

**ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA SUBCUENCA RÍO CHICÚ COMO
COMPLEMENTO PARA EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

JESÚS ALBERTO ROMERO BALLESTEROS

Estado del Arte para optar al título de ingeniero ambiental

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C**

2019

Lista de Figuras

Figura 1. .Parámetros morfométricos evaluados en el Caño Quebrado. Fuente: [18]	9
Figura 2. Principales parámetros morfométricos para la Microcuenca Los Andes. Fuente: [19]	10
Figura 3. Localización de la cuenca del Rio Chicú. Fuente: [22].....	11
Figura 4. Características morfométricas de la subcuenca del río Alto Bogotá.	12

RESUMEN

El documento expone el estado del arte sobre la propuesta "Análisis morfométrico de la Cuenca del Río Chicú", en el cual se encontró que ha sido un tema ampliamente investigado, sin embargo, se identificó que los diagnósticos para la realización del Plan de Manejo Ambiental de la cuenca son insuficientes con la información disponible. Se busca desarrollar una mayor cantidad de parámetros e indicadores que den información detallada sobre el comportamiento a partir de la morfometría de la cuenca, con la evaluación de parámetros poco usados en el país que servirán como herramienta en el ordenamiento de la zona para así lograr productos a partir de este estudio como por ejemplo una adecuada zonificación de riesgos ante fenómenos naturales.

Palabras Claves: Análisis, morfométrico, cuenca hidrográfica, manejo.

Abstract

The document sets out the state of the art on the proposal "Morphometric Analysis of the Chicú River Basin", in which it was found that it has been a widely researched subject, but it was identified that the diagnoses for the realization of the Environmental Management Plan of the basin are insufficient with the information available. It seeks to develop a greater number of parameters and indicators that give detailed information on the behavior of the morphometry of the basin, with the evaluation of few parameters used in the country that will serve as a tool in the ordering of the area to achieve products of this study as for example an adequate zoning of risks before natural phenomena.

Keywords: Analysis, morphometric, hydrographic Basin, management.

ESTADO DEL ARTE

El agua es un recurso fundamental para el mantenimiento de los ecosistemas del planeta y de gran importancia para el desarrollo del ser humano; es un compuesto determinante para llevar a cabo los procesos físicos, químicos y biológicos del medio natural. Además de ser un fluido que desempeña labores diversas pero esenciales en cada caso. En equilibrio y armonía con el hombre genera bienestar. Sin embargo, cuando hay exceso o deficiencias de este líquido se generan fuertes impactos y afectaciones a las poblaciones [1].

Este recurso desempeña un papel fundamental para el ser humano, partiendo desde la necesidad biológica de consumirla, hasta el punto en que interviene en muchos procesos, cuyos productos son fundamentales, como por ejemplo, en la agricultura se consume el 70% de agua dulce del mundo, ya que requiere de riegos periódicos, el resto es destinado para uso doméstico y en muchos procesos industriales [2]. Así mismo, se puede reconocer que ofrece cuatro beneficios económicos a la sociedad; el primero es de uso privado, es decir que las personas se benefician de este para sus actividades cotidianas. Otro beneficio es su utilización para eliminar todo tipo de residuos urbanos, agrícolas e industriales. El tercer uso es de tipo recreativo, deportes y actividades acuáticas en mares, lagos e industriales. Finalmente, es indispensable como hábitat de peces y flora, representando una actividad económica para distintos grupos humanos [1].

También es importante reconocer el hecho de que los fenómenos hidrológicos, pueden generar riesgo sobre las poblaciones. Eventos como inundaciones, tormentas, avenidas torrenciales y entre otros, pueden ocasionar graves pérdidas económicas e incluso humanas. Según registros, en Colombia entre los años 1970 y 2011 se han presentado más de 28 mil eventos que han generado pérdidas, de los cuales cerca del 60% se reportaron a partir de la década de 1990, dado por el incremento de población y bienes expuestos. Por esto, se hace necesario la generación de medidas políticas de prevención de desastres, abarcando de manera transversal el agua como un factor de nivel político [3].

