

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



**INFLUENCIA DE LA LITOLOGÍA SOBRE LA
GEOMORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO ORINOCO. CASO
LA URBANA.**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LAS
BACHILLERES: GUTIÉRREZ
B., EDIMAR Y., Y MEDINA M.,
MARIANA D. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE GEÓLOGO**

CIUDAD BOLÍVAR, DICIEMBRE DE 2023



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

ACTA DE APROBACIÓN

Esta Tesis de Grado, titulada, “**INFLUENCIA DE LA LITOLOGÍA SOBRE LA GEOMORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RÍO ORINOCO. CASO LA URBANA**”, presentada por las bachilleres **GUTIÉRREZ BOLÍVAR EDIMAR YESENIA**, titular de la cédula de identidad N° **V- 25.015.875**, y **MEDINA MAURERA, MARIANA DE LOS ÁNGELES**, titular de la cédula de identidad N° **V- 25.080.109**, ha sido **APROBADO** como requisito parcial para optar al título de **GEÓLOGO**, de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Apellidos y Nombre	Firma
Prof. Dafnis J. Echeverría D. _____ (Asesor académico)	_____
Prof. Jaques Edlibi _____ (Jurado)	_____
Prof. Francisco R. Monteverde S. _____ (Jurado)	_____
Prof(a). Rosario Rivadulla Jefe de Depto. de Geología	Prof. Francisco R. Monteverde S. Director de la Esc. de Ciencias de la Tierra

En Ciudad Bolívar a los _____ del mes de Agosto del 2023

DEDICATORIA

A Dios primeramente por darme la fortaleza y sabiduría para poder alcanzar esta meta. A mis padres Mary Bolívar y Julio Gutiérrez por apoyarme en todo momento y ser mi soporte a lo largo de mi carrera de mi carrera. A mis hermanas Scarlet y Jackeline por toda la ayuda brindada en todo momento y a mi pareja José Rivero por apoyarme en estos largos años de mi carrera.

Edimar Yesenia Gutiérrez Bolívar

Dedicado a Dios principalmente por guiarme y darme la fortaleza necesaria para continuar en este camino. A mis padres Jeannette Maurera y Alejandro Medina por haberme apoyado y motivarme a llegar hasta el final de esta meta. A mis hermanas Mayra, Mariannette y Marialbys por estar cuando necesite de su ayuda y a mi sobrino Jeander Marín.

Mariana De Los Ángeles Medina Maurera

AGRADECIMIENTOS

A Dios primeramente por brindarnos la fortaleza, sabiduría, guiarnos por el camino correcto y colocar a las personas indicadas en nuestras vidas.

A nuestras familias por apoyarnos y estar en esos momentos cuando más los necesitamos.

A nuestros amigos y compañeros que hicimos a lo largo de este hermoso camino y estuvieron para compartir y apoyarnos en este andar.

A nuestro asesor el Ingeniero Dafnis Echeverría por aceptar guiarnos en esta tesis y prestarnos su valioso tiempo, por el aprendizaje que nos ha impartido y apoyo durante la elaboración de este trabajo de grado.

A la Universidad de Oriente por ser “La Casa Más Alta de Oriente” por permitirnos desarrollarnos a nivel profesional como Geólogos. A todos los profesores por brindarnos sus conocimientos y valiosos consejos.

A todos ustedes MUCHAS GRACIAS.

Edimar Yesenia Gutiérrez Bolívar
Mariana De Los Ángeles Medina Maurera

RESUMEN

El río Orinoco en su recorrido forma un gran arco bordeando el cratón guayanés y como es sabido gran parte de las litologías que se encuentran en el borde del escudo, donde el río Orinoco se ha acuñado, está constituido por variedad de rocas duras. Tal circunstancia, como es la litología, o composición de las rocas, posiblemente contribuyen al control de la geomorfología del cauce del río. Esta tesis de grado planteada en este documento estudiará la influencia de la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco específicamente en el sector de La Urbana, en el estado Bolívar, Venezuela. El nivel de la investigación es descriptivo y se aplica una estrategia o diseño de investigación de tipo documental. El estudio se realizará mediante el análisis de una serie de parámetros de la geomorfología cuantitativa, incluyendo el ancho del cauce, la profundidad del cauce y la sinuosidad del cauce entre otros, haciendo uso de imágenes satelitales, levantamientos batimétricos del cauce y aplicaciones computarizadas de mapeo y manejo de información geográfica. Cabe destacar, que numerosos estudiosos de la geomorfología han considerado que está podría ser controlada también por factores de carácter climáticos. Una vez realizado el análisis se encontró como resultado relevante que la configuración del cauce en el sector La Urbana está controlado en forma predominante por la presencia de las rocas duras de la Formación Cuchivero que se encuentran en el extremo aguas abajo de la zona de ampliación del cauce. En segundo lugar, las variaciones periódicas cíclicas que sufre el sector se deben a la variación que también se observa en las precipitaciones en la cuenca del río Orinoco, aguas arriba del sector La Urbana.

CONTENIDO

	Página
ACTA DE APROBACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
RESUMEN	V
CONTENIDO	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE APÉNDICES	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
SITUACIÓN A INVESTIGAR	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 Justificación de la investigación	5
1.4 Alcances de la investigación	5
1.5 Limitaciones de la investigación	6
CAPITULO II	7
GENERALIDADES	7
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio	7
2.2 Acceso al área de estudio	9
2.3 Caracterización climática	9
2.3.1 La Urbana	9
2.4 Caracterización pedogénética	12
2.5 Caracterización hidrológica	14
2.5.1 Hidrografía del río Orinoco	14
2.5.3 La navegación en el codo de La Urbana	17
2.6 Caracterización geomorfológica regional	19
2.7 Caracterización biótica	21
2.8 Geología regional	22
2.8.1 Provincia geológica de Cuchivero	22
2.8.2 Provincia geológica de Imataca	29
2.8.3 Formación Mesa	33
2.9 Geología local	34

CAPITULO III	37
MARCO TEÓRICO	37
3.1 Antecedentes de la investigación	37
3.2 Fundamentos teóricos	39
3.2.1 Geomorfología fluvial	39
3.2.2 Formación de Islas.....	39
3.2.3 Formación de Barras.....	40
3.2.4 Formas de lecho.....	42
3.2.5 Meandros	44
3.2.6 Trazado de un río.....	45
3.2.7 Flujo fluvial	46
3.2.8 Número de Reynolds	48
3.2.9 Sección transversal	48
3.2.10 Pendiente longitudinal	49
3.2.11 Pendiente hidráulica.....	50
3.2.12 Pendiente del cauce.....	50
3.2.13 Levantamiento batimétrico	52
3.2.14 Fotointerpretación.....	54
3.3 Bases legales	54
3.3.1 Ley de aguas	55
3.3.2 Ley orgánica de los espacios acuáticos	55
3.4 Definición de términos básicos	56
3.4.1 Aforo.....	56
3.4.2 Afloramiento.....	57
3.4.3 Cauce	57
3.4.4 Caudal.....	57
3.4.5 Litología.....	57
3.4.6 Pendiente.....	57
CAPITULO IV	58
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	58
4.1 Tipo de investigación	58
4.1.1 Investigación descriptiva	58
4.2 Diseño de la investigación	59
4.2.1 Investigación documental	59
4.3 Población y muestra de la investigación	59
4.3.1 Población de la investigación	59
4.3.2 Muestra de la investigación	60
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
4.4.1 Técnicas de recolección de datos.....	61
4.4.2 Instrumentos de recolección de datos	61

4.5	Flujograma de la investigación	62
4.6	Procedimientos para dar cumplimiento a los objetivos establecidos	63
4.6.1	Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica del área de estudio.....	63
4.6.2	Explorar y describir la forma del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana con base a los levantamientos batimétricos, imágenes de satélite, morfología y pendiente longitudinal del cauce.....	63
4.6.3	Descripción de las condiciones del flujo del río de acuerdo a los registros de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones	64
4.6.4	Identificación de las causas que generan la variabilidad geomorfológica en su ensanchamiento y estrangulamiento en el área de estudio.....	65
4.6.5	Establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos e hidráulicos del flujo del agua del área de estudio.....	65
4.6.6	Elaboración del informe final	65
CAPÍTULO V.....		67
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....		67
5.1	Descripción de las características geológicas del sector La Urbana	67
5.2	Descripción de las condiciones del flujo del río en el área de estudio.....	72
5.3	Identificación de los parámetros de geomorfología cuantitativa que caracterizan el área de estudio.....	76
5.4	Correlación entre los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo del agua del área de estudio.....	78
5.5	Determinación de los factores predominantes que inciden en las formas del cauce del sector La Urbana	82
5.5.1	Análisis temporal de la geomorfología del meandro de La Urbana	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		87
	Conclusiones	87
	Recomendaciones.....	88
REFERENCIAS		89
APENDICES.....		93

LISTA DE FIGURAS

		Página
1.1	Comparación de modalidades de transporte desde Guayana (CVG, 2020).....	1
2.1	Ubicación relativa de La Urbana.....	7
2.2	Plano del llamado “Codo de La Urbana” (Sardi, V. 1998).....	8
2.3	Cuenca hidrográfica del río Orinoco.....	16
2.4	Muelle El Jobal (Perdomo, 2012).....	18
2.5	Provincias geológicas del Escudo de Guayana, Venezuela (Tomado de Mendoza, V. 2000).....	23
2.6	Extensión de la Provincia Geológica de Cuchivero en la parte occidental del Escudo de Guayana. (modificado de Mendoza, V. 2005, en Díaz, A., 2017).....	24
2.7	Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Tomado de Sidder y Mendoza, 1995 en Mendoza, V 2012).....	29
2.8	Mapa geológico esquemático del Complejo de Imataca al oeste del río Caroní. (Dougan 1972 en Mendoza, V. 2000).....	31
2.9	Mapa esquemático del Complejo de Imataca en los alrededores de cerro Bolívar (Ascanio, 1975 en Mendoza, V. 2000).....	32
2.10	Mapa geológico La Urbana correspondiente a la hoja 6837, a escala 1:100.000. (Díaz, A. 2017).....	36
3.1	Tipos de barras: 1) Lateral, 2) De punta, 3) En uniones, 4) De mitad de canal, 5) De diamante, 6) Diagonal, 7) En forma de dunas	41
3.2	Tipos de formas de lecho: a) Rizado típico, b) Duna con rizaduras superimpuestas, c) Duna, d) Dunas de lavado o de transición, e) Lecho plano, f) Antidunas, ondas estacionarias, g) Antidunas, ondas rompientes, h) Rápidos y Remansos (Chang, H. 1988).....	44
3.3	Trazado de un río: 1) Recto, 2) Sinuoso, 3) Irregular, Errante, 4) Meandros irregulares, 5) Meandros regulares, 6). Meandros tortuosos.....	45
3.4	Flujo laminar.....	47
3.5	Flujo turbulento.....	47
3.6	Corte transversal del lecho de un río.....	49
3.7	Perfil longitudinal de un río, y como va cambiando el perfil transversal, mientras más capacidad de erosión tenga, más profundizará en su cauce, dándole la típica forma de V.....	50

3.8	Pendiente del cauce principal.....	51
3.9	Pendiente del cauce principal.....	51
3.10	Levantamiento batimétrico.....	53
4.1	Flujograma de la investigación.....	62
5.1	Perfil geofísico transversal en el estrechamiento de Los Caracaros presentando pináculos rocosos en el lado derecho descendente....	67
5.2	Afloramientos rocosos en la ribera sur del estrechamiento de los Caracaros (Google Earth Pro, 2023).....	68
5.3	Estrechamiento del sector Los Caracaros en el cual se observa señalizados los afloramientos rocosos de la ribera sur en el sitio conocido como Guayabal (INC, 2004).....	69
5.4	Sector La Urbana (Google Earth Pro, 2023)-.....	70
5.5	Precipitación en la cuenca del río Orinoco para abril 2021 (UCV, 2023).....	71
5.6	Hidrogramas de las estaciones limnimétricas de los Caracaros y Ciudad Bolívar (INC, 1990).....	73
5.7	Hidrograma del río Orinoco, estación El Jobal, año 2021 (Arévalo, Gil y Mundaray, 2021).....	73
5.8	Geometría de meandro, de la avulsión y del estrechamiento de La Urbana y Los Caracaros (Modificada de Google Earth Pro, 2023).	76
5.9	Mayores profundidades del estrechamiento de Los Caracaros en la zona de control litológico (modificado del INC, 2004).....	78
5.10	Codo del sector La Urbana (modificado de Google Earth Pro, 2023).....	79
5.11	Islas centrales en 2012 y en 2020 en sector La Urbana (modificado Google Earth pro modificado 2024).....	82
5.12	Análisis de imágenes período 1969 – 1989.....	83
5.13	Análisis de imágenes período 1991 – 2004.....	83
5.14	Análisis de imágenes período 2007 – 2020.....	84
5.15	Carta de Navegación No O-B-66. (Instituto Nacional de Canalizaciones, 2004).....	85

LISTA DE TABLAS

		Página
1.1	Sectores del canal de navegación del río Orinoco (INC, 2023).....	2
2.1	Ubicación en coordenadas geográficas de La Urbana.....	8
2.2	Coordenadas UTM (datum-REGVEN- -Zona 19).....	8
2.3	Sectores del canal de navegación Matanzas – El Jobal (INC, 2023).....	9
5.1	Niveles máximos del agua en Los Caracaros y en Ciudad Bolívar	72
5.2	Pendientes hidráulicas de los sectores del río Orinoco (Silva León, G. 2017).....	74
5.3	Características geométricas del río Orinoco en el tramo La Urbana.	75
5.4	Características geométricas de las islas múltiples en la zona de expansión del tramo.....	76

LISTA DE APÉNDICES

	Página
A IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT/COPERNICUS DEL SECTOR LA URBANA – LOS CARACAROS DEL PERÍODO 1969 – 2020	93
A.1 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1969 (Google Earth Pro, 2023).....	94
A.2 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1984 (Google Earth Pro, 2023).....	95
A.3 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1985 (Google Earth Pro, 2023).....	96
A.4 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1986 (Google Earth Pro, 2023).....	97
A.5 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1988 (Google Earth Pro, 2023).....	98
A.6 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1989 (Google Earth Pro, 2023).....	99
A.7 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1991 (Google Earth Pro, 2023).....	100
A.8 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1995 (Google Earth Pro, 2023).....	101
A.9 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1997 (Google Earth Pro, 2023).....	102
A.10 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2000 (Google Earth Pro, 2023).....	103
A.11 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2002 (Google Earth Pro, 2023).....	104
A.12 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2004 (Google Earth Pro, 2023).....	105
A.13 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2007 (Google Earth Pro, 2023).....	106
A.14 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2010 (Google Earth Pro, 2023).....	107
A.15 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2012 (Google Earth Pro, 2023).....	108

A.16	Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2015 (Google Earth Pro, 2023).....	109
A.17	Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2017 (Google Earth Pro, 2023).....	110
A.18	Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2020 (Google Earth Pro, 2023).....	111

INTRODUCCIÓN

El río Orinoco es el río más largo de Venezuela y el segundo más largo de Suramérica. El río tiene una longitud de 2.140 kilómetros y drena un área de 880.000 kilómetros cuadrados. El río atraviesa una gran variedad de paisajes, desde montañas hasta sabanas. Este río es de una importancia estratégica comercial y económica vital para Venezuela.

La necesidad de insumos en los procesos productivos de las empresas de la zona (Básicas, del Estado y Privadas), así como la comercialización de los productos, tanto en el mercado nacional como en el internacional, determinan una demanda indispensable de un sistema de transporte que responda adecuadamente en capacidad, oportunidad y costo para los materiales a movilizar. El río Orinoco constituye uno de los elementos de transporte de menor costo y alta eficiencia de que pueda disponer complejo industrial alguno. Prueba de ello lo podemos deducir de un simple análisis comparativo con cualquier otro modo de transporte.

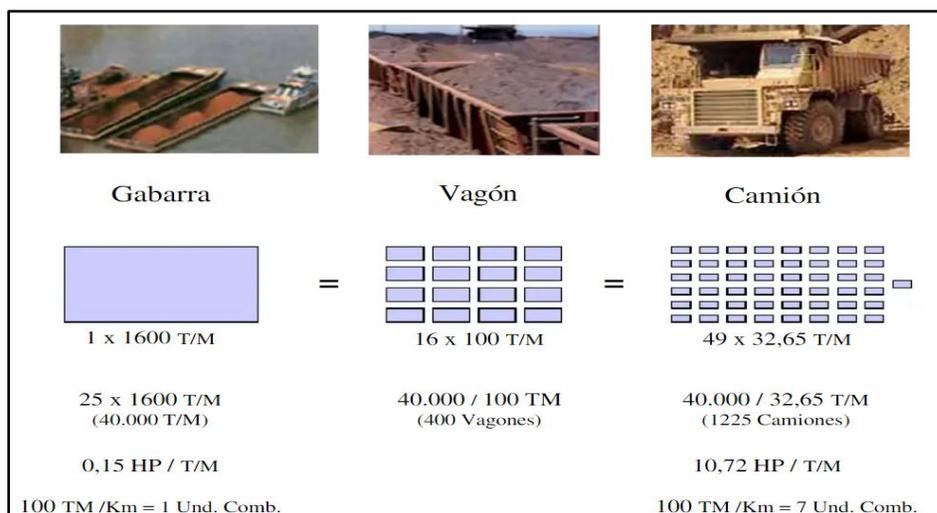


Figura 1.1 Comparación de modalidades de transporte desde Guayana (CVG, 2020).

Sin embargo, para el uso del río Orinoco como vía para el tránsito de embarcaciones conteniendo los productos generados en Guayana, es necesario atravesar varios sectores de carácter crítico para la navegación. Estos niveles de criticidad dependerán de varias circunstancias: profundidades disponibles, calado de las embarcaciones, ubicación de los puertos, entre otras.

El canal de navegación del río Orinoco se divide en dos (2) canales diferenciados por sus características y usos: el canal Boca Grande – Matanzas, el cual es dragado en 2/3 partes de su extensión, de 194 millas náuticas de longitud y 300 pies de ancho, y diseñado para el tránsito de buques hasta 80000 Tm de peso muerto y el canal Matanzas – El Jobal, el cual es un canal natural no dragado, de 350 millas náuticas de longitud y 328 pies de ancho, diseñado para el tránsito estacional de embarcaciones de bajo calado como moto-empujadores y trenes de 25 gabarras con una capacidad de hasta 1500 Tm de capacidad cada una.

Tabla 1.1 Sectores del canal de navegación del río Orinoco (INC, 2023).

Tramo	Sector				Longitud del Tramo o Canal	Ancho Sección Transversal	Boyas Límites Sector			
	Nombre del Sector	Progresiva (millas)	Ubicación Relativa - Coordenadas Geográficas en UTM				Longitud del Sector	Inicio	Final	
Matanzas - Boca Grande	Boca Grande	0 - 42	0 - 42	988.262,57 N	809.074,09 E	77,8 km	77,8 km	122 m	0	41.7A
	Noína		42 - 52	985.768,57 N	748.801,99 E	18,5 km			43.7A	50.0
	Curiape		52 - 62	952.153,31 N	732.334,78 E	18,5 km			52.1	61.8
	Imataca		62 - 74	944.888,24 N	718.858,34 E	22,2 km			63.1	73.8
	Remolino		74 - 86	939.452,18 N	700.343,37 E	22,2 km			74.2	85.7
	Paloma		86 - 98	938.357,09 N	680.780,42 E	22,2 km			87.3	97.9
	Guasina		98 - 107	943.545,14 N	664.702,54 E	16,7 km			98.3	106.6
	Sacupana		107 - 112	948.548,95 N	648.518,43 E	9,3 km			108.0	111.5
	Portuguesa		112 - 120	952.059,01 N	638.113,61 E	14,8 km			114.0	118.7
	Araguaito		120 - 133	951.031,16 N	625.906,65 E	24,1 km			120.9	132.98
	Ya - Ya		133 - 140	957.889,23 N	604.931,89 E	13,0 km			133.5	139.1
	Barrancas		140 - 146	962.564,57 N	594.197,38 E	11,1 km	283,4 km	100 - 183 m	140.1	145.9
	Guarguapo		146 - 150	956.535,52 N	585.355,40 E	7,4 km			146.3	149.8
	Los Castillos		150 - 165	948.852,82 N	581.949,73 E	27,8 km			150.9	164.8
	Aramaya		165 - 178	941.109,41 N	555.885,48 E	24,1 km			166.1	178.0A
	San Félix		O178.1 - O180.5	927.942,35 N	539.352,57 E	4,4 km			O178.1	O180.0
	Palua		180 - 182	924.992,02 N	536.111,67 E	3,7 km			P180.3	O182.0
	Puerto Ordaz	42 - 545	182 - 184	923.849,32 N	531.935,57 E	3,7 km			O182.6	O183.8A
	El Fraile		174 - 184	927355,99 N	536.314,99 E	18,5 km			179.6	183.9
	Amana		184 - 188	928.457,27 N	527.967,57 E	7,4 km			184.1	187.8
Palo Solo		188 - 192	925.390,24 N	522.559,58 E	7,4 km			188.9	190.9	
Matanzas		192 - 195	917.527,99 N	518.750,99 E	5,6 km			193.7	194.4	
El Jobal - Matanzas	Ciudad Bolívar		195 - 242	915.254,13 N	511960,55 E	87,0 km			197.8	242.0
	El Almacén		242 - 265	900.003,05 N	437.605,16 E	42,6 km			242.7	264.3
	Mortaco		265 - 304	890.205,80 N	403.186,53 E	72,2 km			265.7	304.2
	El Infierno		304 - 338	885.628,00 N	349403,00 E	63,0 km			304.6	337.2
	Las Majadas		338 - 361	863.357,31 N	338895,40 E	42,6 km			338.6	360.9
	Tucuragua		361 - 400	847.448,00 N	293.563,00 E	72,2 km	648,2 km	mínimo 100 m en aguas medias	363.7	399.1
	Las Bonitas		400 - 419	867654,00 N	232.962,00 E	35,2 km			402.2	416.8
	Caicara		419 - 458	872589,11 N	205.338,23 E	72,2 km			419.6	457.7
	Encaramada		458 - 485	843.757,03 N	809.812,05 E	50,0 km			460.2	484.8
	Caracaros		485 - 517	824.021,00 N	775.363,00 E	59,3 km			486.2	515.8
El Jobal		517 - 545	794.620,19 N	734.360,93 E	51,9 km			519.7	543.3	
Longitud Total						1.009,4 km				

La geomorfología del cauce del río Orinoco es compleja y está influenciada por una serie de factores, incluyendo la litología, el clima, la vegetación y la actividad humana.

Tal como se afirmó antes, la litología, o composición de las rocas, es un factor importante que influye en la geomorfología del cauce del río. Las rocas más duras, como las rocas ígneas y metamórficas, son más resistentes a la erosión que las rocas más blandas, como las rocas sedimentarias. Por lo tanto, los ríos que fluyen sobre rocas duras tienden a tener un cauce más estrecho y profundo que los ríos que fluyen sobre rocas blandas.

En el canal El Jobal – Matanzas, entre los sectores El Jobal y Los Caracaros se encuentra el sector de La Urbana del río Orinoco, en el estado Bolívar, Venezuela, el río en general describe un arco en la trayectoria de su cauce, acuñado contra las rocas duras de la Provincia de Cuchivero; sin embargo, también en esta área el río Orinoco atraviesa rocas sedimentarias de origen fluvial y marino. Estas rocas son más blandas que las rocas duras de Cuchivero, por lo que el río Orinoco tiene un cauce más ancho y poco profundo en este sector.

El objetivo de esta investigación planteada en esta Tesis de grado, es estudiar la influencia de la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco en el sector de La Urbana. Por tanto, es una investigación de carácter descriptivo enmarcada en un diseño de investigación documental. El estudio se realizará mediante el análisis de una

serie de parámetros geomorfológicos de tipo cuantitativo, incluyendo el ancho del cauce, la profundidad del cauce y la sinuosidad del cauce.

