



**Caracterización morfométrica de la microcuenca del Caño Caribito en el
municipio de Puerto Lleras - Meta a partir de un modelo digital de elevación**

Juan Camilo Narváez Tovar

Código 11792212400

Universidad Antonio Nariño

Programa Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Ciudad, Bogotá D.C.

2023

**Caracterización morfométrica de la microcuenca del Caño Caribito en el
municipio de Puerto Lleras - Meta a partir de un modelo digital de elevación**

Juan Camilo Narváez Tovar

Especialista en sistemas de información geográfica

Doctor. Andrés Felipe Carvajal Vanegas

Línea de investigación

Análisis ambientales basados en procesos con modelos SIG.

Universidad Antonio Nariño

Programa de Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ingeniería Ambiental y Civil

Bogotá D.C., Colombia

2023

Tabla de Contenido

Resumen.....	12
Abstract.....	12
Key words: Microbasin, Water Network, morphometric Geoprocessing, ArcGis.....	13
Introducción	13
Objetivos	15
Marco teórico	16
Metodología	24
Resultados y discusión	36
Conclusiones	42
Bibliografía	44

Lista de Figuras

Figura 1. Localización del área de estudio.....	24
Figura 2. Descarga de Red hídrica Nacional	25
Figura 3. Localización del Caño Caribito	25
Figura 4. Descarga de Modelo de Elevación Digital	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Proyección del DEM y Caño Caribito en el Software Arcgis 10.8	26
Figura 6. Obtención de Microcuenca del Caño Caribito	27
Figura 7. Identificación de Red Hídrica.....	27
Figura 8. Localización microcuenca del Caño Caribito.....	36
Figura 9. Localización de la microcuenca del Caño Caribito y su red hídrica	37
Figura 10. 01. Mapa de Delimitación de la microcuenca del Caño Caribito.....	37
Figura 11. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.	40
Figura 12. Patrón de drenaje Dendrítico en la microcuenca del Caño Caribito	42

Lista de Tablas

Tabla 1. Patrones de drenaje de tipo Erosional.....	16
Tabla 2. k_f – Valores Interpretativos	31
Tabla 3. Categorías del índice de compacidad.....	32
Tabla 4. Rangos de densidad de corrientes	35
Tabla 5. Características generales de las microcuencas hidrográficas	38
Tabla 6. Índices relacionados con la forma de la microcuenca	39
Tabla 7. Factor de forma de La Cuenca Mayor del Río La Vieja.....	40
Tabla 8. Índices relacionados con la red de drenaje de la microcuenca	42

Resumen

Los sistemas de información geográfica, como instrumentos de consulta interactiva de datos y de información, son principalmente de dominio público, sin embargo, su uso se ha limitado a una población profesional o técnica selectiva, o al desarrollo por parte de entidades públicas en ejercicio de sus actividades misionales, siendo herramientas necesarias y además útiles para el conocimiento de la población general.

Estas herramientas, son usadas para la identificación del límite de la microcuenca del Caño Caribito localizada en el municipio de Puerto Lleras - Meta y la caracterización su red hídrica a partir de un modelo digital de elevación, que permitirá obtener un insumo base para su análisis morfométrico, producto del geoprocesamiento a través de herramientas que ofrecen aplicativos como ArcGis, el cual permite almacenar y procesar datos que arrojan información digital y con base en resultados numéricos, cartográficos y espaciales, los cuales son de gran utilidad y necesarios para la adopción de decisiones en los diferentes escenarios del desarrollo del territorio.

Palabras clave: Microcuenca, Red Hídrica, morfométrica Geoprocesamiento, ArcGis.

Abstract

Geographic information systems, as instruments for interactive data and information consultation, are mainly in the public domain, however, their use has been limited to a selective professional or technical population, or to the development by public entities in the

exercise of their mission activities, being necessary and also useful tools for the knowledge of the general population.

These tools are used for the identification of the boundary of the Caño Caribito micro-watershed located in the municipality of Puerto Lleras - Meta and the characterization of its water network from a digital elevation model, which will allow obtaining a base input for its morphometric analysis, product of geoprocessing through tools that offer applications such as ArcGis, which allows storing and processing data that yield digital information and based on numerical, cartographic and spatial results, which are very useful and necessary for decision-making in the different scenarios of territorial development.

Key words: Microbasin, Water Network, morphometric Geoprocessing, ArcGis.

Introducción

La Morfometría es el estudio que evalúa las tipologías físicas de una red hídrica que se localiza dentro de una cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica, las cuales constituyen condicionantes del flujo de agua en las fuentes hídricas, constituyendo la dinámica del régimen fluvial. Las características morfométricas permiten evaluar los procedimientos hidrológicos y los riesgos por fenómenos hídricos como crecientes o avenidas torrenciales, de una cuenca, subcuenca o microcuenca hidrográfica.

El estudio fue elaborado con el fin de obtener las características morfométricas del Caño Caribito, con base en la forma, red de hídrica y relieve de la microcuenca.

La obtención de las características morfométricas de una microcuenca, son de gran relevancia ya que contribuyen en el desarrollo de la planificación ambiental de los

territorios, pues de ellos se puede obtener insumos base para el desarrollo de Planes de Ordenación del Recurso Hídrico, la proyección de los planes de manejo ambiental de las microcuencas, la Reglamentación del agua y/o proyección de Objetivos de Calidad, esto con el fin de organizar la capacidad que tiene de ofrecer recurso hídrico y recepcionar aguas residuales.

Ahora bien, el desarrollo de tecnologías y herramientas SIG parecieran estar al alcance de todos, pues son de dominio público, pero ante el desconocimiento de ellas, su aplicación, enfoque, desarrollo de su utilidad, genera que su uso se limite a una selectiva población con conocimiento técnico o profesional o al uso propio de las entidades en sus actividades misionales, pero que serían igualmente aprovechables, para todos ciudadanos que requieran información en un área determinada.

La utilización de las herramientas SIG, son de gran ayuda para el desarrollo, valoración y obtención de información espacial, las cuales contribuyen como insumos necesarios para tomar decisiones en los diferentes escenarios de los territorios.

En el desarrollo de la delimitación de la Microcuenca Caño Caribito y la evaluación de las características morfométricas de dicha fuente, se evidencian características y condiciones relevantes, las cuales representaran un insumo necesario disponible para el municipio de Puerto Lleras – Meta, comunidad, entidades públicas y privadas, entre otras, para que puedan efectuar evaluaciones del recurso hídrico y las coberturas de uso del suelo para inversiones de planes de Desarrollo Nacional, Departamental, municipal o proyectos, políticas de gestión de riesgo, obras o actividades en la región.

Objetivos

1.1 Objetivo General

Caracterizar la morfometría de la microcuenca del Caño Caribito localizada en el municipio de Puerto Lleras - Meta a partir de un modelo digital de elevación.

Objetivos específicos

- Identificar la cobertura y capacidad red hídrica con la que cuenta la microcuenca del Caño Caribito localizada en el municipio de Puerto Lleras
- Determinar las características morfométricas de la microcuenca del Caño Caribito localizada en el municipio de Puerto Lleras - Meta

Marco teórico

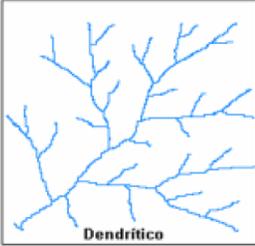
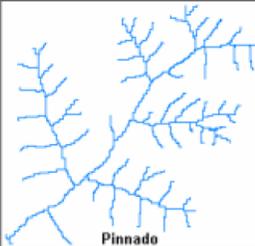
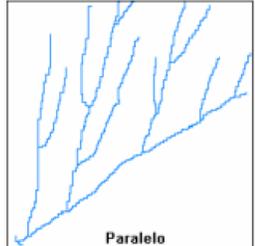
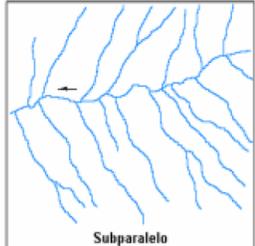
Los parámetros morfométricos, corresponden al proceso de datos cuantitativos, reflejados en cálculos numéricos, que se obtienen de las características físicas de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas, los cuales se utilizan para determinar, analizar y/o evaluar las redes de drenaje, pendientes y factores de formas de dichas fuentes.

