

EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DEL CAÑO QUEBRADON COMO APOORTE AL
ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE CUBARRAL, META

YENY ANDREA CALLEJAS AVILA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS
BOGOTA, D.C
2017

EVALUACIÓN MORFOMÉTRICA DEL CAÑO QUEBRADON COMO APOORTE AL
ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL MUNICIPIO DE CUBARRAL META

YENY ANDREA CALLEJAS AVILA

Trabajo presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Ordenamiento y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Director del Proyecto de Grado
Germán Melo Quintana

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
ESPECIALIZACIÓN EN ORDENAMIENTO Y GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS
BOGOTA, D.C
2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, D.C, Cundinamarca. Septiembre de 2017

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi madre por ser la luz y el motor de inspiración en cada meta y paso que doy cada día.

AGRADECIMIENTOS

Quiero manifestar mi agradecimiento al docente Germán Melo por su importante orientación técnica e investigativa, en este proceso de formación como especialista quien con su experiencia profesional permitió fortalecer mis conocimientos.

A los Docentes Sonia Rodríguez y Andrés Uribe por su valioso apoyo para terminar esta etapa.

Al Coordinador Edgar Agudelo por su acompañamiento académico en mi proceso de formación como especialista.

A Claudia Cervera por su colaboración y apoyo en este proyecto de investigación.

A Dios por sus bendiciones.

Contenido

Lista de figuras

Lista de gráficas

Lista de tablas

Lista de mapas

Lista de apéndices

Resumen.....	1
Abstract	2
Introducción	3
1. Antecedentes.....	6
1.1. Trabajos de Investigación en el Ámbito Internacional.....	6
1.2. Trabajos de Investigación en el Ámbito Nacional	8
1.3. Trabajos de Investigación en el Ámbito Regional	10
2. Planeación del problema.....	12
3. Objetivo General.....	13
3.1. Objetivo General	13
3.2. Objetivos Específicos	13
4. Justificación	14
5. Marco Referencial	15
5.1. Marco Teórico	15
5.1.1. Ubicación General.	15
5.1.2. Ubicación Específica.	15
5.1.3. Aspectos Biofísicos.....	16
5.1.4. Aspectos Físicos.....	17
5.1.5. Aspectos económicos.....	18
5.2. Diagnóstico Ambiental.....	18
5.3. Marco Legal	18
5.4. Marco Conceptual	19
6. Metodología.....	22
6.1. Descripción de la Zona de Estudio.....	22

6.1.1.	Cuenca Alta.....	22
6.1.2.	Cuenca Media.	23
6.1.3.	Cuenca Baja.	24
6.2.	Metodología de la Investigación	24
6.2.3.	Tipo de Investigación.....	24
6.2.4.	Enfoque de la Investigación.....	25
6.3.	Muestra y Población.....	25
6.4.	Procedimiento.....	26
6.4.1.	Desarrollo de la Etapa de Investigación.	26
6.4.2.	Desarrollo de la Etapa de Identificación.....	28
6.4.3.	Desarrollo de la Etapa de Formulación.	33
7.	Resultados.....	34
7.1.	Resultados de la Etapa de Investigación	34
7.1.1.	Priorización de parámetros morfométricos.....	34
7.1.2.	Caracterización de parámetros morfométricos.	35
7.2.	Resultados de la Etapa de Identificación.....	39
7.3.	Resultados de la Etapa de Formulación.	41
8.	Conclusiones.....	47
9.	Recomendaciones	49
10.	Referencias.....	50
11.	Apéndices	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación General de la Microcuenca Caño Quebradon.	15
--	----

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curva Hipsométrica del Caño Quebradon.	45
--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Actividades de la Etapa de Investigación	27
Tabla 2 Información de base obtenida del Sistema de Información Geográfica	29
Tabla 3 Parámetros priorizados para la microcuenca Caño Quebradon	30
Tabla 4 Interpretación de parámetros de forma y relieve	32
Tabla 5 Parámetros morfométricos priorizados	36
Tabla 6 Resultado de los Parámetros Morfométricos Caño Quebradon	41
Tabla 7 Propuesta de Usos para la microcuenca Caño Quebradon	46

LISTA DE MAPAS

Mapa 1.Delimitación Microcuenca Caño Quebradon	40
Mapa 2. Orden Drenaje Caño Quebradon.....	43
Mapa 3. Relieve del Caño Quebradon	44
Mapa 4. Usos para la microcuenca Caño Quebradon.	46

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice A. Protocolo de la salida de campo.....	
Apéndice B. Formato salida de campo.....	
Apéndice C. Informe de la salida de campo.....	
Apéndice D. Paso calculo parámetros morfométricos.....	
Apéndice E. Hoja de cálculo parámetros morfométricos.....	

Resumen

La microcuenca del Caño Quebradon presta servicios ecosistémicos a la población de las veredas Vergel Bajo, Marayal y Jujuaro principalmente abastecimiento del recurso hídrico en dos acueductos veredales y aportes a la economía pecuaria (ganadería extensiva). En el caso de este Caño, que por su importancia local carece de estudios e instrumentos de planificación y ordenación que permitan tomar decisiones entre las partes y garantizar el manejo sostenible de sus recursos naturales, se adelanta este estudio que definió como pregunta de investigación ¿Cuál es la relación entre el comportamiento morfométrico de la microcuenca Caño Quebradon y sus usos actuales en el marco del ordenamiento ambiental?

Por expuesto anteriormente, el presente trabajo tuvo como objetivo general identificar las condiciones dinámicas de la microcuenca a partir de parámetros morfométricos y el desarrolló de tres objetivos específicos para su cumplimiento. Este estudio, se desarrollo en el sector rural del municipio de Cubarral, Meta, veredas el Vergel Bajo y Jujuaro.

Empleando como metodología el uso del software arCGIS 10.3 y hoja de Excel para el cálculo de las variables morfométricas a través de las aplicación de las expresiones matemáticas definidas para este estudio. Así mismo, para el análisis de resultados se tuvo presente el tipo de investigación descriptiva y enfoque cuantitativo al que corresponde la investigación presente. Los resultados obtenidos permitieron evaluar el comportamiento del Caño Quebrado y establecer propuesta de usos ambientales para la microcuenca.

Palabras clave: Parámetros Morfométricos, Microcuenca, Manejo sostenible, Servicios Ecosistémicos, Comportamiento, Ordenamiento Ambiental y Territorial.

Abstract

The Caño Quebradon micro-watershed provides ecosystem services to the Vergel Bajo, Marayal and Jujaro communities, mainly supplying water resources in two veredal aqueducts and contributions to the livestock economy (extensive cattle ranching). In the case of this Caño, which because of its local importance lacks studies and planning and management tools that allow decisions among the parties and ensure the sustainable management of their natural resources, we advance this study that defined as a research question Which is the relationship between the morphometric behavior of the Caño Quebradon micro-basin and its current uses within the framework of the environmental order?

As previously discussed, the present work had as general objective to identify the dynamic conditions of the micro-basin from morphometric parameters and the development of three specific objectives for its compliance. This study was developed in the rural sector of the municipality of Cubarral, Meta, Veredas Bajo Vergel and Jujaro.

Using as methodology the use of the arCGIS 10.3 software and Excel sheet for the calculation of the morphometric variables through the application of the mathematical expressions defined for this study. Likewise, for the analysis of results, the type of descriptive research and quantitative approach to which the present research corresponds was taken into account. The results obtained allowed to evaluate the behavior of Caño Quebrado and to establish a proposal of environmental uses for the micro watershed.

Key words: Morphometric parameters, Micro basin, Sustainable management, Ecosystem Services, Behavior, Environmental and Territorial Management.

Introducción

Las cuencas hidrográficas son importantes y necesarias para la población en general, debido a que se satisfacen parte de las necesidades básicas de subsistencia del ser humano por los servicios ecosistémicos que provee estas cuencas. Sin embargo, se registran eventos y datos que reportan el deterioro de sus recursos naturales principalmente el recurso hídrico y la cobertura vegetal a causa de la presencia del crecimiento población, asentamientos humanos y manejo insostenible de sus recursos naturales.

En el estudio Nacional del Agua publicado en el año 2014 afirma que:

La distribución por área hidrográfica de las 318 cabeceras municipales que presentan alta probabilidad de desabastecimiento muestra que el mayor número se localiza en la cuenca Magdalena-Cauca, seguida de la Caribe, Orinoquia, Amazonia y Pacífica (IDEAM, 2014, p. 79).

Afirmación que nos indica que debido a que las cabeceras municipales y la población rural se abastecen de microcuencas que no garantizan la disponibilidad del recurso en condiciones climáticas extremas durante el año y la ausencia de instrumentos de planificación que permitan reglamentar los usos y actividades permitidas. Así mismo, la implementación de acciones de seguimiento, control y monitoreo a los recursos naturales generan vulnerabilidad en promover la gestión integral las cuencas hidrográficas.

Ante esta problemática mencionada, el estado adopta la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH, donde identificaron ocho principios y por cada uno se

proyecto objetivos y estrategias para su implementación. Algunas de las estrategias acogidas fueron las siguientes.