Teniendo como punto de partida todas las afectaciones, implicaciones y necesidades que genera el agua en la sociedad y el planeta, se requiere conocer su comportamiento, distribución, circulación y características, así como los efectos que estos generan en espacios denominados como cuencas hidrográficas [4].

Las cuencas hidrográficas han sido establecidas por muchos autores como unidades espaciales que se delimitan por medio de sus vertientes, las cuales drenan sus aguas por un colector común; Además, cuentan con recursos bióticos y abióticos, que cumplen la función de abastecer y dar base al desarrollo de las comunidades que habitan en la zona de influencia de la cuenca, dichas unidades tienen gran importancia en la planeación y el ordenamiento para la gestión de los recursos naturales, puesto que se debe garantizar la disponibilidad de los mismos para poblaciones futuras y así mismo la prevención de los

posibles riesgos debido a fenómenos naturales a los que se puede ver enfrentada por sus condiciones fisiográficas e hidrológicas [5].

En Colombia, se ha creado la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, por parte del MAVDT (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial), en la cual establece los principios y objetivos; direccionando estrategias e indicadores para el manejo eficiente del recurso hídrico del país, con el fin de resolver las diferentes problemáticas de este recurso y de este modo realizar un uso sostenible del mismo y conservarlo para las generaciones futuras. En esta se recalca que dentro de la planeación, las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible deben realizar el Plan de Manejo Ambiental de Cuencas y Microcuencas [6].

Por lo tanto, se espera que su manejo sea realizado bajo la normatividad establecida, con el fin de reducir en gran parte los impactos generados, debido a sus actividades para las cuales ha sido destinado. De esta manera, se ha evidenciado el incremento de estudios enfocados al estado y protección del recurso, tanto de carácter privado, como de carácter público con enfoque investigativo y/o de diagnóstico [6]. Sin embargo, gran parte de estas iniciativas no han tenido un desarrollo tan próspero como se esperaría. Por ejemplo, el Río Bogotá, es una de las cuencas con mayor importancia en el país y está calificado como uno de los ríos más contaminados del mundo y su deterioro ambiental es evidente; la contaminación de la cuenca, se debe a que sus aguas están siendo usadas para riego, con el uso de agroquímicos y pesticidas en diferentes cultivos ubicados en la ronda del Río [7].

Para la gestión adecuada de las cuencas, se ha encontrado que los índices morfométricos son de gran importancia para evaluar zonificaciones de las mismas, ya que ofrece parámetros de comparación e interpretación de los fenómenos que ocurren en ésta y de esa manera se hace más fácil realizar la planeación adecuada de los usos que se le debe dar al suelo, la ubicación más segura de los centros poblados o las estructuras que necesitan para mitigar el riesgo generado por la probabilidad de que suceda algún fenómeno natural, entre otras medidas para preservar los diferentes recursos [8].

En cuanto a los primeros estudios sobre el tema, se puede referenciar a Estados Unidos, donde han surgido gran parte de las investigaciones sobre la relación de las características

fisiográficas, con la dinámica hidrológica en una cuenca. Uno de los mayores expositores, es el autor Robert Elmer Horton, quien fue el pionero en articular las etapas del ciclo del agua, entre ellas la infiltración, evaporación, transpiración, entre otras; logrando por medio de producciones científicas expresar en términos cuantitativos varios índices, en los cuales se evalúan factores de, forma, relieve, geomorfológicas, ya que tienen una incidencia directa sobre el comportamiento de la hidrología de la cuenca y sirven como base para la interpretación frente a fenómenos naturales, como por ejemplo el desarrollo de la erosión de una cuenca [9] [10].

