

VALORACIÓN ECONÓMICA A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA
DEL RIO GUATIQUE Y SU RELACIÓN CON SU USO POTENCIAL



LAURA DAYANA BOBADILLA REY



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2024

VALORACIÓN ECONÓMICA A PARTIR DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA
DEL RIO GUATIQUE Y SU RELACIÓN CON SU USO POTENCIAL

LAURA DAYANA BOBADILLA REY

Informe coterminal presentado como requisito para optar al título de Ingeniería Ambiental

Director

Mg. DIEGO ANDREY CORTÉS NARANJO

Magister en Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

VILLAVICENCIO

2024

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O. P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

Mg. WILLIAM PEÑARANDA ZÁRATE

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Contenido

	Pág.
Resumen.....	5
Abstract	5
Introducción	6
Desarrollo del Estado del Arte	7
Casos de estudio sobre valoración económica ambiental enfocadas en cuencas hidrográficas y su uso potencial del suelo.	10
Caracterización geopolítica de la cuenca del río Guatiquía.....	12
Caracterización Hidrológica de la cuenca del río Guatiquía	13
Suelo, cobertura de la tierra y uso del suelo de la cuenca del río Guatiquía	17
Información acerca del uso del suelo con respecto a actividades agrícolas en la cuenca del río Guatiquía.....	21
Zonificación ambiental entregada por el POMCA del río Guatiquía	23
Discusión.....	25
Conclusiones	30
Referencias Bibliográficas.	31

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa geopolítico de la cuenca del río Guatiquía.....	13
Figura 2 DEM y red de drenaje Cuenca rio Guatiquía	15
Figura 3 Curva hipsométrica estudiada en el área de la cuenca del río Guatiquía	16
Figura 4. Mapa hidrológico de la cuenca del río Guatiquía.....	17
Figura 5. Tipos de suelo clasificados en Paisaje para la cuenca del río Guatiquía.....	18
Figura 6. Cobertura vegetal de tierra año 2018 para la cuenca de río Guatiquía.....	19
Figura 7. Uso potencial del suelo IGAC 2018 para la cuenca del río Guatiquía.....	20
Figura 8. Potencial de presencia de agricultura familiar presente en la cuenca del río Guatiquía.....	22
Figura 9. Zonificación Ambiental según POMCA río Guatiquía	24

Resumen

El presente documento contiene distintos estudios de caso con un alcance al nivel de cuenca hidrográfica donde relacionan la valoración económica ambiental como una metodología que cuantifica pérdidas por una deficiente planificación del territorio y sobre explotación de los servicios ecosistémicos; un punto de inicio para la generación de productos ecológicos; una sistematización de la economía con el objetivo de alcanzar estrategias de gestión ambiental más eficaces y una visión socioeconómica de la valoración económica ambiental teniendo en cuenta la opinión pública. Las diferentes ópticas y sus hallazgos principales tienen una relación principal que apunta hacia la inexistencia de una herramienta tangible que pueda ser usada por los entes administrativos, judiciales, empresarios, usuarios, e interesados y que permita el control, seguimiento, censo y contabilización de los productos ecológicos y el uso potencial del suelo de la cuenca del río Guatiquía.

Palabras clave: Valoración económica ambiental, DAP, Guatiquía, Uso potencial del suelo, Ordenamiento del territorio.

Abstract

This document contains different case studies with a scope at the watershed level where they relate environmental economic valuation as a methodology that quantifies losses due to deficient land planning and overexploitation of ecosystem services; a starting point for the generation of ecological products; a systematization of the economy with the objective of achieving more effective environmental management strategies and a socioeconomic vision of environmental economic valuation taking into account public opinion. The different points of view and their main findings have a main relationship that points to the non-existence of a tangible tool that can be used by administrative and judicial entities, businessmen, users and interested parties and that allows the control, follow-up, census and accounting of the ecological products and the potential use of the soil of the Guatiquía river basin.

Keywords: Environmental economic valuation, DAP, Guatiquía, Potential land use.

Introducción

El objetivo de este estudio es realizar un estado del arte que presente distintos puntos de vista desde las metodologías planteadas en cuanto a la valoración económica ambiental para una cuenca hidrográfica, teniendo en cuenta una revisión bibliográfica que permita conocer los modelos de valoración económica ambiental desarrollados a lo largo del tiempo por otros autores, así mismo, seleccionando un modelo que se adecue a la cuenca hidrográfica del río Guatiquía el cual tenga un alcance centrado en la sustentabilidad del territorio y el valor que entregan los ecosistemas que se encuentran dentro de este.