Estrategia 1.2 – Planificación: Esta estrategia se orienta a establecer lineamientos específicos a nivel de la cuenca hidrográfica (aguas superficiales, subterráneas y marino costeras), para orientar la gestión y el uso sostenible del agua, teniendo en cuenta las dinámicas de ocupación del territorio,(.....) (IDEAM, 2014, p.97).

Estrategia 3.1 – Ordenamiento y reglamentación de usos del recurso: Esta estrategia se orienta a la implementación de la ordenación de las cuencas hidrográficas, entendida como la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna; incluye además, el registro de usuarios y la reglamentación de las aguas, (.....) (IDEAM, 2014, p.99).

Estrategia 5.2 – Formación, investigación y gestión de la información: Esta estrategia se orienta a fomentar y desarrollar acciones de investigación y de manejo de la información relacionada con el recurso hídrico, por parte de entidades o personas públicas o privadas, de tal forma que aporten a la comprensión del estado y evolución del recurso hídrico en el país, como medio para lograr el buen manejo del recurso (IDEAM, 2014, p.103).

En Colombia, las investigaciones que se han realizado con el rigor académico son pocas lo cual limita el desarrollo de la toma de decisiones. Situación que se evidencia en el Caño Quebradon que no se cuenta con información de estudios académicos que permitan a los actores públicos y/o privados y comunidad local conocer el estado de la microcuenca debido a que no se ha realizado un diagnostico ambiental que integre análisis de parámetros morfométricos,

aspectos biofísicos y físicos, sociales, culturales y económicos para determinar los usos ambientales factibles para la microcuenca.

Es por la problemática mencionada anteriormente, que este proyecto tiene como alcance promover insumos para el ordenamiento ambiental y territorial a partir de la identificación de las condiciones dinámicas del Caño Quebradon a partir de los parámetros morfométricos y dando respuesta a nuestra pregunta de investigación ¿Cuál es la relación entre el comportamiento morfométrico de la microcuenca Caño Quebradon y sus usos actuales en el marco del ordenamiento ambiental?.

1. Antecedentes

En este proyecto de grado se referencian investigaciones desde los ámbitos internacional, nacional y regional, que han obtenido como resultado insumos para promover el ordenamiento ambiental y la implementación de instrumentos económicos que ayudan a la conservación del recurso hídrico; mediante la caracterización de parámetros morfométricos. Inicialmente se citan las investigaciones del ámbito internacional.

1.1. Trabajos de Investigación en el Ámbito Internacional

Al realizar la búsqueda de los trabajos de investigación diseñados e implementados sobre la temática mencionada, se toman como referencia los resultados obtenidos del estudio, “Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina” elaborado por los autores Fernanda J Gaspari., et al, (2012) como insumo para la implementación del instrumento de Pagos por Servicios Ambientales- PSA para esta cuenca ya que suministra agua al “complejo hidráulico Embalse Paso de las Piedras, comportándose como servicio ambiental primordial para el consumo hídrico de Bahía Blanca” (Fernanda J Gaspari., et al, 2012, p.145). A partir del análisis de parámetros morfométricos como relieve, forma y red hidrográfica.

Emplearon como metodología el uso de imágenes satelitales Landsat y planos topográficos a escala 1:50.000, información que fue interpretada mediante herramientas del

Sistema de Información Geográfica construyendo un modelo de elevación para calcular cada una de las variables priorizadas en los tres parámetros morfológicos.

Esta investigación obtuvo como resultado el análisis de cada variable que compone la morfología, entre estos, se resalta que la forma de la cuenca es alargada indicando que nos es susceptible a crecientes, presenta pendientes bajas a fuertes y con poca capacidad de drenaje debido a sus condiciones de vegetación y suelo. Así mismo, que es una cuenca madura con escasa posibilidad de presentar erosión.

En el caso del país de Chile se desarrolló la investigación titulada “Análisis Morfométrico de Microcuencas Afectadas por Flujos de Detritos Bajo Precipitación Intensa en La Quebrada de Camiña, Norte Grande de Chile” por los autores Meza Aliaga., et al,(2014). La causa de esta investigación fue una remoción de masa registrada en la Quebrada de Camiña y buscó establecer cuáles eran las situaciones morfométricas de las microcuencas relacionadas y como estas condiciones favorecieron la materialización de este fenómeno natural.

En este estudio, se calcularon variables de la cuenca como; la superficie, perímetro, pendiente, factor de forma, longitud de drenajes, cauce principal, densidad del drenaje y tiempo de concentración que integran los parámetros morfométricos de relieve, forma y drenaje (Meza Aliaga, et al, 2014). Empleando herramientas del Sistema de Información Geográfico para su cálculo.

Los resultados obtenidos en esta investigación señalan que las microcuencas Chapiquilta, Camiña, y Yala-Yala son susceptibles a presentar remoción de masa debido a sus condiciones de relieve y estructura de la red hidrológica. Se concluye en esta investigación que:

Es posible señalar que las condiciones morfométricas de las microcuencas que componen la sección alta de la quebrada de Camiña son favorables para que el desencadenamiento

de movimientos en masa en general. Lo anterior queda evidenciado con los desastres ocurridos el 13 de marzo del 2012 (Meza Aliaga, et al, 2014, p. 22).

En la investigación realizada en el año 2015 titulada “Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México”. Sus autores Cruz Romero, B., et al, dividieron la cuenca en seis subcuencas y usaron el método del modelo digital de elevación a partir del software de ArcGIS versión 9.3 para el cálculo de los parámetros morfométricos de relieve, forma y drenaje a partir de planchas cartográficas a escala 1:50.000.

Obteniendo como resultado que las condiciones morfométricas analizadas determinaron que la cuenca es pequeña con una forma oval oblonga a rectangular indicando que es susceptible a presentar avenidas pero con un riesgo medio. Así mismo, sus aspectos de relieve señalan que tiene una pendiente fuerte y está en etapa de madurez. Presenta mal drenaje y con nivel lento de concentración en su escurrimiento, aunque tiene buena longitud de afluentes.

Los autores concluyen en este estudio que “La información aportada por este análisis puede ser utilizada para propósitos de estudios hidrológicos e hidráulicos que puedan involucrarse en la ordenación y planeación de este territorio” (Cruz Romero, B; et al, 2014, p. 33). Como insumos iniciales para conocer el comportamiento de la microcuenca y su relación con el uso actual que se realiza en el territorio de la cuenca.

1.2. Trabajos de Investigación en el Ámbito Nacional

A continuación, se mencionan algunas de las investigaciones científicas de rigor académico que se han realizado en Colombia, en relación a los parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas.

La escasa información de registros históricos sobre el comportamiento del ciclo hidrológico de las cuencas Colombianas dificulta la toma de decisiones para promover la gestión integral de las fuentes hídricas. Esto originó la investigación adelantada por los autores Burbano-Girón, J., et al, (2016) titulada “Análisis de la relación entre variables morfométricas y biofísicas en la estimación de características probabilísticas para la oferta hídrica superficial en Colombia”, a partir de la cual se generó un modelo estadístico.

Este modelo, analizó información de variables morfométricas, hidrológicas y biofísicas de 421 cuencas hidrográficas reportadas en el Estudio Nacional del Agua del 2004; donde identificaron que existe correlación entre las variables analizadas, obteniendo un margen de error del 15% en la información calculada. Esta investigación concluye que este modelo permite obtener información sobre la oferta hídrica en cuencas que no cuentan con registros de estaciones meteorológicas e hidrológicas.

De otra parte, en el estudio de “Caracterización Morfométrica de la Microcuenca de la Quebrada Los Andes. El Carmen de Viboral, Antioquia – Colombia”, los autores determinaron parámetros morfométricos y establecieron relaciones con el uso del suelo. Lo cual, constituye un aporte de nuevos conocimientos dado que en Colombia hay pocas investigaciones al respecto.

Los autores del estudio Yimmy Montoya Moreno y Boris Montoya Moreno utilizaron planchas cartográficas a escala 1:20.000, procesadas en el *software* Autocad 2004. Realizaron visita en campo para validar los resultados obtenidos de los índices calculados como; Índice de alargamiento, Índice de homogeneidad, Índice asimétrico, Pendiente media, Orientación, Tipo de sistema de drenaje, Tiempo de concentración de las Aguas, Cota de nacimiento y su Nivel de base. Finalmente, establecieron que de acuerdo a estos parámetros el uso del suelo de la microcuenca ha sido adecuado y no presenta alteraciones en su equilibrio.

1.3. Trabajos de Investigación en el Ámbito Regional

Después de referenciar las investigaciones desarrolladas en el ámbito nacional, se realizó la búsqueda de investigaciones con rigor académico científico en el ámbito regional, evidenciando escasas de las mismas. Por ello, a continuación se describe el único estudio encontrado con fecha inferior a cinco años.

A nivel regional en el 2016, se desarrollo la investigación titulada “Conflictos Socioambientales y Servicios Ecosistémicos En La Cuenca Del Río Orotoy: Reflexiones Para Su Gestión”, por los autores Rincón Ruíz, Lara, Castro, & Rojas, (2016). La cuenca del rio Orotoy, tiene una extensión de 18.809 ha, ubicada en cercanías de 24 veredas pertenecientes a los municipios del Meta: Acacias, Guamal, Castilla la Nueva y San Carlos de Guaroa; provee servicios ecosistémicos para el desarrollo de actividades domésticas y económicas como agropecuarias e hidrocarburos.