Así mismo, la Gestión Integral de los Recursos Hídricos en Cuencas Hidrográficas, ha sido uno de los mayores retos a nivel mundial, aunque es necesario resaltar que el concepto ya tenía su origen hace cinco mil años antes de Cristo, puesto que en los antiguos pueblos sumerios y egipcios realizaban construcciones de obras hidráulicas para riego y control de inundaciones, estos ejemplos son evidencias de las estrategias que realizaban en cuanto al manejo del agua en las cuencas hidrográficas. Desde entonces, la búsqueda del desarrollo del concepto de manejo de cuencas, surgió a finales de los años 60's, principios de los 70's, con ayuda del establecimiento de las Agencias, consejos y Comités de Agua en varios países como Francia, Inglaterra y Rusia [11].

De tal forma, los países han aumentado el interés por las cuencas hidrográficas, debido a las implicaciones que se derivan por su mal manejo y gestión. En un contexto mundial se pueden encontrar algunos ejemplos de investigaciones y estudios de morfometría, que exponen un objetivo de gestión en cuencas, como por ejemplo en India, que se realizó un estudio de drenaje y otros 11 para la diversidad de relieve, mediante un mapeo con el fin de determinar la susceptibilidad de deslizamientos; los resultados obtenidos afirmaron que las carreteras en las épocas de monzón se verían muy afectadas por dichos deslizamientos [12].

En Egipto se evaluó la cuenca Wadi con parámetros morfométricos, teniendo en cuenta aspectos lineales del área y relieve, las cuales tienen un factor de peligrosidad para inundación logrando realizar un mapeo de las zonas susceptibles a inundarse repentinamente; cabe resaltar que en lugares como India y Egipto la morfometría es tan importante que se monitorea en las principales cuencas con sensores remoto [13].

Otro estudio que se investigó sobre las inundaciones, riesgo de crecidas fue realizado en la cuenca y la red de drenaje del río Zadorra, en España, allí analizaron las características morfométricas, teniendo en cuenta índices de forma, compacidad, elongación, bifurcación, circularidad, pendientes y densidad de drenaje, como resultados se logró establecer las zonas en las que por la reunión de sus características morfométricas presentaban un rápida o baja concentración de aguas, estableciendo zonas de mayor torrencialidad dentro de la cuenca que representa mayor peligrosidad [14].

En relación con el tema de caracterización morfométrica e hidrográfica, se llevó a cabo la elaboración de un artículo, caso de estudio en la cuenca hidrográfica Arroyo Belisario, Provincia de Buenos Aires; con la finalidad de realizar un análisis geoespacial de las características de ésta, utilizaron tres tipos de métodos que permitieron establecer los límites de la cuenca y las subcuencas. Finalmente, los resultados arrojados indicaron que la cuenca representa forma oblonga, lo cual significa que se genera un retardo en la acumulación de las aguas, lo que representa altas avenidas torrenciales de escurrimiento desde la zona alta a la parte baja con inundaciones, afectando a los pobladores establecidos y así mismo al turismo [15].

En el contexto latinoamericano uno de los estudios fue realizado en la cuenca alta del río Sauce Grande en Argentina, donde evaluaron los indicadores de la morfometría de los parámetros de forma, relieve y de la red de drenaje, los cuales al dar información de la dinámica temporal del caudal, sirvieron como herramienta para representar una propuesta de un Sistema de Pagos por Servicios Ambientales [16]. Por otro lado, en el territorio Córdoba, se realizó otro estudio en la cuenca del Arroyo Cabana, Ciudad de Unquillo, con el objetivo de evaluar cómo el cambio del uso del suelo estaba afectando el comportamiento hidrológico, modificando así los caudales de salida desde el año 2002 al 2016. El estudio se realizó mediante la aplicación del modelo hidrológico HEC-HMS (Hydrologic Modeling System – Hydrologic Engineering Center), para determinar el movimiento del agua. Finalmente, los resultados permitieron identificar el impacto que generó la modificación en la cobertura y uso del suelo en mayor proporción en la cuenca baja, cabe resaltar que estos cambios afectan gravemente al territorio y población con el incremento de los caudales y escorrentía [17].