Se espera que los resultados del estudio contribuyan a un mejor entendimiento de la influencia de la litología sobre la geomorfología del río Orinoco. El estudio también se espera que sea útil para el ordenamiento territorial y la planificación de obras de ingeniería hidráulica en el río Orinoco.

Este documento se encuentra estructurado en capítulos: el primer capítulo, denominado “Situación a investigar”, contiene el planteamiento del problema, los objetivos (general y específicos), la justificación, alcance y limitaciones de la investigación. En el Capítulo II, titulado “Generalidades”, se presentan las características físicas y bióticas del entorno de estudio, se muestra la ubicación del sector La Urbana en una representación cartográfica del área de estudio. Posteriormente, en el Capítulo III, denominado “Marco teórico”, se muestran algunos antecedentes de la investigación, las bases teóricas, las bases legales y las definiciones de términos básicos. Seguidamente, en el Capítulo IV, “Marco metodológico”, se presenta el Nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos para la recolección de datos. En el Capítulo V, “Análisis e interpretación de los resultados” se presentan los cálculos, tablas y figuras que resaltan los resultados relevantes y la memoria descriptiva de su interpretación. Finalmente, se muestran las conclusiones y recomendaciones como evidencia de los hallazgos más relevantes de la investigación.

Se concluye el documento con las referencias bibliográficas y los apéndices y anexos (si se requiriesen).

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

El río Orinoco es el principal y el primer río de Venezuela, constituye una arteria vial de suma importancia para las actividades económicas regionales y todas aquellas relaciones de la región con el resto del país y el mundo, sus aguas son participes de grandes actividades comerciales y culturales y es navegable en casi toda su extensión.

El Orinoco, además de variar su caudal considerablemente en un año, también puede presentar diferencias en el nivel de un año a otro, dependiendo del régimen de lluvias; estas condiciones contribuyen a la variabilidad de la concentración de los contribuyentes químicos de sus aguas, ya que la extensión del área inundada no siempre es la misma, produciéndose alteraciones en el intercambio río – planicie de inundación, lo cual afecta a su vez el transporte de materiales y el flujo de masas. García, J. (2011)

El Orinoco presenta a lo largo de su cauce y especialmente en su desembocadura una serie de caños, brazos y quebradas que representan un sistema de aguas superficiales permanentes. García, J. (2011)

Cabe resaltar que el río Orinoco posee diversos procesos en su recorrido y debido al ascenso y descenso del nivel de sus aguas en períodos de lluvias el relieve en el cauce del río suele ser afectado, presentándose en el sector de estudio una notable morfología como lo es el ensanchamiento y estrechamiento en su cauce

donde pueden observarse diversos afloramientos rocosos presentes en esta zona que son producto de este fenómeno los cuales son visibles en los períodos de aguas bajas.

Por ello este trabajo de grado se orienta a analizar como la litología influye sobre el relieve en el sector La Urbana. Del mismo modo, es conveniente estudiar la información de los registros documentados con el propósito de conocer la relación que existe en la litología del cauce del río y la morfología que se presenta en dicho cauce debido a la manifestación de afloramientos rocosos en aquellas zonas de estrechamiento presentes en el sector La Urbana ya que la mayoría de los trabajos de grado que se han realizado en estos sectores o en las zonas aledañas fueron orientados hacia el estudio y origen de los sedimentos, la geoquímica de las aguas del río Orinoco y las características hidrológicas del río.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, se presenta la necesidad de conocer todo lo pertinente a la influencia de la litología sobre la morfología del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana, de este modo se generan las siguientes interrogantes de investigación:

1. ¿Cómo es la geología del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana?
2. ¿Cómo son las condiciones del flujo del río en función a los registros de aforo realizados en área de estudio?
3. ¿Cuáles son los parámetros cuantitativos y cualitativos que describen la geomorfología del cauce en el área de estudio?
4. ¿Cuáles serían las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo de agua en el sector La Urbana?

5. ¿Cuáles son los factores predominantes que controlan la geomorfología del cauce en el sector de estudio?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Analizar la influencia de la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco. Caso La Urbana.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Describir las características geológicas sobresalientes del entorno de ubicación del sector La Urbana.

2. Describir las condiciones del flujo del río con base a los registros de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones en el área de estudio.

3. Identificar los parámetros cuantitativos y cualitativos que generan la variabilidad geomorfológica particular en el área de estudio.

4. Establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo del agua del área de estudio.

5. Determinar los factores predominantes que inciden en las formas del cauce del sector La Urbana.

1.3 Justificación de la investigación

Como es conocido el río Orinoco es un importante medio de transporte fluvial para embarcaciones de gran calado y pequeñas embarcaciones, lo que lo convierte en un medio de empleo para diversas comunidades. Sin embargo, el alineamiento de la vía navegable se ve afectada durante las distintas fases del ciclo hidrológico del río (aguas bajas, aguas medias ascendentes, aguas altas y aguas medias descendentes) el cual se corresponde con la ocurrencia de los períodos estacionales climáticos (período de lluvias y período de sequía). Adicionalmente, se puede observar en el trazado que sigue el alineamiento del cauce del río Orinoco que este presenta avulsiones (ensanchamientos) seguidos en el cauce por estrechamientos y se ha comprobado en varios casos (sectores La Urbana, Orocopiche, Aramaya, entre otros.) donde se manifiestan estos eventos morfológicos, que en las zonas de estrechamiento existe la presencia de numerosos afloramientos de rocas duras del cratón guayanés.

En ese orden de ideas, se plantea la hipótesis de que estas condiciones de avulsión y estrechamiento son una función espacial de la presencia de afloramientos en las riberas del cauce de algunos sectores del río Orinoco. Es por ello que el objetivo de esta investigación trata de analizar las relaciones existentes entre la litología presente en el cauce del río Orinoco y la geomorfología que presenta su alineamiento en el sector La Urbana que permitan establecer predicciones en el comportamiento de la vaguada del río a través de los distintos momentos del ciclo hidrológico del río.

1.4 Alcances de la investigación

Este trabajo de grado se encuentra orientado al análisis en la influencia de la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco con relación al análisis de la descripción de la forma del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana con base a

los levantamientos batimétricos, imágenes de satélite, morfología del lecho y la pendiente longitudinal del cauce, así como también la descripción de las condiciones del flujo del río con base a los registros de aforo realizado por el Instituto Nacional de Canalizaciones en el área de estudio.

Dentro de los alcances de la investigación se incluyen la identificación de las posibles causas que generan la variabilidad geomorfológica como lo es el ensanchamiento y estrangulamiento en la morfología del cauce en el área de estudio para posteriormente establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo del agua en dichos sectores.

1.5 Limitaciones de la investigación

Para el momento de la realización de la presente investigación no se han presentado dificultades significativas que obstaculicen el desarrollo de la misma.

CAPITULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El sector La Urbana se encuentra ubicada en la parte noroccidental del estado Bolívar, municipio Cedeño como se observa en la figura 2.1, tiene una extensión de dos mil setenta y dos Km² (2072 Km²) y se localiza entre las coordenadas geográficas y UTM como se muestra en la tabla 2.2 y 2.3. El sector La Urbana se encuentra incluido dentro del tramo El Jobal –Los Caracaros

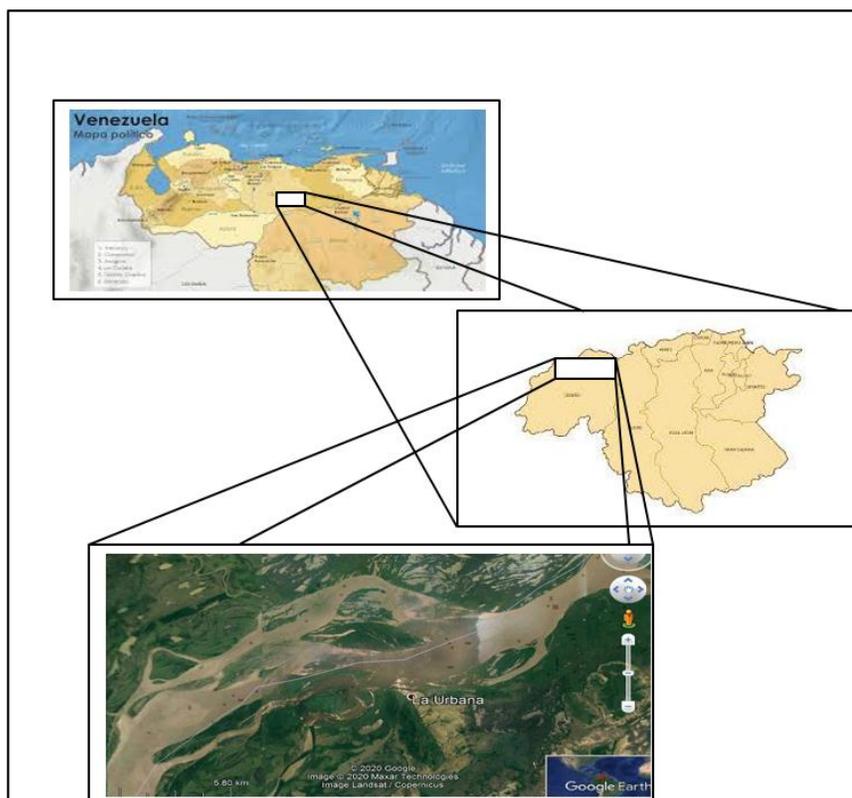


Figura 2.1 Ubicación relativa de La Urbana

Tabla 2.1 Ubicación en coordenadas geográficas de La Urbana.

Hoja	Latitud		Longitud	
La Urbana	7° 00' 00" - 7° 20' 00"	Norte	66° 30' 00" - 67° 00' 00"	Oeste

Tabla 2.2 Coordenadas UTM (datum-REGVEN- -Zona 19).

Vértice	Este	Norte
1	721.093	811.361
2	776.016	811.361
3	776.016	774.808
4	721.093	774.808

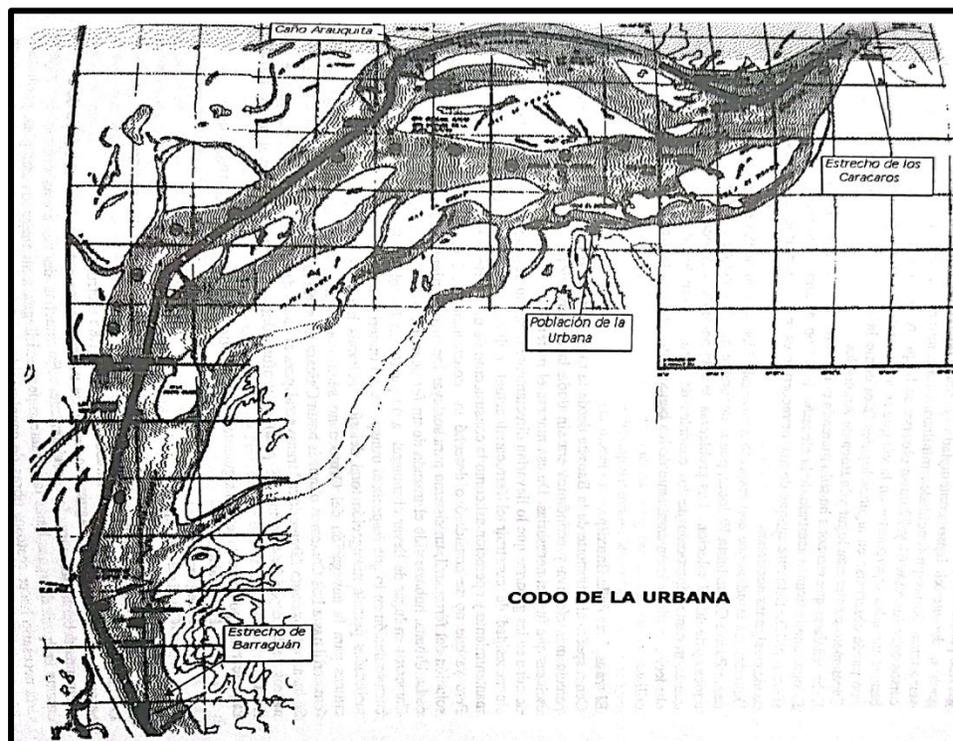


Figura 2.2 Plano del llamado "Codo de La Urbana" (Sardi, V. 1998).

Tabla 2.3 Sectores del canal de navegación Matanzas – El Jobal (INC, 2023).

El Jobal - Matanzas	Matanzas	192 - 195	917.527,99 N	518.750,99 E	5,6 km	648,2 km	mínimo 100 m en aguas medias	193.7	194.4
	Ciudad Bolívar	195 - 242	915.254,13 N	511.960,55 E	87,0 km			197.8	242.0
	El Almacén	242 - 265	900.003,05 N	437.605,16 E	42,6 km			242.7	264.3
	Moitaco	265 - 304	890.205,80 N	403.186,53 E	72,2 km			265.7	304.2
	El Infierno	304 - 338	885.628,00 N	349.403,00 E	63,0 km			304.6	337.2
	Las Majadas	338 - 361	863.357,31 N	338.895,40 E	42,6 km			338.6	360.9
	Tucuragua	361 - 400	847.448,00 N	293.563,00 E	72,2 km			363.7	399.1
	Las Bonitas	400 - 419	867.654,00 N	232.962,00 E	35,2 km			402.2	416.8
	Caicara	419 - 458	872.589,11 N	205.338,23 E	72,2 km			419.6	457.7
	Encaramada	458 - 485	843.757,03 N	809.812,05 E	50,0 km			460.2	484.8
	Caracaras	485 - 517	824.021,00 N	775.363,00 E	59,3 km			486.2	515.8
	El Jobal	517 - 545	794.620,19 N	734.360,93 E	51,9 km			519.7	543.3

2.2 Acceso al área de estudio

El acceso a la zona de La Urbana se puede hacer por vía aérea, terrestre y fluvial desde Ciudad Bolívar, Caicara, San Fernando de Apure y Puerto Ayacucho; desde Ciudad Bolívar se puede acceder a la carretera Nacional Maripa – Santa Rosalía – Caicara del Orinoco - Los Pijiguaos – Puerto Ayacucho.

La carretera principal del poblado La Urbana intercepta a dicha carretera Nacional a través de una vía engrazonada y de numerosos caminos de sabanas que permiten recorrer la región al sur y atravesarla hacia el este y el oeste.

2.3 Caracterización climática

2.3.1 La Urbana

Las características del clima para la zona de La Urbana generado por el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN – REGIÓN GUAYANA) son las siguientes:

2.3.1.1 Clima

El Clima en la región estudiada es tropical con temperaturas que pueden llegar a 42°C, la estación lluviosa va desde mayo a septiembre con precipitaciones regulares y abundantes. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.2 Precipitación

La precipitación más baja del área de estudio se registra con valores orden de 1500 mm localizado hacia la parte este del área de estudio, a partir de allí la precipitación aumenta hacia el sur hasta formar un centro de 2000 mm, en la parte norte de la Serranía la Cerbatana. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.3 Evaporación

La evaporación en la zona de estudios el rango de variación de 900 mm, el máximo valor de evaporación se observa en el mes de julio (145 mm) en la estación del Caicara del Orinoco. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.4 Temperatura

La temperatura media anual es de 26,5°C aproximadamente (Caicara del Orinoco y Puerto Páez). La variación de la temperatura en el área, está influenciada por la altura, se tiene que los valores más altos de temperaturas media anual (26°C y 27°C) en las zonas de relieve plano a ligeramente ondulado, cuyas alturas varían entre 200 y 400 msnm. El máximo de temperatura se observa en los meses marzo y abril en la estación Caicara del Orinoco. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.5 Vientos

La velocidad del viento varía entre 4 Km/h y 10 Km/h y la dirección predomina en sentido este-noreste (ENE). Se estima que en el periodo de diciembre a marzo la influencia de los alisios del noreste es mayor la temporada donde se registra la velocidad del viento.

En la época de las lluvias disminuye para volver aumentar en los meses de septiembre a noviembre. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.6 Humedad relativa

Para esta área de estudio, la humedad relativa va aumentando desde 73% en un gran centro ubicado en la parte central del área de estudio hasta llegar a un valor de 84% aproximadamente; los valores más altos durante los meses de junio a octubre y los valores más bajos de humedad relativa se manifiestan en los meses de febrero y marzo. (Díaz, A. 2017).

2.3.1.7 Insolación media anual

Según Díaz, A. (2017) para esta área la insolación media anual alcanza 7,4 horas en los alrededores de Caicara del Orinoco hacia la parte norte.

2.3.1.8 Radiación solar

En la zona la radiación solar va disminuyendo de manera regular desde 400 cal/cm².dia en la zona norte, hasta llegar 350 cal/cm².dia. Se tiene que los valores más altos se registran en la época de diciembre a marzo, siendo este último mes el que

presenta el máximo valor ($536 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$), la otra disminuye entre los meses (mayo, junio y julio) con el mínimo ($376 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{día}$). (Díaz, A. 2017).

2.4 Caracterización pedogénica

La unidad de tierras donde se localiza el área La Urbana, se corresponde con un paisaje de lomerío medio denso y montañas. Se encuentra dentro de dos ambientes biocimáticos, en particular tropofilo y ombrofilo macrotermico. (Díaz, A. 2017).

Los suelos más frecuentes en el área La Urbana son los Ultisoles e Inceptisoles, en ese orden de importancia.

2.4.1 Los Ultisoles

Constituyen el primer orden de mayor presencia en el área de estudio. Se encuentran localizados en los paisajes de meseta, lomerío, altiplanicie, peniplanicie y planicie; estos suelos generan procesos de enriquecimiento de bases superficiales, como consecuencia de la descomposición de restos vegetales. Litológicamente al igual que los suelos Entisoles se han formado a partir de las rocas pertenecientes a la Provincia Geológica de Cuchivero y Roraima, así como de sedimentos de origen coluvio-aluvial del cuaternario. Pueden ser suelos moderadamente profundos a muy profundos y en ocasiones muy excepcionales pueden llegar a ser superficiales, con texturas livianas a pesadas. (Díaz, A. 2017).

Los ultisoles exhiben una baja a muy baja fertilidad natural y capacidad de intercambio catiónico, sumándose también el buen drenaje presente en el área de montaña y meseta, que disminuye al llegar a las áreas de mayor depresión. Se reporta para este orden de suelos, que son encontrados en paisajes de montaña, meseta,

pedemonte y planicie, se presentan con horizontes a de 6 - 11 cm y 12 - 40 cm. (Díaz, A. 2017).

Este tipo de suelos representan los productos de largos períodos de meteorización. Donde el agua que percola se concentra en partículas de arcilla en los horizontes inferiores (horizontes argílicos). Limitados a los climas húmedos de las regiones templadas y los trópicos, donde la época de cultivo es larga.

El agua abundante y un período largo sin congelación contribuyen a la lixiviación extensiva y, por tanto, a una peor calidad del suelo. (Tarbuck, E. y Lutgens F., 2005).

2.4.2 Los Inceptisoles

Son los suelos considerados de tercer orden en importancia del área de estudio, destacándose por ser de bajo a moderado desarrollo evolutivo, esto se evidencia mayormente por la presencia de una estructura pedogenética débil. Este tipo de suelo se encuentra ubicado en los paisajes de planicie, caracterizado por ser superficiales (<25 cm) a moderadamente profundos (50 - 100 cm) y ocasionalmente muy profundo (>150 cm) de texturas livianas a pesadas.

Químicamente son suelos de baja fertilidad natural y con buen drenaje, sin embargo, es conveniente aclarar que hacia las áreas depresionales ocurren suelos cuyo drenaje es pobre.

Su litología, se puede deducir que se encuentra asentado en material no consolidado del tipo roca aluvial, que se corresponde con depósitos recientes o cuaternarios. (Díaz, A. 2017).

Este tipo de suelos se caracterizan por ser jóvenes y poco desarrollados en los que el comienzo o principio del desarrollo del perfil es evidente. Son mucho más habituales en los climas húmedos, existen desde el Ártico hasta los trópicos. La vegetación nativa suele ser bosque. (Tarbuck, E. y Lutgens F. 2005).

A partir de esta clasificación, la zona de estudio, puede estar constituida primordialmente por dos tipos suelos: suelos Ultisoles y suelos Inceptisoles los cuales corresponden a un bioclima macrotérmico característico de la zona, y comprenden predominantemente zonas amesetadas, altiplanicies y planicies, tipos de relieves que dominan la morfología del área en estudio. (Díaz, A. 2017).

2.5 Caracterización hidrológica

2.5.1 Hidrografía del río Orinoco

El río Orinoco es el más largo y caudaloso del norte del continente suramericano, descubierto por Diego Ordaz en el año 1531, presenta una cuenca hidrográfica que abarca un área de aproximadamente 990.000 km², de los cuales 650.000 km² están en territorio venezolano y 340.000 km² en territorio colombiano. Su longitud es de 2.700 km, aproximadamente desde sus fuentes orígenes en el Escudo de Guayana y limítrofe con Brasil, en el cerro Delgado Chabaud a una altitud de 1.041 m.s.n.m, y coordenadas 63°21'42" de longitud oeste y 02°19'05" de latitud norte, hasta su desembocadura en el Océano Atlántico. El río Orinoco constituye el límite entre el estado Bolívar y los estados Apure, Guárico, Anzoátegui y Monagas, aproximadamente 194 ríos le arriban como grandes afluentes. (INC, 1997)

Tiene un caudal promedio al iniciarse su delta de 19.000 m³/s, con un arrastre de unos 100 millones de metros cúbicos de sedimentos por año (M.A.R.N.R., 1984); sin embargo, este caudal no es permanente durante todo el año, pues el río presenta

un período de aguas bajas y otro de gran crecida, con una regularidad estacional sorprendente. En la época de aguas bajas aparecen las amplias playas y los altos barrancos de sus riberas y, en las crecidas estos desaparecen y el río inunda las planicies ribereñas. En el cauce principal se encuentran alrededor de 574 islas, afloramientos del basamento cristalino y acumulaciones de sedimentos; recibiendo anualmente un aporte de sedimentos consistente en 210 millones de toneladas aproximadamente, los cuales escurren por el borde meridional en la cordillera de la costa, la vertiente Andina y el Escudo Guayanés. (Bernal, A. 2006).

En atención a las diversas características que presenta el río Orinoco a lo largo de todo su recorrido, su curso se divide en cuatro tramos fluviales:

1. Alto Orinoco: Esta área comprende desde su nacimiento con dirección este – oeste aproximadamente hasta los raudales de Los Guaharibos en San Fernando de Atabapo, con una longitud aproximada de 750 km. (Bernal, A. 2006).

En la parte superior el río corre encajado entre relieves que bordean su cauce. El fuerte desnivel del terreno produce un drenaje rápido, que asigna al río un carácter torrencioso donde son notables los saltos y raudales.

2. Orinoco Medio: Con una extensión aproximada de 750 km. prolongándose desde el raudal de Los Guaharibos, hasta los raudales de Atures, con dirección al norte hasta la desembocadura del río Apure. (Bernal, A. 2006).

Sus aguas se tranquilizan por la escasa pendiente del relieve, la cual se hace mínima a partir de la confluencia del río Atabapo; debido a esto se comporta como un río de llanura, aun cuando la tranquilidad sus aguas se ve interrumpida por los raudales que originan los afloramientos rocosos del macizo.

3. Bajo Orinoco: Con dirección Este franco, esta sección es considerada como el tramo de mayor desarrollo económico y donde se encuentra la mayor cantidad de población. Se extiende desde los raudales de Atures al sur de Puerto Ayacucho hasta Piacoa con una longitud aproximada de 950 km. (Bernal, A. 2006).

Este tramo presenta características semejantes al Orinoco medio en cuanto al drenaje de sus aguas. Su cauce se amplía y su caudal aumenta como consecuencia de la entrada de sus más importantes ríos afluentes.

