0,59	1 – 1,9	
				0,59 – 1	1,9 – 2,4	
MS3(L)	Arena gruesa a fina	0,05 – 0,1	0,1 – 0,13	1 – 1,5		
			0,13 – 0,22			
			0,22 – 0,44			
			0,44 – 1			

La muestra MS1 (MD) muestra cuatro sub-poblaciones, dos en suspensión con diámetros que van desde 0,05 mm hasta 0,15 mm y dos en saltación que van desde 0,15 mm a 1 mm.

En la muestra MS1 (MI) las poblaciones se dividen en seis, dos en suspensión que van desde 0,022 hasta 0,08 milímetros y cuatro en saltación, desde 0,08 hasta 1,8 milímetros.

El lecho de la estación N°1, MS1 (L) refleja cinco sub-poblaciones, una en suspensión de partículas que van desde 0,07 mm hasta 0,14 mm, tres en saltación con partículas de 0,14 milímetros hasta 1 mm y una en tracción desde 1 mm hasta 2 mm.

El grupo de partículas de la muestra MS2 (MD) presenta cuatro sub-poblaciones, dos en saltación con diámetros desde 0,12 mm hasta 1 mm y dos sub-poblaciones en tracción con un rango de 1 mm hasta 4,1 mm. La muestra MS2 (MI) contiene 4 sub-poblaciones 3 en saltación que comprende tamaños que van desde 0,12 hasta 1 mm y una en tracción desde 1 mm hasta 4 mm.

El lecho de la estación N°2, MS2 (L) comprende 6 sub-poblaciones, 3 en saltación y 3 en tracción, la saltación va desde 0,13 mm a 1 mm mientras que las sub-poblaciones de tracción van desde 1 a 4 milímetros.

En la muestra MS3 (MD) se observan 5 sub-poblaciones, 1 en suspensión con partículas que van desde 0,023 mm hasta 0,1 mm y 4 en saltación, desde 0,1 a 1 mm. La muestra MS3 (MI) tiene seis sub-poblaciones, un grupo de partículas que se mueven en suspensión con tamaños desde 0,05 mm hasta 0,1 mm y cinco en saltación, desde 0,1 a 1 milímetros.

El lecho de la estación N°3, MS3 (L) exhibe seis sub-poblaciones, cuatro en saltación con un rango desde 0,1 mm hasta 1 mm, una sub-población en suspensión que incluye tamaños desde 0,05 mm hasta 0,1 mm y una en tracción desde 1 mm hasta 1,5 mm.

### 5.5 Movimiento de los sedimentos de acuerdo al criterio de Hjulstrom

Se realizó esta estimación mediante la aplicación del modelo de Hjulstrom, el cual requiere el diámetro medio ( $d_{50}$ ) de los sedimentos.

En las muestras del lecho de las 3 estaciones se estimó que las velocidades del flujo de la corriente, para que puedan depositarse los sedimentos en el tramo del lecho estudiado, están entre 1,5 cm/s y 7,5 cm/s, de lo que se deduce que esas velocidades están directamente relacionadas con el diámetro de las partículas; y para que exista transporte las velocidades deben ser mayores a 1,5 cm/s y alcanzar velocidades cercanas a 23 cm/s para sedimentos arenosos gruesos a finos limosos, y mayores a 7,5 cm/s y menores a 45 cm/s para sedimentos arenosos gruesos gravosos.

En relación a las velocidades para que exista erosión, se estimaron que están entre  $> 20$  cm/s y  $> 23$  cm/s para sedimentos arenosos gruesos a finos limosos; y para los sedimentos arenosos gruesos gravosos debe ser  $> 45$  cm/s (Tabla 5.7).

Tabla 5.7 Velocidades límites para que se produzcan los estados de movimiento de los sedimentos de un sector de la cuenca alta del río San Miguel.

Muestra	Textura de la Muestra	Velocidad para Sedimentación (cm/s)	Velocidad para el Transporte (cm/s)	Velocidad para la Erosión (cm/s)
MS1(L)	Arena gruesa a fina limosa	$X < 1,5$	$1,5 \leq x \leq 20$	$x > 20$
MS2(L)	Arena muy gruesa a gravosa	$X < 7,5$	$7,5 \leq x \leq 45$	$x > 45$
MS3(L)	Arena gruesa a fina	$X < 2$	$2 \leq x \leq 23$	$x > 23$

## 5.6 Mineralogía de las partículas

Según el análisis mineralógico realizado a las nueve (9) muestras de sedimentos recolectadas, se determinó que el mineral predominante corresponde a tres variedades de cuarzo, (cristal de roca, lechoso, ahumado). También hay presencia de minerales del grupo de los óxidos, en menor proporción. Esto indica que los sedimentos presentan una alta madurez mineralógica (Tabla 5.8).

Tabla 5.8 Mineralogía de las partículas de las muestras de sedimentos.

MUESTRAS									
Código	MS1 (MI)	MS1 (L)	MS1 (MD)	MS2 (MI)	MS2 (L)	MS2 (MD)	MS3 (MI)	MS3 (L)	MS3 (MD)
Textura	Arena gruesa a muy fina	Arena gruesa a fina limosa	Arena media a fina	Arena gruesa a media	Arena muy gruesa a gravosa	Arena muy gruesa a media	Arena fina a media	Arena gruesa a fina	Arena media a fina
Minerales (%)									
Cuarzo (variedad Cristal de roca)	40	60	55	40	50	60	65	65	65
Cuarzo (variedad Cuarzo lechoso)	30	20	25	35	35	30	25	20	20
Cuarzo (variedad Cuarzo ahumado)	15	10	5	5	1	1	1	1	1
Limonita	3	2	2	5	2	1	1	5	5
Turgita	1	1	1	5	4	1	1	2	1
Hematita	4	1	5	3	1	1	1	1	1
Magnetita	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ilmenita	2	1	1	2	1	1	1	1	1
Leucóxeno	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Feldespató alterado (Caolín)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Circón	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Turmalina	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cianita	--	--	--	--	1	--	--	--	1
Epidoto	--	--	1	--	--	--	--	--	--

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

1. En el sector estudiado de la cuenca alta del río San Miguel, fueron identificadas dos unidades geológicas: la Formación Mesa en la cual, se obtuvieron muestras de rocas que resultaron ser costras ferruginosas y Sedimentos Recientes formando barras de arena, color marrón claro en las márgenes del río.

2. De acuerdo a la información obtenida con el análisis de distribución granulométrica para las muestras de sedimentos, en la margen derecha hay presencia de partículas que van desde limos gruesos hasta gravas pero su mayor porcentaje de sedimentos equivalen a arenas medias y arenas finas, de igual forma pasa con la margen izquierda. Las partículas del lecho también presentan una distribución que va de limos grueso a gravas pero los mayores porcentajes de partículas, comprende las arenas medias seguidas de las arenas muy gruesas y gruesas.

3. Según los porcentajes de redondez obtenidos a partir del análisis morfooscópico, predominan las partículas sub-angulosas y angulosas; en la margen derecha el porcentaje de las partículas sub-angulosas van desde 50 % hasta 63,3 % y las angulosas van de 23 % a 29,7 %; en la margen izquierda las partículas sub-angulosas van de 52 % a 68,2 % y las angulosas van de 25 % a 34,7 %. Por otra parte, en el lecho del río las partículas sub-angulosas tienen porcentajes que van desde 47,7 % a 56,7 % y las partículas angulosas van desde 25,3 % hasta 35%. Lo cual indica que la fuente de los sedimentos está cercana.

4. Se evaluó el 100% de las muestras siguiendo el método Visher y se obtuvo que el mecanismo de transporte predominante es la saltación, que incluyen de 5 a 2

subpoblaciones, con diámetros de 0,15 mm a 1 mm lo que corresponde a arenas medias a finas; la tracción por su parte se encuentra en el 67% de las muestras y tiene de 3 a 1 sub-poblaciones con diámetros que van de 1 mm a 4,1 mm lo que corresponde a arenas muy gruesas; la suspensión se encuentra en el 67% de las muestras y tiene de 2 a 1 sub-poblaciones, con diámetros que van de 0,02 mm a 0,15 mm que corresponde a limos gruesos.

5. Los sedimentos del río San Miguel contienen partículas que van desde limos hasta gravas, y siguiendo el criterio de Hjulstrom las velocidades necesarias para que se produzca la sedimentación están en un rango de 1,5 cm/s y 7,5 cm/s. Por otra parte, los valores de velocidades críticas para el transporte de partículas, van desde 1,5 cm/s hasta 23 cm/s para mover sedimentos arenosos gruesos a finos limosos; asimismo son requeridas velocidades mayores a 7,5 cm/s y menores a 45 cm/s para transportar los sedimentos arenosos gruesos gravosos. Por último, para erosionar los sedimentos arenosos gruesos a finos limosos, la velocidad del flujo debe ser mayor a 20 cm/s y 23 cm/s y para sedimentos arenosos gruesos gravosos velocidades mayores a 45 cm/s.

6. El análisis mineralógico realizado a todas las muestras de sedimentos demostró que el mineral más abundante corresponde a cuarzo cristal de roca, seguido de cuarzos lechosos y cuarzos ahumados, con presencia de minerales pertenecientes al grupo de los óxidos en menor proporción; lo que indica que los sedimentos muestran una alta madurez mineralógica.

### **Recomendaciones**

1. Realizar estudio de los sedimentos aplicando el criterio de Hjulstrom en otros tramos del río San Miguel.

2. Determinar las velocidades de la corriente del río en varios sitios y compararlas con el tamaño de las partículas tanto del lecho como en suspensión.

3. Realizar el análisis mineralógico a muestras de sedimentos, de otros tramos del río y compararlos con los resultados obtenidos en este trabajo.

## REFERENCIAS

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

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

Arias, F. (2012). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.** Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, pp 21-132.

Betancourt, J. (1998). **SEDIMENTOS RECIENTES.** Código geológico Pdvsa

Consultora Ingeniería Caura, (1994). **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL DRAGADO DE MANTENIMIENTO DEL RÍO ORINOCO.** Puerto Ordaz.

Cova, M. y Sanabria, J. (2017). **ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE SEDIMENTOS EN EL SECTOR LOS CASTILLOS DEL RÍO ORINOCO. ESTADO MONAGAS, EVENEZUELA.** Pp 66.

C.V.G. TECMIN, (1991). **PROYECTO DE INVENTARIO DE LOS RECURSOS NATURALES EN LA REGIÓN GUAYANA.** Tomo I,II,III Ciudad Bolívar, pp. 159-164; 192- 198; 214-215; 247-253; 420-450. Tomo II, Ciudad Bolívar, pp 638-651, 684-695; 734-739; 940-960.

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

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

González, M. y Pompa, A. (2017). **CARACTERIZACIÓN SEDIMENTOLÓGICA Y AMBIENTAL DE UN TRAMO DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN MIGUEL EN EL POBLADO DE AGUA LINDA. MUNICIPIO HERES, CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Pp 111

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

Miall, A. (1981). **ANALYSIS OF FLUVIAL DEPOSITION AL SYSTEMS**. Am. Ass. Petrol. Geol. Conference. (Inédite),pp 68.