Otra investigación realizada en Latinoamérica, fue en Venezuela donde se realizó una caracterización hidroclimatológica y morfométrica de la cuenca del río San Julián, en este se analizaron muchos parámetros diferentes a los habituales, teniendo como base los grandes grupos de escala de la cuenca, gradiente y forma del relieve de la cuenca, forma de la cuenca, extensión de la red de drenaje, siendo interesante la cuantificación de tantos índices para obtener una descripción más detallada. Cabe resaltar que el estudio fue uno de los principales aportes para la evaluación de la amenaza hidrogeomorfológica de la cuenca [18].

En el ámbito nacional se encuentran algunos estudios, por parte de las universidades para la evaluación morfológica. Así, por ejemplo, en el departamento del Valle del Cauca, se llevó a cabo un estudio morfométrico de la Cuenca del Río Azul, afluente del Río Calima; con el fin de clasificarla y aportar en cuanto a información hidrológica del territorio nacional. La investigación determinó que la cuenca se caracteriza como una subcuenca de forma oval oblonga. Sin embargo, al tener una pendiente con corrientes fuertes y de gran velocidad, hay baja posibilidad de inundaciones, ya que esta cuenta con una óptima red de drenaje y forma alargada [19].

Otro estudio nacional encontrado, es en la microcuenca del Caño Quebrado; la investigación se realizó con el objetivo de identificar las condiciones dinámicas de la microcuenca, teniendo en cuenta los parámetros de la Figura 1. Los resultados que se obtuvieron del proyecto investigativo, permitieron evaluar la dinámica del Caño identificando que esta cuenta con una óptima estructura de drenaje, lo cual permite el almacenamiento y la regulación del recurso hídrico de manera eficiente. Sin embargo, el parámetro de relieve, indicó que la pendiente es equivalente al 16%, estando susceptible a fenómenos naturales como lo es la erosión natural. De tal manera, los resultados obtenidos aportaron elementos importantes para el Ordenamiento Ambiental del municipio de Cubarral, Meta [20].

Tabla 5
Parámetros morfométricos priorizados

Parámetro	Tipo de Exponente
Morfométrico	
Básico	Área de la cuenca
	Longitud de la cuenca
	Perímetro de la cuenca
Forma	Ancho de la cuenca
	Factor de Compacidad
	Factor de Forma
Relieve	Índice de Alargamiento
	Altitud máxima del cauce
	Altitud mínima del cauce
	Pendiente media de la cuenca
	Curva Hipsométrica
	Elevación media
	Coefficiente de Masividad
Drenaje	Pendiente media de la cuenca principal
	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

Figura 1. Parámetros morfométricos evaluados en el Caño Quebrado. Fuente: [20]

Igualmente, se realizó una caracterización morfométrica en la microcuenca de la Quebrada de los Andes, Antioquia-Colombia, en donde evaluaron algunos parámetros básicos de la microcuenca, como se observa en la Figura 2. Indicando que el área es pequeña de tipo embudo y con pendientes altas, lo cual implica que es susceptible a crecidas; la investigación abre paso a continuar otros estudios sobre la gestión de los recursos naturales, puesto que la zona presenta una excelente cobertura boscosa [21]

Parámetro (unidad)	Símbolo	Valor
Área (Km ²)	A	2,87
Perímetro (Km)	Lo	7,85
Longitud axial (Km)	Lmax	2,10
Ancho máximo (Km)	Bmax	1,60
Índice de alargamiento (adimensional)	Ia	1,31
Ancho promedio (Km)	Ap	1,37
Índice de homogeneidad (adimensional)	Ih	0,85
Índice asimétrico (adimensional)	Ia	1,6
Clasificación del sistema de drenaje según Horton		
Tipo de sistema de drenaje (adimensional)	Td	subden- dritico
Altura media de la cuenca (m)	H	2.580
Tiempo de concentración de las aguas (min)	Tc	320,9
Densidad de drenaje (Km / Km ²)	Dd	7,17
Frecuencia de tributarios (adimensional)	Fx	1,79
Cota de nacimiento (m.s.n.m)		2.700
Nivel de base (m.s.n.m)		2.200

Figura 2. Principales parámetros morfométricos para la Microcuenca Los Andes.