Para la revisión bibliográfica se seleccionó un periodo de estudio desde el año 2010 hasta el año 2024, con criterios de búsqueda tales como valoración económica ambiental y cuencas hidrográficas para el desarrollo del trabajo.

La valoración económica ambiental hace parte del estudio de la economía ambiental, la cual combina la ciencia social con los problemas ambientales bajo el umbral de las ideas analíticas que presta la economía para relacionar consumidores, agencias, empresas, oferta, demanda entre otras con elementos bióticos y abióticos pertenecientes a un área en específico para la toma de decisiones centradas en el desarrollo socioeconómico de la población (Lucas, 2017).

En cuanto a la valoración económica, esta cuenta con diferentes métodos asociados a un punto de equilibrio entre el impacto de la acción humana sobre el medio ambiente, un beneficio colectivo y una política pública, al momento de llevarlo a la práctica existen diferentes modelos de valoración, los cuales son: los valores de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción, que en la metodología se representan como: Métodos de costos de viaje, métodos de precios hedónicos y métodos de valoración contingente, cada cual con sus características para aplicación y comparar en un mercado, bajo la vista de su valor como recurso natural y disminución en la calidad de los servicios ecosistémicos (Rika de Almeida et al, 2018).

Existen diversas maneras de hacer una valoración económica ambiental según el ministerio de ambiente, entre los cuales se encuentran: 1. Costo de viaje; 2. Precios hedónicos; 3. Costos evitados o inducidos; 4. Métodos basados en gastos actuales o potenciales; 5. Valoración contingente; 6. Experimentos de elección y valoración conjunta y finalmente 7. Transferencia de beneficios (Minambiente, 2018). En este caso se presta como un documento para gestionar eventos futuros de ocupación de espacios para actividades económicas, buscando que haya una sinergia

entre el desarrollo rural, urbano y la cuenca del río Guatiquía y las cuencas que reciben su afluente, siendo una herramienta que busca replicarse en diferentes cuencas bajo condiciones similares de economía y producción de bienes y servicios.

Por lo tanto, el tema de estudio busca la necesidad de generar una herramienta de gestión ambiental que tenga en cuenta los vacíos presentados en estudios anteriores y perfeccione sus resultados a través del método hedónico y de valoración contingente, tal como se relaciona entre los artículos realizados por (Velecela, 2019), (Qian et al., 2024), (Cheng & Wang, 2014) y (Zhu et al., 2024) donde se toma como referencia de estudio el informe realizado por (Vega, 2018), aumentando el bienestar de productores, consumidores y un sostenimiento de los servicios ecosistémicos presentes en la cuenca del río Guatiquía mientras se ocupa de manera organizada teniendo como eje principal el potencial de uso del suelo.

Para la caracterización biofísica y geopolítica de la cuenca, se programó una base de datos en el software ARCGIS, donde se adjuntaron las descargas de metadatos pertenecientes al IGAC; se hizo uso del sitio web [Colombia en mapas](#), donde se recopiló información referente al tipo de suelo del Meta y de Cundinamarca actualizada al año 2024, la caracterización sociopolítica y cobertura vegetal de la tierra actualizada al año 2018 y el uso de información secundaria suministrada por Rivas & Moreno, 2019; además, se contó con información proporcionada por el IDEAM con respecto a la zonificación ambiental de la cuenca a través del estudio realizado en el POMCA del río Guatiquía (Cormacarena, 2008).

Desarrollo del Estado del Arte

En cuanto al desarrollo del estado del arte, al generar un estudio sobre una superficie como una cuenca hidrográfica, es necesario establecer parámetros de estudio que logren identificar y asociar la valoración económica ambiental desde la caracterización del suelo, la cobertura vegetal, el orden demográfico, geopolítico y de ordenamiento del territorio, puesto que esta información pretende demostrar el alcance del documento y su relación en cuanto a los métodos de valoración económica ambiental seleccionados en el documento.

Según la definición entregada por (Minambiente, 2018) a través de su guía de aplicación de la valoración económica ambiental, se entiende el concepto de valoración económica ambiental como una herramienta que permite asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios

proporcionados por los recursos naturales, siendo estos relacionados dentro de un precio en el mercado o que ayuden a que esto ocurra, estimando esos valores desde el bienestar social y la calidad de los servicios ecosistémicos presentes en el área.