Pettijohn, F. (1975). **SEDIMENTARY ROCKS**. Harper, New York, pp 18-64; 628.

PDVSA-INTEVEP. (2001). **LÉXICO ESTRATIGRÁFICO DE VENEZUELA**. Tercera Edición, Venezuela, pp 115-142.

Reineck, H. y Sing, I. (1990). **DEPOSITIONAL SEDIMENTARY ENVIRONMENTS**. Berlin Springer – Verlag. Pp 185 – 201. Pp 439.

Visher, Glenn (1969). **GRAIN SIZE DISTRIBUTIONS AND DEPOSITIONAL PROCESSES**. JOURNAL OF SEDIMENTARY PETROLOGY. VOL. 39, No. 3, 1074-1106 FIGS.1-21, SEPTEMBER, 1969 ' JGRAIN SIZE DISTRIBUTIONS.

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE A**  
**CLASIFICACIÓN TEXTURAL DE LOS SEDIMENTOS**

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
18	1,00	422,1	441,8	19,7	3,94	3,94	96,06
35	0,50	553,8	592,7	38,9	7,79	11,73	88,27
60	0,25	286,5	452,4	165,9	33,21	44,94	55,06
120	0,125	493,6	694,2	200,6	40,15	85,09	14,91
200	0,074	503,8	560,4	56,6	11,33	96,42	3,58
270	0,053	339,8	408,1	8,3	1,66	98,08	1,92
Pan		253,6	263,2	9,6	1,92	100	0
Σ				499,6	100		

### ESTACIÓN 1. MARGEN DERECHO (MS1 MD)

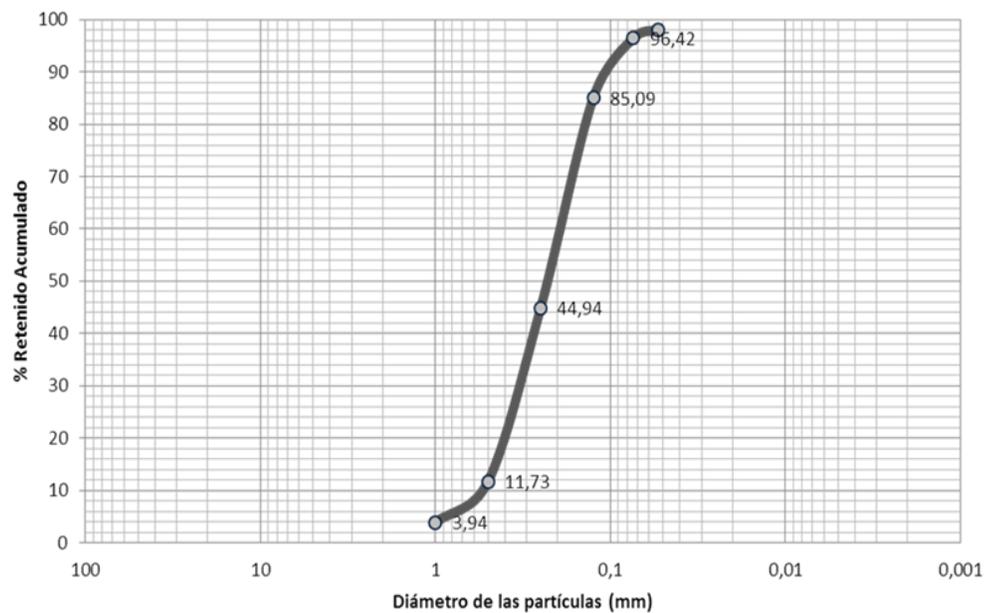
GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS

MUY GRUESA GRUESA MEDIA FINA MUY FINA GRUESO MEDIO FINO MUY FINO

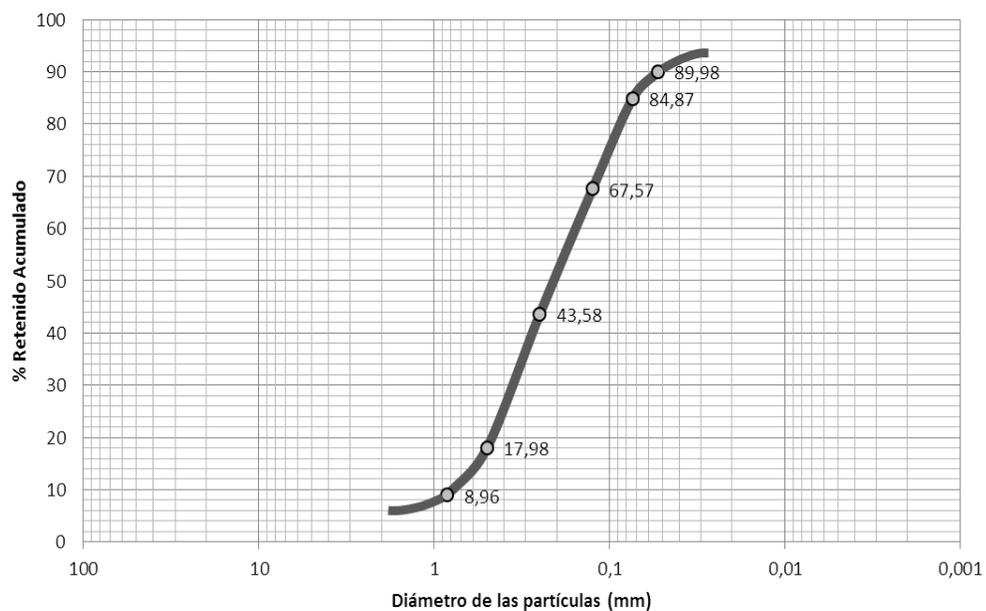


Apéndice A.1 Distribución granulométrica de la muestra MS1 (MD)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
20	0,84	505,5	550,2	44,7	8,96	8,96	91,04
35	0,5	547,9	592,9	45	9,02	17,98	82,02
60	0,25	511,3	639	127,7	25,60	43,58	56,42
120	0,125	488,1	607,8	119,7	23,99	67,57	32,43
200	0,074	302,8	389,1	86,3	17,30	84,87	15,13
270	0,053	351,3	376,8	25,5	5,11	89,98	10,02
Pan		277,5	327,2	50	10,02	100	0
Σ				498,9	100		

### ESTACIÓN 1. MARGEN IZQUIERDO (MS1 MI)

GRAVAS	ARENA				LIMO				ARCILLAS
	MUY GRUESA	GRUESA	MEDIA	FINA	MUY FINA	GRUESO	MEDIO	FINO	



Apéndice A.2 Distribución granulométrica de la muestra MS1 (MI)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
10	2	652,9	672,5	19,6	3,92	3,92	96,08
20	0,84	505,1	549,35	44,25	8,85	12,78	87,22
35	0,5	553,7	616,31	62,61	12,53	25,31	74,69
60	0,25	286,5	438,17	151,67	30,35	55,66	44,34
120	0,125	493,7	592,98	99,28	19,87	75,52	24,48
200	0,074	503,7	518,31	14,61	2,92	78,45	21,55
PAN		253,7	361,4	107,7	21,55	100	0
Σ				499,72	100		

### ESTACIÓN 1. LECHO DEL RÍO (MS1 L)

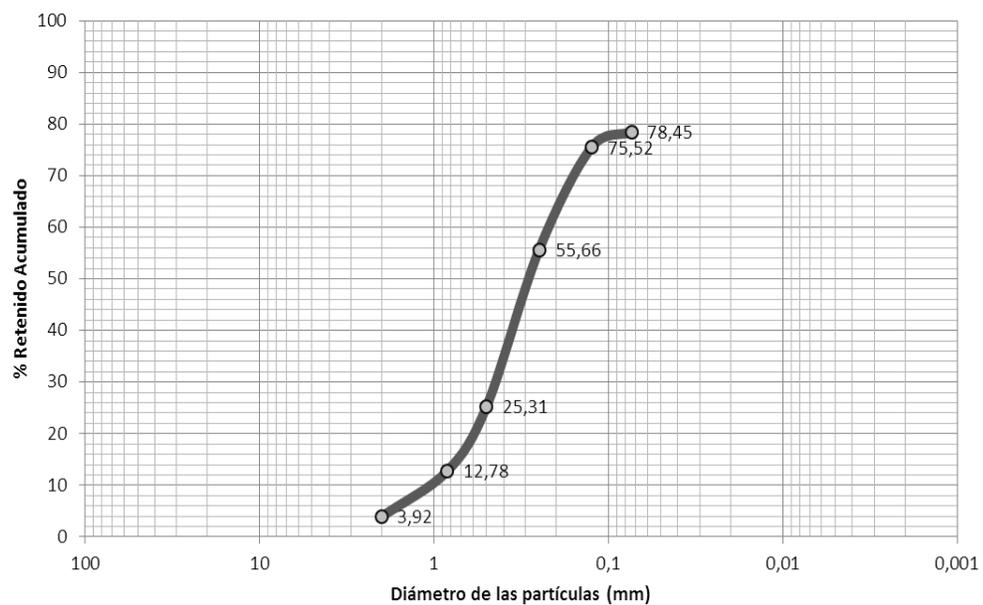
GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS

MUY GRUESA GRUESA MEDIA FINA MUY FINA GRUESO MEDIO FINO MUY FINO



Apéndice A.3 Distribución granulométrica de la muestra MS1 (L)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
5	4	729,5	793	63,5	12,70	12,70	87,30
10	2	653,1	660,0	6,9	1,38	14,08	85,92
18	1	600,6	643,5	42,9	8,58	22,66	77,34
35	0,5	553,7	700,4	146,7	29,34	52,00	48,00
60	0,25	286,4	466,0	179,6	35,92	87,92	12,08
120	0,125	493,6	552,1	58,5	11,70	99,62	0,38
PAN		253,7	255,6	1,9	0,38	100,00	0,00
Σ				499,98	100		

### ESTACIÓN 2. MARGEN DERECHO (MS2 MD)

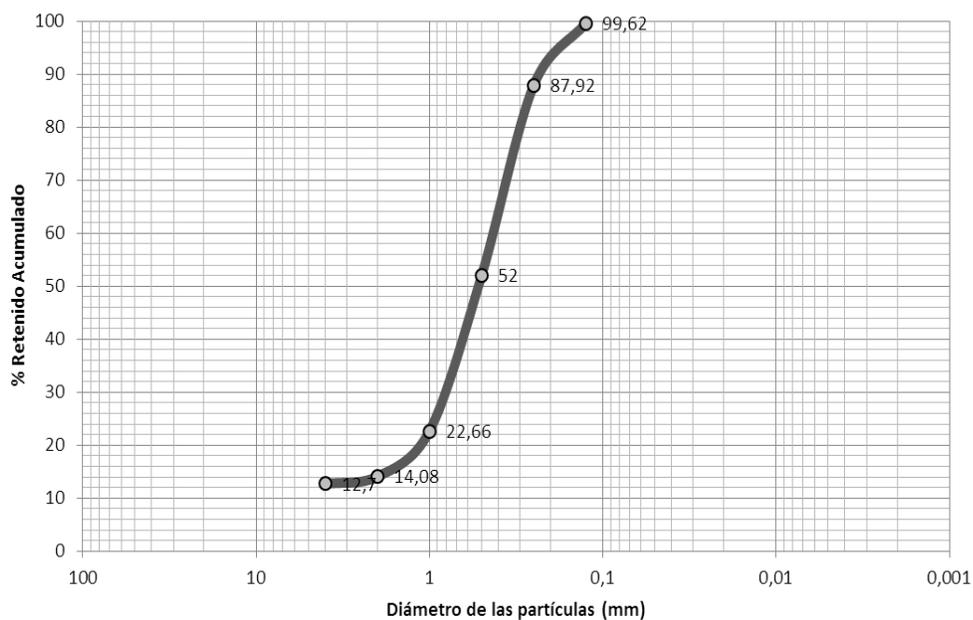
GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS

MUY GRUESA GRUESA MEDIA FINA MUY FINA GRUESO MEDIO FINO MUY FINO



Apéndice A.4 Distribución granulométrica de la muestra MS2 (MD)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
5	4	729,5	735,6	6,1	1,22	1,22	98,78
10	2	653,1	714,8	61,7	12,35	13,57	86,43
18	1	600,6	671,4	70,8	14,17	27,75	72,25
35	0,5	547,5	678,2	130,7	26,17	53,91	46,09
60	0,25	511,1	683,5	172,4	34,51	88,43	11,57
120	0,125	487,3	541,6	54,3	10,87	99,30	0,70
PAN		277,4	280,9	3,5	0,70	100	0
Σ				499,5	100		

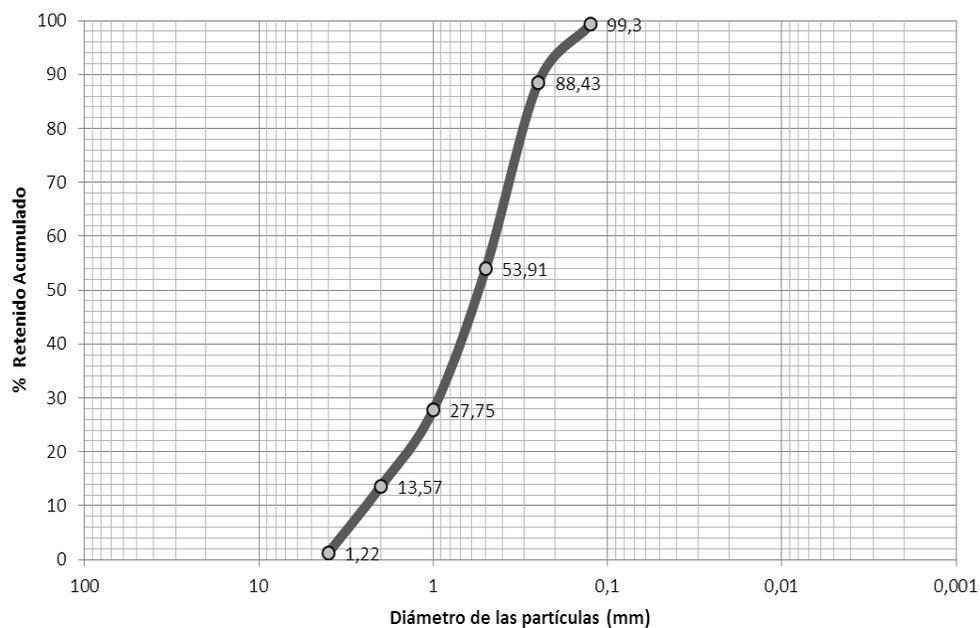
### ESTACIÓN 2. MARGEN IZQUIERDO (MS2 MI)

GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS



Apéndice A.5 Distribución granulométrica de la muestra MS2 (MI)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
5	4	729,5	748,25	18,75	3,75	3,75	96,25
10	2	653,1	748,45	95,35	19,09	22,84	77,16
18	1	600,6	827,6	227	45,44	68,27	31,73
35	0,5	747,5	857,8	110,3	22,08	90,35	9,65
60	0,25	511,22	548,82	37,6	7,53	97,88	2,12
120	0,125	487,3	497,3	10	2,00	99,88	0,12
PAN		253,7	254,3	0,6	0,12	100,00	0
Σ				499,6	100,00		

### ESTACIÓN 2. LECHO DEL RÍO (MS2 L)

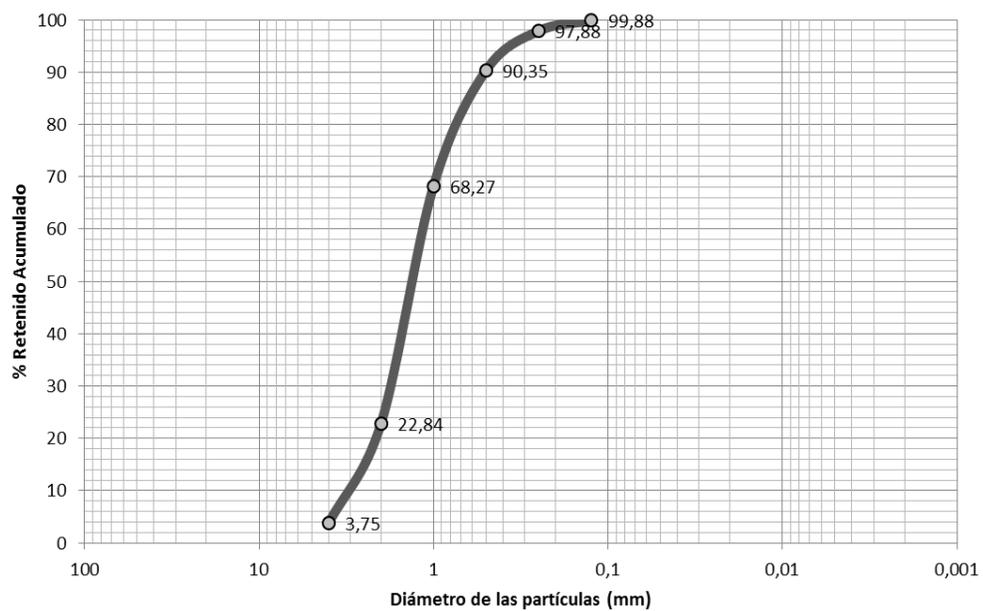
GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS

MUY GRUESA GRUESA MEDIA FINA MUY FINA GRUESO MEDIO FINO MUY FINO



Apéndice A.6 Distribución granulométrica de la muestra MS2 (L)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
18	1,00	600,6	608,2	7,6	1,52	1,52	98,48
35	0,50	547,6	592,5	44,9	9,00	10,52	89,48
60	0,25	511,2	763,9	252,7	50,65	61,17	38,83
120	0,125	487,3	665,7	178,4	35,76	96,93	3,07
200	0,074	302,5	314,4	11,9	2,39	99,31	0,69
270	0,053	351,2	351,8	0,6	0,12	99,43	0,57
Pan		277,3	280,1	2,8	0,56	100	0
Σ				498,9	100		

### ESTACIÓN 3. MARGEN DERECHO (MS3 MD)

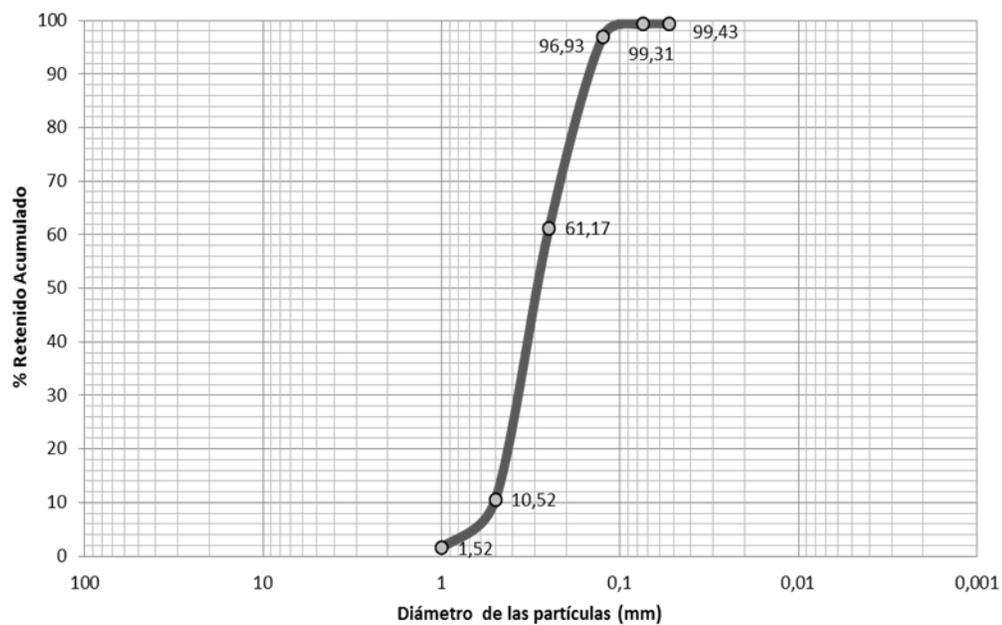
GRAVAS

ARENA

LIMO

ARCILLAS

MUY GRUESA GRUESA MEDIA FINA MUY FINA GRUESO MEDIO FINO MUY FINO

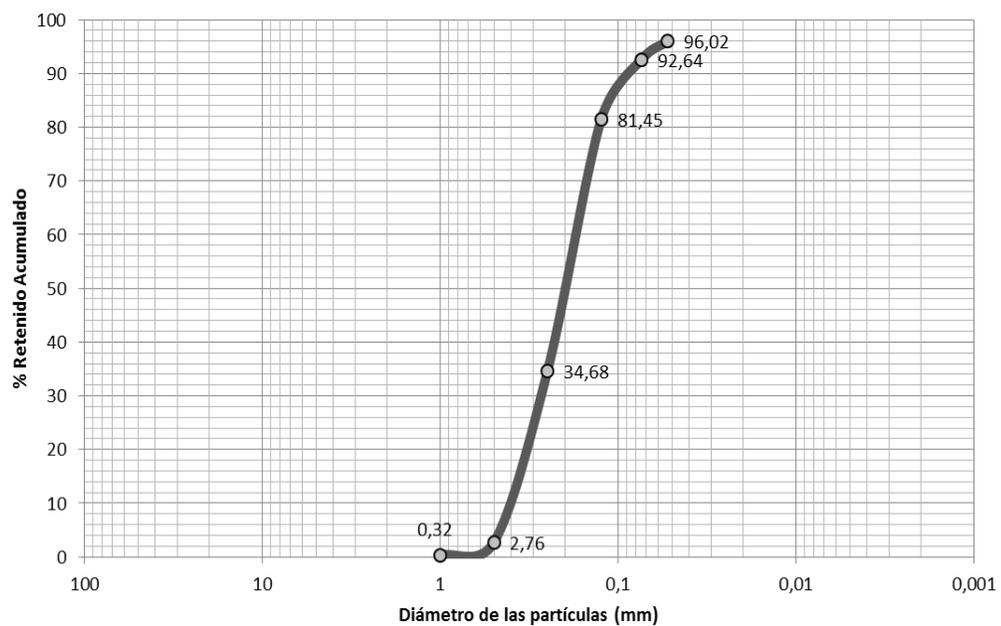


Apéndice A.7 Distribución granulométrica de la muestra MS3 (MD)

TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
18	1,00	600,3	601,9	1,6	0,32	0,32	99,68
35	0,50	553,7	565,9	12,2	2,44	2,76	97,24
60	0,25	286,5	446	159,5	31,92	34,68	65,32
120	0,125	493,6	727,3	233,7	46,77	81,45	18,55
200	0,074	503,6	559,5	55,9	11,19	92,64	7,36
270	0,053	399,9	416,8	16,9	3,38	96,02	3,98
Pan		253,6	273,5	19,9	3,98	100	0
Σ				499,7	100		

### ESTACIÓN 3. MARGEN IZQUIERDO (MS3 MI)

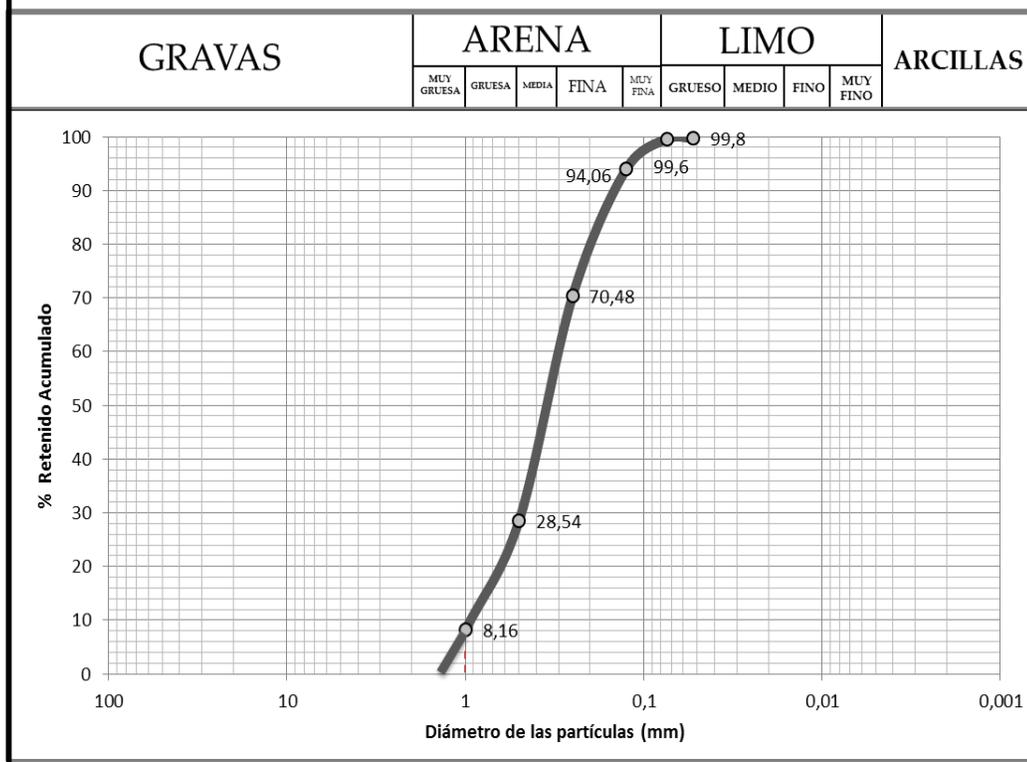
GRAVAS	ARENA				LIMO				ARCILLAS
	MUY GRUESA	GRUESA	MEDIA	FINA	MUY FINA	GRUESO	MEDIO	FINO	



Apéndice A.8 Distribución granulométrica de la muestra MS3 (MI)

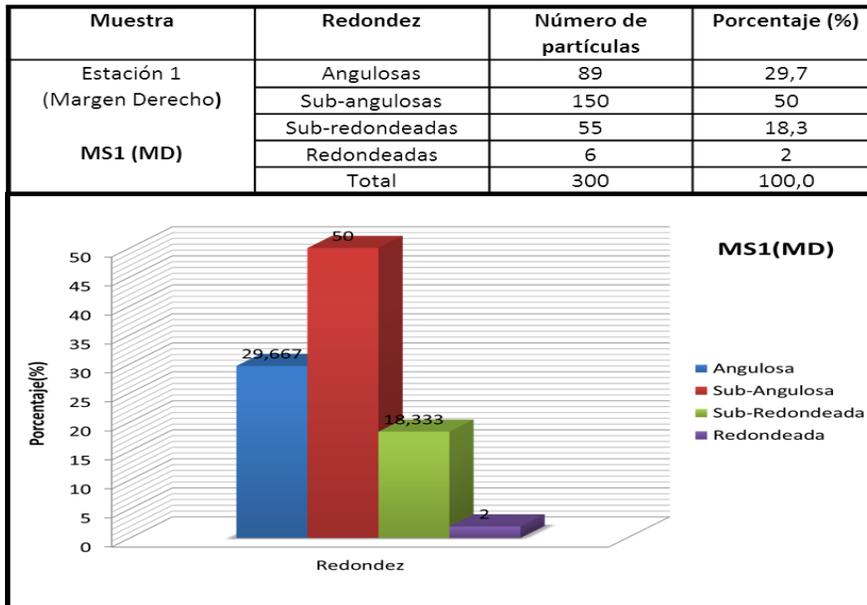
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO TAMIZ (gr)	TAMIZ + MATERIAL (gr)	MATERIAL RETENIDO (gr)	% MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% MATERIAL PASANTE
18	1	600,3	641	40,7	8,16	8,16	91,84
35	0,5	547,5	649,1	101,6	20,38	28,54	71,46
60	0,25	511,2	720,3	209,1	41,94	70,48	29,52
120	0,125	487,3	604,9	117,6	23,59	94,06	5,94
200	0,074	302,6	330,2	27,6	5,54	99,60	0,40
270	0,053	351,2	352,2	1	0,20	99,80	0,20
PAN		277,4	278,4	1	0,20	100,00	0
Σ				498,6	100		

### ESTACIÓN 3. LECHO (MS3 L)

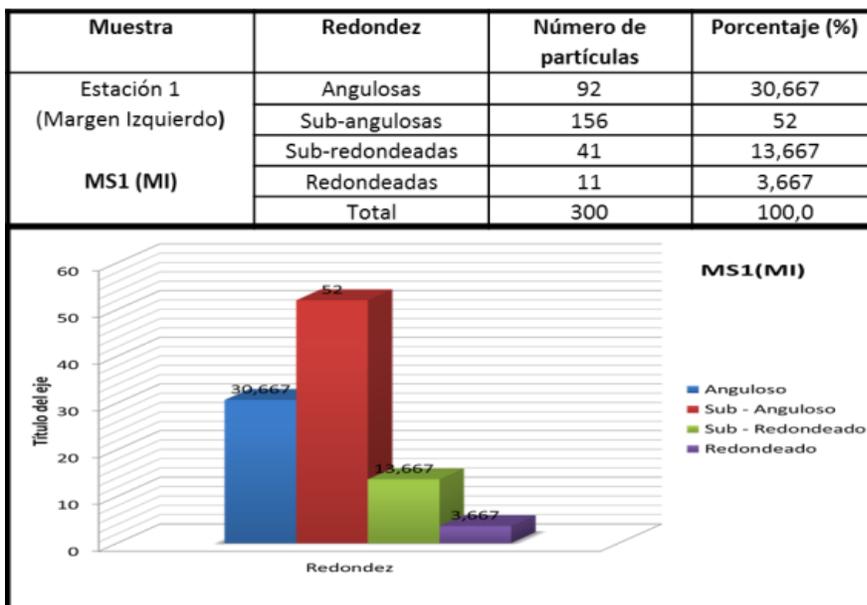


Apéndice A.9 Distribución granulométrica de la muestra MS3 (L)

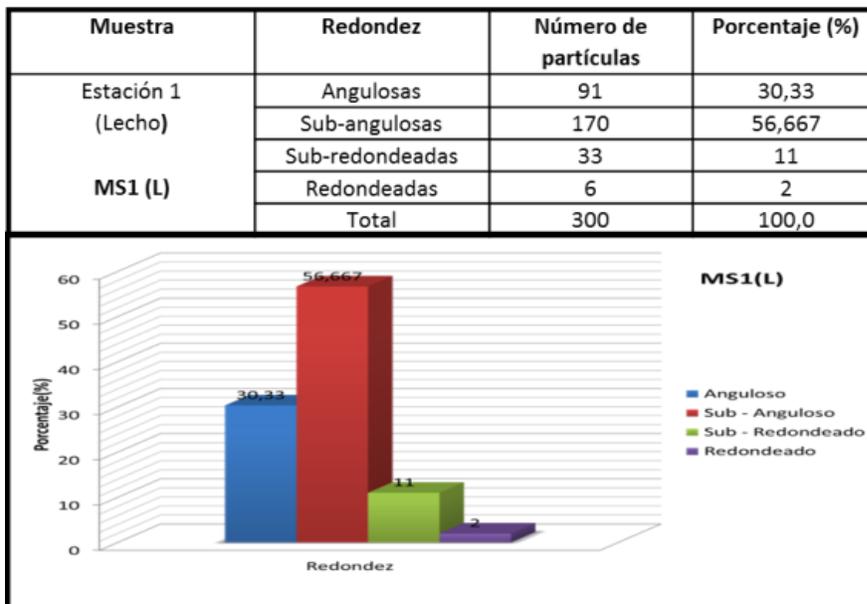
**APÉNDICE B**  
**GRADO DE TRANSPORTE DE LOS SEDIMENTOS**



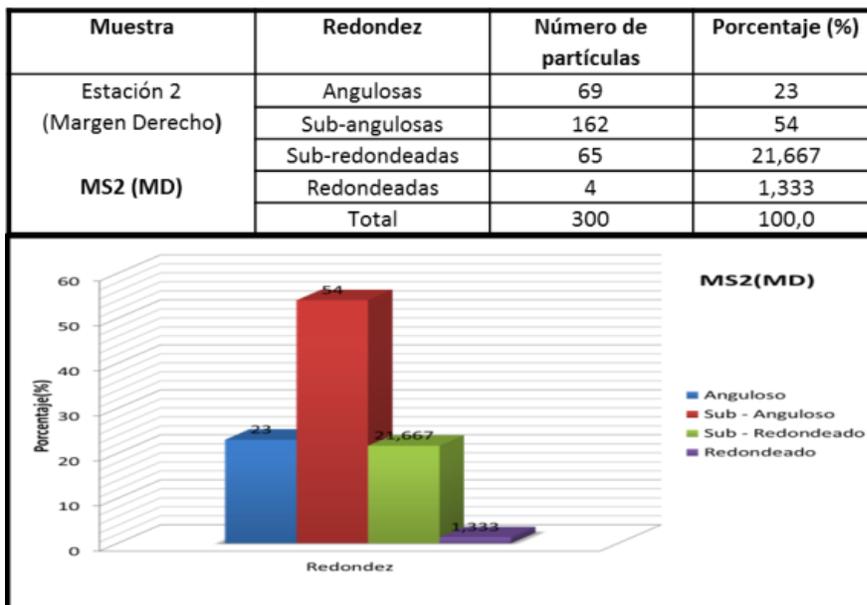
Apéndice B.1 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS1 (MD)