Fuente: [21]

Por otro lado, en el departamento del Huila, municipio de Villavieja se realizó un trabajo investigativo, con el fin de caracterizar la morfometría de la cuenca Quebrada Tatamaco con base en varias características morfológicas, mediante el modelo HEC-GEOHMS que permitió establecer el comportamiento de la red de drenaje, topografía e hipsométrica de la cuenca y de esta manera obtener la zonificación espacial de escorrentía, caudales y volúmenes de la corriente actual [22].

Mientras tanto, a nivel regional la cuenca del Río Bogotá posee un POMCA, bajo lo establecido en la Guía Técnica para la Formulación de POMCAS, en este se realiza una descripción no solo morfométrica de la cuenca en general, sino de la hidrología, climatología, aspectos socioeconómicos y cuenta con el mapa de zonificación ambiental. Con respecto a los estudios locales, en el municipio de Viotá, Cundinamarca, se realizó la caracterización morfométrica y diagnóstico del Río Lindo, calculando algunos parámetros como el Área, perímetro, longitud de la cuenca, ancho, cota mayor y menor de la cuenca, pendiente media, longitud del cauce principal, factor de forma, coeficiente de compacidad, índice asimétrico, índice de alargamiento, coeficiente orográfico. Los resultados determinaron que el recurso se encuentra bajo fuertes presiones, debido a la demanda para usos domésticos, agrícolas y pecuarios, presentando altas concentraciones de coliformes totales y fecales. Finalmente el diagnóstico se elaboró como base para el Plan de Manejo Ambiental de la Micro Cuenca del Río Lindo según lo establecido en el decreto 1642 de 2011 [23].

Con respecto al área de estudio escogida para este trabajo, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR expide la Resolución 1790 de 2017, por medio de la cual se determina la zona de protección del Río Chicú, con el objetivo de conservar y restaurar de manera sostenible el recurso hídrico, además de proteger el paisaje y las coberturas naturales que están presentes en la zona. A su vez, las subcuencas deben contar con un Plan de Ordenamiento [24]. Como estudio para la Subcuenca del Río Chicú, está disponible para el público el documento “Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá - Subcuenca Río Chicú” generado por la entidad autónoma que administra esta zona (CAR), este antecedente servirá como

base para realizar el respectivo análisis, pues describe las características morfológicas de la cuenca en uno de sus capítulos [25].

Descripción de la zona de estudio

Para ubicar la Subcuenca del Río Chicú se encuentra en la parte occidental de la sabana de Bogotá, departamento de Cundinamarca; limita con la cuenca del Río Frío al noreste, la cuenca del Río Bogotá al sureste y al este con la cuenca del Río Subachoque, cuenta con una extensión aproximada de 142,24 km² comprendida entre los municipios de Tabio, Tenjo, Cajicá, Cota, parte de Madrid y Subachoque. Dentro de las coordenadas planas N=1017.000 -1040.000 y E=986.000 – 1001.000 presenta elevaciones entre 2550 y 3100 m.s.n.m. contemplando la desembocadura de su cauce principal en la cota 2600 msnm [7].