Por lo anterior, esta investigación tiene el alcance de evaluar el estado de los servicios ecosistémicos y conflictos de aprovechamiento sobre la cuenca, mediante el enfoque participativo. Donde se parte de información secundaria generada por entidades públicas como el DANE y privadas como Fedepalma. Adicional, se desarrollaron talleres y entrevistas con la población que se encuentra en el área de la cuenca.

Para determinar los conflictos frente a los servicios ecosistémicos y transformación de la cuenca, emplearon un software de espacialización de la información recopilada en campo y aplicaron un “Modelo operativo VIBSE para la gestión del Territorio” (Rincón Ruíz, et al. 2016, p.4). Así mismo, usaron la metodología CORINE *landcover* para la interpretación de coberturas.

Se concluyo, que el mayor conflicto en la cuenca está dado por monocultivos como la palma y la extracción de hidrocarburos, que están generado impactos en la composición ecológica de esta cuenca y disminuyendo los niveles de resiliencia para la conservación de los servicios ecosistémicos ofrecidos a la población. También, se determinó que los habitantes dependen de la oferta hídrica del río y ellos evidencian la disminución de la cantidad, calidad y regulación hídrica, presumiblemente porque carecen de escenarios de organización frente a la gestión del agua.

A nivel local las investigaciones son escasas en relación a los objetivos de esta investigación, se cuenta con documentos técnicos realizados por la autoridad ambiental competente en el departamento del Meta, para la construcción de los Planes de Ordenamiento de Cuencas Hidrográficas.

2. Planeación del problema

El departamento del Meta tiene una diversidad de cuencas hidrográficas que ofrecen a la población servicios ecosistémicos y escenarios propicios para el desarrollo de sus actividades cotidianas y así mismo, satisfacer sus necesidades básicas. Sin embargo, estas cuencas hidrográficas están siendo aprovechadas sin un ejercicio previo de planificación y ordenación que defina los usos adecuados.

Lo anterior, debido principalmente a que no se cuenta con información morfométrica que permita conocer los comportamientos de las condiciones mínimas de forma, relieve y red hidrográfica; elementos estos que orientan idealmente el ordenamiento ambiental a fin de garantizar un manejo sostenible y mitigar así el deterioro de las condiciones de resiliencia de las microcuencas.

De manera particular, se precisa el caso de la microcuenca del Caño Quebradon, ubicada en el municipio de Cubarral, departamento del Meta, en la cual se identifica el desarrollo de actividades antrópicas de las cuales se desconoce su coherencia con el comportamiento de la microcuenca debido a que se carece de la información morfométrica de la misma.

De acuerdo a lo planteado, la ejecución de esta investigación tiene como alcance dar respuesta a la siguiente pregunta ¿Cuál es la relación entre el comportamiento morfométrico de la microcuenca Caño Quebradon y sus usos actuales en el marco del ordenamiento ambiental?

3. Objetivo General

3.1.Objetivo General

Identificar las condiciones dinámicas de la microcuenca a partir de parámetros morfométricos.

3.2.Objetivos Específicos

- Caracterizar los parámetros morfométricos relacionados con el ordenamiento ambiental de la microcuenca.
- Evaluar las variables morfométricas necesarias para determinar el comportamiento de la microcuenca a nivel del ordenamiento ambiental
- Analizar el comportamiento morfométrico llegando a determinar el uso ambiental con impacto en los planes de ordenamiento territorial y ambiental.

4. Justificación

Es importante adelantar esta investigación porque aporta elementos técnicos inexistentes sobre el Caño Quebradon, tales como sus condiciones dinámicas a partir de parámetros morfométricos de relieve, forma y red hidrográfica; ya que esta microcuenca es significativa puesto que ofrece a la población servicios ecosistémicos para suplir necesidades de aprovisionamiento y económicas mediante acciones que se están desarrollando sin un soporte técnico de ordenación.

Elementos técnicos que permitirán establecer la coherencia entre los usos actuales de la microcuenca y su comportamiento morfométrico, como insumo para el ordenamiento ambiental que puede ser retomado para el diseño de planes de ordenamiento y demás instrumentos de planificación que aporten a un desarrollo sostenible a partir de la participación social y la toma de decisiones informadas. Así mismo, contribuirá a la implementación de mecanismos económicos que contribuyan a la preservación de los servicios ecosistémicos y sociales que ofrece la microcuenca.

A nivel nacional, este trabajo de grado permite avanzar en el cumplimiento de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH; ya que promueve investigación en microcuencas donde no existen estudios que contribuyan a la generación de información para ejercicios de planificación, reglamentación y ordenación del uso del recurso hídrico como instrumentos de orientación enfocada a lograr la gobernabilidad.

5. Marco Referencial

5.1.Marco Teórico

5.1.1. Ubicación General.

La Microcuenca Caño Quebradon, se encuentra ubicada en el municipio de Cubarral departamento del Meta en la cuenca hidrográfica del Orinoco.

5.1.2. Ubicación Específica.

La microcuenca del Caño Quebradon, hace parte de la sub cuenca hidrográfica del río Ariari, políticamente está conformada por las veredas Vergel Bajo y Vergel Alto, ver Figura 1.

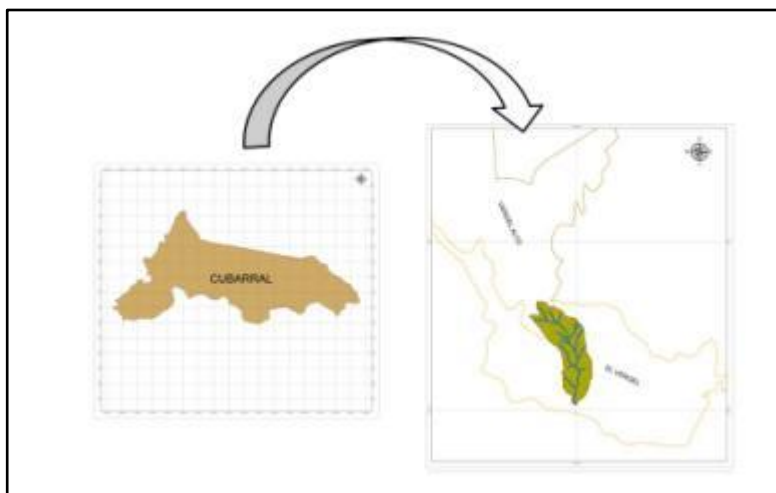


Figura 1. Ubicación General de la Microcuenca Caño Quebradon.
Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. (2017).

5.1.3. Aspectos Biofísicos.

A continuación se relaciona la descripción de los aspectos biofísicos para la microcuenca Caño Quebradon.

- Precipitación: De acuerdo a los registros anuales del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en el municipio de Cubarral se presentan precipitaciones entre 3000 – 4000 mm, indicado que es una zona con altos niveles de precipitación anual.
- Temperatura: Oscila entre 20 – 22°C.
- Clima: De acuerdo a la clasificación climática de Langla, la microcuenca presenta clima superhúmedo.
- Tipos de suelos: Para la microcuenca del Caño Quebradon predominan suelos de composición de arcilla y arena con altos niveles de acidez y bien drenados; algunos de estos tipos presentes son:
 - a) Suelos TypicTroporthents: Tienen pendientes de 25-50%, con relieve ligeramente escarpado. Se han originado a partir de esquistos, son bien drenados y profundos.
 - b) Suelos TypicDystropepts: Tienen pendientes de 25-50%, bien drenados, de profundos a superficiales, limitados por acidez extrema y alto porcentaje de aluminio de cambio; la capacidad catiónica de cambio, la materia orgánica y la fertilidad son medias a bajas.¹

¹Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento del Meta* (1).

- Hidrología: La microcuenca Caño Quebradon, que drena hacia el río Jujuaro, hace parte de la subcuenca Río Ariari la cual a su vez corresponde a la zona hidrográfica del Río Guaviare; y todas en su conjunto pertenecen al área hidrográfica Río Orinoco.

5.1.4. Aspectos Físicos.

A continuación se describen los aspectos físicos presentes en la microcuenca.

- Paisajes: La microcuenca presenta dos tipos de unidades de paisaje:
 - a) Paisaje de montaña: Ubicado en el costado oriental de la secuencia montañosa colombiana conocida como “cordillera oriental”. Se extiende desde los 700 a los 3700 m.s.n.m., presentando diferentes pisos térmicos que van desde el cálido hasta el extremadamente frío. Predominan los relieves quebrados y escarpados, con pendientes de un gradiente que varía entre los siguientes rangos: 12-25, 25-50, 50-75% y mayores.²
 - b) Paisaje de Piedemonte: Se encuentra en el pie de la secuencia montañosa colombiana conocida como “cordillera oriental” con una distribución altitudinal entre 200 y 700m.s.n.m, formando una faja estrecha y paralela a ésta, que va desde Uribe hasta el río Upía, ampliándose hacia el oriente hasta los ríos Metica – Guayabero. Este paisaje presenta condiciones de pendiente no superior del 12% con relieve de colinas, lomas, abanicos y terrazas (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004, pp.30-31).

²Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento del Meta* (1).