4. Delta del Orinoco: Situado entre Barrancas y Piacoa. La Costa Atlántica forma su base, posee una longitud de 275 km. (Herrera, 1986).

El delta ha sido originado por las gigantescas deposiciones sedimentarias del propio río Orinoco. Constituye un amplio abanico aluvial surcado por los brazos y caños que conducen sus aguas hasta el mar.

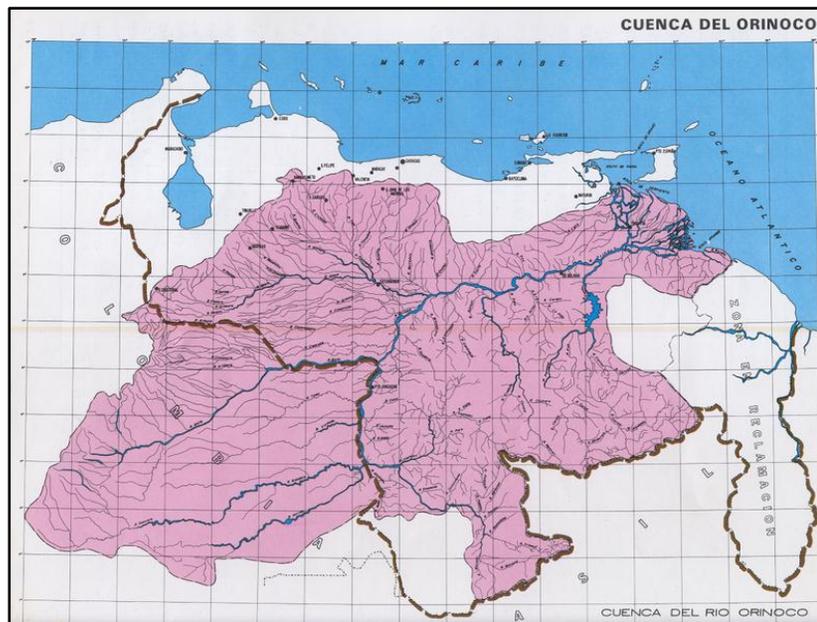


Figura 2.3 Cuenca hidrográfica del río Orinoco.

2.5.2 Hidrografía local sector La Urbana

El drenaje en la zona está controlado por el río Orinoco como río principal que atraviesa la zona de dirección oeste a noreste, entre los principales ríos y caños tributarios tenemos: caño el Guarrau, río Chaviripa, río Tortuga, caño Parapara, río Mariapure que drenan de sur a norte. Entre los ríos secundarios tenemos; caño Macanilla, caño la Raya, caño Múcura, caño Pavón, caño Panadero, caño Limón el caudal de estos caños son intermitentes. (Díaz, A. 2017).

2.5.3 La navegación en el codo de La Urbana

En los tramos trenzados de los ríos navegables, la navegación se dificulta en general por las siguientes causas:

a. Por la movilidad de los bancos aluviales y consiguientes cambios en las vías de navegación durante los diferentes ciclos hidrológicos, así como atarquinamientos y disminución de calados.

b. Por los pequeños radios de curvatura que en algunos sitios presentan los canales naturales de navegación.

c. Por las mayores velocidades que se producen al concentrarse los efluentes líquidos en ciertas ramas de las trenzas y por los aumentos de gradientes locales que, en algunos casos, pueden dar origen a verdaderos raudales, dependiendo por supuesto de la naturaleza del álveo.

d. Por el mayor recorrido que resulta de la divagación de los cauces activos dentro del ámbito del tramo trenzado.



Figura 2.4 Muelle El Jobal (Perdomo, 2012).

En el caso de La Urbana, la primera de las causas citadas es la más relevante. En la época de aguas altas que ocurre durante siete meses al año puede navegarse con embarcaciones de 10 pies de calado y hasta mayores dependiendo del estado de aguas. En los restantes cinco meses de bajos niveles, las sucesivas bifurcaciones que forman el trezado reparte el gasto líquido de manera que se disminuyen los tirantes de los canales y por ende la potencialidad para navegar todo el año con embarcaciones de cierto calado

Durante los limbos de crecida y los de recesión de las crecientes anuales es que se efectúa con más intensidad la modificación de los bancos aluviales, por esto es difícil pronosticar la nueva posición y condiciones de los canales navegables antes de que las aguas hayan bajado considerablemente. Desde 1961 hasta el presente aparece una vía de agua ininterrumpida que ha servido para la navegación en verano. Este curso ha presentado fluctuaciones de los anchos, duran el lapso contemplado y por consiguiente deben haber ocurrido también variaciones de las profundidades mínimas (Sardi, 1998).



Figura 2.5 Construcción del puerto de El Jobal en el río Orinoco (CVG-Bauxilum, C.A., 1986).

2.6 Caracterización geomorfológica regional

Geomorfológicamente el relieve en esta zona forma parte apreciable del escudo de Guayana aunque no formando una cadena ininterrumpida de elevaciones, sino formando macizos aislados entre sí. Debido a la antigüedad de su geología y a los diferentes materiales que lo componen, el relieve se puede clasificar en una primera aproximación como plano y bajo, cubiertos por sabanas y selvas interrumpidas por macizos. M.A.R.N.R, (2003) en Díaz, A. (2017). Fueron delimitadas tres (03) unidades geomorfológicas:

2.6.1 Unidad de Montañas

El tipo de paisaje con alturas variables entre 150 y 500 msnm. En la parte sur del área de estudio específicamente en la Serranía de Baraguán, el Cerro la Emilia, la superficie está cubierta por un porcentaje (30% - 40%) de afloramientos rocosos en forma de bloques muy meteorizados, cuya alteración origina mucha pedregosidad en

el terreno y acumulación de suelos superficiales pertenecientes al orden de los Entisoles, que permiten el establecimiento de una vegetación boscosa de porte bajo. Así mismo la cobertura vegetal, la humedad y las altas temperaturas, característicos de las zonas tropicales favorecen los procesos físico-químicos, que atacan el sustrato geológico, originando el material de alteración que posteriormente es erosionado y arrastrado por el escurrimiento superficial hacia las partes más bajas, conformándose así las áreas de acumulación coluviales, que reciben además sedimentos aluviales aportados por los cursos de agua que drenan la unidad. (Díaz, A. 2017).

2.6.2 Unidad de Lomerio

Representa un paisaje de disección en el cual los procesos erosivos han actuado de manera intensa, conformando un relieve accidentado. En esta área el tipo de paisaje se ha modelado de manera predominante a partir de rocas graníticas y en menor proporción sobre rocas volcánicas y metasedimentarias. Originando lomas, domos, (Díaz, A. 2017).

Los paisajes de lomerío exhiben diferencias altimétricas y topográficas que pueden indicar diferentes etapas en el proceso de denudación regional; de tal manera que en los lomeríos más bajos y de pendientes menores, el proceso se encuentra más avanzado, mientras que en los lomeríos más altos y con pendientes fuertes el proceso es más lento, posiblemente debido a que existe dominio de afloramientos rocosos. (Díaz, A. 2017).

2.6.3 Unidad de Planicie

Según Díaz, A. (2017) este tipo de paisaje conforma superficies planas con pendientes suaves de 0 a 4%. Las planicies se localizan fundamentalmente en la parte noroeste y centro del área.

Genéticamente la mayoría de las planicies tienen un carácter combinado deposicional-residual; estas tienen influencias de un intenso coluvionamiento, ocurrido durante los periodos húmedos del cuaternario, con dirección sur-norte o con los aportes aluviales recientes del río Orinoco y sus afluentes. La mayoría de estas planicies se encuentran cubiertas, en la actualidad, por una vegetación predominante, de sabanas. (Díaz, A. 2017)

2.7 Caracterización biótica

Según Pérez, G. (2001), la vegetación es densa en los cerros y en las inmediaciones de los cursos de aguas. Las sabanas están cubiertas por gramíneas y arbustos.

En las planicies ribereñas del río Orinoco, cuyo tipo de vegetación corresponde a las formaciones pantanosas, se presentan bosques siempre verdes, con un intrincado patrón de tipos fisionómicos-estructurales, predominando los bosques medios y bajos con cobertura densa asociados en algunos casos, con vegetación de matorral, mientras que hacia la parte sur prevalece la Serranía de Gengibaral y la Serranía jobita, ambas Serranías están separadas por el Caño Pavón que forma un valle. CVG – TECMIN, C.A. (1987) en Díaz, A. (2017).

Generalmente los bosques son semidecíduos a deciduos, son mayormente, de altura baja, con cobertura medianamente densa; así mismo ocurren pequeñas áreas y otras relativamente extensas que presentan tipos herbáceos y arbustivos, con su respectiva vegetación litofita o casmofita, propia de las cumbres más expuestas dentro del área, CVG – TECMIN, C.A. (1987) en Díaz, A. (2017).

2.8 Geología regional

En el siguiente apartado se muestra una breve reseña de la geología regional del área de estudio, describiendo el Escudo de Guayana a través de sus provincias geológicas las cuales son Pastora, Roraima, Imataca y Cuchivero siendo estas dos últimas donde se realiza la presente investigación.

En Venezuela, el Escudo de Guayana se localiza al sur del río Orinoco, se extiende por los estados Amazonas, Bolívar y Delta Amacuro, ocupando así más del 50% de la superficie de Venezuela. Las rocas del Escudo de Guayana están entre las más antiguas del país como por ejemplo granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca de 3.41 Ga y otras más jóvenes como las kimberlitas eclogíticas de Guaniamo de 0.711 Ga que registran en buena parte una evolución geotectónica similar a la de otros escudos precámbricos en el mundo. Mendoza, V. (2000)

2.8.1 Provincia geológica de Cuchivero

Esta provincia ocupa la parte occidental del Escudo de Venezuela y se extiende al Sureste de Guyana, Surinam y la Guayana Francesa, teniendo su mayor desarrollo en Venezuela hacia la parte Occidental del Estado Bolívar. Se encuentra al Oeste de la Provincia Geológica de Imataca. Menéndez, A. (1968) en González de Juana, y otros, (1980).

Esta Provincia incluye rocas volcánicas riolíticas y tobas asociadas, comagmáticas con granitos calco-alcinos del Grupo Cuchivero; areniscas, conglomerados, limolitas, lutitas y tobas del Grupo Roraima; sills, diques, apófisis, stocks de rocas diabásicas – gabronoríticas cuarcíferas de la Asociación Avanavero y el Granito Rapakivi de El Parguaza, y complejos alcalinos como el de La Churuata y rocas asociadas, así como intrusiones de carbonatita de Cerro Impacto y de

lámprofiros y kimberlitas eclogíticas de Guaniamo. La Provincia de Cuchivero parece extenderse hacia el sur-sureste en el estado Amazonas, formando gran parte de las rocas del no diferenciado Proterozoico. (Sidder y Mendoza, 1.995) en (Mendoza, V. 2000).

Las provincias de Imataca y Pastora, aflorantes al este del río Caura, están en contacto discordante y de falla, denominado Frente Tectónico Caura como se observa en la figura 2.5, con la provincia Cuchivero, aflorante al oeste del río Caura, que en parte es la zona de encuentro o choque de tres provincias geológicas con rocas, metamorfismos, tendencias estructurales, recursos minerales y edades completamente diferentes, y de ambientes geotectónicos contrastantes. (Mendoza, V. 2000).

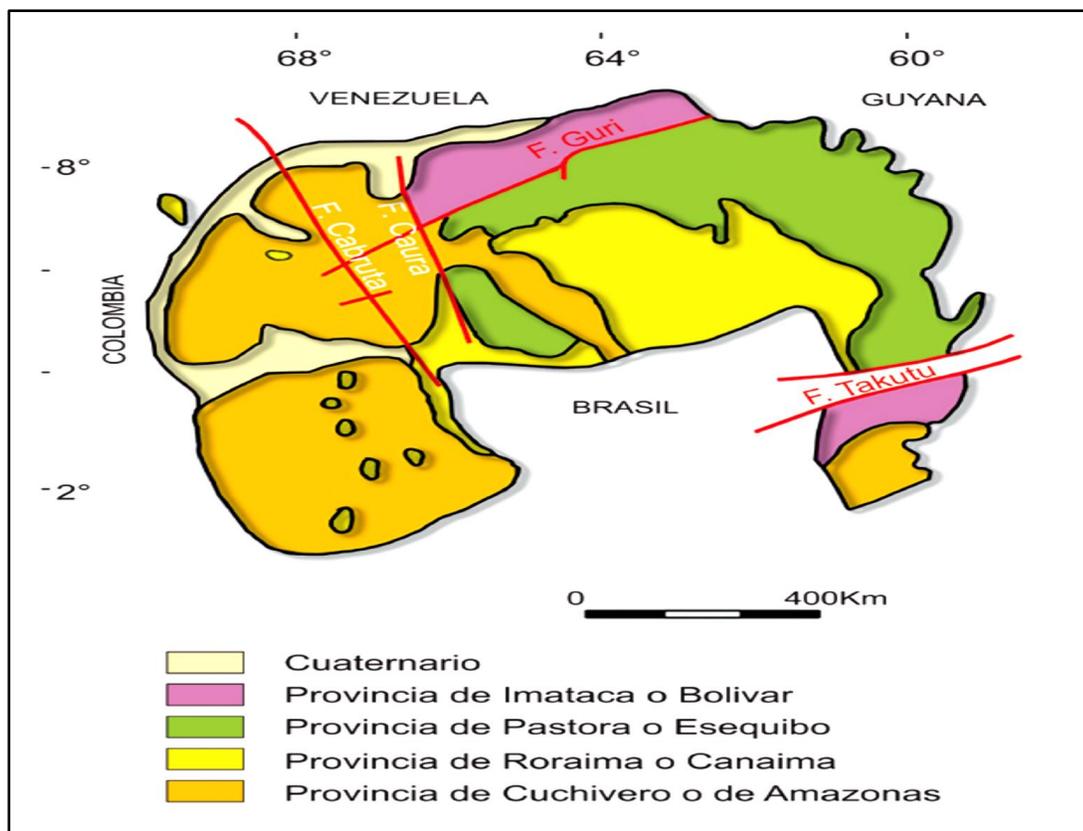


Figura 2.5 Provincias geológicas del Escudo de Guayana, Venezuela (Tomado de Mendoza, V. 2000).

Mendoza, (1.974) en Mendoza, V. (2000), define el área del río Suapure como la sección más completa de la Provincia Cuchivero (figura 2.6) con el nombre de Supergrupo Cedeño (SC) formado por el Grupo Cuchivero (Formación Caicara, Granito de Santa Rosalía, Granito de San Pedro y Granito de Guaniamito), metabasitas y el Grupo Suapure (Granito de Pijiguao y Granito Rapakivi de El Parguaza). Discordantemente sobre el Supergrupo Cedeño yacen rocas sedimentarias del Grupo Roraima.

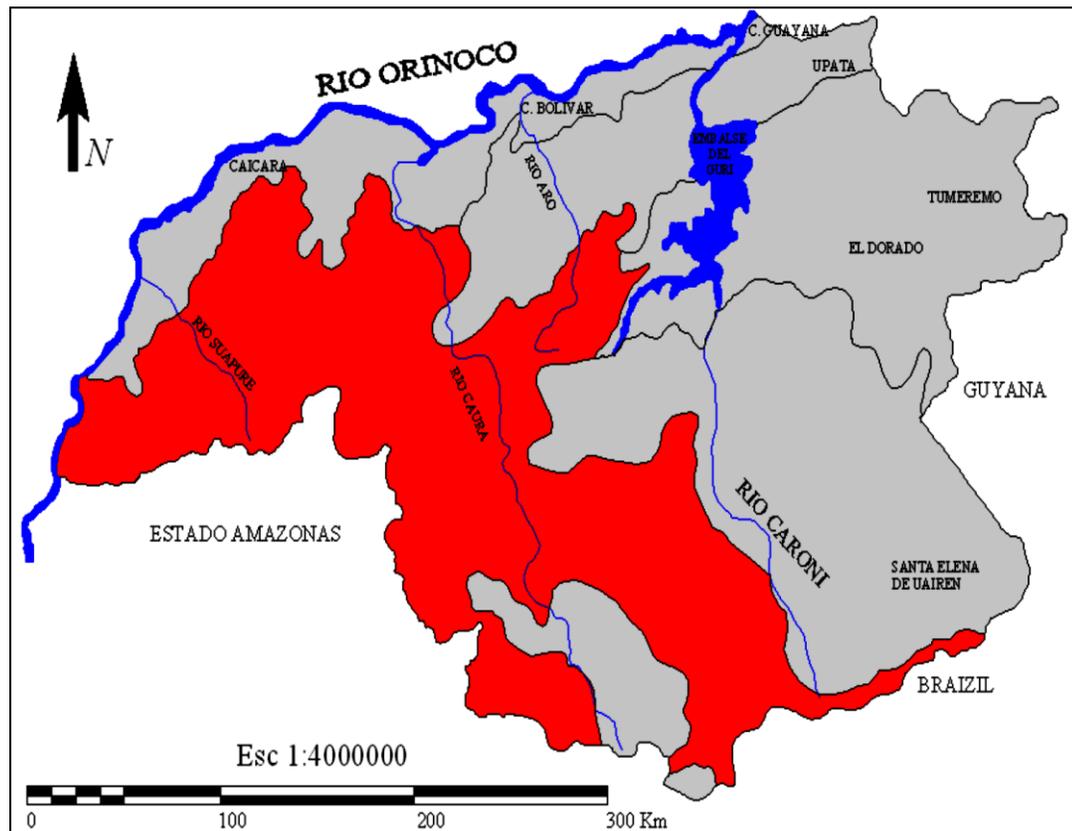


Figura 2.6 Extensión de la Provincia Geológica de Cuchivero en la parte occidental del Escudo de Guayana. (modificado de Mendoza, V. 2005, en Díaz, A., 2017)

2.8.1.1 Superasociación Cedeño

❖ Asociación Cuchivero: El Grupo Cuchivero, ahora denominado Asociación Cuchivero, fue definido por Ríos, (1972) en Mendoza, V. (2012), por rocas volcánicas riolíticas de la Formación Caicara, ahora Volcánicas de Caicara, y los granitos biotíticos de Santa Rosalía y Granito alaskítico de San Pedro. Originalmente se incluía al Granito hornbléndico de Guaniamito dentro de esta Asociación Cuchivero, pero dada su composición y edad, a pesar de presentar estructura gneisica, por efecto de la Falla de Cabruta, ahora se incluye como un equivalente del Granito Rapakivi de El Parguaza, de tendencia tholeiítica, de alto contenido en Fe. Mendoza, V. (1974) en Mendoza, V. (2012).

En general, la Provincia de Cuchivero equivale o forma parte de la Provincia Ventuari-Tapajós, que ocupa una porción occidental del Cratón Amazónico y está formada por una serie de arcos magmáticos de edad 1,98-1,88 Ga y que se caracteriza por un marcado trend tectónico NW - SE desde los ríos Cuchivero-Ventuari hacia el río Tapajós, y consiste esencialmente de rocas granitoides calco-alcalinas, Tassinari et al., (2000) en Mendoza, V. (2012) y su basamento en el sur del Escudo de Guayana, en Venezuela, son gneises y migmatitas tonalíticos, similares a los del Complejo de Supamo pero recrystalizados y que dan edades de solo 1,75 Ga a 1,83 Ga para los gneises de Minicia - Macabana y las Cuarzo - dioritas de Atabapo, respectivamente. Mendoza, V. (2000).

La “Formación Caicara”, ahora denominada Volcánicas de Caicara, fue definida por Ríos (1969) en Mendoza, V. (2012), en una sección transversal a la serranía o “fila” de Morichal Negro, hacienda Santa Inés, en la vía a Guaniamo, a unos 30 km. Al Sur de Caicara del Orinoco, Distrito Cedeño del Estado Bolívar. Mendoza, V. (1975) en Mendoza, V. (2012) la describe con mayor detalle en Chivapure, Río Suapure, donde litológicamente se compone de ignimbritas, tobas de

cenizas, brechas y cantidades menores de lavas, obsidianas y domos riolíticos, con cantidades muy subordinadas de otras rocas volcánicas de composición dacítica, andesítica y aún basáltica, todas ellas de afinidad calcoalcalinas. La mayoría de estas rocas muestran composición química de riolitas. Mendoza, V. (2012).

El Granito de San Pedro (GSP) aflora cerca del paso San Pedro en el Río Suapure. Es un granito alaskítico, subvolcánico, de grano fino, facies del Granito de Santa Rosalía. Mendoza, V. (2012).

El Granito de Santa Rosalía es plutónico, de grano medio a grueso, aproximadamente equigranular, compuesto de biotita, de escasa a ausente hornblenda y aflora extensamente desde la Serranía El Mato en El Caura al Pueblo de Santa Rosalía, al Este, hasta el Río Suapure al Oeste y hasta el Río Ventuari al Sur, cubriendo más de 40.000 km². Mendoza, V. (2012).

El Granito de Guaniamito aflora más localmente en el caño del mismo nombre y en el Río Guaniamo. Es un granito hipoabisal, porfídico, rico en hornblenda, con textura gneisica gruesa bien desarrollada hacia la zona de la Falla de Cabruta, y su edad Rb-Sr roca total dio 1.425 Ma equivalente a la edad del granito rapakivi de El Parguaza, aunque tectonizado y convertido en gneis por la falla de Cabruta. Originalmente, el autor Mendoza. (1975) en Mendoza, V. (2012), incluyó al Granito de Guaniamito como parte de Cuchivero, pero dados los nuevos aportes de edades radiométricas y, sobretudo, geoquímicos, a pesar de estar muy foliado por efectos de la Falla de Cabruta, lo incluye en la Asociación Suapure, como un granito comagmático con el Granito rapakivi de El Parguaza. Mendoza, V. (2012).

Todas estas rocas graníticas son masivas a foliadas, en particular hacia el contacto con las rocas volcánicas de Caicara y en la proximidad a la Falla de Cabruta. Mineralógicamente se componen de feldespato potásico (mayormente ortosa y

pertita, 40%-60%), plagioclasa albita a oligoclasa (10%-40%), con texturas euhedrales de rectángulos de plagioclasa alrededor de núcleos de ortosa o pertita, similar a seudorapakivis; cuarzo (10%-40%), biotita (1%-10%), hornblenda (<0.5% a 8%). Los minerales accesorios son principalmente esfena, apatito, circón, muscovita, magnetita, ilmenita y los minerales secundarios epidoto, clinozoisita, clorita de alteración de biotita y hematita derivada de magnetita. Mendoza, V. (2012).

❖ Asociación Suapure: El “Grupo” Suapure, cambiado por Asociación Suapure, fue definido por Mendoza. (1974) en Mendoza, V. (2012), compuesto por el Granito de Pijiguaos y el Granito Rapakivi de El Parguaza, excelentemente expuestos en los domos de Los Pijiguaos, a pocos kilómetros al oeste del río Suapure, en el paso de San Pedro. Estudios posteriores del M.E.M. indicaron que el Grupo Suapure lo constituyen el Granito Rapakivi de El Parguaza y todas sus facies subvolcánicas, como el Granito de Pijiguaos, los pórfidos riódacíticos del Guayapo; hipabisales o de profundidad intermedia, como la Granodiorita del Sipapo; plutónicas como cuarzo - sienitas y anortositas a rocas muy cercanas al manto como bauchitas.

❖ Luego se incluyó por su edad y composición mineralógica en la Asociación Suapure al Granito de Guaniamito. Mendoza et al., (1977) en Mendoza, V. (2012).

El Granito de Pijiguaos aflora en la mitad inferior de los domos del mismo nombre, en contacto no transicional con el Granito Rapakivi de El Parguaza (GRP). Es un granito de grano fino, equigranular, aspecto algo recristalizado parcialmente homogéneo por el Granito Rapakivi de El Parguaza (GRP), muy rico en cuarzo y microclino, con textura moteada en la que se observan dos o más generaciones de cuarzo, posiblemente correspondientes con las pulsaciones o intrusiones inmediatas posteriores del Granito Rapakivi de El Parguaza (GRP). Mendoza, V. (2012).