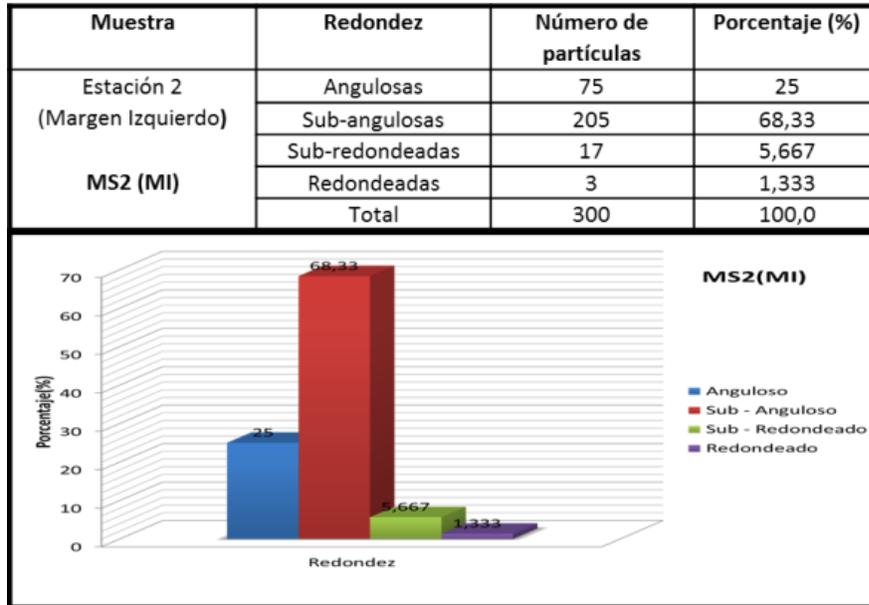
Apéndice B.2 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS1 (MI)



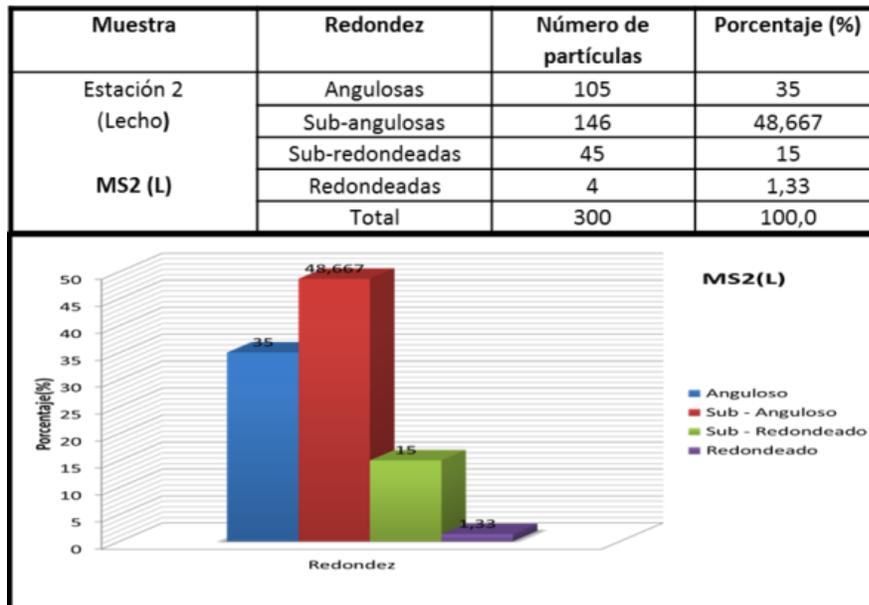
Apéndice B.3 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS1 (L)



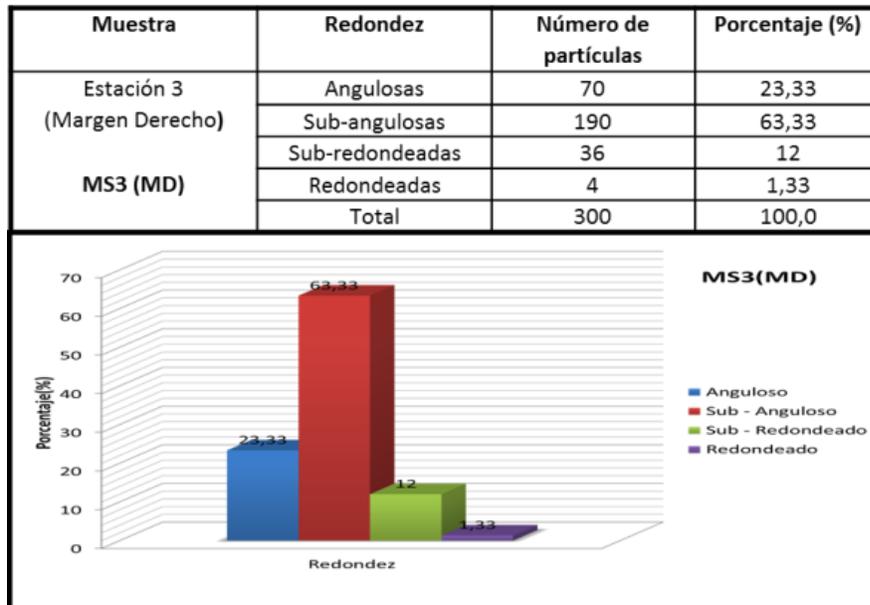
Apéndice B.4 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS2 (MD)



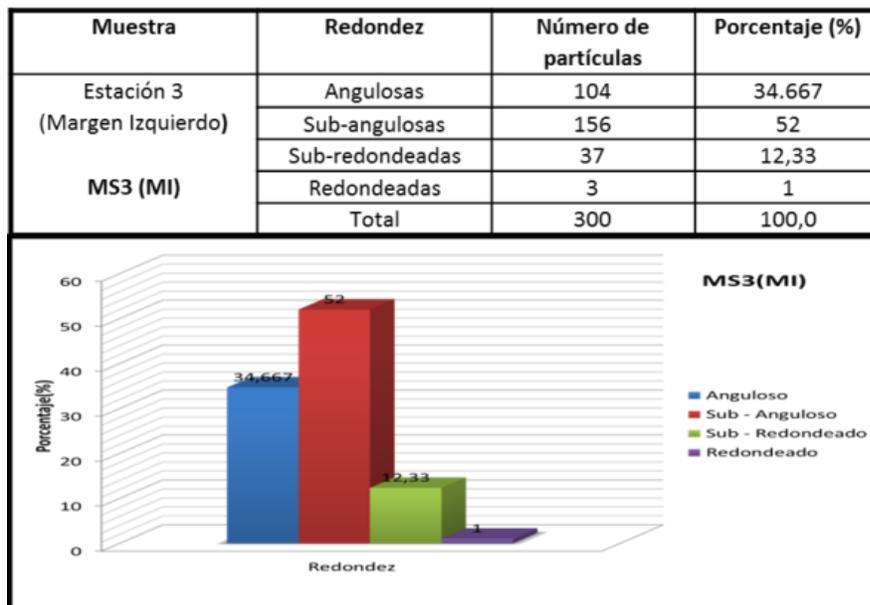
Apéndice B.5 Histograma del Análisis Morfosκόpico de la muestra MS2 (MI)



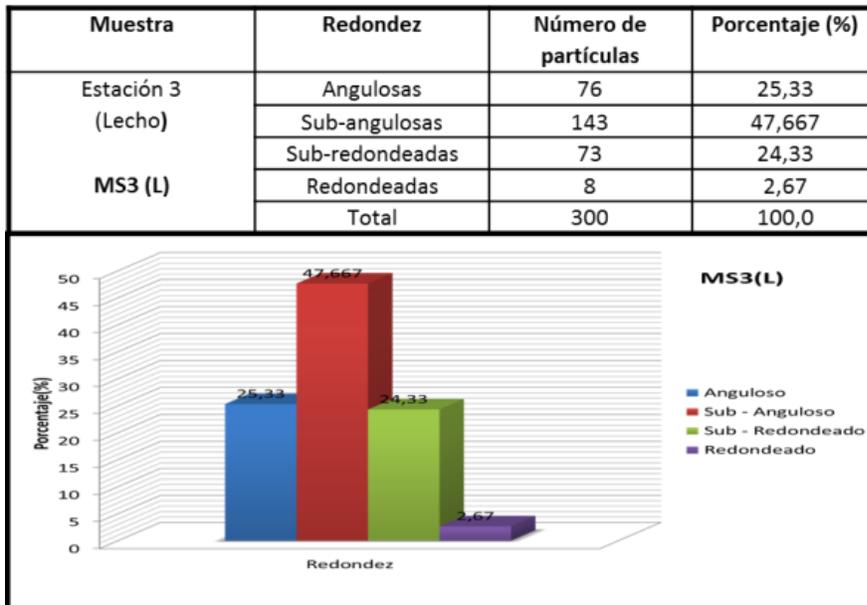
Apéndice B.6 Histograma del Análisis Morfosκόpico de la muestra MS2 (L)



Apéndice B.7 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS3 (MD)

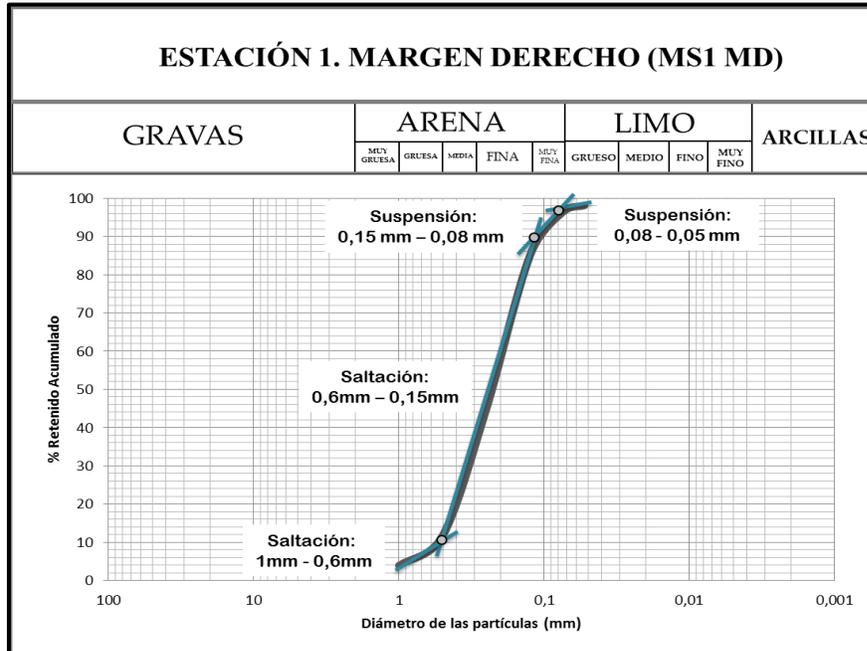


Apéndice B.8 Histograma del Análisis Morfoscópico de la muestra MS3 (MI)