5.1.5. Aspectos económicos

La principal actividad económica de la población que hace uso de los recursos naturales de la microcuenca Caño Quebradon, corresponde a ganadería extensiva doble propósito y en menor proporción a agricultura de pequeña escala, comercio de elementos básicos de la canasta familiar y ecoturismo.

5.2. Diagnóstico Ambiental

La microcuenca presenta presiones asociadas principalmente al conflicto de uso del suelo por actividades de praderización para ganadería extensiva. Adicional, se evidencia que existe la captación del recurso hídrico en dos puntos (cuenca alta y baja) para el suministro de agua a una población asentada en las veredas Vergel, Marayal, inspección del Jujuaro y Casco Urbano de Cubarral.

5.3. Marco Legal

Este marco legal está dirigido a presentar la revisión normativa colombiana asociada a la ejecución de esta investigación.

En el Decreto Ley 2811 de 1974 de la República de Colombia se dispone en su artículo 1 que:

El ambiente es patrimonio común. El estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.

La preservación y manejo de los recursos naturales renovables también son de utilidad pública e interés social (Decreto 2811,1997, art.1).

Por su parte, el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), compiló los decretos del sector desarrollo sostenible y de ambiente del país. Es relevante para este estudio referenciar lo siguiente.

El Título 3, Capítulo 1 “Instrumentos para la Planificación, Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas y Acuíferos”, consolida la disposición del Decreto 1640 de 2012 desde la sección 1 a la 10; donde se indican los instrumentos de planificación de acuerdo a la estructura hidrográfica y las fases para su construcción.

En el Decreto 1807 de 2014 de la República de Colombia se por medio del cual “se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial” (Decreto 1807, 2014).

5.4. Marco Conceptual

Es pertinente tener en cuenta en el desarrollo de esta investigación los conceptos que se relacionan a continuación.

La crisis del estado de deterioro que se viene reportando en las cuencas hidrográficas y sus servicios ecosistémicos en algunas regiones de Colombia, originada por los altos niveles de crecimiento poblacional, ocupación en las áreas estratégicas para su conservación y el manejo no sostenible de los recursos naturales presentes en las cuencas; está generando riesgo para

garantizar estos servicios ambientales a las nuevas generaciones. De acuerdo a este contexto se establece que se entiende por cuenca hidrográfica lo siguiente.

Por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

(Decreto 1076, 2015, art. 2.2.3.1.1.3)

Debido a la crisis mencionada vivida en el país, el gobierno junto con las entidades competentes del sector ambiental diseña herramientas que promueven la gestión ambiental mediante ejercicios de ordenación que contribuyen a generar un equilibrio social y ambiental a partir de proyectos y/o estrategias de uso y enfoque sostenible. Lo cual, indica que el ordenamiento ambiental territorial se ha definido como el accionar de “regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible” (Ley 99, 1993, art.7).

Entre otras acciones, el gobierno diseñó una política enfocada a la Gestión Integral del Recurso Hídrico que “es un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinados del agua, la tierra y otros recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar económico y social resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales” (La Asociación Mundial para el Agua, 2017, p.7).

Esta política, busca involucrar a los actores sociales, públicos y privados que hacen uso de las cuencas hidrográficas, para que participen en la implementación de las acciones de

planificación y ordenación de las cuencas, con una correlación estrecha entre el uso del suelo y los factores naturales y sociales presentes; con el fin de tomar decisiones con enfoque de equidad, eficiencia en el aprovechamiento de los recursos y que conlleven a mitigar los conflictos actuales.

Por lo anterior, el país hace seguimiento a la formulación e implementación de los instrumentos de planificación, ordenamiento y reglamentación de las cuencas hidrográficas, con el enfoque de participación comunitaria en todas sus fases. En estos ejercicios se realizan estudios técnicos para conocer la situación actual de las cuencas y su relación con las dinámicas sociales, culturales y económicas.

Algunas de las propiedades morfométricas que se analizan, en dichos estudios, son los parámetros de relieve, forma y drenaje para conocer el comportamiento de la cuenca ya sea mediante modelaciones o interpretación de las variables en relación a ocupación y uso. De acuerdo a lo expuesto, el análisis morfométrico tal como lo afirma el autor Gaspari et al, (2013), “Permite explicar el movimiento del agua superficial y predefinir la oferta hídrica complementada con otros modelos matemáticos. Esta oferta de agua puede ser el inicio de una estrategia básica de ordenamiento territorial y desarrollo local” (p.144).

Para finalizar, se define que los servicios ecosistémicos, se entienden como “Procesos y funciones de los ecosistemas que son percibidos por el humano como un beneficio (de tipo ecológico, cultural o económico) directo o indirecto (Decreto 1076, 2015, art. 2.2.3.1.1.3).

6. Metodología

6.1.Descripción de la Zona de Estudio

La zona de estudio de esta investigación es la microcuenca del Caño Quebradon, ubicada en las veredas Vergel Bajo y Alto del municipio de Cubarral, Meta. Su descripción se presentara en tres partes, cuenca alta, media y baja.

6.1.1. Cuenca Alta.

La cobertura vegetal en esta parte de la microcuenca, evidencia disminución del bosque ripario donde se encuentran establecidos potreros de grandes extensiones, cuyos suelos denotan compactación causada por el pisoteo del ganado y presencia de erosión fluvial por la ausencia de cobertura boscosa.

Hay presencia de asentamientos humanos como el de una casa habitacional ocupada por tres (3) personas; cuya actividad económica se deriva de la ganadería extensiva doble propósito. Así mismo, registran uso directo del recurso hídrico para cubrir sus necesidades domésticas y pecuarias.

En el nacimiento del cauce principal de la microcuenca existe abundante cobertura boscosa principalmente de bosque primario, donde la pendiente es muy fuerte lo cual limita el acceso a la misma para su aprovechamiento.

Adicional, se encuentra establecida la infraestructura de captación de agua superficial del acueducto de La Asociación de Veredas Vergel Bajo- Marayal, mediante la cual se suple la demanda hídrica de la población de estas veredas y de un grupo de personas que viven en el casco urbano del municipio de Cubarral.

6.1.2. Cuenca Media.

Esta zona de la microcuenca presenta bosque secundario, con pendiente moderada y relieve ondulado y suelos de composición de arcilla. Adicional, se han realizado acciones de exploración sísmica de hidrocarburos.

Existe la presencia de dos (2) propietarios en la cuenca media, uno de ellos cuenta con infraestructura de establo para ganadería y casa residencial, su economía principal es la ganadería extensiva con establecimiento de potreros tecnificados de pequeña extensión. El segundo propietario es el Ejército Nacional del Ministerio de Defensa, el cual hace uso de este terreno para ejercicios de reentrenamiento, en esta propiedad la cobertura vegetal, se encuentra en proceso de recuperación ecológica pasiva ya que anteriormente el uso del suelo estaba destinado a potreros y actualmente no se han realizado acciones de aprovechamiento.

6.1.3. Cuenca Baja.

En la cuenca baja de la microcuenca hay presencia de bosque secundario, la pendiente es baja y relieve ondulado. No se registran asentamientos humanos ni usos sobre el terreno. Se encuentra ubicada la infraestructura de captación, almacenamiento y distribución del acueducto Veredal el Jujuaro, que suple la demanda de esta vereda y la población de la inspección de Puerto Ariari.

6.2. Metodología de la Investigación

Para el presente estudio se tomara como referencia el alcance del enfoque y tipo de investigación que se describe a continuación.

6.2.3. Tipo de Investigación.

El tipo de investigación empleado para llevar a cabo este estudio es de alcance descriptivo, el cual tiene como resultado la generación de información de variables de la microcuenca del Caño Quebradon, para conocer su comportamiento morfométrico.

6.2.4. Enfoque de la Investigación.

Es de enfoque cuantitativo que se caracteriza por recolectar datos e información y el desarrollo de fórmulas matemáticas que permiten dar respuesta a la pregunta de investigación planteada.

Este estudio, se caracteriza por seguir el enfoque de investigación anteriormente mencionado, ya que durante el proceso investigativo a desarrollar en la microcuenca Caño Quebradon, se estudiara un problema delimitado y concreto mediante la aplicación de métodos y protocolos a partir de los cuales se obtendrán resultados de confianza.

6.3. Muestra y Población

Para el desarrollo de la investigación se toma como población las comunidades que están ubicadas en las veredas del Vergel Bajo, Marayal, Jujuaro e Inspección del Ariari quienes aprovechan los recursos naturales de la microcuenca. La muestra de esta investigación corresponde al 100% del área de la microcuenca ya que los parámetros serán calculas para toda su superficie.

6.4. Procedimiento

La Metodología empleada para el desarrollo de la presente investigación, se adelanta en tres etapas de acuerdo a la *Guía para la Presentación de Proyecto Final*, diseñada en el año 2013 por el Comité de Investigación de la facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Santo Tomás, relacionadas a continuación.

- Etapa de Investigación
- Etapa de Identificación
- Etapa de Formulación

6.4.1. Desarrollo de la Etapa de Investigación.

En la etapa de investigación propuesta en la “Guía para la Presentación de Proyecto Final”, se desarrolla la propuesta de las actividades para dos objetivos específicos, relacionados a continuación.