El granito rapakivi de El Parguaza es una roca masiva, de color gris, de grano muy grueso, con textura inequigranular wiborgita rapakivi, con bajo a moderado contenido de cuarzo (5%-20)% alto de microclino-peritita (25%-55)%, moderado de oligoclasa (15%-30)% y notorio de minerales máficos enriquecidos en FeO (biotita 3%-17%, hornblenda 1-24% ± clinopiroxeno) con cantidades menores de magnetita, ilmenita, circón y fayalita.

Son rocas metaluminosas a peraluminosas, de afinidad tholeítica, ricas en Fe, K, Rb, Ni, Th, F y REEs, muy fraccionadas. Muestra zonamiento inverso (con rocas más félsicas hacia dentro del plutón y más máficas en los bordes) y ocupa una gran superficie desde Los Pijiguaos al este hasta Puerto Ayacucho al oeste y desde el río Orinoco al norte hasta la confluencia con el río Ventuari en Amazonas, al sur.

El plutón tiene forma elíptica, con un eje N - S de 250 km y un eje E - W de 120 Km, figura 2.4. Mendoza, V. (2000).

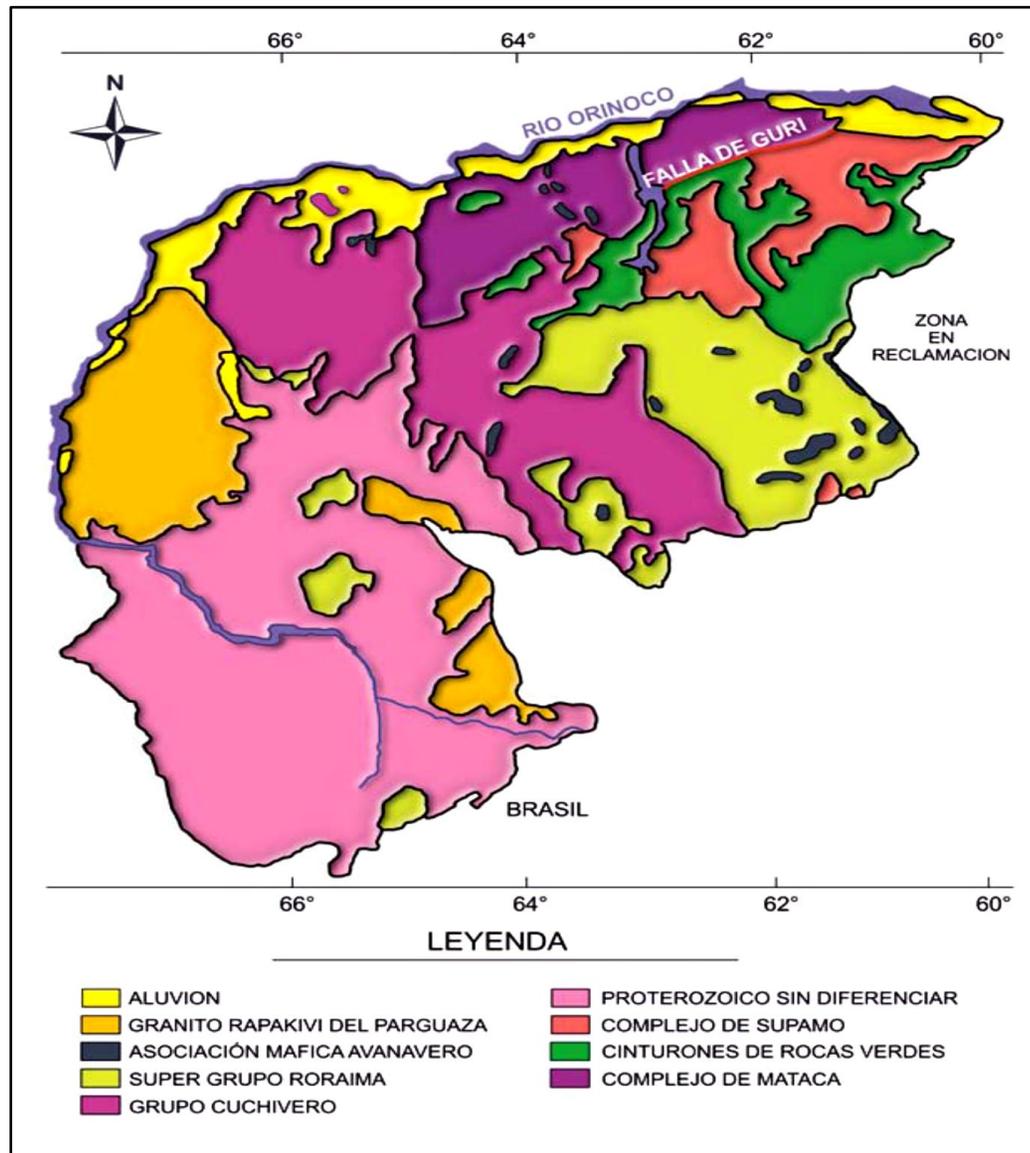


Figura 2.7 Mapa geológico generalizado del Escudo de Guayana (Tomado de Sidler y Mendoza, 1995 en Mendoza, V 2012).

2.8.2 Provincia geológica de Imataca

La provincia de Imataca se extiende en dirección SW – NE desde las proximidades del río Caura hasta el Delta del Orinoco y en dirección NW – SE aflora

desde el curso del río Orinoco hasta la Falla de Guri por unos 550 km y 80 km, respectivamente. Mendoza, V. (2000).

Litológicamente la Provincia de Imataca está formada por gneises graníticos y granulitas félsicas (60% - 75)%, anfibolitas y granulitas máficas, y hasta ultramáficas (15% - 20)%, y cantidades menores complementarias de formaciones bandeadas de hierro (BIF), dolomitas, charnockitas, anortositas, granitos intrusivos más jóvenes y remanentes erosionales de menos metamorfizados y más jóvenes Cinturones Rocas Verdes – Tonalita, Trondjemitas Granodioritas (CRV-TTG) gnéísicos (El Torno-Real Corona), figura 2.5. Mendoza, V. (2012).

El metamorfismo registrado en estas rocas decrece desde la Mina de Hierro de El Pao, con granulitas de dos piroxenos en charnockitas, anortositas y granulitas máficas y hasta ultramáficas (que sugieren temperaturas de 750 °C - 850 °C y moderadas a elevadas presiones de 8 a 8.5 Kbs, equivalentes a menos de 30 km de presión de roca), hacia la zona de Guri, con anfibolitas, granulitas y migmatitas, rocas graníticas, con granate-cordierita-sillimanita (que implican temperaturas de 650° - 700°C y presiones de 4 a 7 Kbs, o sea menores de 20 kms de espesor de rocas). Mendoza, V. (2012).

Estas rocas de alto grado metamórfico se interpretan como evolucionados primitivos Cinturones de rocas verdes (CRV) y complejos graníticos potásicos y sódicos, varias veces tectonizados y metamorfizados hasta alcanzar las facies anfibolita y granulita y sufrir luego parcialmente metamorfismo retrógrado. Mendoza, V. (2012).

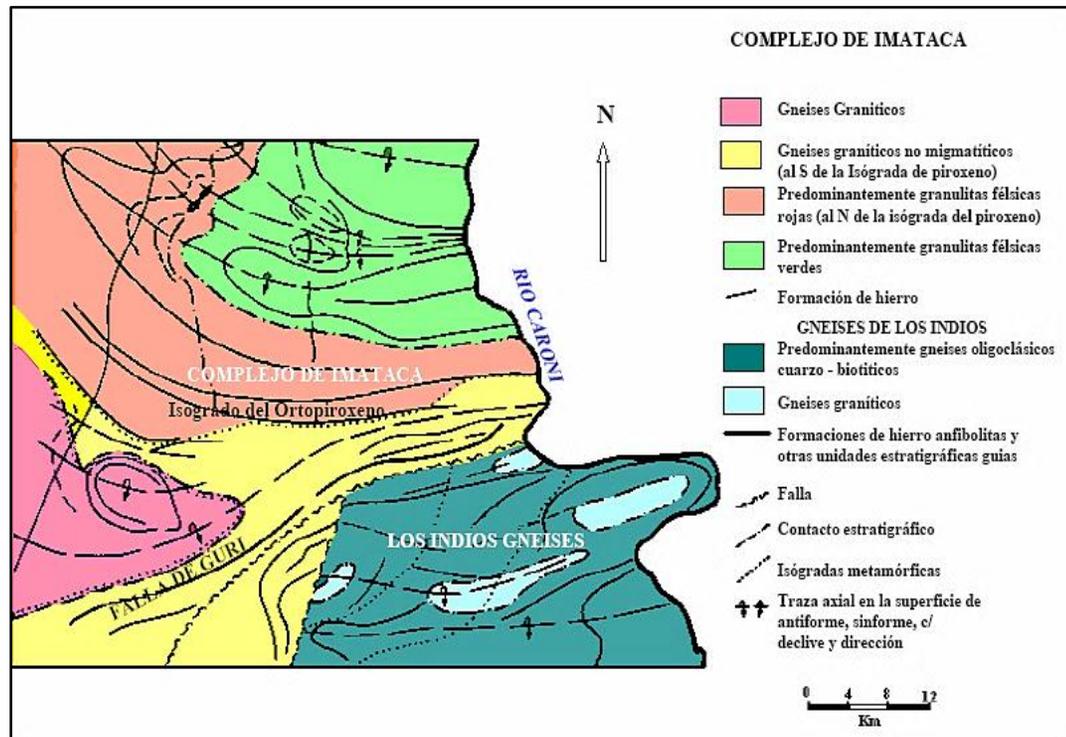


Figura 2.8 Mapa geológico esquemático del Complejo de Imataca al oeste del río Caroní. (Dougan 1972 en Mendoza, V. 2000).

La Provincia Imataca registra seis o más dominios tectónicos, separados entre sí por grandes fallas tipo corrimientos. Internamente, el plegamiento es isoclinal con replegamiento más abierto. En la parte Norte, los pliegues tienen rumbo NW mientras que en la parte Sur la tendencia dominante de los pliegues es N 60° - 70° E que es la que predomina regionalmente, es decir aproximadamente paralelas a la Falla de Gurí, siendo este el rasgo megatectónico más relevante del Escudo de Guayana, el cual separa las provincias de Imataca, al Norte de Gurí, de Pastora, al Sur. Mendoza, V. (2012).

Ascanio (1.975) en Mendoza, V. (2012), postuló que parte, al menos, del Complejo de Imataca al sur del río Orinoco en la zona comprendida entre los ríos Aro y Caroní está formado por varias fajas tectónicas que representan microcontinentes que por deriva chocaron unos con otros con obducción, quedando separados entre sí

2.8.3 Formación Mesa

La Formación Mesa se extiende por los llanos centro-orientales y orientales (estados Guárico, Anzoátegui, Monagas). Se encuentran algunos afloramientos en los estados Sucre y Bolívar, inmediatamente al sur del río Orinoco. El espesor de la Formación Mesa es muy variable, pero en términos generales disminuye de norte a sur, como consecuencia del cambio en la sedimentación fluvio-deltaica y aumenta de oeste a este, por el avance de los sedimentos deltaicos (González de Juana., 1980). En la Mesa de Maturín, la Formación Mesa tiene un espesor máximo de 275 m, mientras que en el estado Bolívar rara vez llega a los 20 m. García, A. y Granado, M. (2003) en García, J (2011).

En los límites Norte y Sur de la Mesa de Guanipa (González de Juana, 1946), la Formación Mesa consiste de arenas de grano grueso y gravas con cemento ferruginoso, cementadas y muy duras; conglomerado rojo a casi negro, arenas blancoamarillentas, rojo y púrpura, con estratificación cruzada; además contiene lentes discontinuos de arcilla fina arenosa y lentes de limolita. En la Mesa de Tonoro se observan capas lenticulares de conglomerado, arenas, y algunas arcillas. Al noroeste de Santa Rosa existe una capa lenticular de conglomerado, de más de 25 m de espesor, con delgadas intercalaciones de arenas. García, A. y Granado, M. (2003) en García, J (2011).

En Santa Bárbara de Maturín, la parte superior (76 m.) consiste en gravas con intercalaciones de arenas y arcilla roja y amarillo intenso: la parte inferior (60 m.) formada por clásticos finos (arenas gris y blanco, intercaladas con arenas arcillosas y arcillas gris abigarradas). Al suroeste de Maturín, la Formación Mesa está compuesta por arcillas moteadas y abigarradas, con nódulos sin arena. En los llanos centro orientales, la formación, está constituida por arenas no compactadas. Los sedimentos de la Formación Mesa, gradan de norte a sur, de más gruesos a más finos al alejarse

de las cadenas montañosas del norte; desde la parte central de Monagas al macizo de Guyana, gradan de más finos a más gruesos. García, A. y Granado, M. (2003) en García, J (2011).

En la sección de río Cristalino, río La Palencia, río del Medio, Caripito y Las Parcelas, la formación está constituida por conglomerados con elementos líticos redondos, tipo pudinga, de tamaño grande, aproximadamente 0.15 metros de diámetro, en una matriz arcillo-arenosa de color gris claro a amarillo. García, A. y Granado, M. (2003) en García, J (2011).

2.9 Geología local

Díaz, A. (2017) mediante ortoimágenes de radar Cartosur II, imagen satelital obtenida de Global Mapper 15, y mapa de geología de la hoja de radar NB – 19 - 4 generado por CVG – TECMIN, realizó un análisis donde definió tres unidades litológicas, características de la zona, el cual clasificó a través de los filtros en geoprocesamiento digital con ArcGIS 10.1 como se muestra en la figura 2.7.

Estas tres unidades litológicas identificadas en el área por Díaz, A. (2017) son las siguientes:

2.9.1 Granito de Santa Rosalía

En la parte sureste de la hoja, la unidad está representada por un bloque o cuerpo continuo, la unidad se presenta en el Cerro Emilia, Cerro Laja Pelada, Cerro Ojo de Agua y Cerro Escudillas.

A lo largo de toda la hoja se encuentra en contacto con la unidad aluvial (Cuaternaria) y representa un porcentaje del 2,17% del área total. (Díaz, A. 2017).

2.9.2 Granito San Pedro

La unidad granítica se encuentra expuesta en la parte suroeste de la hoja, representada por varios cuerpos asilados y continuos; afloramiento de la Serranía de Gengibaral, Serranía de Baraguan, Cerro La Urbana, Cerro San Dobalero, Cerro Los Apretanes, Cerros Las Leguas mientras que en el extremo sureste de la hoja el bloque continuo en el Cerro Santa Elena, Cerro Aislado, Cerro Múcura, Cerro Montoso. Cabe destacar que todos los cuerpos de la unidad identificados en la hoja están en contacto con la unidad aluvional, donde el paisaje es lomeríos altos, con desniveles entre 150 msnm - 300 msnm, de topografía escarpada y textura rugosa. La unidad litológica representa un 5,10% del área total. Díaz, A. (2017).

2.9.3 Aluvión

Estos corresponden a las áreas de sedimentación aluvial, reciente tales como las zonas de inundación y ocupa un área extensa el afluyente principal del río Orinoco. La parte noreste del (estado Bolívar) y sureste (estado Apure), separadas entre sí por el río Orinoco. El tipo de relieve que genera es la llanura de inundación y en épocas de inundación se generan lagunas, generalmente de carácter permanente. Ejemplo de ello son río La Tortuga, río Chaviripa y el río Maniapure, la unidad se presenta con una respuesta de textura del radar lisa y representa el porcentaje con un 92,7% del área total de la hoja en estudio. Díaz, A. (2017).

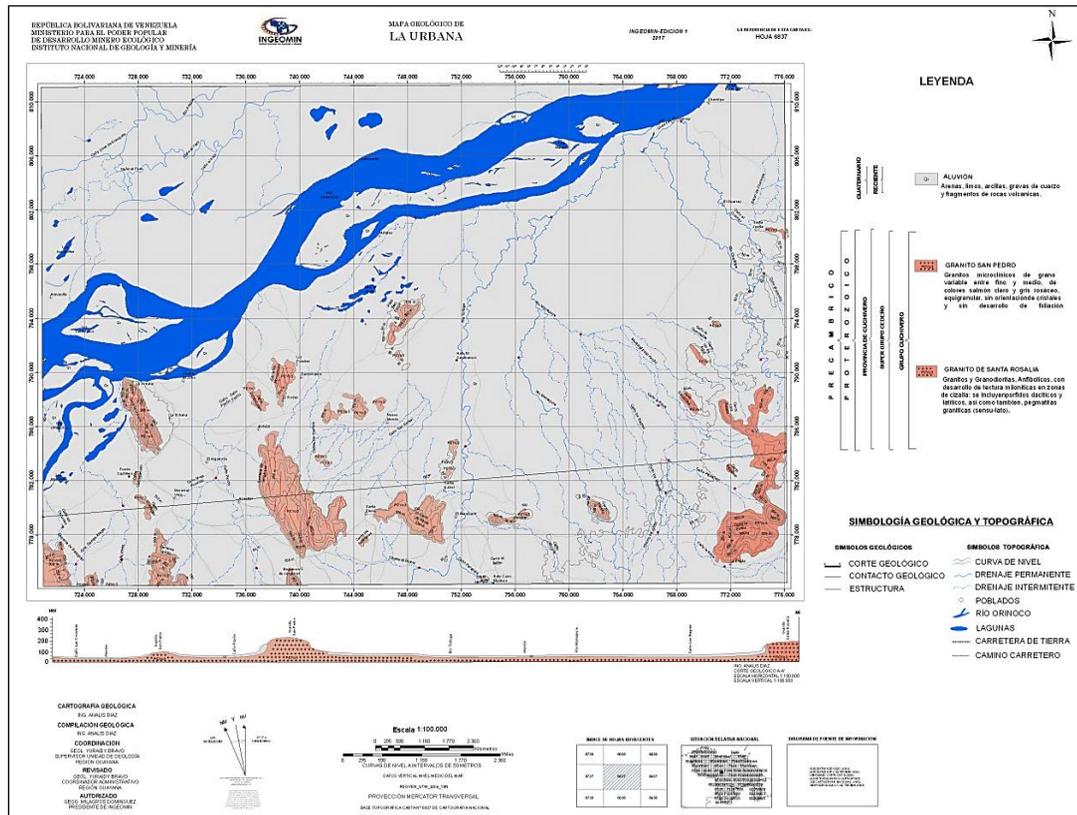


Figura 2.10 Mapa geológico La Urbana correspondiente a la hoja 6837, a escala 1:100.000. (Díaz, A. 2017).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación

Para la realización de este trabajo de investigación es necesario apoyarse en los antecedentes correspondientes al área de estudio o trabajos de investigación similares. Las investigaciones consultadas para el desarrollo de este trabajo son los siguientes:

Castro, D., Greff, D y Echeverría, D. (2010) elaboraron una investigación, en el Instituto Nacional de Canalizaciones, titulada **“ESTUDIO DE LAS FORMAS MACROSCÓPICAS DEL RELIEVE DEL FONDO DEL RÍO ORINOCO EN EL SECTOR GUASINA, DELTA AMACURO. VENEZUELA”**. Esta investigación tiene como objetivo estudiar los rasgos morfológicos que caracterizan el lecho del río Orinoco en el sector Guasina del canal de navegación. Esta investigación metodológicamente y teóricamente significa un aporte valioso para este trabajo de investigación.

Bernal, A. (2006) elaboró una investigación titulada **“ESTUDIO DE MINERALES PESADOS Y POLICRISTALINIDAD DE CUARZOS DETRÍTICOS, PARA INTERPRETAR LA PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA Y LA BARRA OROCOPICHE, RÍO ORINOCO, UBICADA AL NORTE DE CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR”**. Esta investigación tiene como objetivo principal determinar el origen de las rocas de donde proceden los sedimentos, estudiando los tipos de cuarzo y minerales pesados. Esta investigación teóricamente significa un aporte valioso para este trabajo de investigación.

López, L. (2002) elaboró una investigación titulada **“ESTUDIO SEDIMENTOLÓGICO REALIZADO EN LA ISLA OROCOPICHE, LOCALIZADA EN EL RÍO ORINOCO AL NOROESTE DE CIUDAD BOLÍVAR”**. Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar las características texturales, litológicas y los mecanismos de sedimentación que intervinieron en su formación.

Dauhare, K., Echeverría, D. y Mariña, M. (2011). elaboraron para el Instituto Nacional de Canalizaciones una investigación aplicada titulada **“EVALUACIÓN DE LAS AREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVA EN EL SECTOR ARAMAYA DEL RÍO ORINOCO, ESTADO MONAGAS, VENEZUELA”**. El objetivo principal de esta investigación consistía en analizar la capacidad de las zonas de descarga para dragas de tolva y evaluar la posible ubicación de nuevas áreas de descarga a la luz del comportamiento hidro- sedimentario del río Orinoco en el sector Aramaya. Esta investigación es un aporte a la presente investigación por cuanto se realiza un análisis del flujo de sedimentos y de distribución de velocidades a lo largo de todo el sector incluyendo las zonas de avulsión y de estrechamiento, lo cual coadyuvará a la comprensión de los mecanismos hidrodinámicos en ese sector y por analogía en otros que presenten similar geofoma del cauce.

Echeverría, D. y Marín, L. (2002), elaboraron el estudio titulado **“GEOMORFOLOGÍA E HIDRODINÁMICA DEL SECTOR ARAMAYA DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO. GERENCIA CANAL DEL ORINOCO. INSTITUTO NACIONAL DE CANALIZACIONES. PUERTO ORDAZ. ESTADO BOLÍVAR. VENEZUELA”**, cuyo objetivo principal consistía en efectuar una caracterización del canal de navegación del río Orinoco en el sector Aramaya desde los puntos de vista: geológico, geomorfológico, textural, hidráulico y sedimentológico. Esta investigación aporta un apoyo significativo a la presente investigación por cuanto describe los procesos y mecanismos que se producen en el

movimiento de sedimentos y su relación con la morfología del lecho del río en dicho sector, lo cual por similitud geomórfica con los sectores La Urbana y Orocopiche puede ser de alguna forma comparable.

3.2 Fundamentos teóricos

En este apartado se describen los conceptos técnicos que permiten una mayor comprensión del tema en estudio, siendo necesaria una consulta bibliográfica que permita definir procedimientos para llevar a cabo de manera sistemática la investigación.

3.2.1 Geomorfología fluvial

Según Gutiérrez, M. (2008). Es la explicación de las relaciones entre los procesos físicos del flujo en canales del lecho móvil, la mecánica del transporte de sedimentos forzado por el flujo y las formas de los canales aluviales creados por el transporte de sedimentos.

3.2.2 Formación de Islas

Son estructuras presentes en el cauce del río, cuya evolución y grado de estabilidad está asociado a diferentes factores tales como, la acción hidrodinámica del flujo y la estabilidad de los materiales que la constituyen, y la forma como la vegetación es capaz de colonizar y fijarse o adaptarse a las condiciones de fluctuación de niveles de aguas y naturaleza del sedimento. García, J. (2011).

3.2.3 Formación de Barras

Según Gámez, Z. (2017). Las barras son formas de fondo que poseen longitudes iguales o mayores al ancho del canal y alturas comparables a la profundidad media del flujo generador. Los diferentes tipos de barra que se presentan se pueden clasificar de la siguiente forma:

3.2.3.1 Barras de punta

Se forman en la parte interna de las curvas bien desarrolladas. Generalmente, aumentan de tamaño a medida que la curva se hace más fuerte.

3.2.3.2 Barras laterales

En cauces semirectos o sinuosos se forman barras junto a la orilla, estas barras pueden moverse a lo largo del cauce y migrar. Las barras laterales alternadas en los cauces semirectos pueden ser precursoras de procesos de meanderización.