Otros autores definen que la valoración económica se asocia a los bienes públicos con los que son tratados los servicios ambientales, siendo estos asociados a un proceso de externalidad, generando un proceso que permita la medición adecuada de ganancia o pérdida de bienestar que un activo ambiental produce en una persona o a diferentes escalas (comunidad, población, asociación) (Raffo, 2015).

Conexo con la valoración económica ambiental, existe un concepto denominado servicios ecosistémicos, los cuales son beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos se dividen de acuerdo a una clasificación de cuatro servicios principales: Servicios de aprovisionamiento, servicios de regulación, servicios culturales y servicios de soporte. Los servicios ecosistémicos dimensionan, incluso desde su propio nombre, aquello que puede ser perjudicial para el ser humano al alterar las condiciones de cada servicio prestado por la naturaleza, estando en medio de la ruta para que las condiciones de vida y bienestar subsista en un modelo sostenible que implique a una cantidad de personas que pretendan desarrollar una actividad económica (Avendaño et al., 2019).

Adicionalmente, la valoración económica se desarrolla en un espacio en el cual se integran elementos delimitados por un área definida, en este caso una cuenca hidrográfica, la cual se define como un área topográficamente drenada por un curso de agua o cursos de agua que den un orden simple a todo el caudal desde el cual el efluente sea descargado, esta cuenca además, funciona como un espacio donde se puede conocer y tipificar suelo, agua y biodiversidad en función del uso, no uso, protección, restauración y conservación, según las características morfométricas que presente (Araque, 2019).

En Colombia, se establece un documento criterio que aborda la creación de normativas, acuerdos y un plan de acción para el control de la cuenca, siendo conocido como POMCA (Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas), el cual cumple con la función de esclarecer las determinantes ambientales para todos los actores sociales que impactan de manera socioeconómica la región y que intervienen de forma legal e ilegal en el área para la priorización de componentes ecosistémicos de las cuencas, generando un mapeo a diferentes escalas para proporcionar información a la población acerca de las actividades que se realizan en el área, calidad

de los recursos naturales y posibles riesgos asociados al bienestar de la población (Minambiente, 2024).

Como se menciona anteriormente, la raíz de toda situación relacionada con la valoración económica ambiental tiene como punto de partida la identificación de los recursos naturales y cómo se propone sobre estos un valor monetario a partir de su uso, siendo el uso o protección del espacio un proceso que impacta en la economía, la sostenibilidad, la generación de residuos y el impacto ambiental sobre un ecosistema. (Arrollave et al., 2010).

Entonces, al adecuar la valoración económica de una cuenca hidrográfica, es necesario emplear elementos metodológicos que permitan interconectar el uso del suelo con la dinámica de la cuenca hidrográfica, lo cual según (Velecela, 2019) se logra a partir de un dendrograma, el cual ilustra los indicadores socioeconómicos relevantes frente a las condiciones de la cuenca. De esta forma, se asegura que exista una valoración económica centrada en las necesidades de la población y la economía del lugar, sino que también tenga en cuenta la capacidad que tiene la cuenca para soportar estos procesos de transformación y uso del suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se emplea la valoración económica sobre la cuenca del río Guatiquía, ubicada en el departamento del Meta, Colombia con el fin de relacionar su potencial de uso en el suelo, para ello se caracteriza el área de estudio y se entregan datos relacionados en fuentes secundarias de información verificada, con el fin de conectar el área de la cuenca con los servicios ecosistémicos que presta desde el punto de vista actual y el planificado por las entidades como el IDEAM a través del POMCA del río Guatiquía, de las diferentes metodologías teóricas entregadas por (Pardo & Rozo, 2018) y los lineamientos de acuerdo a la normativa legal vigente planteada por la resolución 1084 de 2018, la cual establece las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

Sumado a esto, se incluye dentro de la caracterización la exploración de elementos transversales que afectan a la valoración del sitio desde el punto de vista de economías ilegales o familiares ya impuestas en el sitio y la comparativa de estudios relacionados a otras cuencas y/o diferentes metodologías de cuantificación para ampliar el espectro de la valoración económica ambiental, encontrando de esta forma avances para el cálculo cuantitativo dentro de la valoración económica y aspectos a detallar en la discusión del cual se obtendrán los referentes dentro del estudio.