Objetivo específico 1. Caracterizar los parámetros morfométricos relacionados con el ordenamiento ambiental de la microcuenca.

Objetivo específico 2. Evaluar las variables morfométricas necesarias para determinar el comportamiento de la microcuenca a nivel del ordenamiento ambiental.

Para el desarrollo de esta primera fase, se proyecta la búsqueda de información secundaria y primaria para la obtención de los insumos necesarios para el cálculo de las variables en la segunda fase. Las actividades que se proyectan para el cumplimiento de los objetivos se describen en la Tabla 1.

Tabla 1
Actividades de la Etapa de Investigación

Actividades	Acciones	Fuente de Recolección de La Información
Solicitud y compilación de la información primaria para la priorización de los parámetros morfométricos del Caño Quebradon.	Diseño del protocolo para la salida de campo.	Estudiante de la investigación
	Visita de campo para el reconocimiento de la microcuenca y priorización de parámetros morfométricos.	
	Sistematización de la información recopilada en campo en formato diseñado.	
Consultar la información secundaria para la caracterización de los parámetros morfométricos relacionados con el ordenamiento ambiental de la microcuenca.	Identificación y priorización de los parámetros morfométricos para la microcuenca.	Estudiante de la investigación
	Caracterización de los parámetros morfométricos de relieve, forma y red hidrográfica priorizados.	Bibliotecas y publicaciones.
Solicitud de información cartográfica.	Trámite de solicitud de plancha cartográfica de curvas de nivel y fuentes hídricas a Escala 1:25.000.	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

Una vez consolida la información primaria y secundaria, se adelantarán la etapa de identificación que se describe a continuación.

6.4.2. Desarrollo de la Etapa de Identificación.

Esta etapa se centrará en la estimación de los parámetros morfométricos para determinar el comportamiento de la microcuenca a nivel del ordenamiento ambiental, mediante la aplicación de software de sistemas de información geográfica y hoja de cálculo.

Se iniciará con el ejercicio de delimitación de la microcuenca, mediante técnica manual apoyada con el software arcGIS versión 10.3; es decir, se realizara la interpretación de la plancha cartográfica suministrada de curvas de nivel y red de drenaje para determinar el límite del Caño Quebradon. Una vez, se cuente con el polígono del Caño se estimara los parámetros básicos, a) área de la microcuenca (kilómetros - km); b) longitud de la cuenca (km); c) perímetro de la cuenca; usando las herramientas del software.

La actividad siguiente, será realizar el diseño del modelo de elevación digital con el software arcGIS a partir del shape de curvas de nivel suministrado por el IGAC. Con este modelo se obtendrá información de base para despejar las expresiones matemáticas que componen cada variable morfométrica como se registra en la Tabla 2.

Tabla 2
Información de base obtenida del Sistema de Información Geográfica

Parámetro Morfométrico	Tipo de Exponente	Expresión simbólica	Unidad de Medida
Básico	Área de la cuenca	A	*Km ²
	Longitud de la cuenca	L	**Km
	Perímetro de la cuenca	P	**Km
Relieve	Altitud máxima del cauce	H _{max}	***m.s.n.m
	Altitud mínima del cauce	H _{min}	***m.s.n.m
	Longitud entre curvas de nivel	-----	**Km
Drenaje	Número de drenajes	N _d	
	Longitud de drenajes	L _d	**Km
	Longitud del cauce principal de la cuenca	L _p	**Km

Nota: *kilómetros cuadrados, **kilómetros, *** metros sobre el nivel del mar.

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

Para determinar el número de drenajes se empleara el método de Horton – Strahler, el cual será representado en una salida gráfica para la ilustración de los tipos de drenajes que componen la microcuenca.

Una vez obtenidos los datos anteriores, se continuara con el desarrollo del cálculo de las fórmulas matemáticas de los índices que componen los parámetros morfométricos priorizados para la microcuenca del Caño Quebradon. Para su ejecución, se emplearan las expresiones matemáticas que se encuentran consolidadas en la Tabla 3. La información obtenida se consolidara en una hoja de cálculo de Excel.

Tabla 3
Parámetros priorizados para la microcuenca Caño Quebradon

Parámetro Morfométrico	Índice	Expresión simbólica	Expresión matemática	Significado de la expresión matemática	Método empleado
Básico	Ancho de la cuenca	W	$W = \frac{A}{L}$	A: Superficie de la cuenca en Km ² L: Longitud de la cuenca km ²	---
Forma	Factor de compacidad.	Kf	$Kc=0,28X \left[\frac{P}{\sqrt{A}} \right]$	Kc: Índice de la compacidad. P: Perímetro de la cuenca (km). A: Área de la cuenca (Km ²).	---
	Factor de Forma	F	$F = \frac{A}{L^2}$	A: Área de la cuenca (km ²). Lm: Longitud de máximo recorrido (km).	---
	Índice de Alargamiento	L _a	$l_a = \frac{L_m}{l}$	L _m : Longitud máxima (km). l: Ancho máximo (km).	---
Relieve	Pendiente media de la cuenca	S _m	$S_m = \frac{D \cdot L_c}{A}$	D: Diferencia de nivel entre las curvas de nivel del plano topográfico empleado (km). A: Área total de la cuenca (km ²). L _c : Longitud de la curva de nivel (km).	Método de Alvord
	Curva Hipsométrica	----	No tiene fórmula	Se diseñara diagrama con los datos de las alturas (curvas de nivel).	---
	Elevación media	E _m	$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i x e_i}{A_t}$	A _i : Área de cada franja Km ² . e _i : Promedio de las curvas de nivel que delimitan cada franja (m.s.n.m). A _t : Área total de la cuenca Km ²	Método áreas- elevación
	Coeficiente de Masividad		$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m.s.n.l)}}{\text{Área de la cuenca (Km}^2\text{)}}$	-----	---

Parámetro Morfométrico	Índice	Expresión simbólica	Expresión matemática	Significado de la expresión matemática	Método empleado
Drenaje	Pendiente media de la cuenca principal	S	$S = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} \times 100$	$H_{\max}$: Altitud máxima del cauce (m.s.n.m.). $H_{\min}$: Altitud mínima del cauce (m.s.n.m.). L_p Longitud del cauce principal de la cuenca (km).	Método de las elevaciones extremas
	Densidad del drenaje	D_d	$D_d = \frac{\sum Li}{A}$	$\sum Li$: Suma de las longitudes de los drenajes que se integran en la cuenca (km). A: Área de la cuenca (km ²).	Método de Horton
	Constante de estabilidad	C	$C = \frac{A}{\sum Li}$	A: Área de la cuenca (km ²). $\sum Li$: Suma de las longitudes de los drenajes que se integran en la cuenca (km).	Método de Schumm
	Índice de Torrencialidad	C_t	$C_t = \frac{n_1}{A}$	n_1 : Número de corrientes de primer orden según el método de Horton. A: Área de la cuenca (km ²).	Método de Horton
	Tiempo de concentración	T_c	$T_c = \frac{0.01947 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$	L_p Longitud del cauce principal de la cuenca (m). S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca H (m), divida por la longitud del cauce principal de la cuenca L (m) (m/m).	Fórmula de Kispich (Kispich, 1940)

Nota: Las formulas consolidas en la tabla fueron tomadas de la *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, (2010)* elaborada por Reyes Trujillo, Barroso, & Carvajal Escobar.
Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

Para la interpretación de los parámetros morfométricos de forma y relieve calculados, se tomaran como referencia los rangos y descripción es enunciados en la Tabla 4.

Tabla 4

Interpretación de parámetros de forma y relieve

Parámetros Morfométricos	Índice del Parámetro morfométrico	Interpretación
Forma	Factor de Forma de compacidad.	K_c 1,00 – 1,25: Cuenca redonda a oval redonda. K_c 1,25 – 1,50: Cuenca de oval redonda a oval oblonga.
	Factor de Forma	K_c 1,50 – 1,75: Cuenca de oval oblonga a rectangular oblonga. F > 1: Cuenca achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas. F < 1: Cuenca alargada, baja susceptibilidad a las avenidas.
	Índice de Alargamiento	I_a > 1: Cuenca alargada I_a ≈ 1: Cuenca achatada, y por lo tanto el cauce principal es corto.
Relieve	Coeficiente de masividad	0 – 35 : Moderadamente montañosa 35 – 70: Montañosa 70 – 105: Muy Montañosa
	Pendiente Media de la Cuenca	0 -3 Plano 3-7 Suave 12 – 20 Medianamente Accidentado 12 – 20 Accidentado 20 – 35 Fuertemente Accidentado 35 – 50 Muy Fuertemente Accidentado 50 – 75 Escarpado < 75 Muy Escarpado

Nota: Los aspectos de referencia para la interpretación de los índices morfométricos fueron tomados de la *Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas*, (2010) elaborada por Reyes Trujillo, Barroso, & Carvajal Escobar.

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

6.4.3. Desarrollo de la Etapa de Formulación.

En esta fase de la investigación se abordara el objetivo específico 3 “Analizar el comportamiento morfométrico llegando a determinar el uso ambiental”. Para su desarrollo se adelantaran las siguientes actividades.

Actividad 1. Identificar las presiones derivadas de las actividades antrópicas de la microcuenca que fueron evidenciadas en la salida de campo.