3.2.3.3 Barras en las uniones de corrientes

Cuando un tributario se une a un río de menor tamaño se forman barras tanto aguas abajo como aguas arriba de la unión.

3.2.3.4 Barras de mitad de canal

Estas barras se forman en cauces relativamente anchos y pueden permanecer en su sitio durante muchos años, convirtiéndose en islas.

3.2.3.5 Barras en forma de diamante

Son barras de mitad de canal de gran tamaño que generan una ramificación del cauce.

3.2.3.6 Barras diagonales

Son barras que se localizan diagonalmente debido a la presencia de una corriente diagonal en el cauce. Estas barras generalmente ocurren en canales con fondo de grava.

3.2.3.7 Barras en forma de olas

Estas barras tienen un perfil como de una duna y tratan de ser alargadas en la dirección transversal del canal.

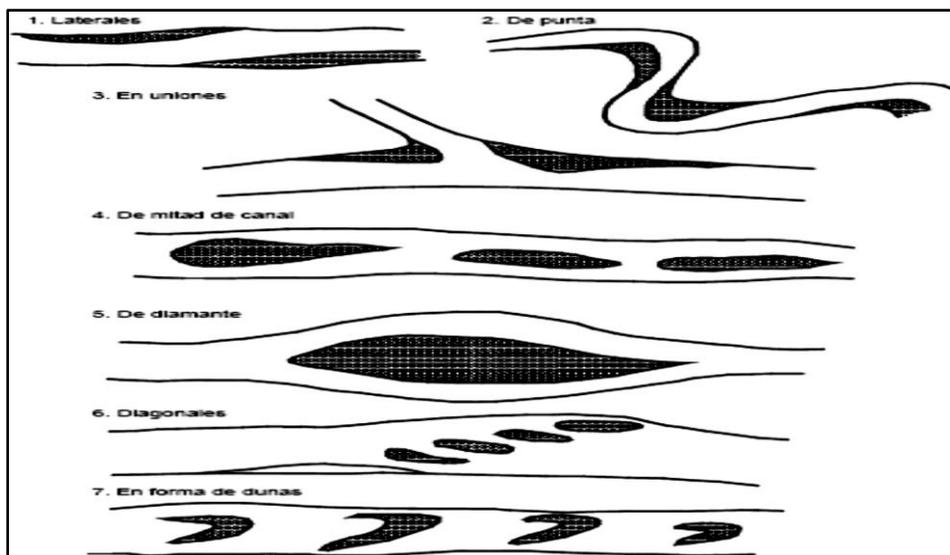


Figura 3.1 Tipos de barras: 1) Lateral, 2) De punta, 3) En uniones, 4) De mitad de canal, 5) De diamante, 6) Diagonal, 7) En forma de dunas.

3.2.4 Formas de lecho

Las formas del lecho de cauces aluviales se definen como todas las irregularidades más grandes que el tamaño mayor de las partículas que lo conforman y ofrecen una mayor resistencia al flujo que caracteriza estos canales. La forma del cauce depende principalmente del material que compone el lecho, la intensidad de los procesos erosivos y está ligada a la frecuencia de las crecientes. También se debe al balance entre la fuerza del agua y la resistencia del lecho y de los materiales de las bancas. Van Rijn (1993) en Gámez, Z. (2017)

Entre los tipos de lechos se encuentran:

3.2.4.1 Lecho plano sin transporte de sedimentos

Se caracteriza principalmente por la poca resistencia al flujo y de aquí el poco transporte de sedimentos. Es propio de lechos que soportan poco caudal.

3.2.4.2 Lecho rizado

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

3.2.4.3 Conformación de Dunas

Las dunas son formas triangulares, pero de mayor longitud y altura que los rizos, sus dimensiones pueden ser del orden de 0.06 a 27 m. para la altura y de 0.6 a 1.000 m. de largo (Las dunas más grandes son llamadas bancos). La resistencia al

flujo se presenta básicamente, por el fenómeno de separación en la capa del fluido entre dos dunas, creando zonas de contra flujo.

Las diferencias mecánicas entre lechos rizados y lecho de dunas son básicamente las siguientes:

La relación profundidad resistencia al flujo es opuesta: En un lecho de rizos a un aumento en la profundidad se produce una disminución en la resistencia al flujo, mientras que en un lecho de dunas se produce un aumento, pero se tiene la condición de que esté formado por arena con $D > 0.3$ mm. No se forman rizos si la arena es gruesa $D > 0.6$ mm. La resistencia al flujo en las dunas es dependiente del tamaño del grano, mientras que en los rizos no.

3.2.4.4 Antidunas

Al igual que las ondas estacionarias, las antidunas adoptan aproximadamente una forma de tren de ondas en el lecho del cauce que se manifiesta también en la superficie del agua. Aunque las partículas se muevan aguas abajo, las ondulaciones pueden permanecer en el sitio o también pueden moverse. Las antidunas siguen un proceso de formación cíclico que demora de 0.5 a 2 minutos. Ellas crecen al moverse aguas arriba, luego se destruyen y después son lavadas por el flujo para empezar otra vez el ciclo. El coeficiente de rugosidad de Manning varía entre 0.012 y 0.020.

3.2.4.5 Rápidos y Remansos

Los pozos o remansos se forman en zonas donde el cauce se hace más profundo y estrecho, con un sustrato más fino e inestable, sometido a socavación especialmente en aguas bajas. En los tramos rectos se van a formar rápidos, donde el cauce es más ancho y existe menos profundidad. (Chang, H. 1988, en Gámez, Z. 2017)

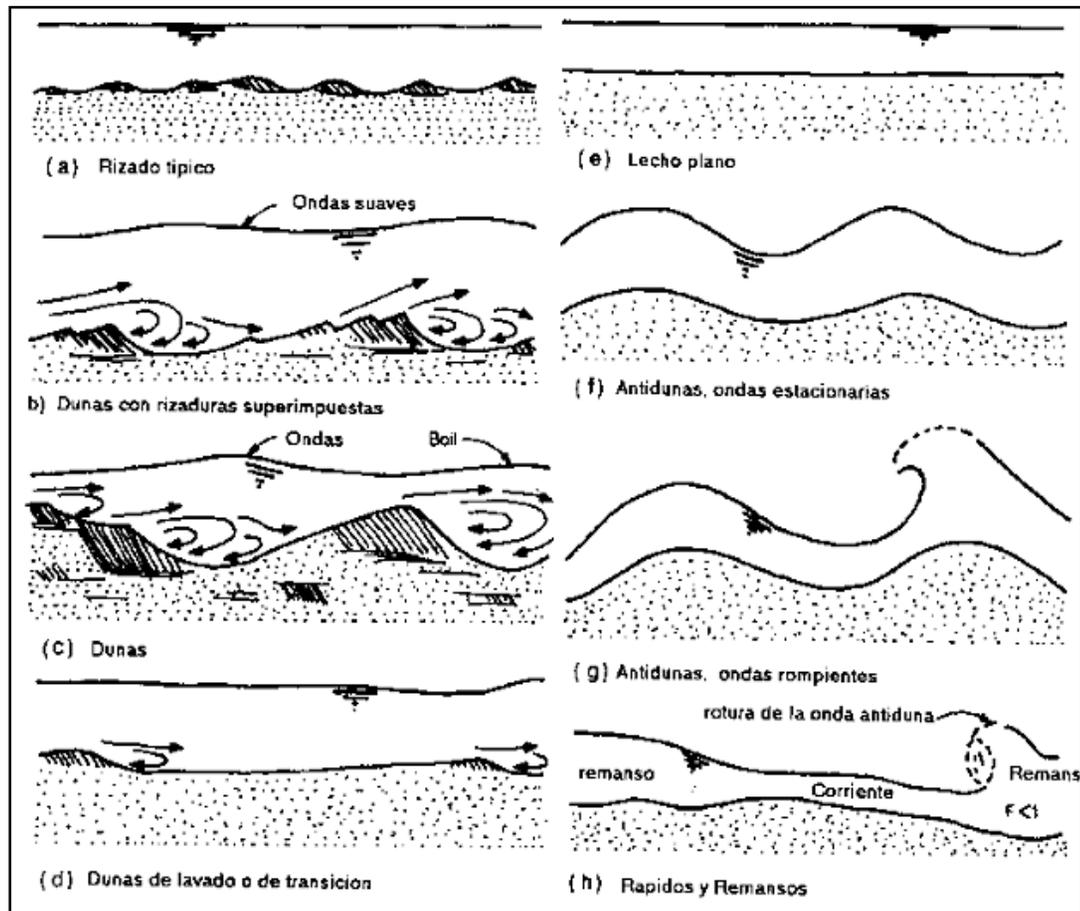


Figura 3.2 Tipos de formas de lecho: a) Rizado típico, b) Duna con rizaduras superimpuestas, c) Duna, d) Dunas de lavado o de transición, e) Lecho plano, f) Antidunas, ondas estacionarias, g) Antidunas, ondas rompientes, h) Rápidos y Remansos (Chang, H. 1988).

3.2.5 Meandros

Son formas derivadas de una combinación muy precisa y equilibrada de acciones erosivas y sedimentadoras desarrolladas de modo simultáneo y coordinado dentro del lecho. En concreto los meandros son ondulaciones (que mientras se encuentran en actividad raramente aparecen aisladas, sino asociadas en series o trenes) cuyo modelado se realiza por medio de la combinación sistemática, y altamente a lo largo del lecho, de acciones de zapa en una margen (la margen cóncava

o de erosión) y de acumulación en la otra margen (margen convexa o de acumulación). (Muñoz, J. 1995)

3.2.6 Trazado de un río

Según García, J. (2011), el trazado de un río se refiere al tipo de trayectoria que presenta en planta. La sinuosidad, que se estima como el cociente entre la longitud del río y la longitud del valle en un tramo, permite diferenciar tres tipos de trazados.

3.2.6.1 Trazado recto

Relativo a cocientes de sinuosidad inferiores a 1.5, no se aprecian líneas en el cauce pero la línea del thalweg se desplaza alternativamente de una orilla a la otra, haciéndose más visible en aguas bajas.

3.2.6.2 Trazado meandriforme

Cuando el coeficiente de sinuosidad es superior a 1,5, debido a las curvas que desarrolla el cauce desplazándose en sentido transversal del valle hacia un lado y otro. El tipo de curvas o meandros puede ser muy diferente de unos ríos a otros, pudiéndose diferenciar entre ellos a su vez diferentes tipos de trazados.

3.2.6.3 Trazado trenzado

Se desarrolla en tramos de mayor pendiente o cuando la carga sólida es elevada, y se caracteriza por la formación de un curso de agua ancho y poco profundo, que se divide en varios brazos dejando islas intercaladas, uniéndose hacia aguas abajo y volviéndose a separar, a modo de trenzas.

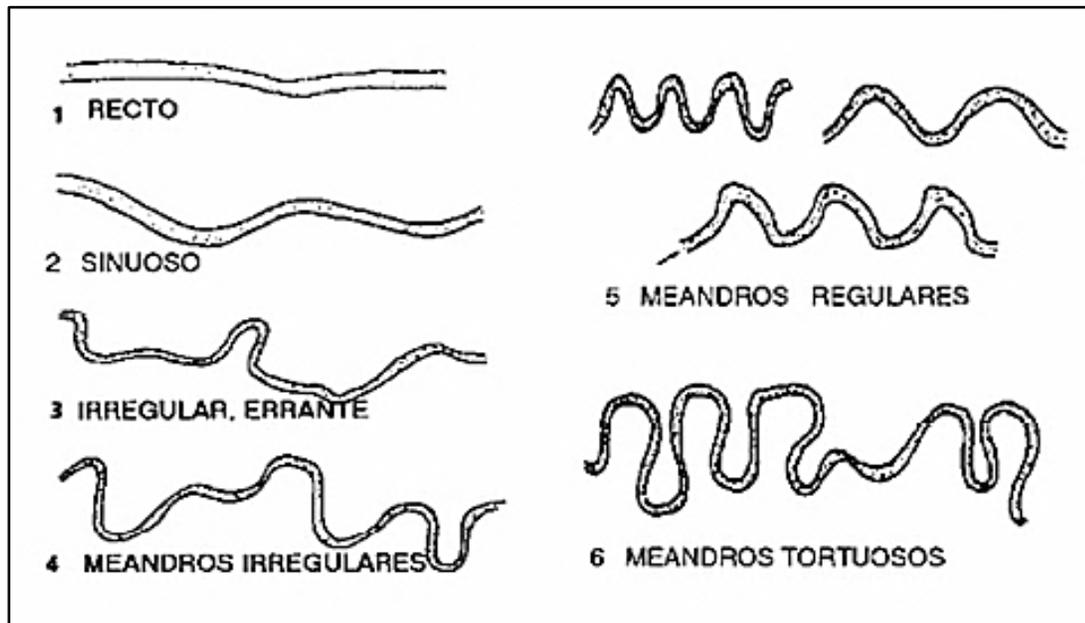


Figura 3.3 Trazado de un río: 1) Recto, 2) Sinuoso, 3) Irregular, Errante, 4) Meandros irregulares, 5) Meandros regulares, 6). Meandros tortuosos.

3.2.7 Flujo fluvial

Según Gutiérrez, M. (2008). El flujo de agua en un canal está sometido a dos fuerzas principales la gravedad y la pendiente del canal, mientras que la fricción se opone al movimiento del agua.

3.2.7.1 Tipos de flujo

❖ Flujo laminar: Si el agua fluye por un canal recto y liso a velocidades muy pequeñas (fracciones de mm/s) se mueve en flujo laminar. Cada elemento se moviliza a través de trayectorias específicas sin mezclas significativas con las capas adyacentes. En el contacto con el lecho la velocidad es prácticamente nula y las capas superiores deslizan entre sí, formando un perfil de velocidad parabólico. (Gutiérrez, M. 2008).

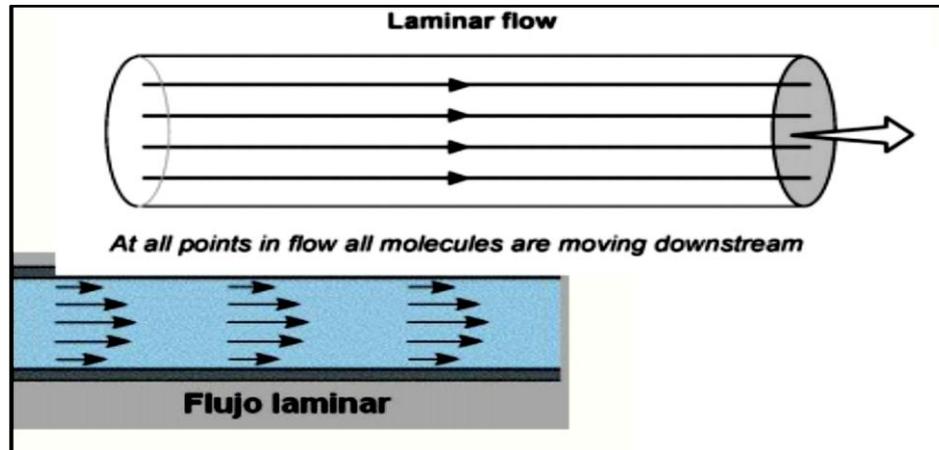


Figura 3.4 Flujo laminar.

❖ Flujo turbulento: Si la velocidad o profundidad alcanzan un valor crítico, el flujo laminar se hace inestable y se destruyen las capas paralelas, dando lugar al flujo turbulento. Este flujo se caracteriza por numerosos movimientos caóticos, con remolinos secundarios que se superponen al flujo frontal. Hay varios factores que afectan a la velocidad crítica en la que el flujo laminar se convierte en turbulento, como lo son la viscosidad y densidad del fluido, profundidad del agua y rugosidad del lecho del canal. (Gutiérrez, M. 2008).

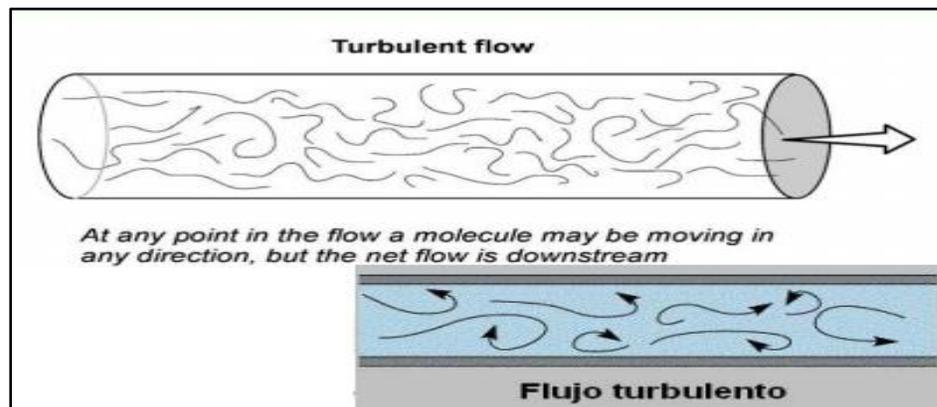


Figura 3.5 Flujo turbulento

3.2.8 Número de Reynolds

El número de Reynolds es la relación entre dos fuerzas que actúan en el fluido: las fuerzas de inercia que representan la resistencia de la masa del fluido a las aceleraciones y las fuerzas viscosas que tienden a oponerse a las deformaciones del fluido. Es de destacar que el número de Reynolds depende de cuatro factores (velocidad media, densidad, viscosidad y profundidad). El número de Reynolds permite diferenciar dos tipos de flujo: el laminar, cuando Re es bajo ($Re < 500$), y el turbulento, cuando Re es más elevado, ($Re > 2000$). (Díaz, M. 1984) Definido por la ecuación 3.1.:

$$Re = \frac{ud}{\nu} \quad (3.1)$$

Donde:

Re = número de Reynolds

u = velocidad media del flujo.

d = profundidad media.

ν = viscosidad cinemática (relación entre la densidad y la viscosidad del fluido).

3.2.9 Sección transversal

La forma de la sección transversal de una corriente depende del sitio del canal, de su geometría en planta, del tipo del canal y de las características de los sedimentos. La sección transversal en una curva es más profunda en el lado exterior o cóncavo del canal con un talud lateral prácticamente vertical y es poco profundo en la barra de punto que se forma en el lado convexo o interior de la curva. En los sectores rectos el canal tiende a ser un poco más trapezoidal o rectangular aunque generalmente

siempre existe un sitio de mayor profundidad correspondiente a la localización del thalweg. (Molina, J., Rodríguez, J., y otros. 2018)

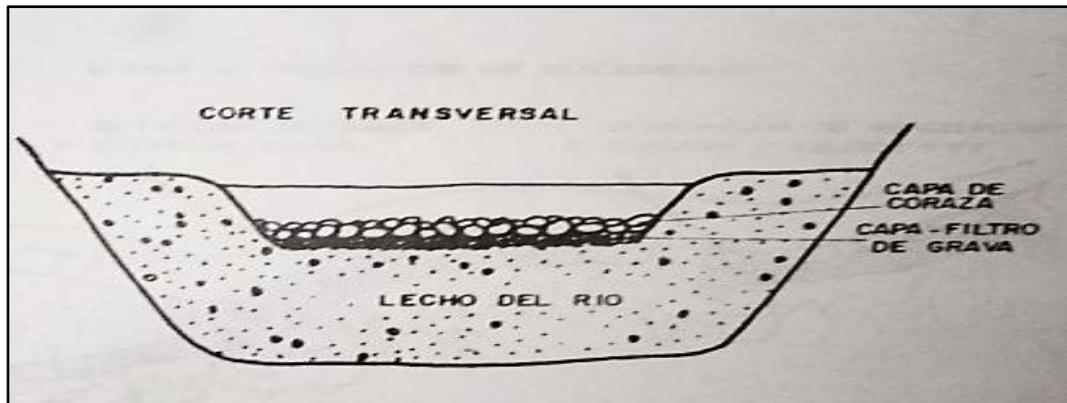


Figura 3.6 Corte transversal del lecho de un río.

3.2.10 Pendiente longitudinal

El perfil longitudinal de un río muestra cómo éste va perdiendo cota a lo largo de su recorrido, en él se puede observar la pendiente de cada tramo.

Los perfiles longitudinales de los ríos suelen presentar forma cóncava, su pendiente disminuye desde las zonas más erosivas (zona de cabecera) a las zonas donde predomina la sedimentación (zona de desembocadura o bajas), como se muestra en la figura 3.7. (Molina, J., Rodríguez, J., y otros. 2018)

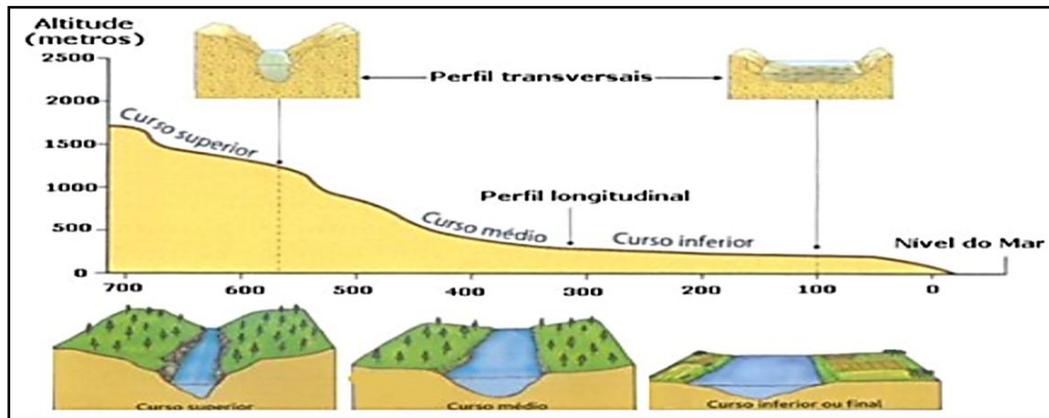


Figura 3.7 Perfil longitudinal de un río, y como va cambiando el perfil transversal, mientras más capacidad de erosión tenga, más profundizará en su cauce, dándole la típica forma de V.

3.2.11 Pendiente hidráulica

Según González, L., (2002). Es la pérdida de carga (altura piezométrica) por unidad de longitud.

3.2.12 Pendiente del cauce

La pendiente de un tramo de río es la relación que existe entre los extremos inicial y final y la distancia horizontal de dicho tramo. Ahora bien, la pendiente de la corriente principal, representa un valor medio, ya que cada tramo de río tiene una pendiente propia. En consecuencia, la pendiente media del cauce principal se aproximará más al real, mientras mayor sea el número de tramos seleccionados a lo largo del cauce. (Breña, A., Jacobo, M. 2006)

Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce es necesario definir una pendiente media; para ello existen varios métodos de los cuales se mencionan tres:

1. La pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente dividido entre su longitud medida en planta. (Aparicio, M. 1992)

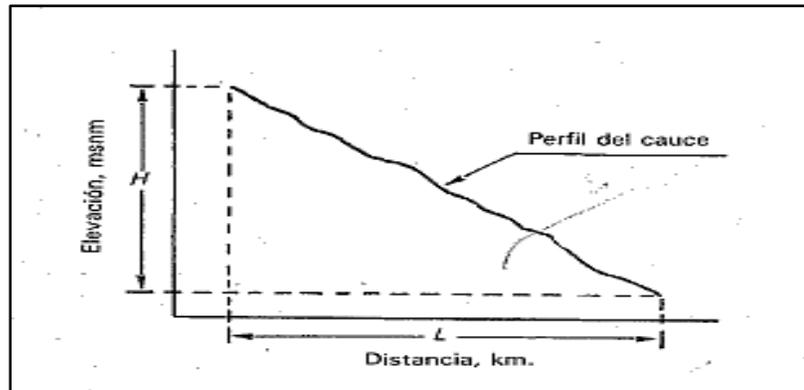


Figura 3.8 Pendiente del cauce principal.