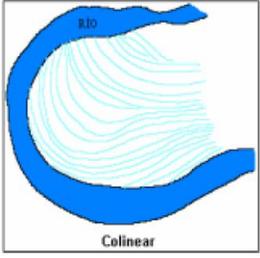
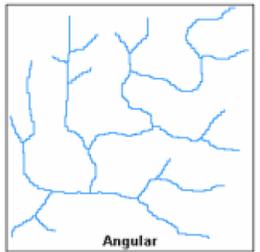
Las características físicas de una cuenca, subcuenca y/o microcuenca contienen una interrelación estrecha con el comportamiento de los caudales de la red hídrica principal y sus tributarios que transitan en ella. Adicionalmente, estos desarrollan conjuntos de estimaciones relacionadas entre sí, en la mayoría de los eventos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento, evaluación y/o control.

Los patrones de drenaje de las cuencas, subcuencas y/o microcuencas se han clasificadas de acuerdo con la representación de métodos genéticos sobresalientes en ellas. La categorización presentada, se reconoce en ítems como erosionales, de posición, especiales e individuales. En la Tabla 1 de Patrones de drenaje de tipo Erosional, se pueden evidenciar las representaciones de los patrones de drenaje de este tipo, encontrando que son los que con mayor frecuencia se identifican en la región.

Tabla 1. Patrones de drenaje de tipo Erosional

Patrón	Tipo	Definición	Signo Grafico
--------	------	------------	---------------

Patrones Drenaje - Erosionales	Dendrítico	<p>Su Característica principal es la que se representa en una ramificación arborecense en la que las fuentes tributarias se unen a al hilo de agua principal formando ángulos menores de 90 grados. Se encuentran con mayor frecuencia en los suelos homogéneos, moderadamente permeables, con pendientes suaves y sin ningún tipo de control, Se reflejan con periodicidad en zonas de rocas sedimentarias blandas, aluviones finos, tobas volcánicas, depósitos de till glacial.</p>	 <p style="text-align: center;">Dendrítico</p>
	Pinnado	<p>Pertenece a una red dendrítica transformado que presenta un aumento de tributarios con menor longitud y poca periferia, esto indica un elevado contenido de limo en el suelo. Es típico de zonas llanas o con tendencia hacer planas, con materiales estrechamente homogéneos, friables y finos, eólicos o aluviales, como: lo es (roca sedimentaria incoherente, de partículas muy finas), ceniza volcánica, till. Adicional, no presenta controles.</p>	 <p style="text-align: center;">Pinnado</p>
	PARALELO	<p>Este modelo muestra los tributarios paralelos o con una corta diferencia entre sí. Tiene la característica de presentar por influencia del control topográfico o estructural, siendo encontrado con mayor residencia en el topográfico, este se encuentra con gran facilidad en zonas con fuertes pendientes. Se presenta igualmente en planicies inclinadas, flujos de lava, restos de abanicos y valles inclinados, además, en planos costeros jóvenes y coladas de basalto. Este patrón tiende a localizarse en zonas de materiales homogéneos.</p>	 <p style="text-align: center;">Paralelo</p>
		<p>Patrón subparalelo, localizado en algunos depósitos glaciares debido a su distribución y/o en zonas de gran relieve con pendientes escarpadas.</p>	 <p style="text-align: center;">Subparalelo</p>

		Patrón colinear, aunque es poco común encontrarlo, se logra encontrar en zonas de dunas longitudinales, complejos de orillares y se caracteriza por tener una red paralela simple, sin hilos de agua tributarios, que en algunos segmentos son subsuperficiales.	
RECTANGULAR		El patrón Rectangular es otra variable del drenaje dendrítico; esta muestra un control estructural causado por diaclasas, foliaciones y/o fracturas de rocas, los tributarios de este patrón suelen agruparse los hilos principales obteniendo ángulos casi rectos. En cuanto es más claro el patrón rectangular, más fina será la cubierta del suelo, este Suele desarrollarse sobre pizarras metamórficas, esquistos y en roca metamórfica compuesta por cuarzo, feldespato y mica; areniscas resistentes, si el clima es árido, o en areniscas de poco suelo, en climas húmedos.	
		Cuando las condiciones estructurales de la roca no se presentan formando ángulos de 90°, si no que presentan ángulos <90°, con lleva a tener un patrón angular, en el cual son habituales las curvas angulares agudas en los hilos principales.	

Fuente: (Londoño, 2001)

Ahora bien, el ordenamiento territorial es un proceso que se caracteriza por presentar una planificación de orden técnico-político, donde se busca planear u ordenar en periodos de corto, medio y largo alcance la organización del suelo, el uso que se le pretende dar y la ocupación del territorio, teniendo en cuenta las posibles capacidades del mismo, así como sus limitaciones, de acuerdo con las necesidades de la población en aspectos económicos, sociales, de infraestructura, aspectos técnicos, culturales o ecológicos, para que el modelo territorial se pueda plantear a largo plazo con el fin de satisfacer necesidades y prioridades de la comunidad (Palacio et al. 2004).

El ordenamiento territorial (OT) está dirigido, principalmente, a hacer uso de una manera responsable y sostenible de los recursos naturales teniendo en consideración las características naturales, sociales y económicas del territorio. Tiene aspectos conceptuales y metodológicos de sustentabilidad las cuales son aplicables en el suelo haciendo uso de la gestión y control aplicados por el Estado a fin de dar un seguimiento al OT (Palacio et al. 2004).

Por su parte, así como en la ordenación del territorio, existen instrumentos de planificación para la ordenación de los recursos hídricos, como lo son los Planes de Ordenación del recurso Hídrico - PORH, que nos ayuda a concebir desde un enfoque integral y articulado las características de las fuentes, al estar conformado por componentes con incidencia en factores económicos, bienes, servicios, medioambientales y aspectos sociales, que a su vez, está relacionado con modelos de conducta de la población beneficiaria de los recursos hídricos obtenidos de las subcuencas y/o microcuencas y los impactos causados por su intervención en estas.

Es importante tener en cuenta la definición de una microcuenca, adoptada por el IDEAM, en la Guía Metodológica para la formulación de planes de Manejo Ambiental de Microcuencas, indicando que “es aquella cuenca que está dentro de una Subzona hidrográfica o su nivel subsiguiente, cuya área de drenaje es inferior a 500Km²”. Por su parte el Fondo DRI, reemplazado posteriormente por el INCODER- ahora Agencia Nacional de Tierras ANT- definió igualmente las microcuencas, como un ecosistema determinado por algunos factores del medio ambiente, que benefician a una comunidad, población y/o región abastecida por los recursos naturales.

En este sentido, una conducción ambiental conveniente de una microcuenca, debe analizarse desde la parte más alta, es decir el área de captación o de origen de la fuente, hacia la parte más baja representada en la zona receptora, pasando por sus vertientes, pues como vemos, es preciso considerar las tipologías físicas de la microcuenca y la interrelación con todos sus factores geofísicos, superficies, relieves, drenajes, ecosistemas, sin desligarlo de los impactos ambientales del aprovechamiento de su capacidad hidrológica.