Actividad 2. Interpretar los resultados obtenidos de los parámetros morfométricos.

Actividad 3. Realizar un análisis de la interpretación de los parámetros morfométricos y de las actividades desarrolladas para identificar los usos ambientales apropiados para la microcuenca de acuerdo a su diagnóstico ambiental.

7. Resultados

Se presentan los resultados obtenidos para identificar y explicar las condiciones dinámicas del Caño Quebradon a partir de parámetros morfométricos como insumos para el ordenamiento ambiental. Donde se identificaron los usos de la microcuenca y se calcularon variables que integran los parámetros de forma, relieve y drenaje. La exposición de los resultados se realiza en tres etapas, investigación, identificación y formulación.

7.1. Resultados de la Etapa de Investigación

En esta fase se obtuvo información primaria y secundaria para el desarrollo de los objetivos específicos uno y dos. A continuación se relacionan dichos resultados.

7.1.1. Priorización de parámetros morfométricos.

De acuerdo a las actividades proyectadas se obtuvieron los siguientes productos.

- Protocolo para la salida de campo (ver Apéndice A).
- Reconocimiento de la microcuenca Caño Quebrado a partir de la información recopilada en salida de campo (ver Apéndice B y C).

Durante la visita de reconocimiento de la microcuenca se evidencia que está siendo aprovechada para el desarrollo de actividades de ganadería extensiva, praderización, captación del recurso hídrico; con mayor intervención en la cuenca alta. En

la cuenca media y baja, se evidencia procesos de recuperación natural y un punto de captación de agua.

Así mismo, se registró condiciones ambientales y físicas para la microcuenca como; pendiente fuerte en la cuenca alta, en la parte media y baja pendiente moderada, afluentes que drenaban el cauce principal, cobertura vegetal (bosque primario y secundario) y tipo de suelo (textura e infiltración).

7.1.2. Caracterización de parámetros morfométricos.

Los criterios para la priorización de los parámetros morfométricos a calcular para la microcuenca Caño Quebradon fueron los siguientes:

- Las condiciones físicas y ambientales que se evidenciaron durante el recorrido de campo.
- Parámetros que permitiera comparar el uso ambiental coherente con la microcuenca.
- Disponibilidad de la información para su cálculo.

A continuación, se presentan la priorización de los parámetros morfométricos básicos, de forma, relieve y drenaje para el Caño Quebradon, ver Tabla 5.

Tabla 5
Parámetros morfométricos priorizados

Parámetro Morfométrico	Tipo de Exponente
Básico	Área de la cuenca
	Longitud de la cuenca
	Perímetro de la cuenca
	Ancho de la cuenca
Forma	Factor de Compacidad
	Factor de Forma
	Índice de Alargamiento
Relieve	Altitud máxima del cauce
	Altitud mínima del cauce
	Pendiente media de la cuenca
	Curva Hipsométrica
	Elevación media
	Coeficiente de Masividad
	Pendiente media de la cuenca principal
Drenaje	Número de drenajes
	Constante de estabilidad
	Índice de Torrencialidad
	Tiempo de concentración

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

La caracterización de los parámetros morfométricos priorizados se relaciona a continuación.

Parámetros Básicos.

Área de la cuenca: Es la medida de la superficie de la cuenca, encerrada por la divisoria topográfica. El área de la cuenca se considera como el área que contribuye con la escorrentía superficial y está delimitada por la divisoria topográfica (Heano, J., 2012, p.57).

Longitud de la cuenca: La distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca (Heano, J., 2012, p.58).

Perímetro de la cuenca: Es la medición de la línea envolvente del área (Heano, J., 2012, p.58).

Ancho de la cuenca: Es la relación entre el área y la longitud de la cuenca (Cardona, B. L., 2013, p.3).

Parámetros de Forma.

La forma de la cuenca controla la velocidad con que el agua llega al cauca principal. Cuando sigue su curso, desde el origen hasta la desembocadura (Heano, J., 2012, p.59). Este parámetro permite conocer los movimientos de la cuenca en relación a sus características de forma.

Factor de Compacidad: Indicador adimensional de la forma de la cuenca, basado en la relación del perímetro de la cuenca con el área de un círculo igual a la de la cuenca (círculo equivalente); de esta manera, entre mayor sea el coeficiente más distante será la forma de la cuenca con respecto del círculo (Reyes, A., et al, 2010, p. 34).

Factor de Forma: Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas y sostenidas, según su comportamiento, si tiende hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca (Reyes, A., et al, 2010, p. 34).

Índice de Alargamiento: Parámetro que muestra el comportamiento de forma de la cuenca, pero esta vez no respecto a su redondez sino a su tendencia a ser de forma alargada, en relación con su longitud axial, y con el ancho máximo de la cuenca. Aquellas cuencas que registran valores mayores a uno presentan un área más larga que ancha, obedeciendo a una forma

más alargada. Igualmente, este índice permite predecir la dinámica del movimiento del agua en los drenajes y su potencia erosiva o de arrastre (Reyes, A., et al, 2010, p. 35).

Parámetros de Relieve.

Pendiente media de la cuenca: Es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión; mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación (Reyes, A., et al, 2010, p. 39).

Curva Hipsométrica: Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, lo que genera la base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas (Reyes, A., et al, 2010, p. 48). Esta curva se diseña teniendo como insumo las curvas de nivel y la superficie de la cuenca.

Elevación media: Es aquella que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, la elevación correspondiente al 50% del área total. (Reyes, A., et al, 2010, p. 49).

Coefficiente de Masividad: Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie (ecuación 2.1 O). Permite diferenciar cuencas de igual altura media pero de relieve distinto, aunque puede dar valores iguales para cuencas distintas, por lo que no sería válido para definir como tal la erosión (Reyes, A., et al, 2010, p. 53).

Parámetros de Drenaje.

Pendiente media de la cuenca principal: Es uno de los factores importantes que inciden en la capacidad que tiene el flujo para transportar sedimentos, por cuanto está relacionada directamente con la velocidad del agua (Reyes, A., et al, 2010, p. 74).

Número de drenajes: Es una clasificación que se les da a los diferentes cauces y que toman un determinado valor, de acuerdo con el grado de bifurcación (Reyes, A., et al, 2010, p. 66).

Constante de estabilidad: Representa, físicamente, la superficie de cuenca necesaria para mantener condiciones hidrológicas estables en una unidad de longitud de canal. Puede considerarse, por tanto, como una medida de la erodabilidad de la cuenca (Reyes, A., et al, 2010, p. 73).

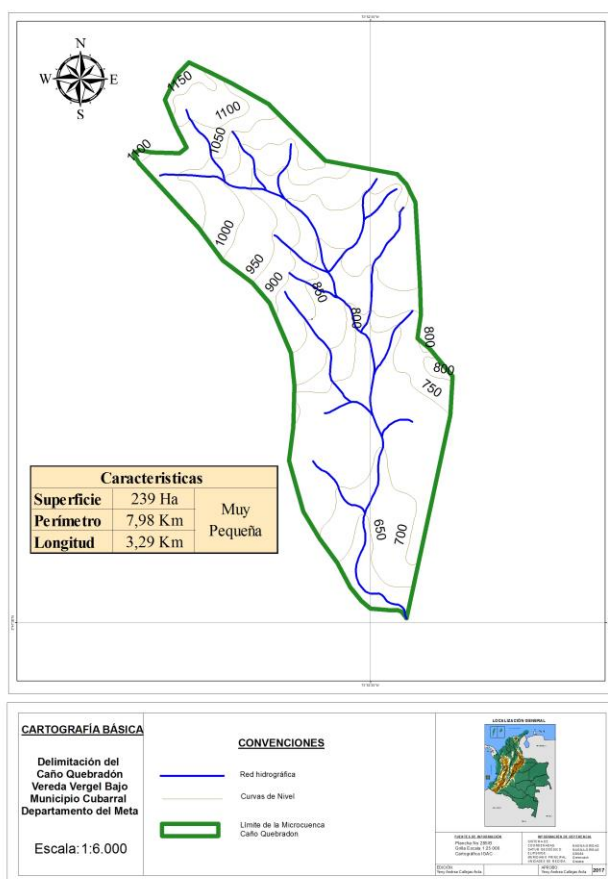
Índice de Torrencialidad: Relaciona el número de corrientes de primer orden (según método Horton) y el área total de la cuenca. Este índice es utilizado para definir el carácter torrencial de una cuenca (Reyes, A., et al, 2010, p. 73).

Tiempo de concentración: El tiempo que tarda en llegar a la sección de salida de interés la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca (Reyes, A., et al, 2010, p. 77).

7.2. Resultados de la Etapa de Identificación.

En esta etapa, se presentan los resultados del objetivo específico dos, definido en el proyecto de investigación. El procedimiento del cálculo de los parámetros morfométricos se relaciona en el Apéndice D y E.

Con la utilización de las herramientas del software ArcGIS, y plancha cartográfica de curva de nivel a escala 1:25.000; se obtuvo el polígono de la microcuenca del Caño Quebradon con una superficie de **2,39 Km²**equivalente a 239 Hectáreas, ver Mapa 1.



Mapa 1. Delimitación Microcuenca Caño Quebradon
 Fuente: Elaborado por la autora de la tesis. (2017).