Por otra parte, dentro del estudio de las dinámicas de la cuenca del río Guatiquía, se destaca el uso del suelo, vocación del suelo, zonificación ambiental y dinámicas económicas de la cuenca, esta información se obtuvo principalmente de los registros encontrados en el sitio web Colombia en mapas, del cual se extraen diferentes elementos temáticos que se abordan en el área de la cuenca para su posterior análisis y comparación con otros estudios realizados en cuanto al uso potencial del suelo.

Casos de estudio sobre valoración económica ambiental enfocadas en cuencas hidrográficas y su uso potencial del suelo.

Esta situación plantea entonces el uso de diferentes metodologías que abarquen de forma parcial o total el ámbito de estudio, en primer lugar, no se ha realizado un estudio anterior que genere una valoración económica ambiental sobre la cuenca del río Guatiquía, siendo un proceso que al llevarse a cabo puede ser utilizado como insumo para la generación de actividades socioeconómicas que vayan de la mano con el desarrollo sostenible del área de la cuenca.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó la búsqueda de información secundaria consecuente con términos como “valoración económica ambiental”, “servicios ecosistémicos” y “cuenca hidrográfica” como conectores de búsqueda para evaluar la información asociada al uso del suelo.

En primer lugar, existen diferentes investigaciones sobre el uso de la tierra en beneficio de la valoración económica y el cambio del paisaje, tal como lo presenta Mirici & Berberoglu, (2024) donde se proporciona hallazgos tras identificar el servicio ecosistémico de insumos de carbono en la cuenca alta de Seyhan, Turquía; este modelo presenta un costo social de carbono integrado en la economía regional del clima, generando una herramienta de planificación para el área de estudio en términos económicos de acuerdo al secuestro de carbono que realiza el ecosistema de la zona.

Concluyendo, que el no actuar de forma efectiva frente a la protección y conservación de los servicios ecosistémicos de una cuenca determina un impacto negativo a futuro a nivel monetario, además que se debe plantear un mapa de valoración económica espacial que demuestre el costo del impacto ambiental ante un inadecuado uso del suelo y su relación con el cambio climático y la disminución de servicios ecosistémicos que presta la cuenca.

Del mismo modo, la determinación de las pérdidas ocasionadas por el cambio en el uso de la tierra con respecto al cambio de la cobertura del suelo de la cuenca del Río San Francisco al disminuir la capacidad de reserva de carbono en diferentes intensidades durante el periodo 1997-2007 concluye que existió una pérdida equivalente a 100 millones de dólares en beneficios sociales, y una pérdida de 3.2 mil millones de dólares en servicios ecosistémicos, lo que demuestra lo que sucede ante una ocupación del suelo no controlada (Fernandes et al., 2021).

En contraste, Fang et al., (2021) concluye a través de su método de beneficios ecológicos combinados una búsqueda de compensación ecológica estrechamente relacionada con el comercio de servicios ecosistémicos, contabilizando el producto ecológico y el análisis de costos totales, generando una estrategia de gestión económica y ambiental que disminuye los índices de pobreza e inversión ambiental aguas abajo de la cuenca del río Sanggan y su incidencia en la cuenca del río Daqing ubicados en Beijing.

Por otra parte, (Zhu et al., 2024) determina el valor ecológico de los productos que se pueden generar en la cuenca del río Amarillo a pesar de que no puntúa directamente en una investigación relacionada con la valoración económica ambiental, integra herramientas que amplían la visión tal como el tratamiento de la dinámica rural, la financiación y la gobernanza sobre la cuantificación de productos ecológicos, siendo el punto de partida para proporcionar iniciativas de protección ambiental y desarrollo controlado en la cuenca del río Guatiquía.

Este estudio concluye que la regulación ambiental, la valorización y contabilidad de productos ecológicos en 38 municipios de China y la mejora en los mecanismos de compensación generan un progreso en la gestión de recursos y un desarrollo de alta calidad en la cuenca por medio de una metodología robusta y concisa que pueda ser mapeada a través del análisis espacial para informar el avance de la cuenca.

Comprender los servicios ecosistémicos presentes en la cuenca permiten la revitalización rural, genera sinergia y transmite a la distribución del espacio un orden, conciencia ambiental y prioridad de acuerdo a las actividades económicas que sostienen los diferentes municipios, tal como muestra el estudio realizado por (Luo et al., 2024), dando como resultado una actualización en la cobertura del suelo seguido de los resultados de uso del suelo y la capacitación en cuanto al uso de la tierra forestal para la población rural y el nivel de revitalización ecológica.