La identificación de las características morfométricas de la microcuenca del caño Caribito localizada en el municipio de Puerto Lleras – Meta, se realizó de manera similar con los previstos en los instrumentos de ordenación del recurso hídrico como el PORH de la cuenca del río la Vieja, conocido como el POMCA del Río Garagoa, análisis morfométricos de la fuente denominada Río Zaradorra, análisis morfométricos de la cuenca alta del río Sauce y la Guía metodológica para la formulación PMAM, en los cuales acudieron a herramientas de información geográfica en escala 1:25.000, modelos digitales, software, entre otros, con los cuales consultaron y descargaron, verificaron y formularon los límites de aguas e identificaron las características morfométricas de cada una de las áreas de estudio.

Los resultados de los estudios descritos anteriormente, permitió obtener las áreas, límites, ancho longitudes, factores de forma, factores geológicos, índice o coeficiente de compacidad para determinar la geometría, el índice de alargamiento, asimétrico, y características del relieve de las cuencas. Con base en estos elementos y modelos digitales conseguidos, lograron estimar parámetros morfométricos y tiempos de concentración, clasificados para la cuenca del río la Vieja, la cuenca del Río Garagoa, la cuenca del Río

Zaradorra y la cuenca alta del río Sauce, resaltando, que para los estudios realizados para la cuenca del río la Vieja, la cuenca del Río Garagoa arrojaron condiciones de susceptibilidad de avenidas torrenciales, las bajas o altas influencias sobre crecidas instantáneas en áreas de pendientes, como factores relevantes para los fines de planificación del control de riesgo. Todo eso con el uso de instrumentos de información geográfica.

Ahora bien, con los estudios realizados para la cuenca del río la Vieja, la cuenca del Río Garagoa, la cuenca del Río Zaradorra y la cuenca alta del río Sauce, se logra apreciar como a partir de la recopilación de información y la interrelacionar con hardware y software, se pueden obtener insumos cartográficos, datos estadísticos, proyecciones, modelamientos entre otros, que pueden contribuir como bases para el desarrollo de una población.

Los Sistemas de Información Geográfica – SIG acortan el espacio existente entre las situaciones esperadas y las presentes, ya que consienten una visión integral y logra aproximaciones al nivel de detalle que requiera cada consumidor de conformidad con el área de interés y fines a buscar. Si logramos analizar la cartografía que caracteriza las áreas de conservación de un municipio o territorio, por ejemplo, es necesario visualizar la ubicación de los fragmentos de bosque, fuentes hídricas, rondas de protección hídrica y humedales con sus respectivas rondas de protección. A su vez, es importante comprender en detalle que cada una de estas temáticas, cuentan con unas características en particular como áreas, longitudes, simbología, perímetros, límites, entre otras.

Adicionando la variable de tiempo, los Sistemas de Información Geográfica - SIG contribuyen con la vista necesaria que permite valorar las interrelaciones que se generan con los modelos determinables e identificables. Así bien, los SIG ayudan a ver el impacto que

puede llegar a generar sobre un área de conservación el desarrollo de un proyecto urbanístico, cotejando información de imágenes satelitales de los mismos tipos de áreas en tiempos diferentes y conociendo sus impactos con el paso del tiempo, de carácter digital.

Se evidencia que aproximadamente el 80% de la información cuenta con información espacial, con datos que la mayoría de las ciencias logran analizar "espacialmente" (ESRI, 2004)). Con los hardware y software que han sido desarrollados para dar uso a los Sistemas de Información geográficos generan un vínculo entre la cartografía y las bases de datos, atributos que se encuentran de una forma análoga en diferentes categorías de detalle en cada una de las poblaciones, comunidades y/o regiones del mundo. Partiendo de una misma base cartográfica, una comunidad puede constituir y comparar información catastral y con ello identificar estratificación para desarrollar un Sistema de Identificación y codificación de posibles beneficiarios a programas de tipo social como lo son salud pública, servicios de públicos, localización ubicación de alimentos. Es decir, una sola APP que cuente con un sistema de información incorporado podría consolidar bases de datos de diferentes entidades que se involucran en la planificación y ordenación de un territorio en particular.

Por otra parte, dentro del uso de las herramientas que nos ofrecen los SIG en el ordenamiento territorio y la gestión del riesgo, se localizan: los medios del desarrollo y ocupación segura, el control del riesgo a partir de instrumentos de regulación, con el fin reducir la pérdida de comunidades, poblaciones y/o regiones que se encuentran en grado de amenazas por inundaciones, remociones en masa y/o avenidas torrenciales, y con ello lograr aciertos frente al desarrollo territorial, la actuación desde la adopción de medidas

preventivas y no con el manejo de catástrofes y con esto evitar el desvío de recursos aprovechando las calamidades domesticas que se presentan por una mala gestión en el desarrollo del territorio.

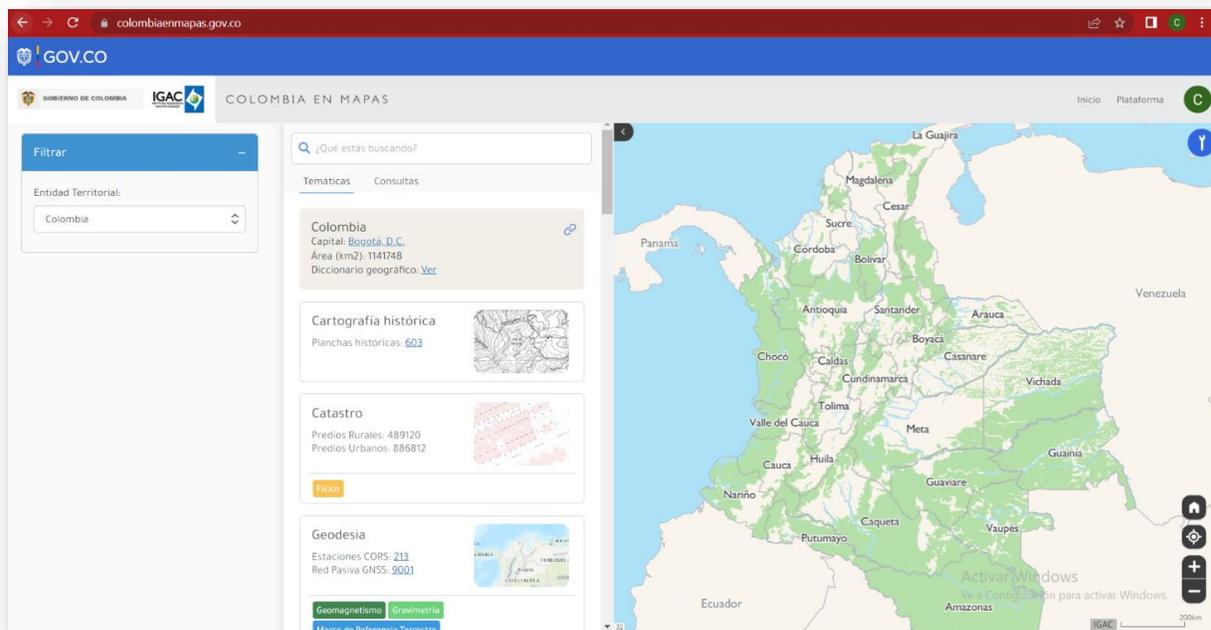
Los SIG han centrado en tres objetivos principales, la adquisición de la información geográfica, el estudio de los objetivos y sus relaciones y por último la exploración de reglas geográficas avanzadas para determinar el comportamiento espacio temporal. El mapeo proporciona imágenes digitales visuales en 2D y 3D del mundo, esto explica porque los SIG han tomado fuerza en el uso cotidiano que combinado con las estadísticas espaciales han convertido a los SIG en una herramienta para proporcionar una lógica que ayude a las personas a entender las distribuciones y la relación espacio temporal (Lü et al, 2018).