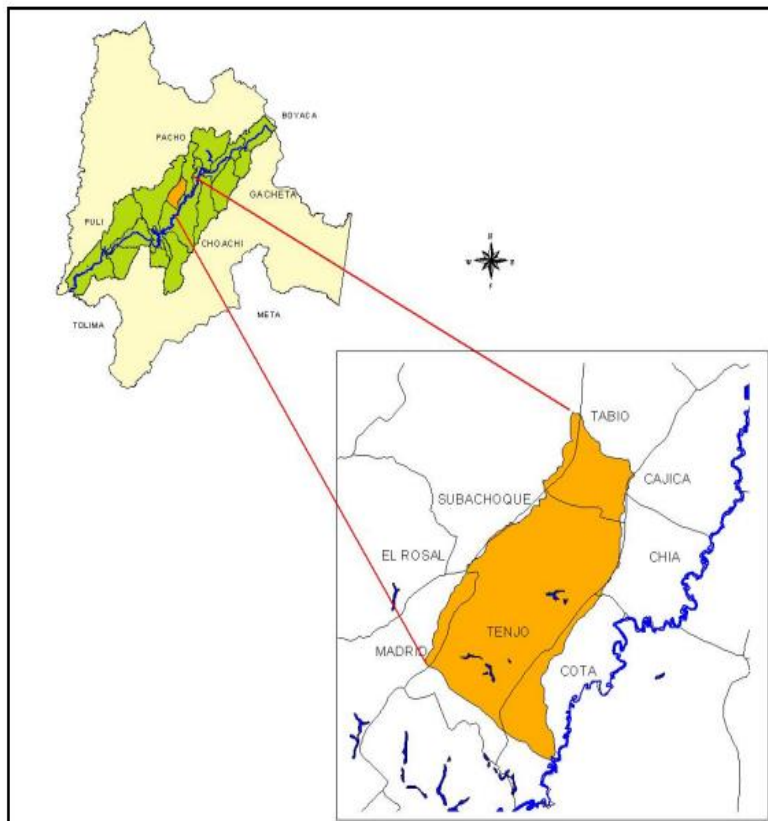


Figura 3. Localización de la cuenca del Río Chicú. Fuente: [25]

En cuanto al clima, este se caracteriza por ser de tipo frío andino y su temperatura promedio se encuentra entre los 13.4° C, con una humedad relativa de 79%. Así mismo, la precipitación media anual es de 750mm en la zona plana y 1000mm en la parte alta. En relación con la hidrogeología, el río Chicú es una fuente intermitente, que nace al noreste de la población de Tabio, la cual desemboca en el Río Bogotá; los principales afluentes que se destacan son la quebrada Chucua, Tiguase y Churruguaco [7].

Tabla 6.1.1.2-1. Características morfométricas de la subcuenca río Alto Bogotá

CUENCA	PENDIENTE MEDIA			AREA (Km ²)	PERIMETRO (Km)	PATRON DE DRENAJE*	LONGITUD DE DRENAJES (Km)	DENSIDAD DE DRENAJE (m/Km ²)	LONGITUD CAUCE PRINCIPAL (Km)	PENDIENTE MEDIA CUENCA (m/Km)	ALTURA MEDIA CUENCA (m)	FORMA DE LA CUENCA			INDICE DE TORRENCIALIDAD	Tc (minutos)	Velocidad (m/s)
	COTA MAYOR (m)	COTA MENOR (m)	PENDIENTE MEDIA (m/m)									LONGITUD AXIAL CUENCA (m)	ANCHO CUENCA (m)	INDICE DE GRAVELIUS			
RIO CHICU	3.250	2.550	0,02	142	61	Sp	299	2.105	28	2,28	2.900	32.483	12.058	1,44	2,30	622	0,76

*Sp: Subparalelo

Figura 4. Características morfométricas de la subcuenca del río Alto Bogotá [25].

Como se observa en la Figura 4. La cuenca del Río Chicú, presenta características de tipo alargado, su cabecera se encuentra sobre la cota de 3.250 msnm., y en la parte más baja está la cota 2.550 msnm. Esta cuenca se caracteriza por presentar un drenaje superficial rápido, mediante cauces naturales y algunos canales y quebradas que contribuyen al río Chicú, finalmente entrega sus aguas al Río Bogotá [25].

Actualmente el Río Chicú, se encuentra enfrentando la problemática ambiental por la deforestación de la flora y por la carencia de ronda, que es importante para mantener las características del territorio y de esta forma proteger frente a las crecientes. La cuenca cuenta con un sistema de aguas superficiales en el área rural, generalmente utilizada para la esorrentía de la parte alta y para riegos de cultivos. Sin embargo, por falta de conocimiento la población ha deteriorado el área, con la obstrucción de residuos sólidos, vertimientos residuales, domésticos y agropecuarios, causando el taponamiento de los cauces y con esto ocasionando inundaciones en las temporadas altas de precipitación [7].