Así mismo, la valoración económica replantea en qué elementos compartidos al suelo (cuerpos hídricos, fauna, flora) y elementos climáticos permiten hallar un costo negativo o positivo

por medio de los servicios ecosistémicos a través de estrategias de restauración ecológica, tal como el estudio realizado por (Qian et al., 2024).

Por lo tanto, la valoración económica a pesar de tener en cuenta unas metodologías definidas puede implementarse teniendo en cuenta herramientas de análisis y participación, como consecución y modelación para ampliar el espectro en una cuenca la cual ha sido zonificada ambientalmente más no valorada económicamente en cuanto al potencial de uso del suelo.

Caracterización geopolítica de la cuenca del río Guatiquía

La caracterización geopolítica es vital para evaluar los límites de desarrollo de la cuenca y su relación con los actores municipales y departamentales involucrados en cuando al orden administrativo y control del uso del suelo (Huamán, 2022). Teniendo en cuenta la figura 1, la cuenca cuenta con una división geopolítica demarcada por áreas pertenecientes a diferentes municipios de Cundinamarca en la alta montaña los cuales son: San Juanito, Fomeque, Guayabetal, El Calvario, Gachalá, Medina, Choachí, Junín, Quetame y La Calera, zonas donde ocurre el nacimiento de agua y los principales afluentes de alta montaña y los municipios de Villavicencio, Puerto López, Restrepo, y Cumaral que desembocan en el río Metica.

Por otra parte, el río Guatiquía cuenta con una cuenca con un área de 2098,3 km², perímetro de 398,51 km, longitud máxima de 95,71 km, longitud del cauce principal de 141,814 km, es alargada y cuenta con una curva hipsométrica tipo C, valor que se atribuye a una cuenca sedimentaria en etapa de vejez (Rivas & Moreno, 2019).

Su potencial de uso del suelo se distribuye en la cuenca media y baja de la cuenca con la participación de cultivos y pastos limpios propicios para el desarrollo de actividades económicas, cuenta con una parte alta en páramo y bosque de montaña y una sección de valle aluvial y sedimentada, estas características se visualizan en el desarrollo del presente documento.

Entidad:  UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CARTOGRAFICO DE COLOMBIA	Presentado por: Laura Tayanca Rosales Presentado a: Ing. Diego Andrey Corda Elaboró el arte:	Título y Autores: Geografía Regional: MAFRISA Plan de la Región Autores: Rosales Laura Tayanca, Rosales Tayanca Rosales Laura Fecha: 2019-11-15 Versión: 1.0 Proyectado por: Ing. Diego Andrey Corda Diseñado por: Ing. Diego Andrey Corda Elaborado por: Ing. Diego Andrey Corda Fecha: 2019-11-15	Localización geográfica: 	Análisis: Información complementaria del plano entregado En el siguiente plano se representa: Mapa geográfico de la cuenca del río Guaviyá, con formato por municipios provenientes de los departamentos de la Cordillera Occidental y del Valle del Cauca. Se representan las zonas rectoras con división geográfica, vías principales, áreas protegidas, áreas de influencia y embalses permanentes.	Fecha: 02/07/2024 Escala: 1:10000 Plano No: 6
--	--	---	--	---	--