Las capacidades para manipular datos por parte de los SIG implican la operación de conjuntos en las propiedades topológicas y geográficas las cuales se pueden clasificar en los siguientes grupos: Selección espacial, unión espacial, transformación y análisis de red (Shekhar et al, S.F) y con este lograr a partir de captura y recopilación de información poder obtener instrumentos de ordenación de los recursos hídricos.

características, S2A_tile_20230219_18NXJ_0_B04,B03,B02_M_[-73.54296112898739,3.1165242515736877,-73.41627503279598,3.29237337122057].tiff.

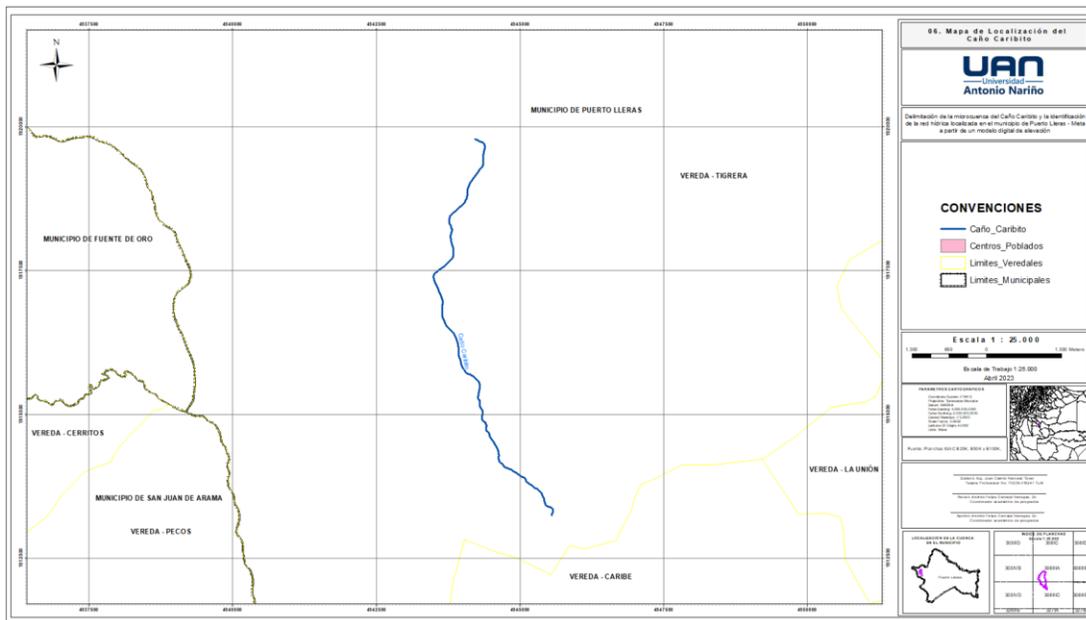
Esta imagen permitió realizar el geo proceso aplicando herramientas del Arc toolbox del software Arcgis 10.8, com: Fill, Flow Direction, Flow Acumulation, Watershed y Raster to Polygon, (Figuras 1-6).

Figura 2. Descarga de Red hídrica Nacional



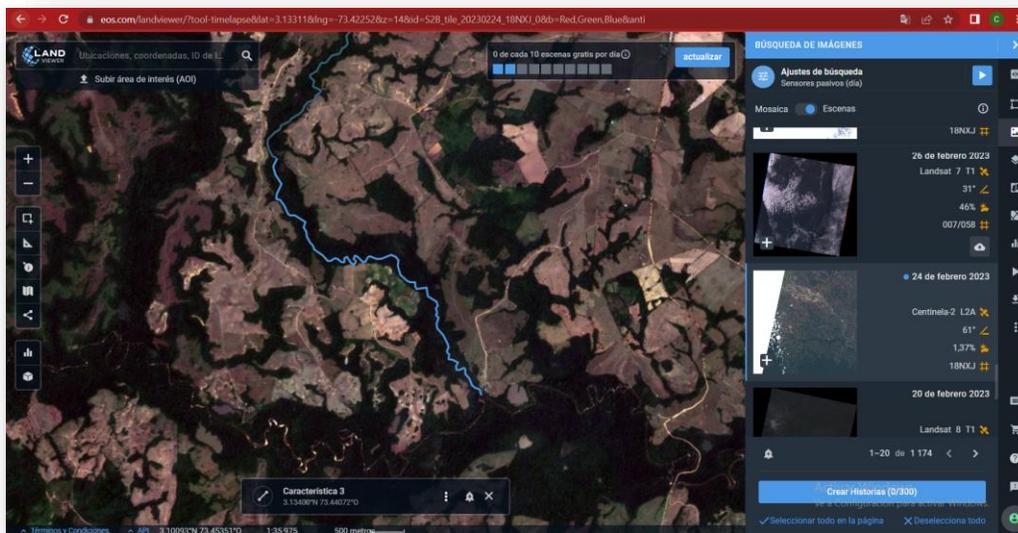
Fuente: <https://www.colombiaenmapas.gov.co/>