En la Tabla 6 se consolidan los resultados de los dieciocho (18) índices que componen los parámetros de forma, relieve y drenaje para la microcuenca del Caño Quebradon; mediante el uso de las expresiones matemáticas y hoja de cálculo.

Tabla 6
Resultado de los Parámetros Morfométricos Caño Quebradon

Morfometría	Resultado	Unidad de Medida	Característica de comportamiento
Área de la cuenca	2,39	*Km ²	Muy pequeña
Perímetro	7,98	**Km	-
Longitud	3,29	**Km	Corto
Ancho cuenca	0,73	Km	-
Elevación media	851	***m.s.n.m	Baja
Altitud mínima	600	***m.s.n.m	-
Altitud máxima	1100	***m.s.n.m	-
Desnivel	875	****Mts	Bajo
Factor de Forma (F)	0,22	----	Alargada
Coefficiente de compacidad (kc)	1,45	----	Oval redonda a oval oblonga
Índice de Alargamiento Horton (L _a)	4,53	----	Muy alargada
Coefficiente de masividad (K _m)	356	----	Muy montañosa
Pendiente media cuenca	14%	----	Accidentado
Pendiente media cauce principal	15,6%	----	Fuerte
Densidad de drenaje	3,79	*Km ²	Bien drenada
Constante de estabilidad	0,63	*Km ²	Suelos frágiles y susceptibles a erosión
Índice Torrencialidad C _t .	4,18	*Km ²	Medianamente Torrencial
Tiempo de concentración	20	*****M	

Nota: *kilómetros cuadrados, **kilómetros, *** Metros Sobre el Nivel del Mar, ****Metros, *****Minutos.
 Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

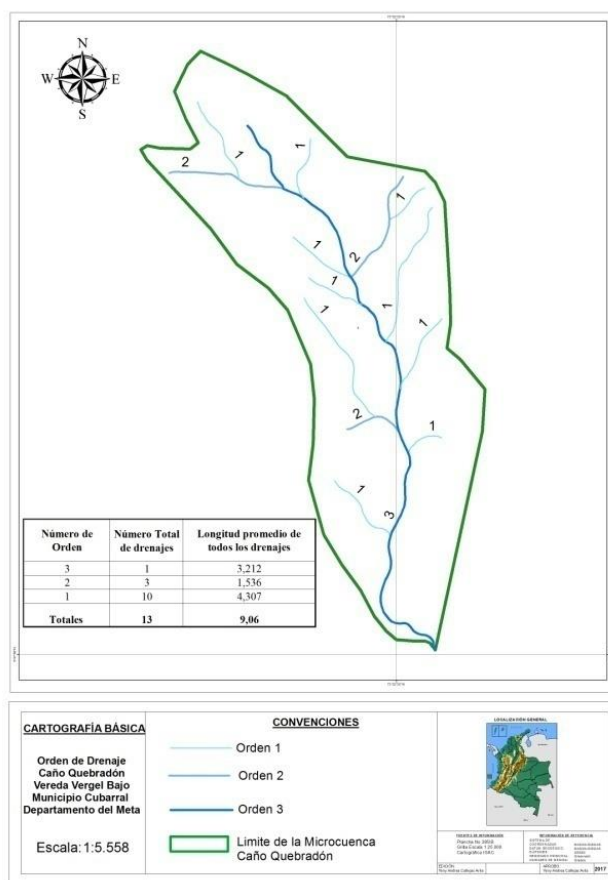
7.3. Resultados de la Etapa de Formulación.

En esta etapa, se presentan los resultados del objetivo específico tres, definido en el proyecto de investigación. De acuerdo a los resultados obtenidos de los parámetros morfométricos cálculos y las actividades de uso que se evidenciaron en la microcuenca Caño

Quebradon, se identificaron insumos técnicos para realizar el siguiente análisis del comportamiento de la microcuenca.

En primer momento los resultados indican que el Caño Quebrado es muy pequeño ya que tiene una extensión de 239 hectáreas con una longitud corta equivalente a 3,29 Km, su forma es oval redonda a oval oblonga y predominantemente alargada.

Tener una forma alargada, indica que la microcuenca tiene características que favorecen su red de drenaje, ya que permite desaguar el volumen hídrico durante una crecida con mayor eficiencia y bajo riesgo de presentar inundaciones. Los índices de drenaje calculados corroboran que la cuenca tiene un cauce principal clasificado como orden 3, con una extensión de 3,2 Km² y un total de 13 drenajes de tipo 1 y 2 con una longitud total de 5,8 Km², ver Mapa 2. Lo cual, permite determinar que el Caño está bien drenado y cuenta con una red de drenaje desarrollada y estructurada con buena capacidad de almacenamiento de las corrientes y de evacuación del recurso hídrico.

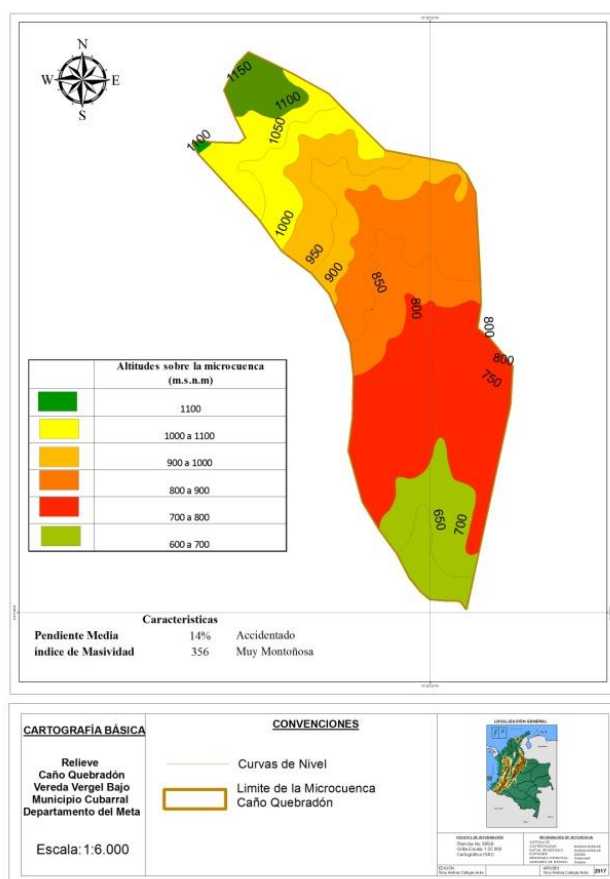


Mapa 2. Orden Drenaje Caño Quebradon.
 Fuente. Elaborado por la autora de la tesis. 2017.

El índice de torrencialidad obtenido es de $4,18 \text{ Km}^2$, el cual muestra que la microcuenca es medianamente ligera a la susceptibilidad de inundaciones, ya que la red de su afluente principal es de forma muy alargada y presenta un tiempo de concentración de 20 minutos para evacuar desde su punto de nacimiento a la desembocadura del Caño durante un evento de precipitación.

En relación a los parámetros de relieve la microcuenca presenta altitudes entre los 600 a 1100 m.s.n.m y de acuerdo a los resultados del cálculo de la pendiente, se puede establecer que la forma del terreno es muy montañosa y accidentada (ver Mapa 3). De acuerdo a la observación en campo, se puede argumentar que en la cuenca alta se evidencian fuertes pendientes y en la

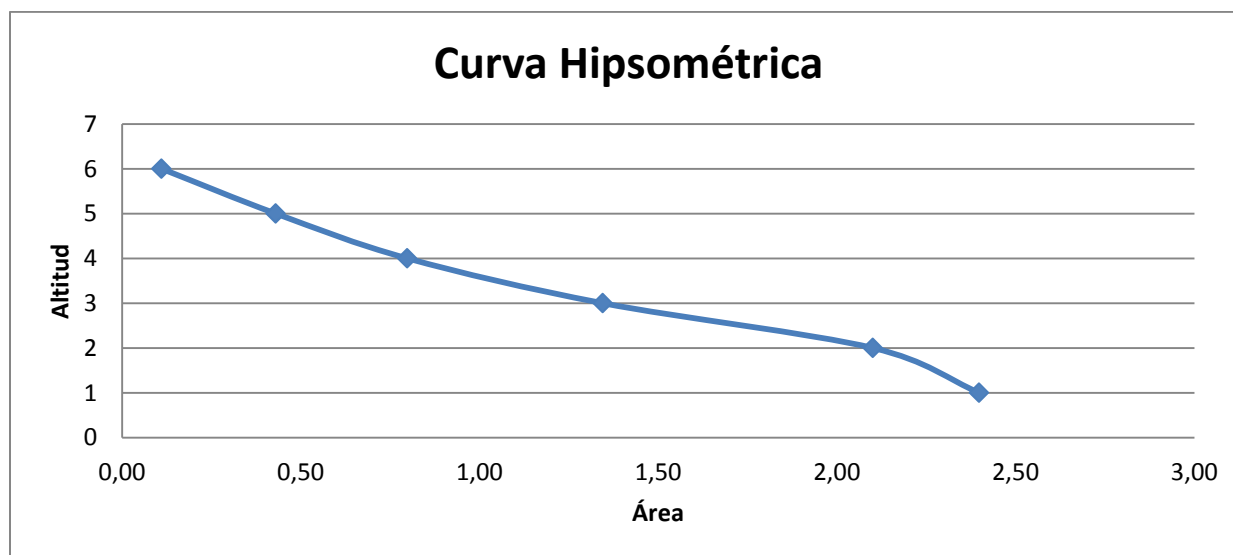
cuenca media y baja el terreno es suavemente ondulado. Esta característica hace vulnerable al Caño en cuanto a la probabilidad de materializarse fenómenos naturales como erosión natural o remoción en masa, especialmente en la parte alta de la microcuenca ya que se observó la transformación de la cobertura vegetal a praderización para uso pecuario principalmente ganadería extensiva.