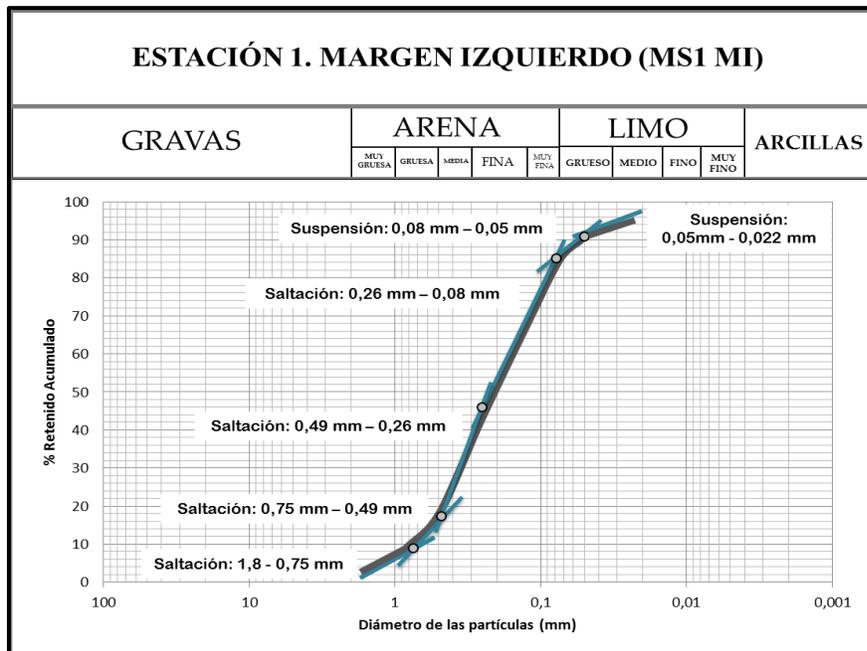


Apéndice B.9 Histograma del Análisis Morfosκόpico de la muestra MS3 (L)

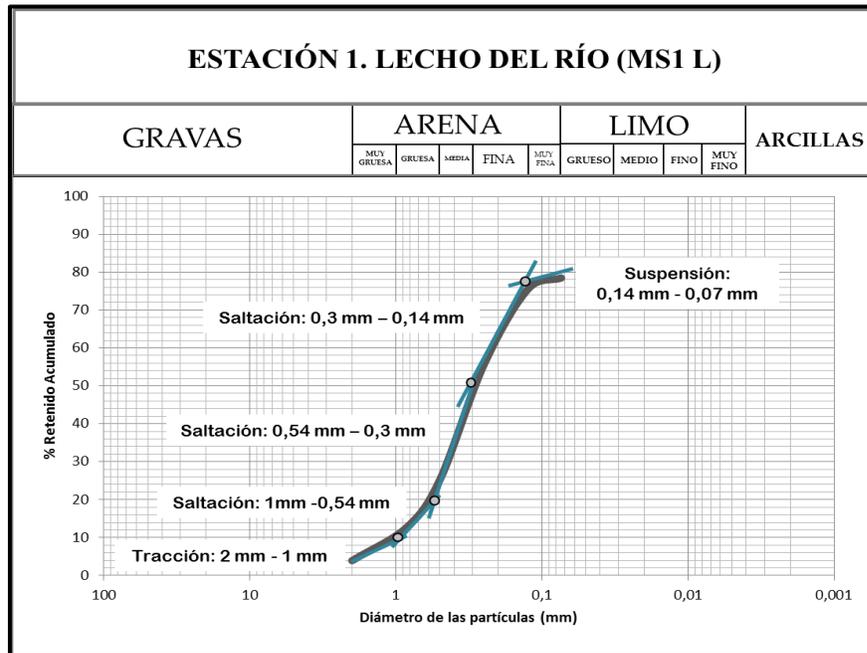
**APÉNDICE C**  
**MODOS DE TRANSPORTE DE LAS PARTÍCULAS CON EL**  
**MÉTODO DE VISHER**



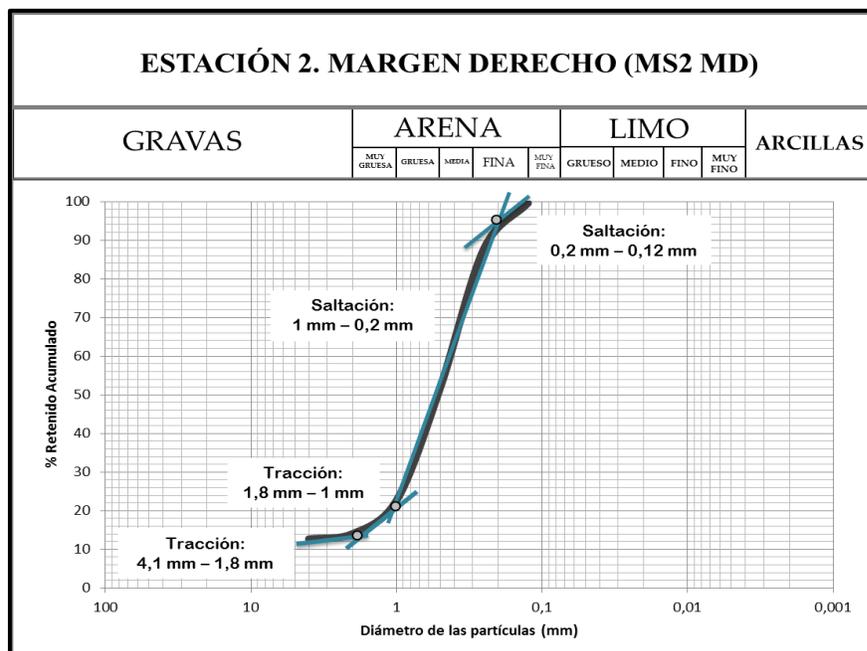
Apéndice C.1 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS1 (MD)



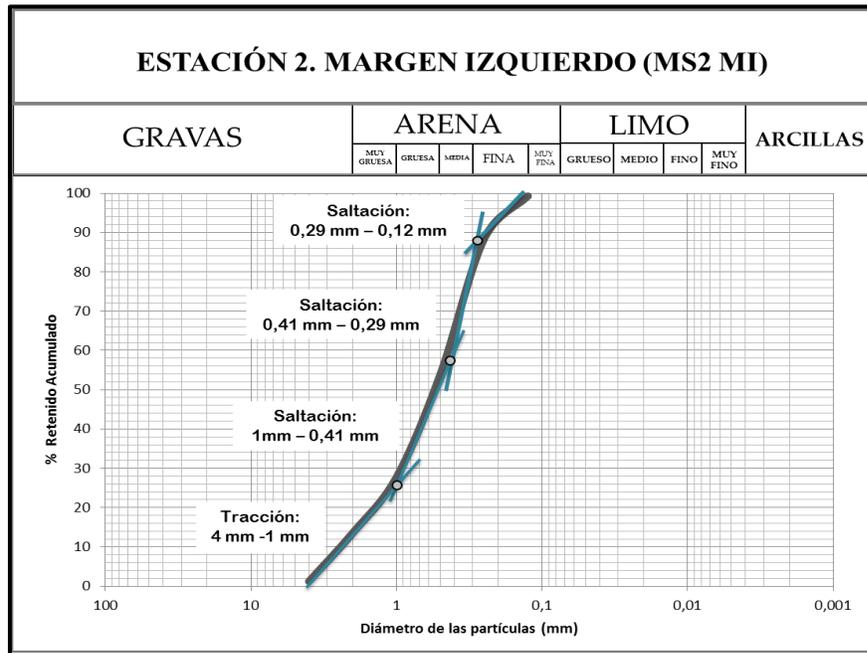
Apéndice C.2 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS1 (MI)



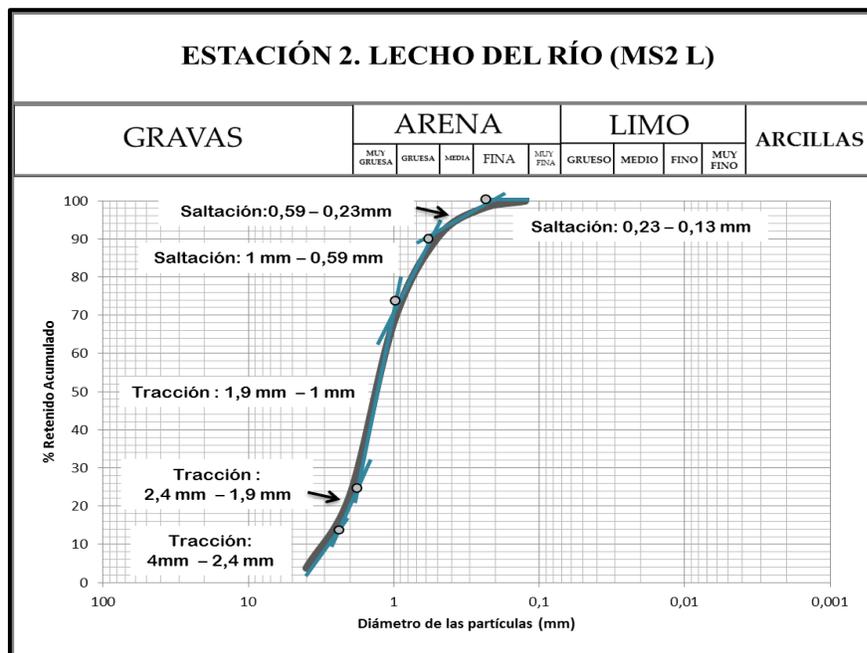
Apéndice C.3 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS1 (L)