Figura 3. Localización del Caño Caribito



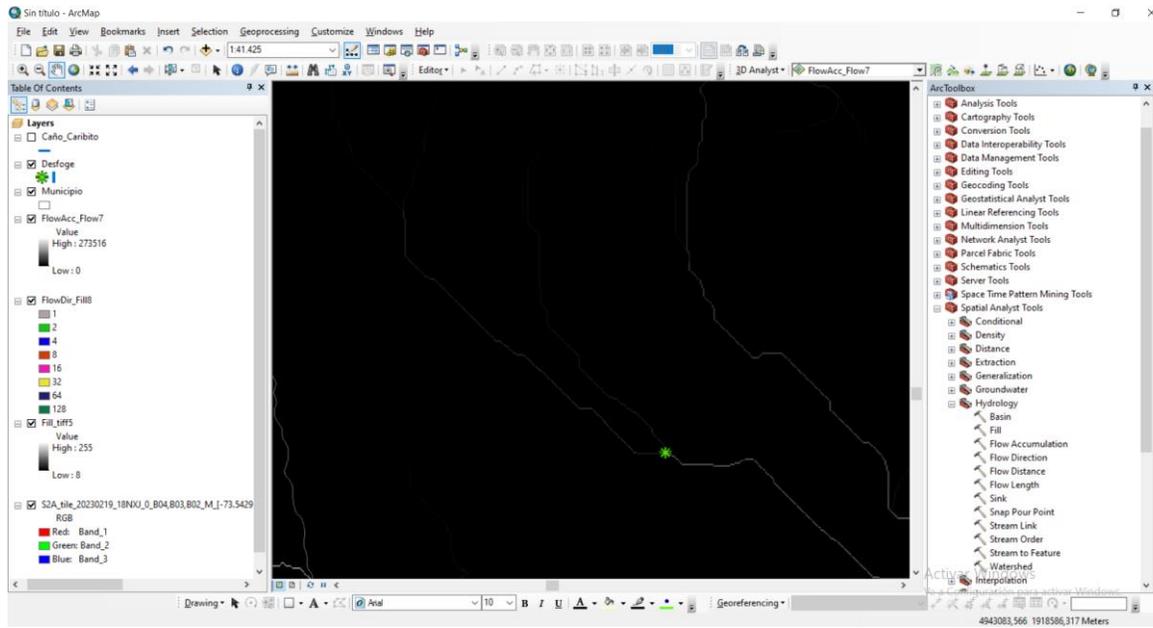
Fuente: Autor

Figura 4. Descarga de Modelo de Elevación Digital



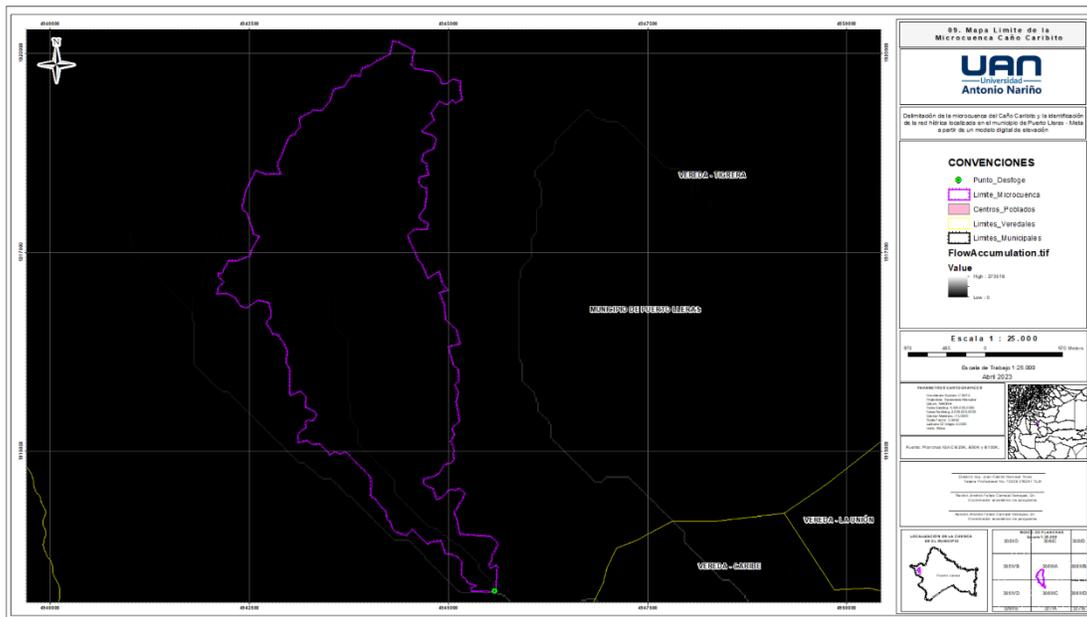
Fuente: eos – landviewer

Figura 5. Proyección del DEM y Caño Caribito en el Software Arcgis 10.8



Fuente: Autor

Figura 6. Obtención de Microcuenca del Caño Caribito



Fuente: Autor

Figura 4. Identificación de Red Hídrica



Fuente: Autor

Una vez se obtuvo la delimitación de la microcuenca y su red hídrica se realizó la identificación de la morfometría de la microcuenca, como son los parámetros físicos, parámetros de forma, características de relieve y características del sistema de drenaje.

IDENTIFICACIÓN DE MORFOMETRIA

Una vez se obtuvo la delimitación de la microcuenca y su red hídrica se realizó la identificación de la morfometría de la microcuenca, como son los parámetros físicos, parámetros de forma, características de relieve y características del sistema de drenaje.

El régimen fluvial de una microcuenca puede determinarse de acuerdo a las características físicas de la red de drenaje, que se representan según la geología, topografía, suelo, cobertura vegetal las cuales condicionan el flujo y dinámica del agua.

Así, para interpretar y predecir los comportamientos hidrológicos de la microcuenca, se requiere un análisis morfométrico, mediante índices a partir de estas características físicas, red de drenaje y relieve de la misma.

Los índices aplicados a la microcuenca hidrográfica del caño Caribito son:

1. Características de una microcuenca

Las características de una microcuenca, deben ser calculadas debido a que en estas se presenta la información de mayor relevancia que se necesita como base para identificar las características morfométricas. A continuación, se describen cada una de las variables.

- Perímetro - (km): Es una medida que se identifica a partir de la obtención de la longitud del perímetro divisorio de agua de la microcuenca.
- Longitud axial - (km): Se establece siguiendo la trayectoria de agua con mayor longitud correspondiente al hilo de agua principal a partir de su desembocadura hasta su nacimiento en línea recta.
- Longitud del hilo principal - (km): Se identifica calculando la extensión del hilo de agua principal a partir su nacimiento hasta la cerradura de la microcuenca.
- Longitud máxima - (km): Es la distancia medida entre los puntos extremos de la microcuenca, a partir la desembocadura hasta el punto más distante de la microcuenca.
- Longitud de hilos - (km): Pertenece a la sumatoria de la distancia de todos los hilos de agua de la microcuenca, bien sea permanente o discontinuo.
- Número de hilos: Pertenece a la cantidad de hilos de agua presentes en la microcuenca, se tienen en cuenta tanto las discontinuas como las permanentes.
- Ancho medio - (km): Dato promedio que se adquiere del cociente entre el área de la microcuenca y la distancia máxima de la microcuenca.

$$1.1. \text{Área del hilo - Microcuenca - } A_c \text{ - (km}^2\text{)}$$

La proyección plana del área del hilo de agua con un método de esorrentía encaminado ya sea en forma directa o indirecta a un mismo hilo de agua. La zona que recoge toda la esorrentía que se provoca de una microcuenca hidrográfica se nombra punto de concentración o punto de cierre de la microcuenca.

1.2. Perímetro - Microcuenca

Es la distancia de la línea límite de la microcuenca y nos puede ayudar a identificar la forma de la microcuenca. La simbología para este parámetro normalmente es expresada con la letra P mayúscula.

1.3. Longitud recta - Microcuenca

Es la distancia de una línea recta con dirección “paralela” al hilo de agua originaria.

1.4. Ancho - Microcuenca

Es la interrelación entre el área del hilo de agua de la microcuenca y la distancia de la misma.

1.5. Longitud - Corriente principal

Distancia del hilo de agua principal, se establece calculando la distancia del hilo de agua principal a partir de su nacimiento hasta la cerradura de la microcuenca.

1.6. Longitud de Corrientes

Es el cálculo de la distancia de los hilos de agua a partir de su nacimiento hasta la cerradura de la microcuenca.

1.7. Número de Corrientes

Pertenece a la sumatoria de la distancia de todos los hilos de agua de la microcuenca, ya bien sea permanente o discontinua.

2. Parámetro de forma - Microcuenca

Los componentes geológicos, especialmente, son los delegados de formar la fisiografía de una región y principalmente la representación que tienen las microcuencas hídricas.

Para exponer cuantitativamente la representación de la microcuenca, se coteja la microcuenca con retratos geométricos conocidos como los son: el cuadrado, el ovalo, el rectángulo y el círculo, especialmente.

2.1. Factor de Forma

Corresponde a uno de los más usados para efectos de calcular la forma de las cuencas, subcuencas y microcuencas, el cual fue desarrollado por Horton y es mencionado por medio de la siguiente fórmula:

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

Descripción:

Área (km²) = A

Longitud axial (km) = L

Una microcuenca con factor de forma bajo cuenta con una menor probabilidad de crecientes que una microcuenca con la misma dimensión pero con un factor de forma mucho mayor. El valor máximo del Factor de Forma pertenece a 0,7854, para una microcuenca totalmente esférica y su valor se va a aproximando a cero a medida que la microcuenca se torna alargada. (Londoño, 2001).