2. La pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas abajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea. (Aparicio, M. 1992)

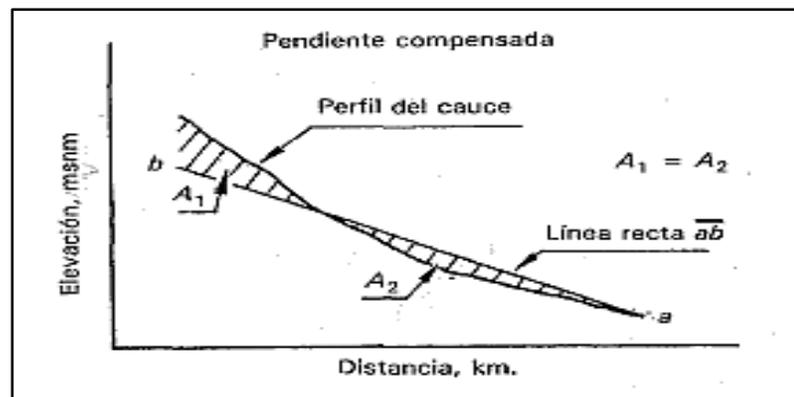


Figura 3.9 Pendiente del cauce principal.

3. Método de Taylor y Schwarz quienes consideran que el río puede estar formado por una serie de tramos de igual longitud o bien por tramos de longitud variable. (Breña, A., Jacobo, M. 2006)

La pendiente media para tramos de igual longitud se determina con la expresión:

$$S = \left[\frac{n}{\sqrt{s_1} + \sqrt{s_2} + \dots + \sqrt{s_n}} \right]^2 \quad (3.2)$$

Donde:

S = es la pendiente media del cauce

N = es el número de tramos de igual longitud

S_n = es la pendiente del tramo n.

La pendiente media para tramos de longitud variable se calcula con la ecuación:

$$S = \left[\frac{L}{\sqrt{s_1} + \sqrt{s_2} + \dots + \sqrt{s_n}} \right]^2 \quad (3.3)$$

Donde:

S = es la pendiente media del cauce

L = es la longitud total del río

L_n = es la longitud del tramo n

S_n = es la pendiente del tramo n.

3.2.13 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.

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, se pueden describir los fondos y el relieve de los cuerpos de agua y todas aquellas anomalías que en ellos puedan existir.

Las aplicaciones de los levantamientos batimétricos son muy amplias, permiten estimar los volúmenes almacenados en los cuerpos de agua y conocer la dinámica de los lechos de ríos identificando zonas de socavación y áreas de depósito, que en ocasiones puede ocasionar la formación de islas en el río; también ofrece información para la navegación en grandes ríos.

Particularmente los levantamientos batimétricos son un insumo indispensable para aplicar cualquier software de modelación hidráulica lo cual permite evaluar el tránsito de crecientes con fines de pronóstico hidrológico. Torres, A., Villate, E. (1968)



Figura 3.10: Levantamiento batimétrico

3.2.14 Fotointerpretación

Es el proceso por el cual se extrae la información contenida en una fotografía aérea como lo son la vegetación, el drenaje y la geomorfología. Es de reconocer y localizar los diferentes elementos que se representan. Dada la escala de la fotografía, así como el tamaño de los elementos que se observan. Es una técnica muy útil para los estudios regionales. Con la interpretación de fotografías se pueden ver los diferentes perfiles de la tierra.

Se necesita la fotointerpretación para caracterizar, cuantificar y conocer las características de una superficie, y así optimizar el uso del medio ambiente y fomentar una utilización óptima de los recursos naturales. Chuvieco, E. (1995)

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, entre ellas se puede citar:

3.3.1 Ley de aguas

Tiene especial identificación con el tema tratado.

3.3.1.1 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.

3.3.2 Ley orgánica de los espacios acuáticos

También es de importante impacto en el tema tratado en esta investigación:

3.3.2.1 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.

3.3.2.1 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

Establecen un orden de definiciones esenciales que permiten una mayor comprensión del tema.

3.4.1 Aforo

Según Basan, M. (2008), denomina el aforo: A todas las tareas de campo y gabinete que nos permiten determinar el caudal que pasa por una sección.

3.4.2 Afloramiento

Según Strahler, A. (1989), denomina un afloramiento como una superficie expuesta de la roca madre.

3.4.3 Cauce

Según Strahler, A. (1989), define el cauce como: Es una depresión alargada y estrecha ocupada y configurada por una corriente fluvial en su progreso desplazamiento hacia niveles inferiores.

3.4.4 Caudal

Según Ordoñez, J. (2011), define el caudal como: El volumen de agua que pasa por una determinada sección transversal en la unidad de tiempo, generalmente se expresan en m^3/s .

3.4.5 Litología

Según Muñoz, J. (1995), se define la litología como el material o conjunto de materiales que forman la estructura geológica e influye en el relieve a través de su naturaleza, de sus caracteres mecánicos, físicos y químicos y de su forma de yacimiento.

3.4.6 Pendiente

Según Aparicio, M. (1992) lo define como: Valor representativo del cambio de elevación en el espacio de una cuenca.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

Arias, F. (2006), en cuanto a los tipos de investigación indica que existen muchos modelos y diversas clasificaciones. Sin embargo, lo importante es precisar los criterios de investigación.

En este sentido, se identifica: según su nivel en descriptiva.

4.1.1 Investigación descriptiva

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. Arias, F. (2012)

Esta investigación es de tipo descriptiva ya que está enfocada en estudiar en cómo influye la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana. Así como también se estudiarán los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo del agua y las características geomorfológicas del área de estudio.

4.2 Diseño de la investigación

Arias, F. (2012), considera que el diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental.

Con base a este concepto se describe la estrategia de investigación de este trabajo.

4.2.1 Investigación documental

Según el autor Arias, F. (2012), define: la investigación documental es un proceso basado 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, como en toda investigación, el propósito de este diseño es el aporte de nuevos conocimientos.

La presente investigación es de tipo documental ya que se utilizarán fuentes bibliográficas (libros, imágenes de satélites, informes técnicos) para una mejor comprensión y desarrollo del tema.

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. (2012).

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, (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”.

En este trabajo de investigación se considera población todos los datos e información (imágenes de satélites, registros de aforo) sobre cómo influye la litología en la geomorfología del cauce del río Orinoco en el sector La Urbana

4.3.2 Muestra de la investigación

Arias, F. (2012), dice, la muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible.

En este trabajo de investigación, la muestra será igual a la población estudiada.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Arias, F. (2012), define, las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc.

Arias, F. (2012), define, los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc.

Para obtener información relevante proveniente de la realidad objeto de estudio será necesario utilizar diversos instrumentos de recolección, como lo define Sabino, (2006): “Un instrumento de recolección de datos, en un principio es cualquier recurso del que se vale un investigador para acercarse a fenómenos y extraer de ellos información”.

A continuación se describen las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación

4.4.1 Técnicas de recolección de datos

En relación a los objetivos propuestos las técnicas de recolección de datos de esta investigación está basada en la revisión y análisis documental ya que la revisión permite conocer las bases teóricas de la investigación así como también información relacionada con el problema planteado para así para cumplir con las metas establecidas.

4.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Entre los instrumentos que se usaran para el desarrollo de toda la información son:

1. Equipo de computación.
2. Programas de aplicación y ofimática (AutoCAD. Word, Excel, Power point).

4.5 Flujograma de la investigación

A continuación, se presenta el flujograma correspondiente a las actividades planteadas, en el cual se pueden apreciar los procesos a seguir para la validación del estudio realizado. De esta forma se logrará un mejor flujo de trabajo y el máximo rendimiento del mismo.

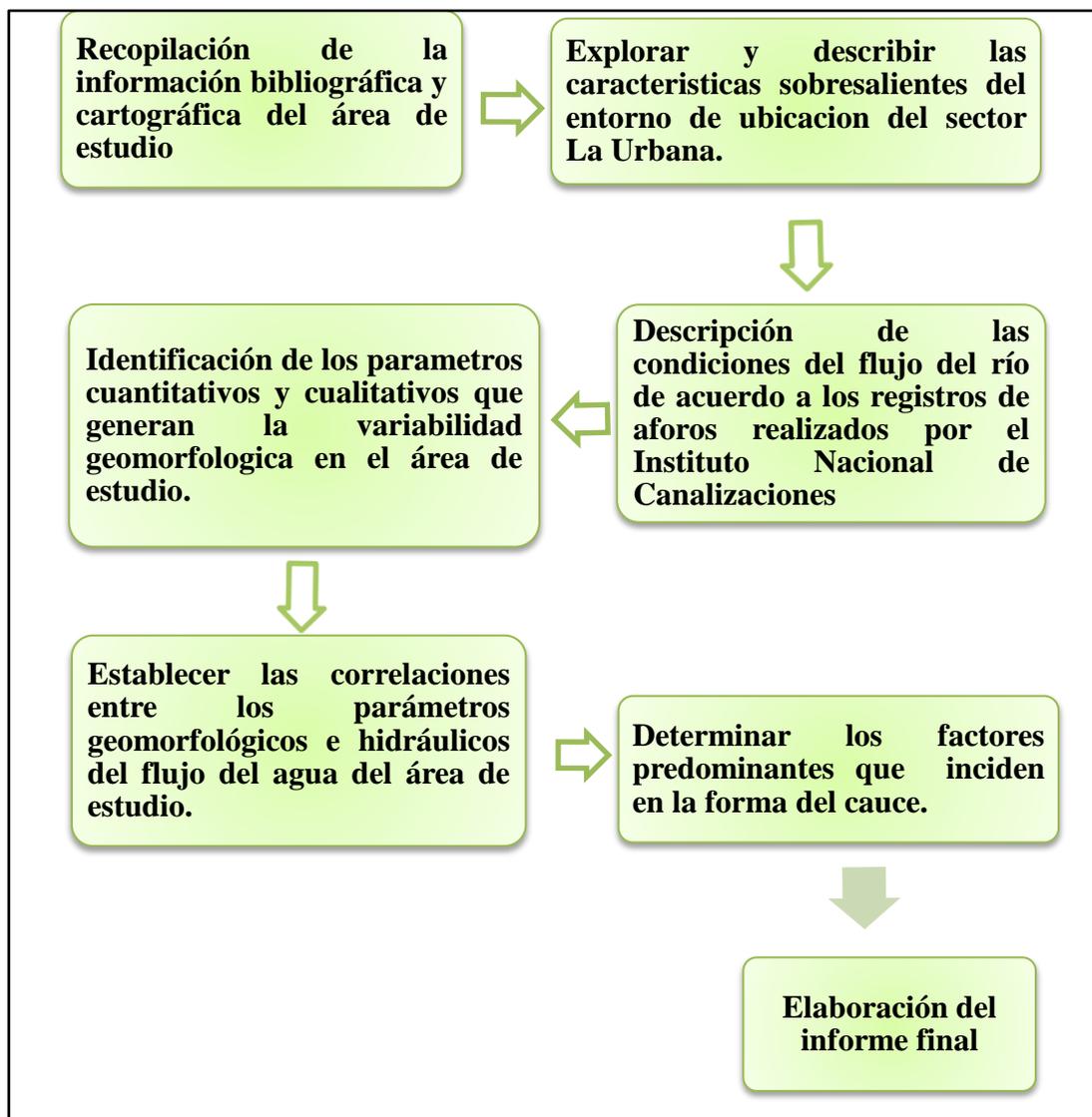


Figura 4.1 Flujograma de la investigación

4.6 Procedimientos para dar cumplimiento a los objetivos establecidos

En este apartado se procede a describir la metodología que representa cada fase en la realización de la investigación del proyecto donde se generan los resultados para dar solución a la situación generada:

4.6.1 Recopilación de la información bibliográfica y cartográfica del área de estudio

Esta actividad se basó en la recopilación y consulta de toda la información recolectada de las áreas de estudio, mediante imágenes del portal Google Earth, fuentes bibliográficas y cartográficas que fueron consultados de trabajos previamente realizados en la zona de estudio como lo son trabajos de tesis de grados, trabajos de investigación, libros de textos, informes técnicos aportados por el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN – REGIÓN GUAYANA) y el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) el cual nos aportó planos batimétricos de las zonas de estudio, registros de los niveles promedios mensuales de la estación Palúa durante el periodo 1943 al 2020; mediciones de gasto líquido, velocidades, concentración media y milla de ubicación por medio de campaña de aforo para el periodo 1989 a 1996 entre otros informes, los cuales fueron esenciales para el desarrollo de este trabajo de grado.

- **4.6.2 Explorar y describir las características sobresalientes del entorno de ubicación del sector La Urbana**

Mediante el uso de imágenes satelitales se procederá a identificar áreas del sector del río donde se ha producido un ensanchamiento o un estrangulamiento. Con los levantamientos batimétricos se definieron secciones transversales ortogonales a la

dirección de la corriente del río con una separación para cada sección transversal de 200 m y 500 m.

Una vez realizadas las mediciones, se determinaron las coordenadas en los extremos de las secciones transversales; seguidamente se utilizaron las profundidades que se encuentran en el mapa batimétrico para su respectiva construcción, tomando así las mediciones de distancia y profundidad desde la ribera izquierda descendente hacia la derecha descendente.

Cada sección transversal estuvo numerada en orden decreciente partiendo desde aguas arriba (donde el extremo de la sección se identificó con el mayor número) hacia aguas abajo. Posteriormente con la información observada en las secciones transversales que fueron construidas se describieron las mayores y menores profundidades de la zona, donde finalmente se establecieron las relaciones numéricas de proporcionalidad entre el diámetro de ensanchamiento / diámetro de contracción y entre profundidad aguas arriba del estrechamiento / profundidad aguas abajo del estrechamiento.

4.6.3 Descripción de las condiciones del flujo del río de acuerdo a los registros de aforos realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones

Con los datos de aforo que fueron realizados por el Instituto Nacional de Canalizaciones (INC) se realizó un gráfico de correlación entre los niveles del río, caudal y velocidad del río para poder así determinar cuál sería la magnitud del caudal y la velocidad aproximada para las condiciones del plano batimétrico.

4.6.4 Identificación de las causas que generan la variabilidad geomorfológica en su ensanchamiento y estrangulamiento en el área de estudio

Para tratar de establecer las razones sobre la variabilidad geomorfológica en el ensanchamiento y estrangulamiento del sector La Urbana se evaluará la composición de las rocas que forman el cauce del río y las riberas ya que dependiendo de la resistencia de las rocas se da mayor o menor erosión influyendo en su morfología. Las imágenes satelitales pueden proporcionar información sobre la morfología del río, así como sobre los factores que pueden estar influyendo en ella por tanto también se considerarán en esta fase del análisis.

4.6.5 Establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos e hidráulicos del flujo del agua del área de estudio

Tal como se ha explicado, los parámetros geomorfológicos e hidráulicos del flujo del agua de un área de un río están estrechamente relacionados. En el caso del sector La Urbana los parámetros geomorfológicos, como el ancho del cauce, la profundidad del cauce y la sinuosidad del cauce, se vincularán con los parámetros hidráulicos, como la velocidad del agua, el caudal y el gradiente hidráulico para tratar de establecer como afectan la morfología del río en dicho tramo. Para establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos e hidráulicos, se utilizarán métodos de análisis estadístico para identificar patrones y relaciones entre los datos.

4.6.6 Elaboración del informe final

Una vez culminadas las fases que comprenden la metodología de trabajo, y posteriormente de examinar los análisis de los resultados para el desarrollo de este trabajo de grado, dando cumplimiento con los objetivos establecidos, se procedió a la

organización del informe final, cumpliendo con las normas establecidas en el manual para la elaboración de trabajos de grado de la Universidad de Oriente.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Descripción de las características geológicas del sector La Urbana

Localmente, en el área de estudio se puede observar la presencia de sedimentos transportados por el río que corresponden a las barras de arena e islas observadas en el sector las cuales están constituidas por materiales del Reciente. Por otra parte, en el tramo aguas abajo del sector donde se presenta el estrechamiento, se muestra en la ribera derecha descendente la presencia de pináculos aflorantes de rocas duras, muy posiblemente, las cuales se podría inferir que se trata de representantes de la Provincia de Cuchivero.

Sardi, V. (1998), afirma que el basamento del sector La Urbana está formado por los granitos y rocas volcánicas del Grupo Cuchivero. Estas rocas del basamento afloran como islas y pináculos por encima de la parte plana constituida por los sedimentos del Cuaternario.

Sobre el basamento repasa el Cuaternario, constituido por los sedimentos antiguos del Pleistoceno y por los sedimentos modernos del Holoceno o Reciente. El Pleistoceno está constituido por una intercalación de limos, arcillas, arenas y gravas.

Persistentemente, algunas de las capas de arenas y conglomerados se encuentran cementadas en forma de areniscas y conglomerados (Ascanio, 1987).

En la siguiente figura se muestra un perfil geofísico realizado en el estrechamiento de Los Caracaros en el cual se observa afloramientos rocosos y evidencias de sedimentación (Planesa, 1987)

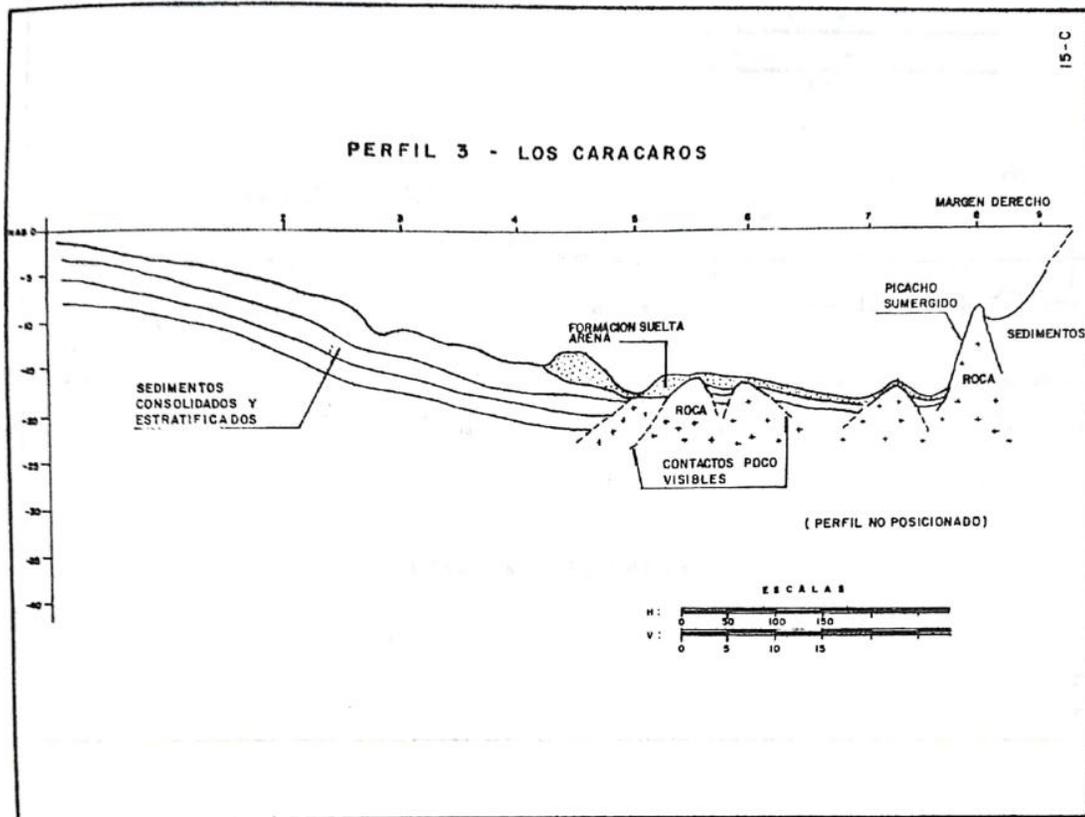


Figura 5.1 Perfil geofísico transversal en el estrechamiento de Los Caracaros presentando pináculos rocosos en el lado derecho descendente.



Figura 5.2 Afloramientos rocosos en la ribera sur del estrechamiento de los Caracaros (Google Earth Pro, 2023).

En la carta náutica No O-B-65 (2004) mostrada en la Figura 5.3, correspondiente al sector Los Caracaros (tramo aguas abajo del sector La Urbana aparece señalizada la zona de afloramientos rocosos antes mencionada y mostrada en las imágenes anteriores.

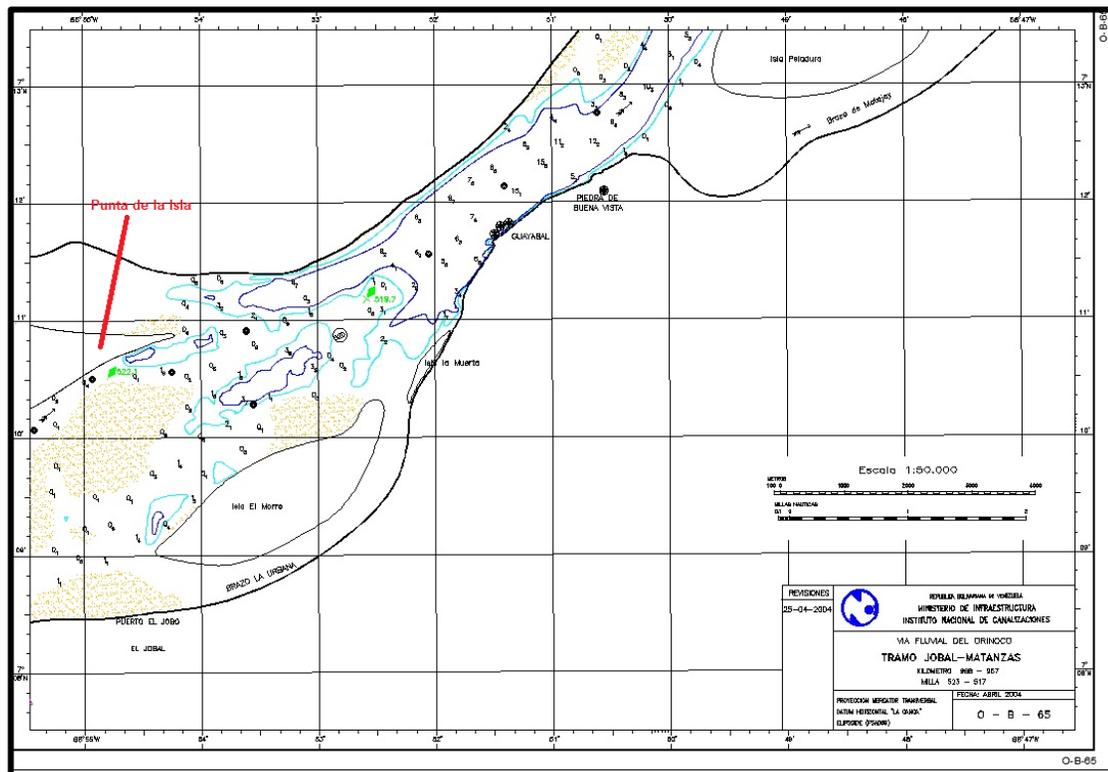


Figura 5.3 Estrechamiento del sector Los Caracaras en el cual se observa señalizados los afloramientos rocosos de la ribera sur en el sitio conocido como Guayabal (INC, 2004).

Es necesario acotar que en González de Juana, et al (1980) se establece que el Grupo Cuchivero está constituido por un conjunto de rocas predominantemente ígneas, intrusivas y extrusivas, probablemente co-magmáticas de la región noroccidental del estado Bolívar. El basamento del Grupo Cuchivero es desconocido y el tope está parcialmente cubierto por rocas sedimentarias, particularmente en la zona de estudio está cubierta por sedimentos del Holoceno.