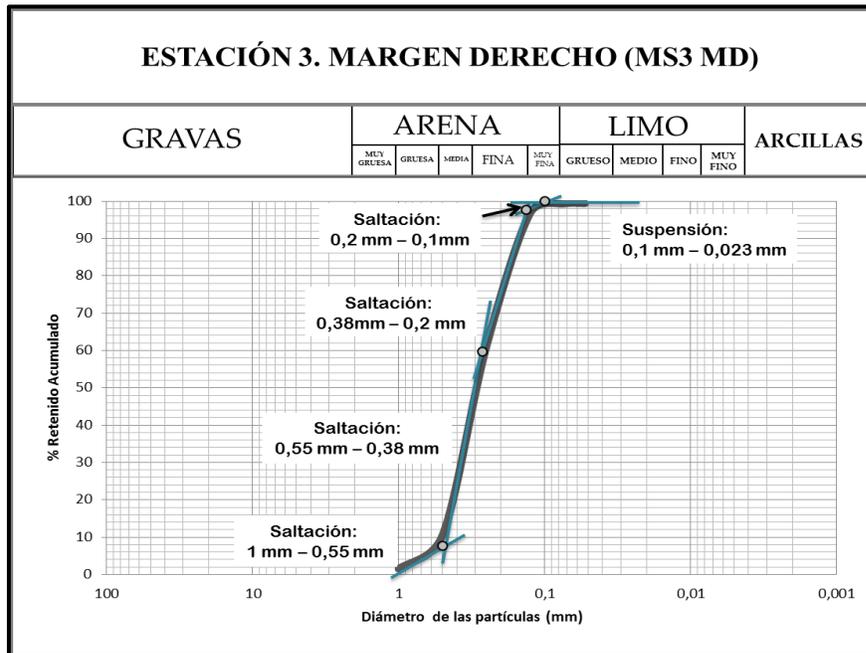
Apéndice C.4 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS2 (MD)



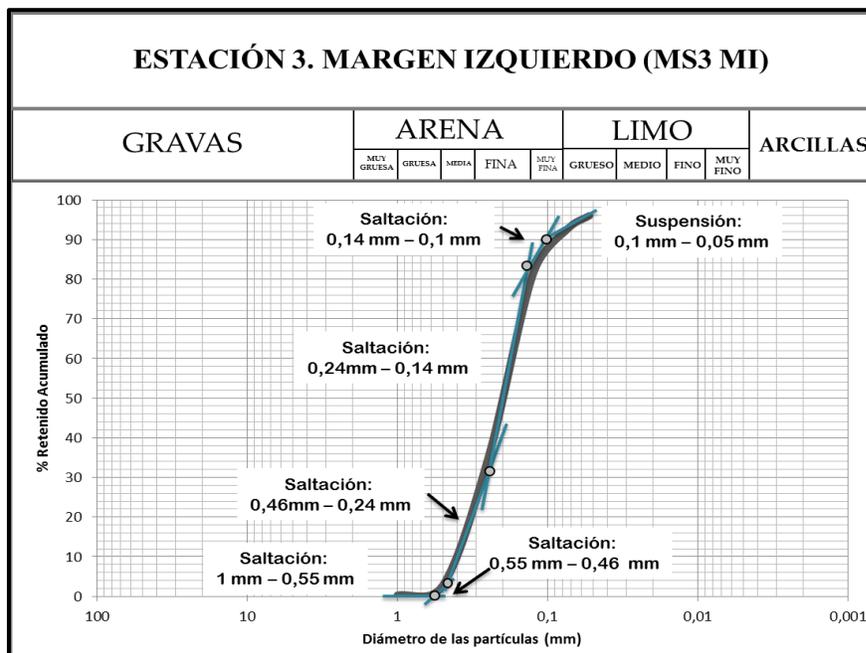
Apéndice C.5 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS2 (MI)



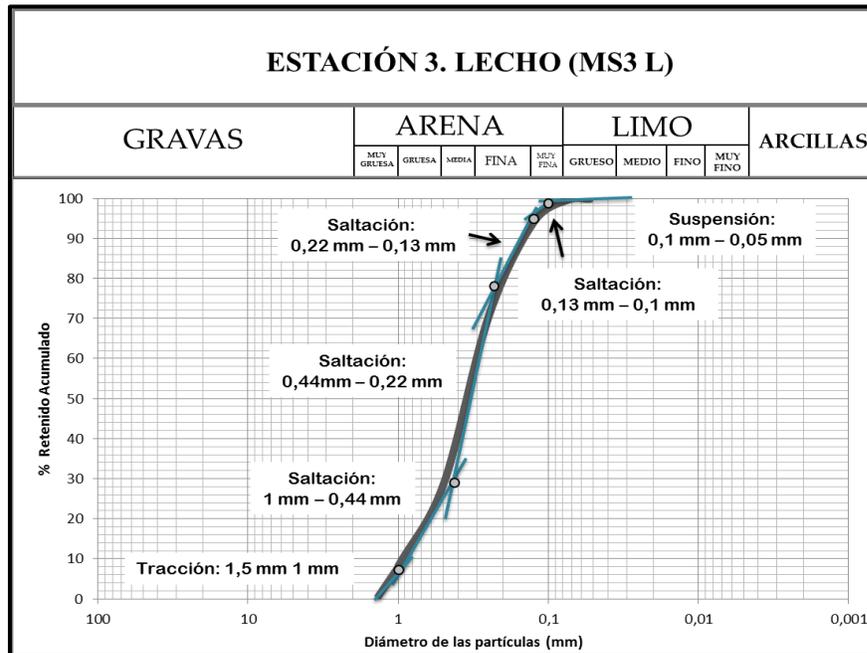
Apéndice C.6 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS2 (L)



Apéndice C.7 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS3 (MD)



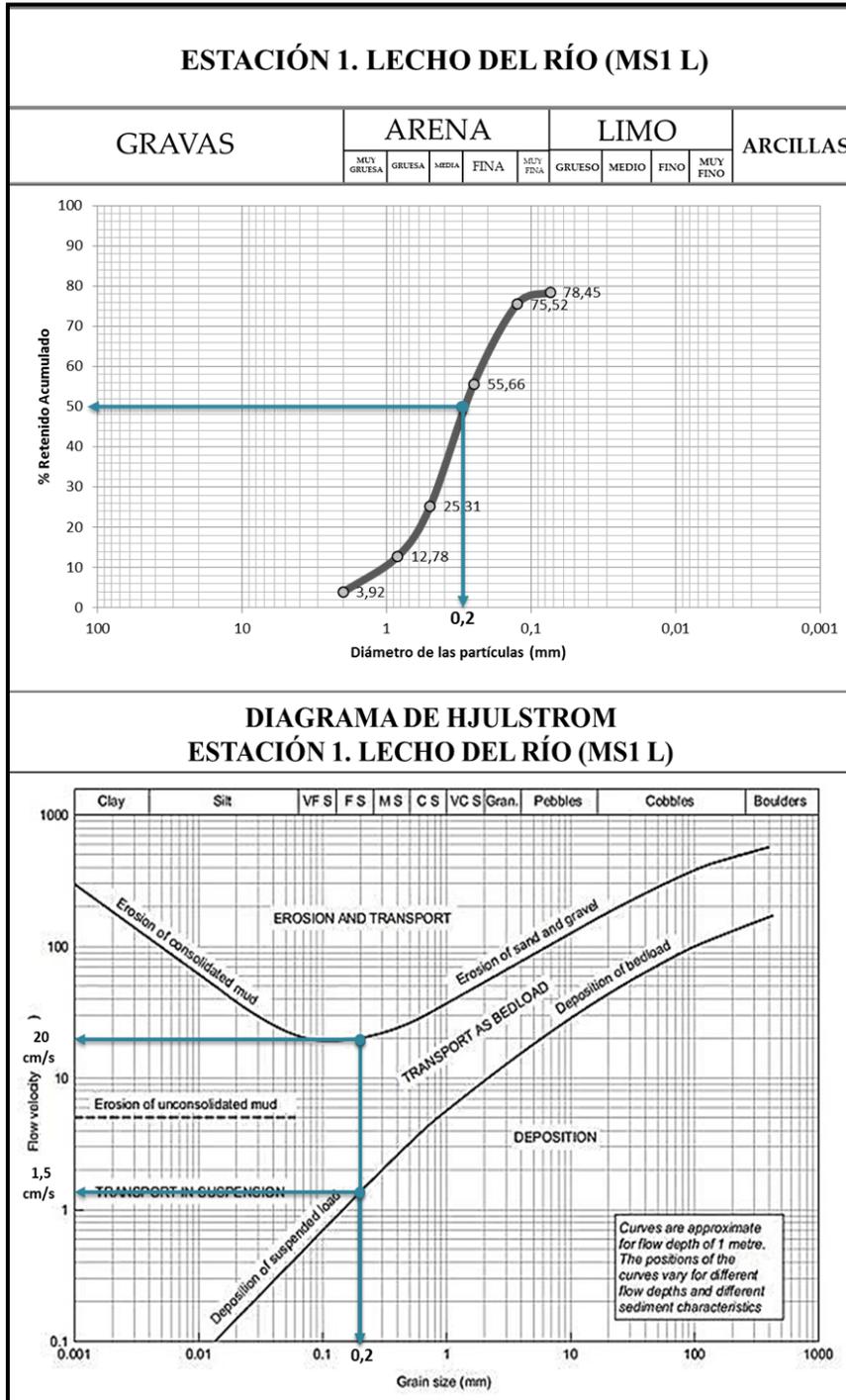
Apéndice C.8 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS3 (MI)



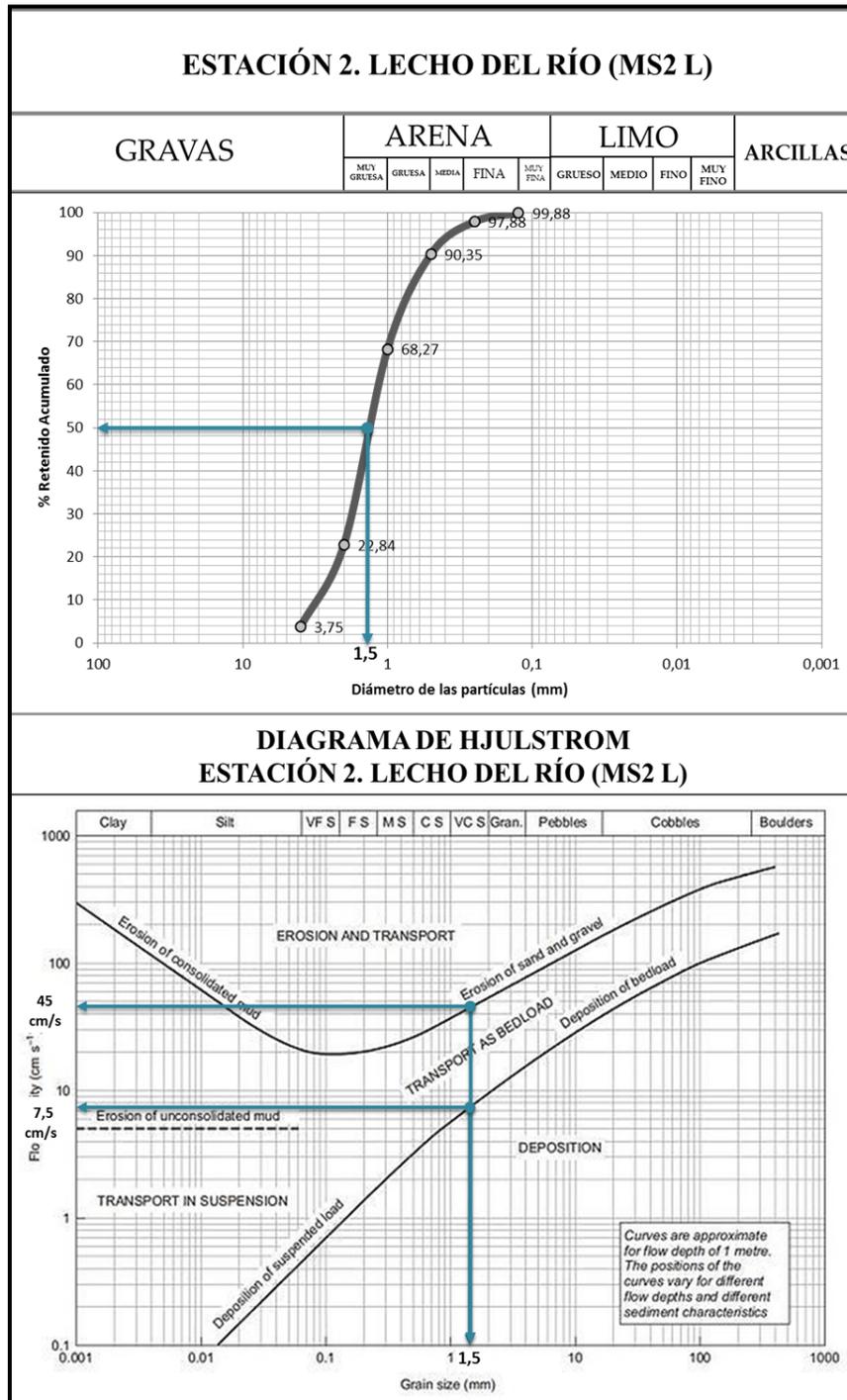
Apéndice C.9 Modos de transporte de las partículas con método de Visher en la muestra MS3 (L)