Tabla 2. k_f – Valores Interpretativos

Valor Aproximado	Descripción de Forma
Menor a 0,22	muy alargada
Rango de 0,22 a 0,30	alargada
Rango de 0,30 a 0,37	ligeramente alargada

Rango de 0,37 a 0,45	ni alargada ni ensanchada
Rango de 0,45 a 0,60	ligeramente ensanchada
Rango de 0,60 a 0,80	ensanchada
Rango de 0,80 a 1,20	muy ensanchada
Mayor a > 1,20	rodeando el desagüe

Fuente: Robert Ermer Horton, 2017

2.2. Índice de compacidad o índice de Garvelius

Este factor es la interrelación que se genera entre el contorno de la microcuenca y el de un círculo de similar área que el de la microcuenca estimada y es un indicador de la alteración de la microcuenca, representado de la siguiente manera:

$$k_c = 0,28 * \frac{p}{\sqrt{A}}$$

Descripción,

Perímetro (km) = P

Área (km²) = A

Es la forma de una cuenca, subcuenca y/o microcuenca, sobre la cual influye el sistema hidrológico. Es el factor de forma que indica el aforo del hilo de agua, de acuerdo a si es similar a una circunferencia o si es de tipo alargada. Los valores más cercanos a uno representan una microcuenca parecida a una forma circular. De otra manera, si están más separados de la unidad pertenecerán a microcuencas alargadas. En la Tabla número 3 se muestran tres clasificaciones que identifican este parámetro:

Tabla 3. Categorías del índice de compacidad

Rango k_c	Descripción de categoría
Menor a 1,25	redonda a oval redonda
Rango de 1,25 a 1,50	de oval redonda a oval oblonga
Rango de 1,5 a 1,75	de oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Maidment, 1993)

2.3. Índice de Alargamiento

Este índice fue presentado por Horton, y corresponde a la distancia máxima de una cuenca, subcuenca y/o microcuenca, con su ancho máximo.

$$Ia = \frac{L_b}{a}$$

Descripción,

Índice de alargamiento = Ia

Longitud máxima de la microcuenca = Lb

ancho máximo = a

En la valoración de los resultados se encuentra que los índices de alargamiento pequeños próximos a la unidad, la cuenca, subcuenca y/o microcuenca es poco alargada y sus hilos de agua es tradicionalmente en forma de abanico con uniones muy cercanas. Si los valores son mayores a la unidad son cuencas, subcuencas y/o microcuencas que tienden a ser rectangulares.

3. Índices relacionados con los hilos de agua de las cuencas, subcuencas y/o microcuenca

Las características fisiográficas de mayor relevancia son reflejadas con los hilos de agua y el modelo que forma, la cual es afín con la tipología del suelo, su cobertura vegetal, condiciones de erosión y de pendiente.

3.1. Patrones de drenaje

El modelo de hilo de agua de una cuenca, subcuenca y/o microcuenca se puede relatar como el arreglo que muestran las vías de hilo de agua, permanentes y temporales, que concurren a dejar las aguas superficiales de la cuenca, subcuenca y/o microcuenca. El modelo de hilo de agua es un elemento combinado, para cuyo estudio es basarse en tener en

cuenta el relieve, la distribución de la vegetación y las situaciones estructurales del área de estudio (Londoño, 2001).

Los modelos radican de diferentes factores, que se expresan a continuación:

- Pendiente de laderas y de la zona del hilo de agua
- Cobertura vegetal
- Resistencia de la litología
- Caudal
- Porosidad del suelo
- Nivel e intensidad de lluvias
- Movimiento estructural

3.2. Densidad de drenajes

Este índice manifiesta el dominio de la geología, topografía, suelos y vegetación en la cuenca, subcuenca y/o microcuenca hidrográfica, y está afín con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de las cuencas, subcuencas y/o microcuencas (Londoño, 2001).

Una viscosidad de hilo de agua alta, pertenece a una cuenca, subcuenca y/o microcuenca con buenas condiciones de drenaje, que se asumiría una respuesta respectivamente rápida a un evento de precipitación; por su parte, una cuenca, subcuenca y/o microcuenca con una viscosidad de hilo de agua baja, hace relación con una zona humildemente drenada, mostrando una respuesta al suceso de precipitación muy lenta.

En las cuencas, subcuencas y/o microcuencas que se localizan en suelos resistentes a la erosión o muy impermeables y con pendientes y relieves suaves, se muestran viscosidades de hilo de agua bajo, mientras que las viscosidades altas, mostrarían microcuencas con suelos impermeables y fácilmente erosionables en relieves y pendientes fuertes y cobertura vegetal escasa.

Otro aspecto significativo de la viscosidad de hilos de agua es la interrelación que se conserva con los caudales máximos y las avenidas; a grandes valores de viscosidad de la malla hidrográfica, pertenece a velocidades mayores de movimiento de los hilos de agua y un menor hilo de agua, lo que se manifiesta en valores mayores de caudales máximos, ascensos rápidos y permanencias totales de las avenidas, generalmente más pequeñas. (Ibíd.).

$$Dd = \frac{L}{A} \text{ en } (k m / k m^2)$$

Descripción,

Longitud total de los hilos de agua (km) = L

Área total de la microcuenca (km²) = A

Esta cuantificación expone la dinámica de una cuenca, subcuenca y/o microcuenca, la dinámica de la red de hilos de agua, el tipo de escorrentía en superficie y la respuesta del hilo de agua a la precipitación, los rangos se exponen en la Tabla 4.

Tabla 4. Rangos de densidad de corrientes

Rangos	Descripción de Clases
Rango de 0,1 a 1,8	baja
Rango de 1,9 a 3,6	moderada
Rango de 3,7 a 5,6	alta

3.3.Densidad de corrientes

La viscosidad de hilos de agua, es un indicador del grado de eficacia de la cuenca, subcuenca y/o microcuenca, la cual se localiza y define como el número de hilos de agua por unidad de área. (Aparicio, 1992)

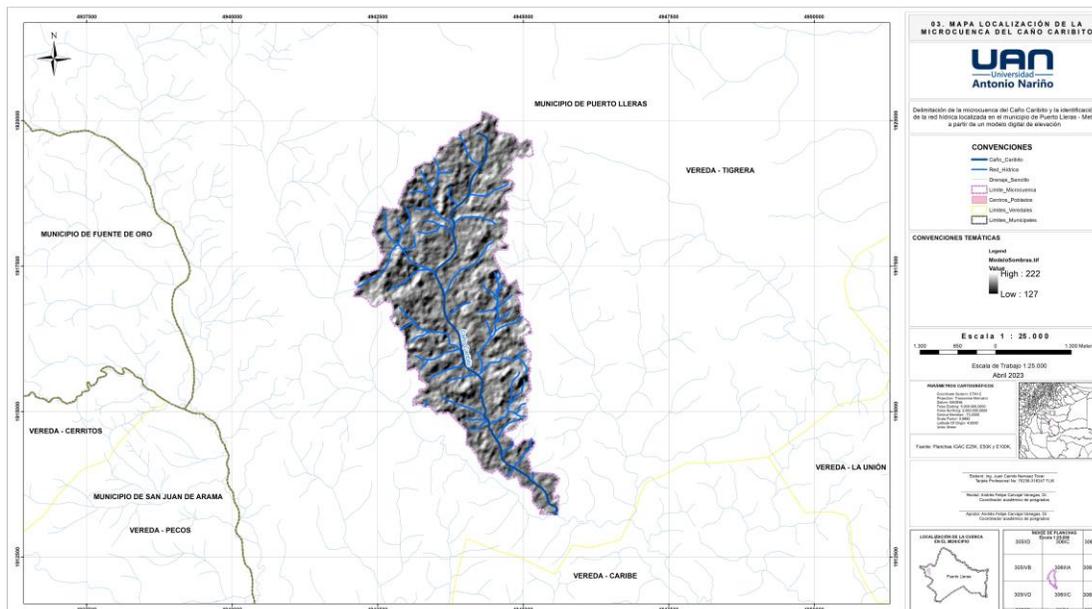
Una viscosidad de hilo de agua alto, refleja una cuenca, subcuenca y/o microcuenca altamente disectada que manifiesta rápidamente a una tormenta, Las viscosidades pequeñas se presentan donde los suelos son muy resistentes a la erosión o muy permeables; donde este

indicador es dominante, los suelos se erosionan con mayor facilidad o son relativamente impermeables, las pendientes son altas y la cobertura vegetal escasa. (ibíd.).