Por otra parte, los sedimentos aluviales transportados por el río Orinoco. Que se han depositado en el tramo conocido como el codo de La Urbana conformado por barras centrales, barras laterales, islas permanentes, islas estacionales, entre otras,

todas ellas constituidas mayoritariamente por arenas, limos y arcillas. Una imagen del “codo de La Urbana” puede observar en la Figura 5.4 siguiente:



Figura 5.4 Sector La Urbana (Google Earth Pro, 2023)-

5.2 Descripción de las condiciones del flujo del río en el área de estudio

Los principales eventos de precipitaciones estimadas sobre la cuenca del río Orinoco, se presentaron al sur, en las cabeceras de los ríos, en especial en los llanos colombianos (Figura 5.5). Al analizar las anomalías del mismo periodo se observa, que las anomalías positivas se observan más hacia el norte de la cuenca y en las cabeceras de los ríos Colombianos. Indudablemente, que la ocurrencia de las precipitaciones tendrá una definitiva influencia en las características hidrológicas del área de estudio.

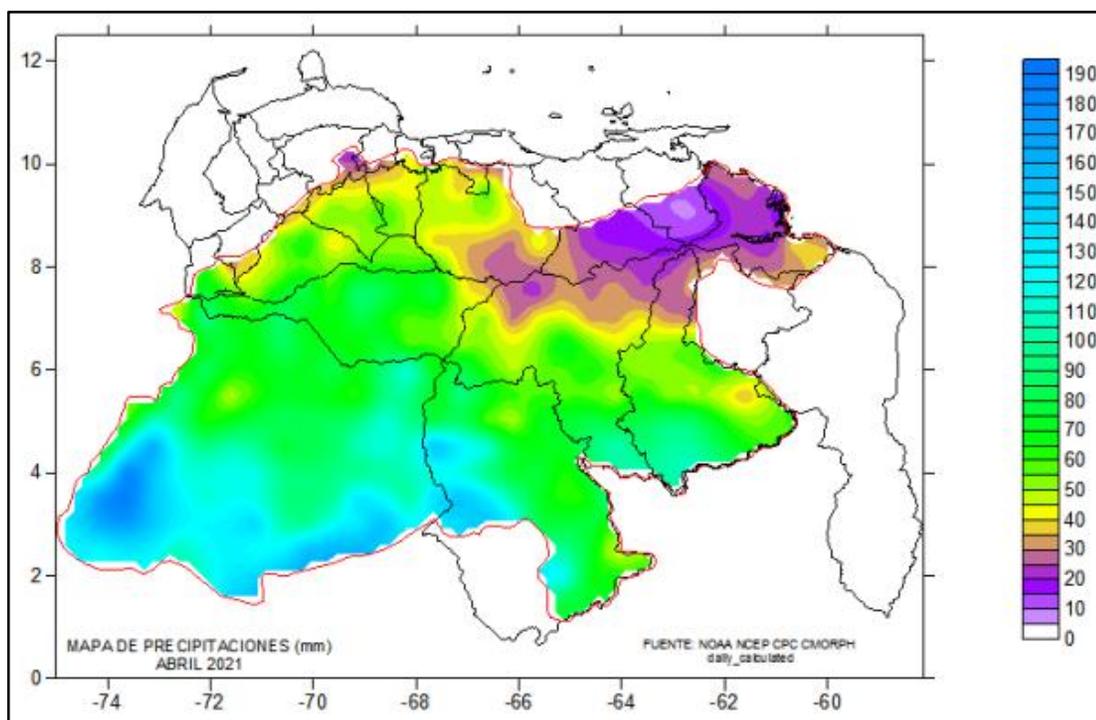


Figura 5.5 Precipitación en la cuenca del río Orinoco para abril 2021 (UCV, 2023).

La caracterización hidrológica de la zona de estudio incluye ciertamente los hidrogramas de las lecturas máximas registradas en los limnógrafos de Los Caracaros y de Ciudad Bolívar. Asimismo, se muestra en la Figura 5.5 los hidrogramas correspondientes a las lecturas máximas promedio de ambos limnógrafos en los cuales

se puede observar que las ondas de crecidas anuales entre ambas localidades, son semejantes y no presentan gran desfase, aun cuando entre las ocurrencias de los picos anuales hay diferencias que van de 8 a 45 días en los diferentes años del período analizado. Cabe destacar que el nivel de aguas bajas (NAB) para la zona, tiene cota de 26.29 msnm.

Tabla 5.1 Niveles máximos del agua en Los Caracaros y en Ciudad Bolívar.

HIDROGRAMA DE NIVELES MAXIMOS												
Año	Enero	Febro.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agost	Sepbr	Octbr	Novbr	Dicbr
Los Caracaros												
1971			30.19	30.99	35.02	37.92	39.38	39.37	38.77	37.88	35.72	34.18
72	32.09	31.23	29.65	33.17	37.14	37.95	38.99	39.01	38.50	37.60	35.27	33.92
73	30.96	28.48	27.94	28.48	33.38	35.13	37.39	37.60	38.09	38.01	35.97	34.71
74	30.93	28.47	27.92	29.40	32.07	34.58	36.70	38.15	37.77	37.21	35.97	33.76
75	29.92	28.35	27.96	29.77	33.57	36.57	38.12	38.70	38.64	37.86	35.43	33.93
76	31.97	29.43	30.19	32.48	36.38	30.59	40.13	40.13	39.20	37.27	34.53	32.02
77	30.27	27.68	28.33	28.82	33.62	37.53	39.02	39.02	38.86	37.29	36.04	34.42
78	30.39	28.18	27.23	33.02	35.57	38.18	39.85	38.65	38.48	36.67	35.60	33.67
79	31.52	27.75	27.59	32.50	34.71	38.13	38.59	38.69	38.28	36.61	36.43	34.58
80	32.03	20.91	26.92	29.99	34.75	38.41	39.25	39.25	38.85	37.73	36.22	34.01
1981	29.39	26.79	29.52	32.12	35.61	37.55	38.37	39.33	38.01	37.06		
Promedio	30.95	28.53	28.49	30.88	34.71	37.32	38.62	38.90	38.50	37.38	35.72	33.91
Ciudad Bolívar												
1971	6.56	4.69	4.38	4.97	9.65	12.89	15.64	16.13	16.16	14.89	12.17	10.29
72	7.40	7.27	4.82	8.16	12.50	13.91	15.58	15.90	15.25	14.51	11.38	9.60
73	6.39	3.51	2.36	2.87	8.00	10.34	12.98	13.47	15.00	14.94	13.29	10.80
74	6.99	4.00	3.03	4.11	6.59	8.91	11.94	14.12	14.22	13.64	12.45	9.34
75	5.30	3.50	2.65	3.33	7.64	11.62	13.97	15.49	15.56	14.73	12.05	9.54
76	8.21	4.95	4.95	7.55	11.95	14.33	17.69	18.00	17.51	14.57	10.41	7.48
77	5.47	3.03	2.69	3.52	7.45	12.60	15.33	16.34	16.11	14.50	12.26	10.65
70	5.33	3.13	2.81	7.13	10.21	13.93	15.19	15.96	16.06	13.79	12.11	9.24
79	7.00	3.29	2.80	6.75	9.19	14.17	15.93	16.10	15.60	14.07	12.40	10.75
80	7.71	4.29	2.75	3.85	10.18	14.05	16.40	16.78	16.91	15.60	12.92	10.49
1981	5.95	3.53	5.45	7.63	11.98	15.05	17.20	17.33	16.89	15.79	12.45	8.57
Promedio	6.57	4.11	3.52	5.44	9.58	12.88	15.26	15.97	15.93	14.64	12.17	9.70

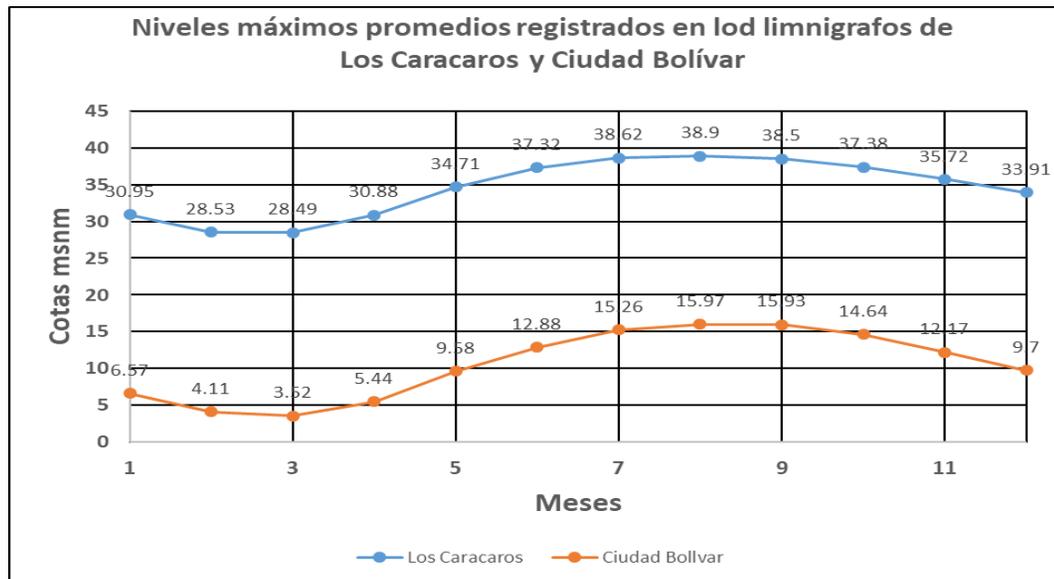


Figura 5.6 Hidrogramas de las estaciones limnimétricas de los Caracaras y Ciudad Bolívar (INC, 1990).

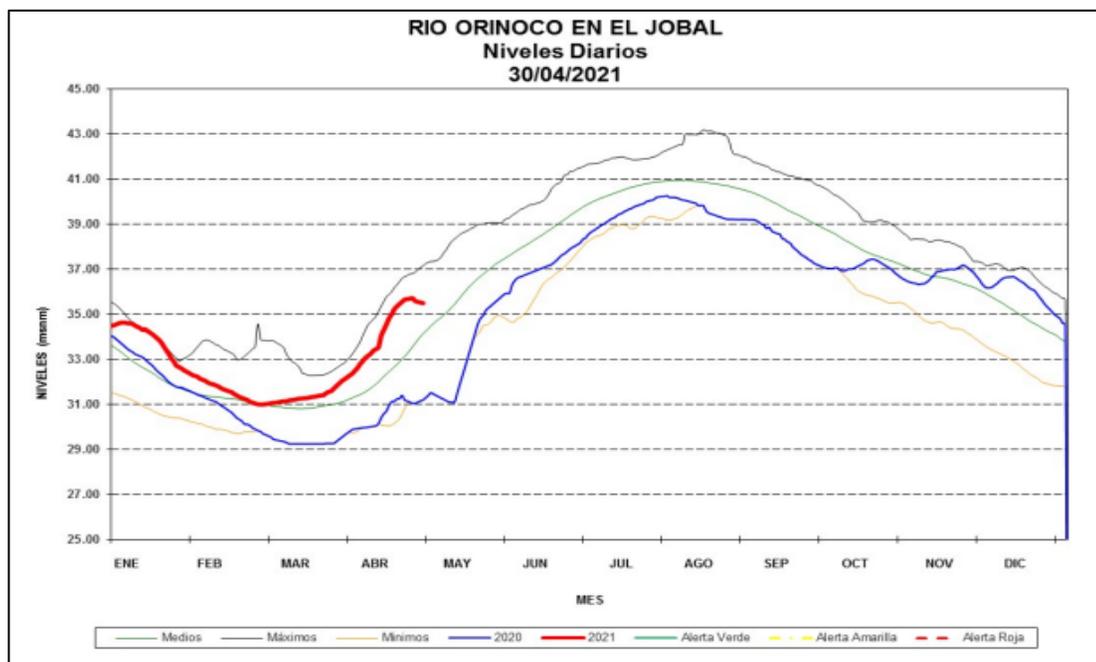


Figura 5.7 Hidrograma del río Orinoco, estación El Jobal, año 2021 (Arévalo, Gil y Mundaray, 2021).

Lamentablemente, para el momento de la realización de esta investigación, no se encontraban disponibles al público las mediciones de aforos realizados en el sector La Urbana, en vista de lo cual no se podrá realizar una correlación entre las velocidades de flujo, caudales y niveles del agua en dicho sector.

A continuación, se presentan las pendientes hidráulicas del río Orinoco reportadas por Silva León, G. (2017) en la Universidad de Los Andes, en dicha tabla se reporta una pendiente de 0.0056% y de 0.0057% para el sector El Jobal y La Urbana, respectivamente.

Tabla 5.2 Pendientes hidráulicas de los sectores del río Orinoco (Silva León, G. 2017).

Tramo fluvial	Sitio del río	Cota * (msnm)	Distancia (km)	Progresiva (km)		Pendiente media (%)
				Normal	Inversa	
Alto Orinoco 798 km	C ^o Delgado Chalbaud	800	-	0	2.110	-
		200	155	155	1.955	0,3871
	Platanal	140	120	275	1.835	0,0500
	Boca de Mavaca	120	57	332	1.778	0,0351
	Sta. María de Ocamo	111	42	374	1.736	0,0214
	Boca de Padamo	109	15	389	1.721	0,0133
	La Esmeralda	103	53	442	1.668	0,0113
	Tamatama (difluencia)	99	40	482	1.628	0,0100
	Boca de Cunucunuma	97	22	504	1.606	0,0091
	Boca de Ventuari	78	205	709	1.401	0,0093
Boca de Atabapo	71	79	788	1.322	0,0089	
Orinoco medio 545 km	Boca de Vichada	64	107	895	1.215	0,0065
	Isla Ratón y Boca de Sipapo	63	14	909	1.201	0,0071
	Pto. Nuevo - Samariapo	61	19	928	1.182	0,0105
	Maipures abajo	56	11	939	1.171	0,0455
	Boca de Tomo	55	8	947	1.163	0,0125
	Atures arriba	52	38	985	1.125	0,0079
	Puerto Ayacucho	46	13	998	1.112	0,0462
	Boca de Meta	41	76	1.074	1.036	0,0066
	El Jobal	35	108	1.182	928	0,0056
	La Urbana	33	35	1.217	893	0,0057
Boca de Apure	29	89	1.306	804	0,0045	
Caicara	28	27	1.333	777	0,0037	
Bajo Orinoco 549 km	Boca de Caura	21	169	1.502	608	0,0041
	Puente Angostura	11	213	1.715	395	0,0047
	Boca de Caroní	7	107	1.822	288	0,0037
	Inicio del delta	5	60	1.882	228	0,0033
Delta 228 km **	Atlántico	0	228	2.110	0	0,0022

5.3 Identificación de los parámetros de geomorfología cuantitativa que caracterizan el área de estudio

Es importante acotar que de las estructuras más frecuentes y de gran extensión superficial en el canal del río Orinoco, las barras arenosas junto con las islas fluviales, son las que atraen la mayor atención cuando se observa el río en aguas bajas. Las primeras al ser sometidas a la erosión durante los flujos medios y altos, experimentan cambios y transformaciones más acentuadas, llegando a ser removidas y desplazadas por el flujo, lo que ocurre con mayor intensidad en las inmediaciones a las

confluencias con los contribuyentes que aportan apreciables cantidades de sedimentos arenosos,

En el sub-tramo del cauce del sector La Urbana, comprendido entre El Jobal y Los Caracaros se identifican las siguientes variables geométricas: la longitud del canal principal (L_{cp}), la longitud del canal más sinuoso (L_{cs}), la longitud de la planicie fluvial (L_p), el ancho máximo del cauce (B_{max}), el ancho mínimo del cauce (B_{min}), la sinuosidad del cauce principal (λ_{cp}) y la sinuosidad del canal más sinuoso (λ_{cs}). Los valores de las anteriores características geomorfológicas cuantitativas del sector permiten concluir que la sinuosidad del cauce es inferior a 1.50 (al igual que muchos otros sectores similares del río Orinoco) lo cual indica que el río Orinoco no es de carácter meandrante.

Tabla 5.3 Características geométricas del río Orinoco en el tramo La Urbana.

Subtramo	L_{cp} (km)	L_{cs} (km)	L_p (km)	B_{max} (km)	B_{min} (km)	λ_{cp}	λ_{cs}
El Jobal – Contracción Los Caracaros	86	100	84	10	1.2	1.02	1.19

En la Tabla siguiente se muestran características geométricas de algunas islas existentes en el tramo expuesto del sector La Urbana, donde se produce la expansión notable del canal. Las relaciones entre el ancho máximo de la expansión y el ancho de los canales subdivididos (trenzados), se muestran en las columnas 7 y 8 de dicha tabla.

Tabla 5.4 Características geométricas de las islas múltiples en la zona de expansión del tramo.

Nombre	Ancho del cauce a la entrada (be) (km)	Ancho del cauce a la salida (bs) (km)	Ancho de la expansión. (B) (km)	Ancho de los canales divididos (bci) (km)	$\Sigma bci/B$	$\Sigma bci/be$	$\Sigma bci/bs$
La Urbana	1.6	1.2	12.0	3.50	0.29	2.19	2.92



Figura 5.8 Geometría de meandro, de la avulsión y del estrechamiento de La Urbana y Los Caracaras (Modificada de Google Earth Pro, 2023).

5.4 Correlación entre los parámetros geomorfológicos del cauce e hidráulicos del flujo del agua del área de estudio.

Las relaciones morfológicas representadas, en la figura anterior, permitirá efectuar algunas relaciones entre la geomorfología cuantitativa del área de estudio y la hidráulica del sector.

En primer lugar, se pueden definir una relación entre el ancho de la avulsión del meandro de La Urbana y el estrechamiento de Los Caracaras es de 3.6 : 1.0.

Ahora bien, considerando el enunciado de la ecuación de conservación de la masa (o ecuación de Darcy):

$$Q = V \cdot A \quad (5.1)$$

Donde:

Q: caudal total (m³/s)

V: velocidad del flujo (m/s)

A: área de la sección transversal por donde pasa el flujo (m²)

$$Q_{\text{avulsión}} = Q_{\text{estrechamiento}}$$

$$V_{\text{avulsión}} \cdot A_{\text{avulsión}} = V_{\text{estrechamiento}} \cdot A_{\text{estrechamiento}}$$

es decir que el caudal que transitará por la avulsión debe tener la misma magnitud que el caudal que también transitará por el estrechamiento. Para que tal cosa ocurra, implicará que la velocidad del flujo en el estrechamiento de Los Caracaros, se deberá ver incrementada en 3.6 veces más que en el ensanchamiento o avulsión existente en el meandro de La Urbana ubicado aguas arriba.

Asimismo, es necesario acotar que el incremento de la velocidad del flujo en el estrechamiento de Los Caracaros trae consigo un comportamiento del río en la búsqueda del equilibrio mediante la profundización de la sección transversal del cauce en los Caracaros inmediatamente después de su estrechamiento, tal como se puede observar en la separata de la carta de navegación mostrada en la Figura 5.8

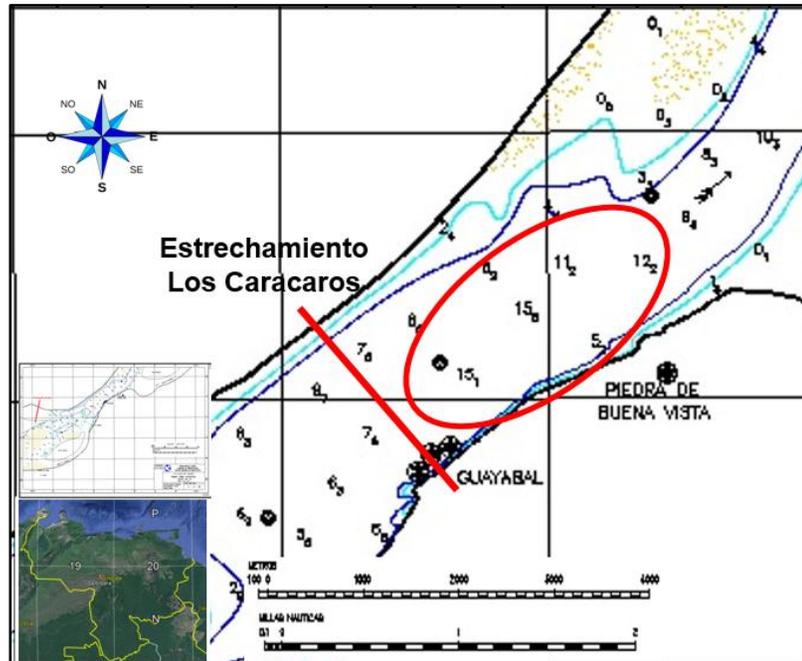


Figura 5.9 Mayores profundidades del estrechamiento de Los Caracaros en la zona de control litológico (modificado del INC, 2004).

La depositación de sedimentos, a que se ha hecho a la que se ha hecho referencia anteriormente, cuando el cauce tiene la posibilidad de explayarse hacia aguas arriba, tendería en un principio a ser errática dando origen a un río trezado, siendo muy probable que el patrón de escurrimiento entre islas, islotes y bancos aluviales, configurado por una creiente anterior, no sea respetado en un ciento por ciento por la siguiente creiente.

Esto es seguramente el caso del río Orinoco en la zona de La Urbana, agravado por el hecho de presentar allí el curso un cruce hacia la derecha de cerca de 80° , siguiendo su convexidad el macizo rocoso del Escudo de Guayana y sin aparente apoyo firme en la concavidad lo que empeora la situación, y es cosa que llama la atención que no se hayan producido avulsiones totales hasta la llanura de la margen izquierda. En este aspecto podría tener influencia la aceleración de Coriolis, pues si

bien la pequeña latitud del lugar permite suponer que es poca la influencia de este efecto, hay que tener en cuenta que se trata de una enorme masa líquida. Sin embargo, existe una fuerte actividad que se localiza en secciones cambiantes de la margen cóncava evidenciándose, durante el descenso de las ondas de creciente anuales, por derrumbe de márgenes con arrastre de vegetación de todo tipo incluyendo frondosos árboles cuyas raíces son socavadas por el efecto de las serpientes.

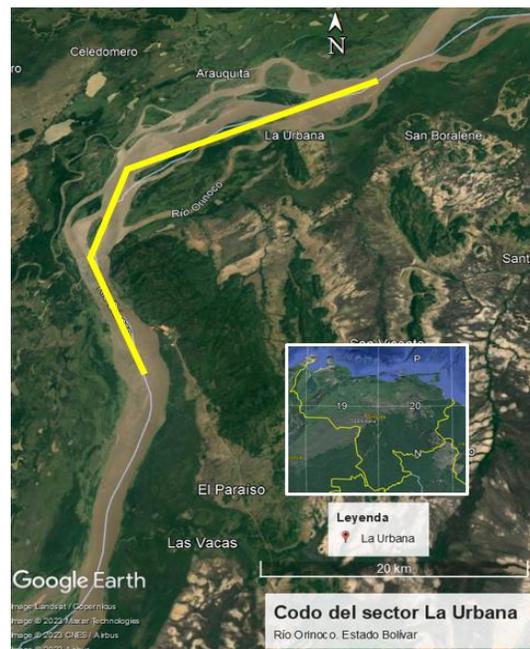


Figura 5.10 Codo del sector La Urbana (modificado de Google Earth Pro, 2023).

En este orden de ideas si se observa la desembocadura del río Capanaparo y la zona inmediata, puede vislumbrarse que existió una curva de meandro que fue cortada por el Orinoco dando lugar a un caño y a una isla ($7^{\circ} 09' N - 67^{\circ} 03' W$).

Es probable que algunas de las islas de esta región trenzada estén apoyadas en pináculos rocosos, pero otras corresponden al efecto ya señalado de la depositación

aleatoria de sedimentos de arrastre durante las crecientes anuales del río Orinoco, así como de las suspensiones al final del ciclo hidrológico anual.

El fondo del río en el estrechamiento de Los Caracaros evidencia la presencia de pináculos rocosos agrupados y sin recubrimiento de material aluvial suelto sobre los picos, esto denota la existencia de un umbral fijo en la estrechura, el cual es facto gobernante en la formación del trezado de La Urbana.