Para poder realizar un complemento a la información existente de la morfometría de la cuenca Chicú, es necesario evaluar más índices, como los expuestos en los trabajos anteriores, así como el índice geográfico, la curva hipsométrica, coeficiente de masividad, constante de estabilidad y evaluar con mayor detalle los parámetros de drenaje como la densidad, bifurcación, textura del drenaje, esorrentía superficial, con el fin de obtener

mayor detalle de las características de las cuencas y que cualquier modelo hidrológico o una zonificación tenga más información para ser desarrollado .

Cabe aclarar que el procesamiento de la información es un paso muy importante en este tipo de investigaciones, ya que el levantamiento de esta la realizan entidades como el IGAC, IDEAM, entre otros. Para los estudios expuestos anteriormente como característica común se tenía que todos los datos fueron procesados por medio de herramientas que proporcionan los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Las herramientas de información geográfica también conocidas como SIG (sistemas de información geográfica) han venido tomando fuerza a la hora de desarrollar estudios zonales, ya que permiten procesar información de forma no presencial y más eficiente en muchos de los casos, principalmente permite asociar múltiples características y atributos a puntos que se ubican de forma clara y precisa en el espacio en lo que se conoce como proceso de georreferenciación a partir de un sistema conocido de coordenadas [26].

Estos análisis morfométricos también pueden complementarse o utilizar información proveniente de otros programas que permiten el estudio hidráulico, y que ya incluyen modelos lluvia-escorrentía tales como HEC-GEOHMS, HEC-RAS. Mediante estas herramientas se puede determinar caudales máximos, tiempos de concentración o distribuciones probabilísticas que representen el comportamiento de la cuenca para simular condiciones [22].

Por otro lado, la investigación de los antecedentes y estudios de caso, permitieron obtener una posición crítica sobre las metodologías que han desarrollado en cuanto a la morfometría de las cuencas en Colombia y que el tema de manejo eficiente del recurso hídrico del país, necesita fortalecerse desde la capacidad local, articulando a los diferentes actores responsables en el manejo de cuencas hidrográficas, ya que la ausencia en el control de aplicación de políticas e instrumentos en las ciudades y áreas rurales está aumentando a la exposición y susceptibilidad a desastres y riesgos.

Finalmente, el río Chicú está siendo afectado a gran escala, debido a las actividades realizadas por los habitantes de la zona, pues la contaminación por la acumulación de

sedimentos y materia orgánica está alterando de la dinámica hidráulica del río, aumentando la probabilidad a inundaciones en épocas de fuertes lluvias [7].

Bibliografía

- [1] C. Beltran, A. Fernandez, E. Fernandez, V. Panza y M. d. C. Banús, «Agua, Elixir de vida,» *Elementalwatson*, p. 41, Abril 2010.