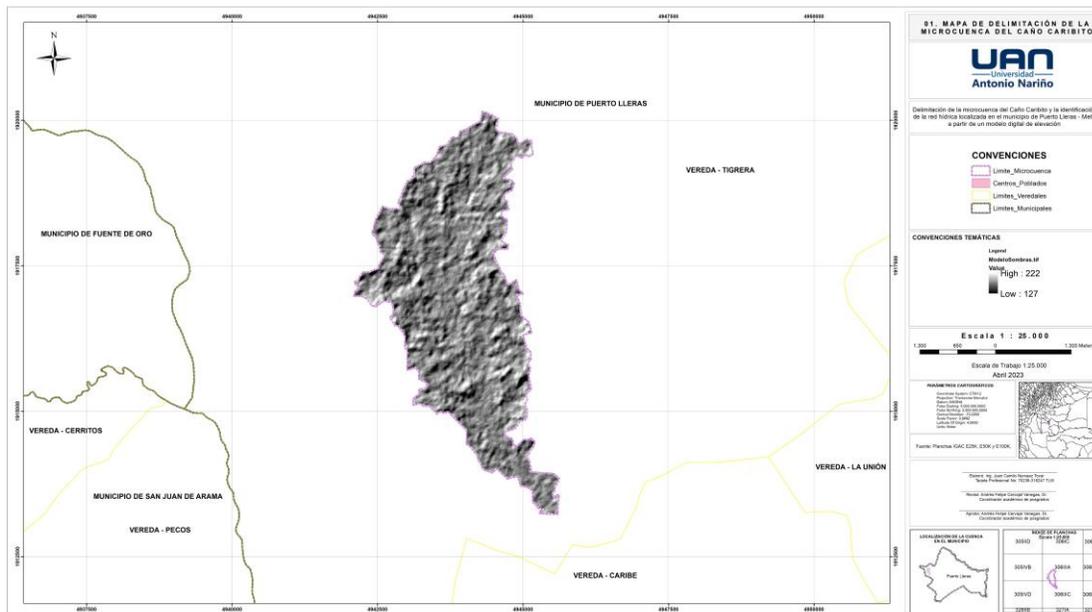
Resultados y discusión

- La fisiografía de la microcuenca Caño Caribito, se expone de conformidad con los resultados obtenidos mediante el procesamiento y análisis de los datos cartográficos y la obtención del modelo de elevación Digital de la microcuenca y su Red Hídrica, en el municipio de Puerto Lleras – Meta.
- Obtención de la delimitación de la microcuenca Caño Caribito en el municipio de Puerto Lleras – Meta.

Figura 5. Localización microcuenca del Caño Caribito



Fuente: Autor



Fuente: Autor

La Tabla 5 consolida algunos parámetros de la microcuenca del Caño Caribito, en la cual se verificó que ostenta un área aproximada de 11,13 Km², con un perímetro proyectado de 22,96 km, con longitud recta de 7,05 km, la corriente de agua principal Caño Caribito cuenta con una longitud de 37,05 km la cual cuenta con 50 fuente hídricas tributarias que abastecen la microcuenca.

Tabla 5. Características generales de las microcuencas hidrográficas

Microcuenca hidrográfica	Área (Km ²)	Perímetro de la microcuenca (km)	Longitud Recta de la microcuenca (km)	Longitud de la corriente principal (km)	Longitud de corrientes (km)	Número de corrientes	Ancho medio de la microcuenca (km)
Caño Caribito	11,13	22,96	7,05	7,9	37,05	50	2,86

Se observa en la representación de la Tabla número 6, que el Factor de Forma de la microcuenca Caño Caribito nos indica que la microcuenca tiene una forma Muy alargada y Forma oval – Oblonga a rectangular.

Tabla 6. Índices relacionados con la forma de la microcuenca

MICROCUEENCA HIDROGRÁFICA	INDICES DE FORMA		
	Factor de Forma	Índice de Gravelius	Índice de Alargamiento
Caño Caribito	0,22	1,93	2,46

Para efectos del análisis de los resultados encontrados, se debe tener en cuenta que una fuente hídrica con un factor de forma catalogado como bajo sería menos propenso a crecidas repentinas, respecto a una fuente hídrica con un factor de forma mayor.

En cuencas de tipo alargado, el agua debe recorrer mayor área, por lo que las crecidas serían menos súbitas en caso de precipitaciones fuertes y torrenciales.

Esto sucede, porque la teoría indica, que, al ser una microcuenca de forma alargada, las precipitaciones que se presenten no se concentran o no son simultáneas en una sola zona de la fuente, sino que se desplazan a lo largo de la misma, por lo que los tiempos del recorrido del agua varía dependiendo de la zona, permitiendo que el agua se desagüe en forma paulatina o escalonada, sin generarse crecidas y concentraciones súbitas de agua.

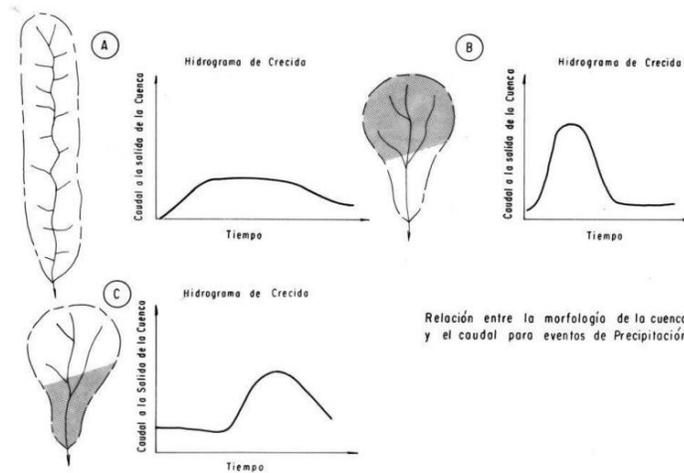
En este sentido se pudo determinar que la microcuenca caño Caribito, arrojó un factor de forma muy alargada, lo cual, para efectos relevantes en el ordenamiento y condiciones del factor del riesgo del municipio, implica que la fuente evoluciona y tiene gran capacidad para absorber altas precipitaciones, evacuar el agua de manera más fluida.

4. Índices relacionados con la red de drenaje de la microcuenca

Las condiciones y características fisiográficas de una fuente, así como los resultados que se arrojen sobre su drenaje y patrón de forma, se encuentra integralmente relacionada con la calidad del suelo, agentes de erosión, el relieve, la cobertura vegetal encontrada en la zona, la inclinación de la superficie e incluso las condiciones climáticas.