5.5 Determinación de los factores predominantes que inciden en las formas del cauce del sector La Urbana

Schumm, (1971) en Chang, H. (1992), sostiene que las variables fluviales influyentes en las características geomorfológicas de un río son, entre otras las siguientes:

- a. Geología (litología, estructuras)
- b. Paleoclima y clima actual
- c. Paleohidrología
- d. Pendiente del valle, ancho y profundidad.
- e. Vegetación (tipo y densidad)
- f. Descarga principal de agua y flujo de sedimentos
- g. Morfología del canal
- h. Hidráulica del flujo

5.5.1 Análisis temporal de la geomorfología del meandro de La Urbana

Haciendo uso de la herramienta “*Muestra de imágenes históricas*” de Google Earth Pro se realizó una interpretación visual de las imágenes satelitales de la misión LandSat/Copernicus correspondientes al área de La Urbana cubriendo un período que

abarca desde el año 1969 hasta el año 2020. En las figuras 5.10 a 5.12 se presenta un mosaico con las diferentes imágenes. En los apéndices A.1 hasta A.18 se pueden observar las imágenes originales extraídas de Google Earth Pro.

En las imágenes de satélite Landsat/Copernicus mostradas en los tres (3) mosaicos siguientes, se puede observar en primer lugar que el ancho de la avulsión o ensanchamiento en el meandro del sector La Urbana no ha variado significativamente durante la ventana de observación considerada (1969 – 2020). Asimismo, en el sector se observan islas consolidadas con vegetación permanente que han permanecido aflorantes todo el año a diferencia de las islas estacionales. Entre estas islas cabe mencionar La Urbana, El Yunque y La Ceiba.

Igualmente, se puede destacar que a partir de 2020 las islas centrales aforantes aguas arriba de isla La Urbana casi se han consolidado en una sola isla



Figura 5.11 Islas centrales en 2012 y en 2020 en sector La Urbana (modificado Google Earth pro modificado 2024).

También se puede notar que la isla La Urbana ha mantenido casi inalterable su forma y dimensiones.

Finalmente, es importante resaltar el hecho de que el ancho del meandro y del río en el sitio del estrechamiento han permanecido casi inalterables en magnitud.

Todas las evidencias comentadas anteriormente indican un claro control litológico ejercido por las rocas del Grupo Cuchivero aflorantes en el tramo Guayabal como factor dominante para mantener casi invariables las características del sector La Urbana y del sector Los Caracaros.



Figura 5.12 Análisis de imágenes período 1969 – 1989.



Figura 5.13 Análisis de imágenes período 1991 – 2004.

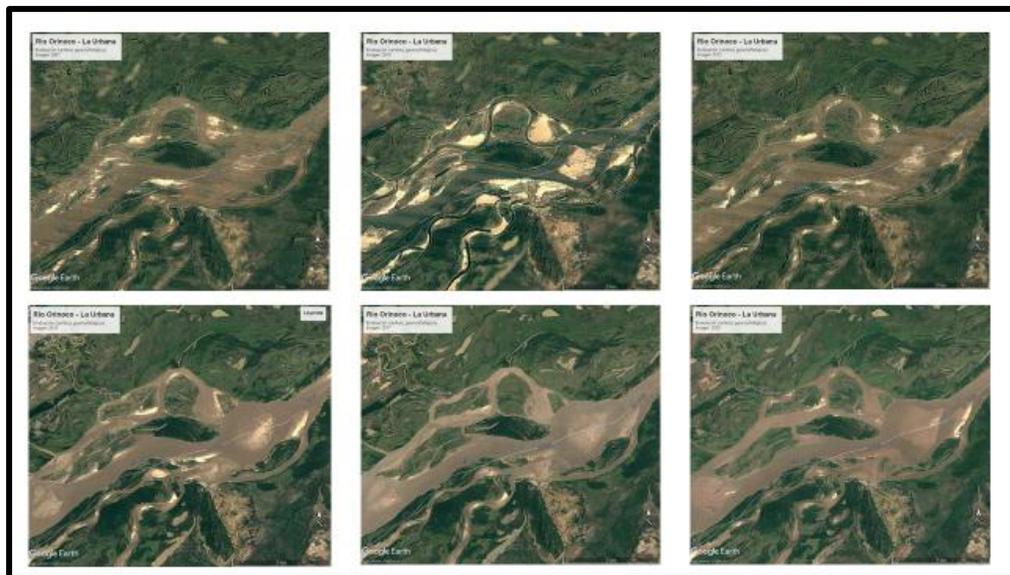


Figura 5.14 Análisis de imágenes período 2007 – 2020.

Reporta Fuenmayor, G. (1993) que La Urbana forma parte de las doce (12) barras más importantes existentes en el canal de navegación El Jobal – Matanzas. Indica que La Urbana es la que con mayor frecuencia hace que se retarde el inicio del

período de navegación y la que hace que se interrumpa la navegación. Se señala que esta zona, por la alta sedimentación y bajas profundidades, ocasiona un cambio continuo de la vaguada a través de los años.

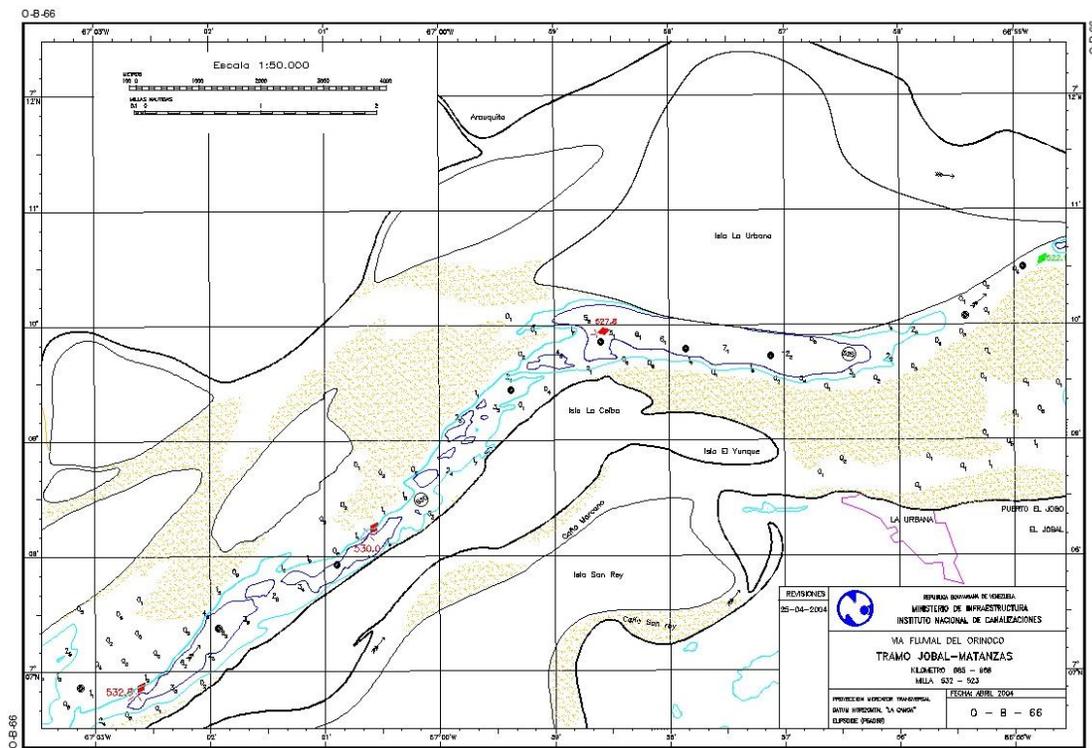


Figura 5.15 Carta de Navegación No O-B-66. (Instituto Nacional de Canalizaciones, 2004).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. El área de estudio está caracterizada fundamentalmente por la presencia de sedimentos arenosos, limosos y arcillosos los cuales constituyen la superficie de las islas aflorantes y las lagunas de inundación de las riberas. Este mismo tipo de litología se encuentra en el cauce del lecho tanto en el sector La Urbana como en el estrechamiento de Los Caracaros; sin embargo, en las riberas (y se presume que también en el lecho del cauce) de este último sector se encuentran granitos y rocas volcánicas características del Grupo Cuchivero.

2. El régimen de ascenso y descenso de las aguas del sector La Urbana guardan estrecha relación con el ciclo climático de toda la cuenca del río Orinoco, con un régimen unimodal con un solo máximo y un mínimo a lo largo del año. Cabe destacar que la variación del nivel de la superficie del agua puede alcanzar 2.00 m aproximadamente. Por otro lado, mediante el uso de la carta de navegación O-B-65 del INC se determinó que la pendiente hidráulica de los sectores La Urbana y los Caracaros oscila entre 0.0056 y 0.0057 m/m.

3. A través de mediciones realizadas sobre las imágenes de satélite de los sectores La Urbana y Los Caracaros se determinó que la longitud de los meandros (Período) es de 14.9 km y que el ancho promedio del cauce se corresponde con 1/6 de esa longitud, es decir 2.48 km aproximadamente. Asimismo, se puede acotar que existe una relación entre el ancho de la avulsión en la zona del meandro del sector La Urbana y el estrechamiento del sector Los Caracaros de 3.6; mientras que los ángulos internos que forman las tangentes de entrada y salida de cada meandro consecutivos de La Urbana y los Caracaros es de 45° y de 49° respectivamente.

4. La relación existente entre el ancho del ensanchamiento (avulsión) y el ancho del estrechamiento define una relación dimensional de 3.6 entre ambas configuraciones lo cual está estrechamiento interrelacionado con las velocidades de la corriente que se producen en el estrechamiento de los Caracaros que será de acuerdo a la Ley de Conservación de la Masa (ecuación de Darcy) 3.6 veces superior a la que ocurrirá en el ensanchamiento de La Urbana.

5. Las semejanzas dimensionales y morfológicas que se observan en las dieciocho imágenes de satélite correspondientes al período 1969 – 2020 del sector La Urbana, mostradas en esta investigación, permiten concluir que la estabilidad temporal de la geomorfología del sector se debe a un factor que ha permanecido inalterado durante la ventana de observación del período mencionado tal y como es la presencia de la litología de rocas duras volcánicas del Grupo Cuchivero en las riberas y cauce del sector Los Caracaros.

Recomendaciones

Se recomienda ampliar esta investigación utilizando otros métodos para establecer las correlaciones entre los parámetros geomorfológicos e hidráulicos, como por ejemplo, el uso de modelos físicos y/o matemáticos. Estos modelos permitirían establecer simulaciones del flujo del agua y de los sedimentos en el sector estudiado y se pueden utilizar para analizar cómo los parámetros geomorfológicos afectan el flujo del agua y viceversa. También se podrían generar una serie de escenarios con diferentes sinuosidades, y luego medir las características del flujo del agua en cada escenario para establecer finalmente la relación entre la sinuosidad del cauce y la velocidad del agua.

REFERENCIAS

Aparicio, F. (1992) **FUNDAMENTOS DE HIDROLOGÍA DE SUPERFICIE**. Editorial Limusa, S.A, México, DF., pp 22 - 23

Arevalo, J., Gil, A. y Mundaray, R. (2021), **COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES DE LA CUENCA DEL RÍO ORINOCO DURANTE FEBRERO DE 2021**. Universidad Central de Venezuela, Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica. http://hidromet-ucv.org.ve/wp-content/uploads/2021/05/COMPORTAMIENTO-DE-NIVELES-DEL-RIO-ORINOCO_ABRIL_2021.pdf.

Arias, F. (2012). **EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, INTRODUCCIÓN A LA METODOLOGÍA CIENTÍFICA**. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela, pp 146

Ascanio, G. (1987). **INFORME GEOLÓGICO. REGIÓN LA URBANA RIO ORINOCO**. Caracas.

Balestrini, M. (2006). **COMO SE ELABORA UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**. BL Consultores y Asociados, Caracas, Venezuela, 6ta Edición, P 220.

Basan, M. (2008). **AFORADORES DE CORRIENTES DE AGUA**. Curso de INTA-EEA Santiago del Estero, pp 7.

Bernal, A. (2006). **ESTUDIO DE MINERALES PESADOS Y POLICRISTALINIDAD DE CUARZOS DETRÍTICOS, PARA INTERPRETAR LA PROCEDENCIA DE LOS SEDIMENTOS DE LA ISLA Y LA BARRA OROCOPICHE, RÍO ORINOCO, UBICADA AL NORTE DE CIUDAD BOLÍVAR, ESTADO BOLÍVAR**. Trabajo de Grado. Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar, P 129

Breña, A., Jacobo, M. (2006). **PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE LA HIDROLOGÍA SUPERFICIAL**. Universidad Autónoma Metropolitana. México, pp 39 - 40.

Castro, D., Greff, D., Echeverría, D. (2010). **ESTUDIO DE LAS FORMAS MACROSCÓPICAS DEL RELIEVE DE FONDO DEL RIO ORINOCO EN EL SECTOR GUASINA, DELTA AMACURO. VENEZUELA**. Boletín. Geominas, Universidad de Oriente No 52, Bolívar, Venezuela, pp 79 – 83.

Chuvieco, E. (1995). **FUNDAMENTOS DE TELEDETECCIÓN ESPACIAL**. Ediciones Rialp, S.A. Madrid, pp 27 - 28

Dauhare, K., Echeverría, D. y Mariña, M. (2011). **EVALUACIÓN DE LAS ÁREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVA EN EL SECTOR ARAMAYA DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**. División Control de Producción. Gerencia Canal del Orinoco, Instituto Nacional de Canalizaciones, Puerto Ordaz

Díaz, A. (2017). **MAPA BASE GEOLÓGICO LA URBANA (6837) ESCALA 1:100.000**. Instituto Nacional de Geología y Minería. (INGEOMIN-REGIÓN GUAYANA). Ciudad Bolívar.

Díaz, M. (1984). **SEDIMENTACIÓN FLUVIAL**. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid Vol. 1, pp 7

Echeverría, D. y Marín, L. (2002), **ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO E HIDRODINÁMICO DEL SECTOR ARAMAYA DEL CANAL DE NAVEGACIÓN DEL RÍO ORINOCO**. División Control de Producción. Gerencia Canal del Orinoco. Instituto Nacional de Canalizaciones. Puerto Ordaz.

Fuenmayor, G. (1993). **SEGURIDAD EN LA NAVEGACIÓN DEL RIO ORINOCO. TRAMO MATANZAS – BOCA GRANDE**. I Seminario Seguridad en los Canales de Navegación. Caracas.

García, J. (2011). **ANÁLISIS DEL FLUJO DE SEDIMENTOS Y DE LAS ÁREAS DE DESCARGA PARA DRAGAS DE TOLVAS EN EL SECTOR YAYA DEL RÍO ORINOCO. ESTADO MONAGAS. VENEZUELA**. Trabajo de Grado. Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar, pp 21 - 22

Gámez, Z. (2017). **SEDIMENTACIÓN. RESUMEN TEMA 12**. Escuela de Ciencias de la Tierra. Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar. pp 4 - 7

González, L. Ferrer, M. Ortuño, L. Oteo, C. (2002). **INGENIERÍA GEOLÓGICA**. Pearson Educación, Madrid, pp 30

González de Juana, C., Iturralde, J. y Picard, X. (1980). **GEOLOGÍA DE VENEZUELA Y DE SUS CUENCAS PETROLÍFERAS**. Tomo I. Ediciones Foninves. Caracas. pp 33, 69-72.

Gutiérrez, M. (2008). **GEOMORFOLOGÍA**. Pearson Educación S.A. Madrid, pp 276-284

Guzmán, J. (1992). **EL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS COMO CARGA DE FONDO Y EN SUSPENSION**. IV Congreso Venezolano de Ingeniería Hidráulica. Caracas, pp 201-205

Ley de Aguas. (2007) **GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 35.595 (Extraordinario)**, enero 2, 2007.

Ley Orgánica De Los Espacios Acuáticos (2014, noviembre 17) **GACETA OFICIAL DE LA REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA N° 6.153 (Extraordinario)**, noviembre 18, 2014.

Mendoza, V. (2012). **EVOLUCIÓN GEOLÓGICA, RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA Y REVISIÓN DEL PRECÁMBRICO MUNDIAL**. Tomo I. Gran Colombia Gold, Bogotá. pp 84 – 87, 242 – 243, 247, 250, 252 - 253

Mendoza, V. (2000). **EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA Y RECURSOS MINERALES DEL ESCUDO DE GUAYANA (Y SU RELACIÓN CON EL ESCUDO SUDAMERICANO)**. Universidad de Oriente. Ciudad Bolívar. pp 5, 68, 82 – 84, 91

Molina, J., Rodriguez, J., Pérez, G., (2018). **INGENIERÍA DE RÍOS**. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, pp, 112-122

Muñoz, J. (1995). **GEOMORFOLOGÍA GENERAL**. Editorial Síntesis S.A, Madrid, pp 31, 228-229

Ordoñez, J. (2011). **CARTILLA TÉCNICA: ¿QUÉ ES CUENCA HIDROLÓGICA?**. Foro peruano para el agua, Sociedad Geográfica de Lima. Lima, Perú, octubre de 2011, [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf].

Planesa (1987). **ESTUDIO GEOFÍSICO DEL SUBSUELO FLUVIAL E EN EL SECTOR DE LA URBANA, RÍO ORINOCO**. Informe para el INC. Caracas.

Pérez, G. (2001). **INFORME GEOLÓGICO HOJA LA URBANA N° 6837 ESCALA 1:100.000** Instituto Nacional de Geología y Minería. (INGEOMIN-REGIÓN GUAYANA). Ciudad Bolívar.

Pettijohn, J. (1963). **ROCAS SEDIMENTARIAS**. Editorial Universitaria. Buenos Aires. Argentina, pp 138-139, 124-130.

Sabino, C., (2007). **COMO HACER UNA TESIS Y ELABORAR TODO TIPO DE ESCRITOS**. Caracas, pp 14-21

Sardi, V. (1998). **EL CODO DE LA URBANA EN EL RIO ORINOCO**. Memorias de las Primeras Jornadas Venezolanas de Investigación sobre el río Orinoco. *El río Orinoco Aprovechamiento Sustentable*.

Silva León, G. (2017). **BALANCE HÍDRICO PROMEDIO ANUAL DE CUENCAS FLUVIALES. LA CUENCA DEL ORINOCO COMO CASO DE ESTUDIO**. Universidad de Los Andes. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/handle/123456789/43996/Balancehidricocuencasfluvialesnov2017.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Mérida

Strahler, A., (1989). **GEOGRAFÍA FÍSICA**. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, pp 503, 508

Tarback, E. Lutgens, F. (2005). **CIENCIAS DE LA TIERRA**. Octava Edición. Pearson Educación S.A. Madrid. pp 192

Torres, A., Villate, E. (1968). **TOPOGRAFÍA**. Editorial Norma. Bogotá, pp 29-30.

Van Rijn, L., (1993). **PRINCIPLES OF SEDIMENT TRANSPORT IN RIVER, ESTUARIES AND COASTAL SEAS**. University of Utrech. Department of Physical Geography, pp 41.

APENDICES

APÉNDICE A
IMÁGENES DE SATÉLITE LANDSAT/COPERNICUS DEL SECTOR LA
URBANA – LOS CARACAROS DEL PERÍODO 1969 - 2020



A.1 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1969 (Google Earth Pro, 2023).



A.2 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1984 (Google Earth Pro, 2023).



A.3 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1985 (Google Earth Pro, 2023).



A.4 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1986 (Google Earth Pro, 2024).



A.5 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1988 (Google Earth Pro, 2024).



A.6 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1989 (Google Earth Pro, 2024).



A.7 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1991 (Google Earth Pro, 2024).



A.8 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1995 (Google Earth Pro, 2024).



A.9 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 1997 (Google Earth Pro, 2023).



A.10 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaras año 2000 (Google Earth Pro, 2024).



A.11 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2002 (Google Earth Pro, 2024).



A.12 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaras año 2004 (Google Earth Pro, 2024).



A.13 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2007 (Google Earth Pro, 2024).



A.14 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2010 (Google Earth Pro, 2024).



A.15 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaras año 2012 (Google Earth Pro, 2024).



A.16 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2015 (Google Earth Pro, 2024).



A.17 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2017 (Google Earth Pro, 2024).



A.18 Imagen de satélite Landsat del sector La Urbana-Los Caracaros año 2020 (Google Earth Pro, 2024).

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

Título	"INFLUENCIA DE LA LITOLOGÍA SOBRE LA GEOMORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RIO ORINOCO. CASO LA URBANA."
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
GUTIÉRREZ BOLÍVAR, EDIMAR YESENIA	CVLAC	25.015.875
	e-mail	edimar0101@hotmail.com
	e-mail	
MEDINA MAURERA, MARIANA DE LOS ÁNGELES	CVLAC	25.080.109
	e-mail	mari_angelmm@hotmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

La Urbana
Control litológico
Río Orinoco
Geomorfología fluvial

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

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
GEOLOGÍA	GEOMORFOLOGÍA
GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL	Morfología de meandros

Resumen (abstract):

El río Orinoco en su recorrido forma un gran arco bordeando el cratón guayanés y como es sabido gran parte de las litologías que se encuentran en el borde del escudo, donde el río Orinoco se ha acuñado, está constituido por variedad de rocas duras. Tal circunstancia, como es la litología, o composición de las rocas, posiblemente contribuyen al control de la geomorfología del cauce del río. Esta tesis de grado planteada en este documento estudiará la influencia de la litología sobre la geomorfología del cauce del río Orinoco específicamente en el sector de La Urbana, en el estado Bolívar, Venezuela. El nivel de la investigación es descriptivo y se aplica una estrategia o diseño de investigación de tipo documental. El estudio se realizará mediante el análisis de una serie de parámetros de la geomorfología cuantitativa, incluyendo el ancho del cauce, la profundidad del cauce y la sinuosidad del cauce entre otros, haciendo uso de imágenes satelitales, levantamientos batimétricos del cauce y aplicaciones computarizadas de mapeo y manejo de información geográfica. Cabe destacar, que numerosos estudiosos de la geomorfología han considerado que está podría ser controlada también por factores de carácter climáticos. Una vez realizado el análisis se encontró como resultado relevante que la configuración del cauce en el sector La Urbana está controlado en forma predominante por la presencia de las rocas duras de la Formación Cuchivero que se encuentran en el extremo aguas abajo de la zona de ampliación del cauce. En segundo lugar, las variaciones periódicas cíclicas que sufre el sector se deben a la variación que también se observa en las precipitaciones en la cuenca del río Orinoco, aguas arriba del sector La Urbana

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

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Echeverría Díaz, Dafnis José	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	4.506.408
	e-mail	dafnisecheverria2807@gmail.com
	e-mail	
Ellibi, Jaques	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.189.882
	e-mail	jaquesedlibi@gmail.com
	e-mail	
Monteverde S., Francisco R.	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12.192.676
	e-mail	monteverdefr@gmail.com
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2023	12	05

Lenguaje Spa _____

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

Archivo(s):

Nombre de archivo
Tesis-.Doc
INFLUENCIA DE LA LITOLÓGÍA SOBRE LA GEOMORFOLOGÍA DEL CAUCE DEL RIO ORINOCO. CASO LA URBANA.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 : La Urbana, río Orinoco, Venezuela

Título o Grado asociado con el trabajo: Geólogo

Nivel Asociado con el Trabajo: Pre-Grado

Área de Estudio: río Orinoco, Venezuela

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. BOLAÑOS CURVELO
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

Apartado Correos 094 / Telfs: 4008042 - 4008044 / 8008045 Telefax: 4008043 / Cumaná - Venezuela

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."

Edimar G.

Edimar Yesenia Gutiérrez Bolívar.
C.I.: V- 25.015.875

Mariana De Los Angeles Medina Maurera.

Mariana De Los Angeles Medina Maurera.
C.I.: V- 25.080.109

Dafnis J. Echeverría D.

TUTOR
Dafnis J. Echeverría D.
C.I.: V-4.506.408