- [2] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, «repositorio.iica.int,» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6148/1/BVE17109367e.pdf>.
- [3] Banco Mundial Colombia, «Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas,» Bogotá, 2012.
- [4] M. F. Cabré, S. Solman y M. Núñez, «Escenarios regionales de cambio climático en el sur de Sudamérica para el clima futuro (2080-2099) utilizando el Modelo MM5. Media, variabilidad interanual e incertidumbres.,» *ScienceDirect*, vol. 29, n° 1, pp. 35-60, Enero 2016.
- [5] A. Ramirez, Cruz.Artemiro, G. Sanchez y Monterroso, «La caracterización morfométrica de la subcuenca del Río Moctezuma, Sonora: ejemplo de aplicación de los sistemas de información geográfica,» *Revista de Geografía Agrícola*, n° 55, pp. 27-43, Julio-Diciembre 2015.
- [6] Ministerio de Ambiente Vivivenda y Desarrollo Sostenible, «Bogotá.gov.co,» Marzo 2010. [En línea]. Available: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/documentacion-e-investigaciones/resultado-busqueda/politica-nacional-para-la-gestion-integral-del-recurso-hidrico>.
- [7] M. Durán y D. Ciabato, «Evaluación de los impactos ambientales asociados a la contaminación en agua, suelo y sedimento por cromo y zinc, en los municipios de tabio y tenjo – cundinamarca (sub - cuenca del rio chicú),» 2011.
- [8] Corporación Autónoma Regional del Tolima, «Plan de ordenación y manejo ambiental de la microcuenca de las quebradas las panelas y la balsa».
- [9] R. Horton, « Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology.,» *Geological society of America bulletin*, vol. 56, n° 3, pp. 275-370.
- [10] R. Horton, « Drainage-basin characteristics.,» *Eos, transactions american geophysical union*, vol. 13, n° 1, pp. 350-361, 1932.
- [11] M. Perevochtchikova y J. Arellano, «Gestión de cuencas hidrográficas: experiencias y desafíos en México y Rusia,» *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, pp. 313-325, Mayo 2008.

- [12] Departamento de Geografía , «Enfoque de criterios múltiples,morfométricos y geológicos basados en RS-GIS para el mapeo de la susceptibilidad de deslizamientos en la cuenca del río Gish, Bengala Occidental, India,» vol. 63, Octubre 2018.
- [13] T. Maysa, S. Elbarbary, D. Naguib y Shamy, «Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt,» *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, vol. 8, pp. 157-167, 2017.
- [14] A. González de Matauco, «Dialnet,» Julio 2004. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1079160>.
- [15] M. Delgado y F. Gaspari, «Tecnociencia.uach,» 24 Agosto 2010. [En línea]. Available: http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v4n3/data/Caracterizacion_morfometrica_geoespacial_Estudio_de_caso_Arroyo_Belisario_Argentina.pdf.
- [16] F. Gaspari, V. Rodríguez, M. Alfonso, G. Senisterra, G. Denegri, S. Besteiro y M. Delgado, «Repositorio Institucional de la UNLP,» vol. 4, pp. 143-158, 2012.
- [17] F. Richard, «Estimación de los efectos del cambio de uso del suelo sobre el comportamiento Hidrológico de la Cuenca del Arroyo Cabana,» 2016.
- [18] W. Méndez, H. Pacheco, S. Cartaya, A. Marcano y C. León, «Caracterización hidroclimatológica y morfométrica de la cuenca del río San Julián (estado Vargas, Venezuela): aportes para la evaluación de la amenaza hidrogeomorfológica,» *Revista Colombiana de Geografía*, vol. 24, nº 2, pp. 133-156, 2015.
- [19] F. Moreno y J. Esquivel, «Estudio morfométrico de la cuenca del río azul, afluente del río Calima, departamento del Valle del Cauca,» Bogotá, 2015.
- [20] Y. Callejas, «Evaluación morfométrica del caño quebradon como aporte al ordenamiento ambiental del municipio de Cubarral Meta,» Bogotá, 2017.
- [21] Y. Montoya y B. Montoya, «Caracterización morfométrica de la microcuenca de la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral, Antioquia-Colombia,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 8, nº 15, pp. 31-38, 2009.

- [22] C. Vásquez, D. Herrera y Y. Gutierrez, «Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada tatamaco, del municipio villavieja del departamento del huila mediante el uso de la herramienta HEC-GEOHMS,» 2014.
- [23] C. Jimenez, «Caracterización morfométrica y diagnóstico del recurso hídrico del rio lindo en el municipio de viotá, cundinamarca,» Bogotá, 2017.
- [24] Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR, «Boletín Extraordinario,» Bogotá, 2017.
- [25] CAR, «Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá - Subcuenca Río Chicú,» Bogotá, 2011.
- [26] V. Olaya, «Sistemas de Información Geográfica,» Copyright, 2014.