A continuación, se plasma la relación de forma de diversas fuentes con caudales:

Figura 8. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación.



Fuente: Bell (1999)

Para el caso del río La Vieja, relacionado previamente, de acuerdo con el análisis morfométrico bajo al factor de forma alargada en medida de 0.32, lo cual, como en el caso del caño Caribito que obtuvo un resultado de 0.22 en su factor de forma, correspondiendo igualmente con una fuente con baja probabilidad de avenidas torrenciales, lo cual se explica igualmente en conjunto, con el índice de forma muy alargado explicado anteriormente.

Tabla 7. Factor de forma de La Cuenca Mayor del Río La Vieja

Cuenca	Factor de forma	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	0,32	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 2017

Para el caso de la morfología encontrada por en el Río Sauce Grande, arrojó un resultado de factor de forma oval – oblonga a rectangular oblonga, cuyo análisis determinaría que corresponde a una fuente más proclive a crecientes súbitas, pues sus aguas se desplazan en un mismo ritmo en el tiempo y zona, concentrando sus niveles y generando baja capacidad de drenaje.

4.1.Patrones de drenaje

En la Tabla 7 se identificó que, en la microcuenca del Caño Caribito se reflejan algunas condiciones de erosión, con predominancia de drenajes dendríticos con densidades de carga de agua alta.

Para dar claridad, las condiciones de drenaje se refieren al transporte del agua junto con los sedimentos, impurezas, material o contaminantes, para evacuarlos de las superficies de la fuente hídrica.

De acuerdo con la tabla de patrones de drenaje expuesta previamente, la categoría de drenaje détrico encontrado en el caño Caribito, se caracteriza por estar en suelos de pendientes suaves, con presencia de rocas y sedimentos.

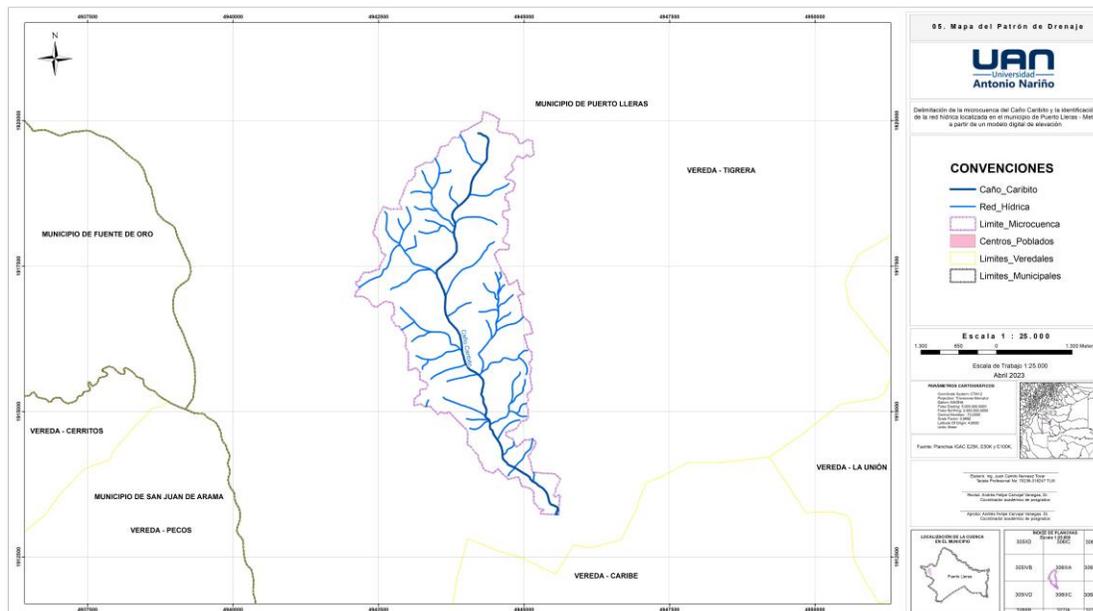
Se puede analizar que, al ser una microcuenca con densidad de drenaje alta, cuenta con respuestas apropiadas ante la presencia de altas precipitaciones en la zona, lo cual es característico en zonas erosionables como se refleja en la microcuenca caño Caribito, y su poca cobertura vegetal encontrada en las imágenes digitales.

Estas condiciones físicas de la fuente guardan relación con las actividades de ganadería y agricultura, predominantes en la zona.

Tabla 8. Índices relacionados con la red de drenaje de la microcuenca

Microcuenca hidrográfica	Patrón de drenaje	Densidad de drenaje	
		Valor	Representación
Caño Caribito	Dendrítico	3,33	Alta

Figura 9. Patrón de drenaje Dendrítico en la microcuenca del Caño Caribito



Fuente: Autor

Conclusiones

- Se identificó y localizó el área de influencia del Caño Caribito en el municipio de Puerto Lleras, donde a partir de geo procesos al modelo de elevación dicha fuente hídrica, se obtuvo el plano de la microcuenca del Caño Caribito y su red hídrica en jurisdicción del municipio, el cual podrá ser utilizada como insumo para identificar aspectos como la capacidad de recarga, coberturas del suelo, áreas, actividades en la fuente hídrica, entre otras, relevantes en la ordenación y planeación de este territorio.

- La interpretación de los índices morfométricos obtenidos para el Caño Caribito permite comprender el comportamiento del sistema hídricos analizados y su capacidad hídrica.
- Se presentan los parámetros generales para la microcuenca del caño caribito, en la cual se identificó que la Microcuenca cuenta con un área de 11,13 km², con un perímetro de 22,96 km, con una longitud recta de 7,05 km, la corriente de agua principal Caño Caribito cuenta con una longitud de 37,05 km la cual cuenta con 50 fuente hídricas tributarias que abastecen la microcuenca.
- Se identifican los parámetros del Factor de Forma de la microcuenca el cual nos indica que la microcuenca tiene una forma Muy alargada y Forma oval – Oblonga a rectangular, lo cual corresponde a una red que evoluciona y tiene gran capacidad para absorber altas precipitaciones en la zona, por lo que reduce el riesgo de avenidas torrenciales e inundaciones por crecidas súbitas de agua.
- Se identificó que, la microcuenca del Caño Caribito se encuentran características de drenaje de erosión, con predominancia de drenajes dendríticos con densidades de carga de agua alta, lo que igualmente está relacionada con la capacidad de respuesta de la fuente ante eventos de fuertes precipitaciones.

Bibliografía

- Adriana María Molina*, L. F. (2004). *Revista EIA*. Obtenido de Revista EIA: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372005000200003
- CIAT, C. D. (2000). *Propuesta metodológica para el componente participativo del ordenamiento territorial municipal, basada en el desarrollo de una visión común de futuro*. Palmira.
- Escuela Superior de Administración Pública. (2023). *Escuela Superior de Administración Pública*. Obtenido de Escuela Superior de Administración Pública: https://www.esap.edu.co/portal/index.php/stec_event/uso-de-sistemas-de-informacion-geografica/
- ESRI. (2004). *ESRI*. Obtenido de ESRI: <http://www.esri.com>
- IDEUY. (2018). *Guía Geoportales*.
- Lopez, N. (2009). *PROPUESTA DE PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO DE CERETE, CEREABASTOS – CORDOBA*. Bogotá.
- MinEducación. (Febrero de 2023). *Ministerio de Eucación Nacional*. Obtenido de Ministerio de Eucación Nacional: <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-190610.html>
- Palacios, R. (2005). *ESRI*. Obtenido de ESRI: <http://gis.esri.com/library/userconf/latinproc99/ponencias/ponencia29.html>