**APÉNDICE D**

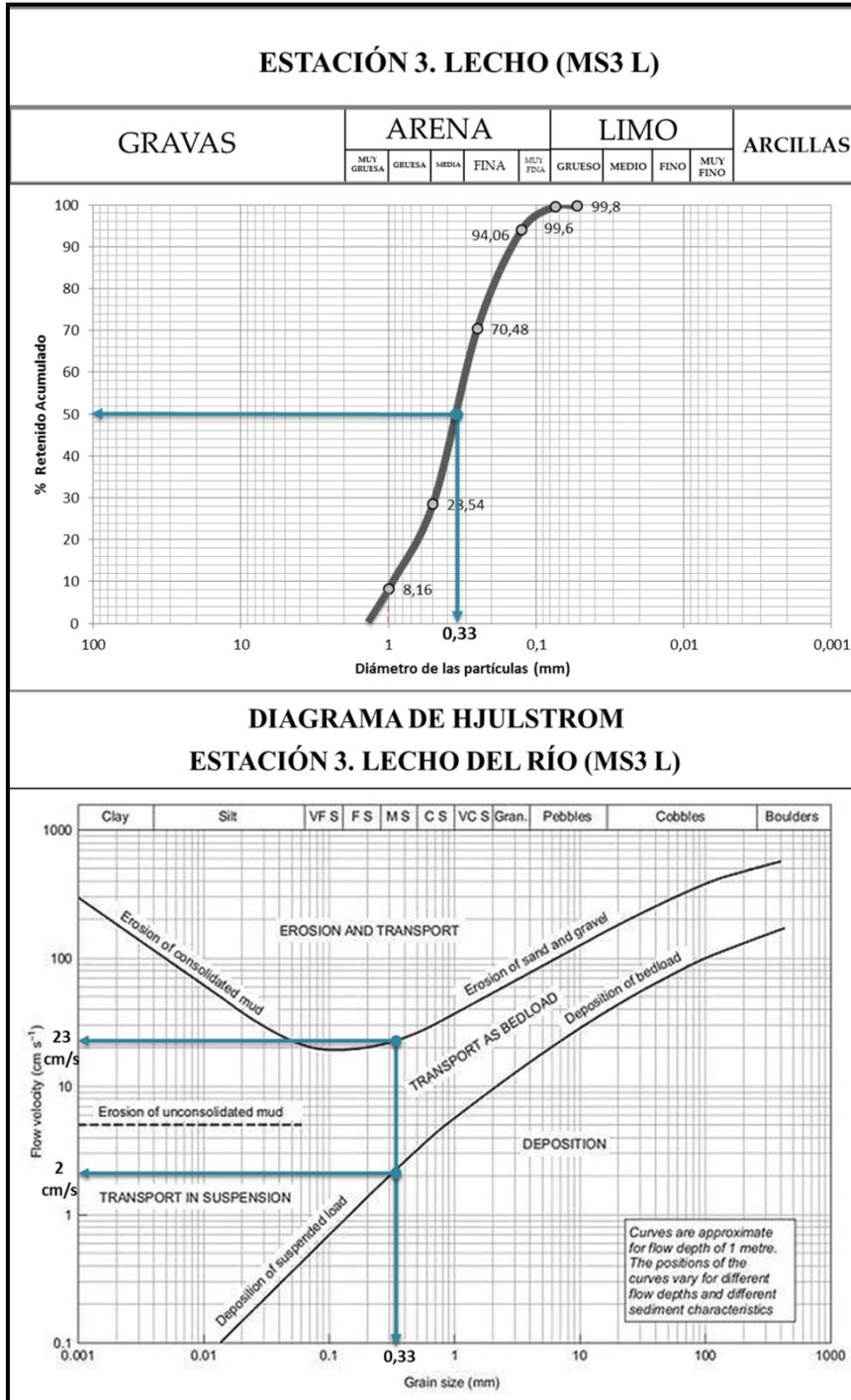
**LÍMITES DE VELOCIDADES NECESARIOS PARA QUE SE  
PRODUZCA EL MOVIMIENTO DE LOS SEDIMENTOS DE  
ACUERDO AL CRITERIO DE HJULSTROM**



Apéndice D.1 Diagrama de Hjulstrom en la muestra MS1 (L)



Apéndice D.2 Diagrama de Hjulstrom en la muestra MS2 (L)



Apéndice D.3 Diagrama de Hjulstrom en la muestra MS3 (L)

## **ANEXOS**

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

<b>Título</b>	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE UN SECTOR DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO SAN MIGUEL, EN LAS COORDENADAS N: 877903 Y E: 410973 AL NOROESTE DEL POBLADO DE AGUA LINDA. MUNICIPIO HERES, PARROQUIA ORINOCO, ESTADO BOLÍVAR
<b>Subtítulo</b>	

### Autor(es)

<b>Apellidos y Nombres</b>	<b>Código CVLAC / e-mail</b>	
GOITIA MORENO YAER ISAAC	<b>CVLAC</b>	19.078.656
	<b>e-mail</b>	Yaergoitia.10@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

### Palabras o frases claves:

Caracterización geológica de un sector de la cuenca alta
Del río San Miguel
En las coordenadas N: 877903 y E: 410973
Al Noroeste del poblado de Agua Linda
Municipio Heres
Parroquia Orinoco
Estado Bolívar
Método de Visher
Diagrama de Hjulstrom

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

## Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Geología

## Resumen (abstract):

El presente estudio se basa en una caracterización geológica de un tramo de 200 metros en un sector del río San Miguel en su cuenca alta, en la época de sequía del año 2017, el río se encuentra ubicado al norte del poblado de Agua Linda, tomando la Troncal 19, en el Municipio Heres del estado Bolívar. La metodología empleada en esta investigación es de tipo descriptiva, con un diseño de tipo documental y de campo. En la zona de estudio se establecieron tres estaciones de muestreo tanto para sedimentos como para muestras de roca. Las muestras de rocas fueron descritas macroscópicamente; y a las de sedimentos se les realizaron análisis granulométricos por tamizado, morfooscópicos, se les le determinaron los mecanismos de transporte por el método de Visher, y la estimación de las velocidades de sedimentación, transporte y erosión según el criterio Hjulstrom. Se identificaron dos unidades geológicas: la Formación Mesa con costras ferruginosas y Sedimentos Recientes caracterizados por sedimentos arenosos de gruesos a finos, que forman barras y además se encuentran en el lecho. En las márgenes del río hay arenas medias y arenas finas, y en el lecho arenas medias y muy gruesas a gruesas. Se determinó que en las márgenes predominan las partículas sub-angulosas y angulosas, y van desde 50 % hasta 68,2 % y de 23 % a 34,7 %, respectivamente; y en el lecho del río las partículas sub-angulosas se encuentran entre 47,7 % a 56,7 % y las angulosas desde 25,3 % hasta 35%; lo cual indica que la fuente de los sedimentos está cercana. Por el método Visher se obtuvo que el mecanismo de transporte predominante es la saltación, que incluye de 2 a 5 subpoblaciones con diámetros de 0,15 mm a 1 mm, que corresponde a arenas medias a finas; la tracción tiene de 3 a 1 sub-poblaciones con diámetros de 1 mm a 4,1 mm, que corresponde a arenas muy gruesa; la suspensión tiene de 2 a 1 sub-poblaciones, con diámetros de 0,02 mm a 0,15 mm que responde a limos gruesos. De acuerdo al criterio de Hjulstrom las velocidades para que se produzca la sedimentación está en un rango de 1,5 cm/s y 7,5 cm/s, para el transporte de partículas, va de 1,5 cm/s hasta 23 cm/s, para mover sedimentos arenosos gruesos a finos limosos; de 7,5 cm/s y menores a 45 cm/s para transportar los sedimentos arenosos gruesos gravosos; y para erosionar los sedimentos arenosos gruesos a finos limosos, la velocidad del flujo debe ser mayor a 20 cm/s y 23 cm/s y para sedimentos arenosos gruesos gravosos, mayores a 45 cm/s. Del análisis mineralógico se determinó que el mineral más abundante corresponde a cuarzo cristal de roca, seguido de cuarzos lechosos y cuarzos ahumados, con presencia de minerales pertenecientes al grupo de los óxidos en menor proporción; lo que indica que los sedimentos muestran una alta madurez mineralógica.

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

### Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Rosario Rivadulla	<b>ROL</b>	c <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	3.825.175
	<b>e-mail</b>	rosariorivadulla@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
José Simón González	<b>ROL</b>	c <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	13.015.360
	<b>e-mail</b>	jsgonzalez78@gmail.com
	<b>e-mail</b>	
Henry Ramírez	<b>ROL</b>	c <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	<b>CVLAC</b>	15.252.557
	<b>e-mail</b>	tesisudohr@gmail.com
	<b>e-mail</b>	

### Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2018	04	27

Lenguaje Spa

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

### Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis- Caracterización geológica de un sector de la cuenca alta del río san miguel.docx
Tesis- Caracterización geológica de un sector de la cuenca alta del río san miguel.pdf

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

### Área de Estudio:

Departamento de Geología

### 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

CU N° 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.

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

Cordialmente,

**JUAN A. BOLANOS CUNVELO**  
Secretario



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

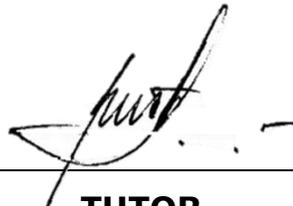
**Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) :** “Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo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

---

**AUTOR 1**

---

**AUTOR 2**



---

**TUTOR**