Mapa 3. Relieve del Caño Quebradon
Fuente. Elaborado por la autora de la tesis. 2017.

Por lo tanto, la curva hipsométrica refleja desequilibrio en el comportamiento de masa del Caño, demostrando que es joven y propenso a sufrir erosión natural en su superficie. Esta

situación se ve favorecida por las características del suelo y la ausencia de cobertura vegetal en las zonas con pendiente fuerte y moderada, ver Gráfica 1.



Gráfica 1. Curva Hipsométrica del Caño Quebradon.

Nota: Ilustra la intersección de curvas de nivel y su número de ocurrencia.

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017.

De acuerdo al comportamiento morfométrico del Caño Quebradon y a las actividades del uso actual. Es fundamental, identificar algunos usos para su ordenamiento ambiental con el fin de garantizar el manejo sostenible y la conservación del suelo, agua y biodiversidad; como base de la existencia de los servicios ecosistémicos que ofrece a la comunidad y al equilibrio del ecosistema.

Para la identificación de los usos ambientales, se tomó como referencia la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenamiento y Manejo de Cuencas Hidrográficas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ver Tabla 7 y Mapa 4.

Tabla 7
Propuesta de Usos para la microcuenca Caño Quebradon

Propuesta de Uso	Zona a considerar para el uso	Justificación
Área en Conservación	En la parte alta	Se encuentra conservada.
Área de importancia ambiental	El cauce principal y sus drenajes.	Por las condiciones optimas de una buena red de drenaje y almacenamiento del recurso puede prestar servicios de aproximamiento a la población. Lo cual, se debe garantizar su conservación.
Áreas Agrosilvopast oriles	En la parte media –alta	De acuerdo a las condiciones de relieve, el estado de juventud y las características del suelo hace a la microcuenca susceptible a la generación de fenómenos naturales por el mal manejo.
Áreas de recuperación ecológica	Cuenca baja Media	En esta parte de la cuenca se encuentra en proceso de recuperación pasiva lo cual permite garantizar la conservación de la biodiversidad y servicios de la microcuenca.
Áreas de amenazas naturales	En la parte alta - media	Por las condiciones de un terreno con pendiente fuerte, las condiciones de suelo y la actividad pecuaria que se realiza hace vulnerable a la materialización de fenómenos naturales.

Fuente. Elaborada por la autora de la tesis. 2017



Mapa 4. Usos para la microcuenca Caño Quebradon.
Fuente. Elaborado por la autora de la tesis. 2017.

8. Conclusiones

En esta tesis se identificó para el Caño Quebrado dieciocho (18) índices que integran los parámetros morfométricos de forma, relieve y drenaje, los cuales permitieron conocer su comportamiento a partir de un análisis cualitativo que aportó elementos técnicos que pueden ser incluidos en ejercicios de ordenamiento ambiental.

La aplicación de las expresiones matemáticas y la interpretación de los resultados permitieron determinar que el Caño Quebrado tiene un comportamiento poco susceptible a la materialización de inundaciones ya que su forma es alargada y la estructura del terreno permite la evacuación de las precipitaciones en un tiempo estimado de 20 minutos.

Otro aspecto importante de los resultados de la investigación es que la microcuenca, tiene buena estructura de drenaje que permite el almacenamiento y regulación del recurso hídrico para el abastecimiento de este servicio ecosistémico a la población. Sin embargo, es vulnerable al riesgo de deterioro a causa de los usos que se encuentran en la parte alta de la cuenca.

El resultado obtenido del parámetro de relieve, indicó que el Caño presenta pendiente accidentada equivalente al 16% y su factor de masividad muestra que es montañoso. Aunado a lo anterior, se estableció que es susceptible a fenómenos naturales como erosión natural por estar en una etapa de evolución joven.

Esta investigación permitió conocer las dinámicas comportamentales del Caño Quebradon y la identificación de usos compatibles a su interior, como lo son áreas que se destinen a protección, recuperación y silvopastoreo; que permitan iniciar la gestión integral de la microcuenca evitando el manejo inadecuado del suelo y del recurso hídrico.

9. Recomendaciones

Considerando que los resultados obtenidos de esta investigación arrojaron elementos técnicos, desde un análisis morfométrico, para el desarrollo de un ejercicio de ordenamiento ambiental del Caño Quebradon y por su importancia a nivel local por la prestación de sus servicios ecosistémicos, principalmente de aprovisionamiento; se hace necesario realizar algunas recomendaciones a las autoridades locales competentes y a la comunidad que hacen uso de este.

Adelantar ejercicio de ordenamiento ambiental (plan de manejo ambiental) para el Caño Quebradon, debido a su importancia local ya que aporta servicios ecosistémicos a la población.

Realizar investigaciones relacionadas a:

- Determinar la oferta y demanda hídrica total superficial del Caño Quebradon.
- Estudios de suelo, calidad del agua, análisis de deforestación.
- Dinámicas de crecimiento poblacional para el municipio (especialmente para el sector que realiza aprovechamiento en la microcuenca).

Adelantar espacios de trabajo entre las entidades competentes (alcaldía municipal, autoridad ambiental) y población beneficiaria de los servicios ecosistémicos de la microcuenca con el fin de promover la gobernabilidad del recurso hídrico y el manejo sostenible.

10. Referencias

Burbano-Girón, J., Domínguez, E., & Barón-Ruiz, O. (2016). Análisis de la relación entre variables morfométricas y biofísicas en la estimación de características probabilísticas para la oferta hídrica superficial en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(156), 514-526. doi:<http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.291>

Cardona, B. L. (2013). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. Recuperado de: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos% 20b% C3% A1sicos% 20de% 20Mo rfometr% C3% ADa% 20de% 20Cuencas% 20Hidrogr% C3% A1ficas. pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20Morfometr%C3%ADa%20de%20Cuencas%20Hidrogr%C3%A1ficas.pdf).

Cruz Romero, B; Gaspari, F J; Rodríguez Vagaría, A M; Carrillo González, F M; Téllez López, J; (2015). Análisis morfométrico de la cuenca hidrográfica del río Cuale, Jalisco, México. *Investigación y Ciencia*, 23() 26-34. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=67441039004>

GASPARI, Fernanda Julia et al. Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, [S.l.], v. 4, p. 143-158, jan. 2013. ISSN 1852-2181. Disponible en: <<https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/476>>. Fecha de acceso: 18 aug. 2017.

Henao, J. (2012). *Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas*. Bogotá, D.C: Universidad Santo Tomas.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004). Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Meta. Meta: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La Asociación Mundial para el Agua (GWP). (abril de 2017). *Módulo de capacitación comunidades que gestionan sus recursos hídricos*. Recuperado el 15 de mayo de 2017, de Global Water Partnership: http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/noticias/gest-recursos-hidricos.pdf

Meza Aliaga, Mónica, Rodríguez Valdivia, Alan, Corvacho Ganahín, Oscar, & Tapia Tosetti, Alejandro. (2014). MORPHOMETRIC ANALYSIS OF MICRO WATERSHEDS AFFECTED FOR DEBRIS FLOWS CAUSED BY HEAVY RAINS IN THE CAMIÑA VALLEY, NORTHERN OF CHILE. *Diálogo andino*, (44), 15-24. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-26812014000200003>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015), 2015 mayo 26. Diario Oficial República de Colombia, Número 49.523. 2015 mayo 26.

Montoya Moreno, Y; Montoya Moreno, B; (2009). CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LOS ANDES, EL

CARMEN DE VIBORAL, ANTIOQUIA-COLOMBIA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8() 31-38. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75012333004>

República de Colombia. Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974), 1974 diciembre 18 de. Diario Oficial República de Colombia, Número 34243. 1975 enero 27.

República de Colombia. Por el cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del Medio Ambiente y los recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones (Ley 99 de 1993), 1993 diciembre 22 de. Diario Oficial República de Colombia, Número 41.146. 1993 diciembre 22.

República de Colombia. Incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial (Decreto 1807 de 2014), 2014 septiembre 19 de. Diario Oficial República de Colombia, Número 49279. 2014 septiembre 19.

Reyes, A., Ulises, F., & Carvajal, Y. (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Cali: Editorial Universidad del Valle.

Rincón-Ruiz, A., Lara, D., Castro, L., & Rojas, C. (2017). CONFLICTOS SOCIOAMBIENTALES Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CUENCA DEL RÍO OROTOY: REFLEXIONES PARA SU GESTIÓN. *Ambiente Y Sostenibilidad*, 3-16. doi:10.25100/ays.v0i0.4285