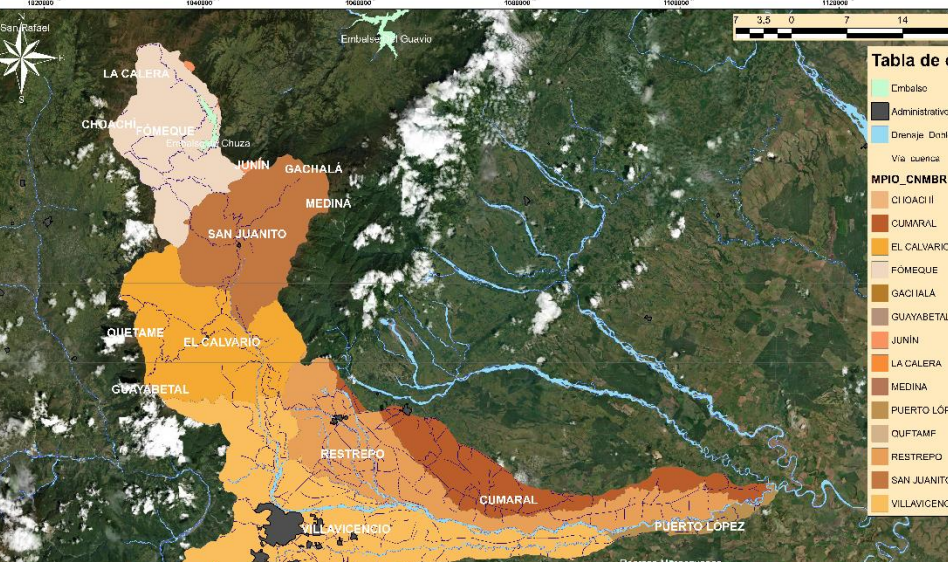


Tabla de convenciones

- Embalse
- Administrativo_R
- Drenaje Doble
- Vía cuencana
- MPIO_CNMBR**
 - CHIAMÁ II
 - CUMARAL
 - EL CALVARIO
 - FOMEQUE
 - GACHALÁ
 - GUAYABETAL
 - JUNÍN
 - LA CALERA
 - MEDINA
 - PUERTO LÓPEZ
 - QUIETAME
 - RESTREPO
 - SAN JUANITO
 - VILLAVICENCIO

Caracterización Hidrológica de la cuenca del río Guatiquía

La caracterización geomorfológica es importante gracias a que muestra el tamaño del área de estudio, define los elementos hídricos más importantes, permite definir sus características y los instrumentos de gestión ambiental que se pueden aplicar desde la valoración económica ambiental mediante la revisión de la gestión de uso potencial del suelo (Araque, 2019).

Sumado a esto, el estudio desarrollado por Arrollave et al., (2009) muestra que la caracterización hidrológica aporta en que exista un desarrollo sostenible frente al uso de sustancias contaminantes que impacten en el suelo y se infiltren hasta causar un impacto en la escorrentía superficial, del cual subsisten distintas actividades económicas y ecosistemas.

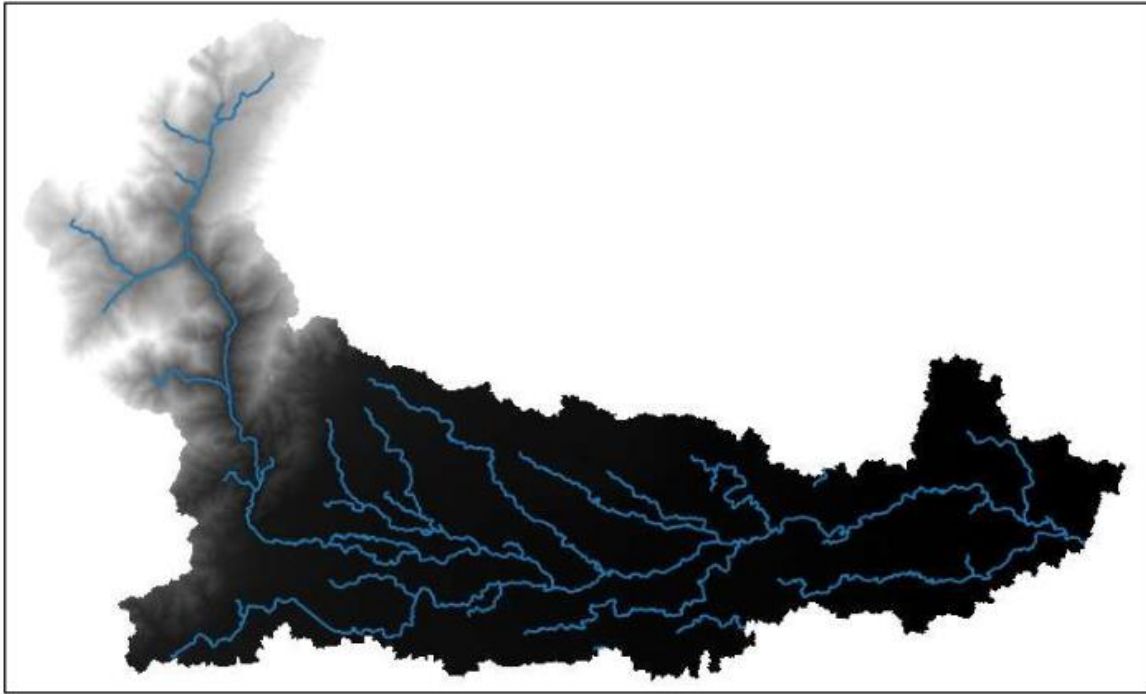
Al momento de enfocar el estado del arte en el estudio de la cuenca del río Guatiquía, se comprende que han existido diferentes estudios alejados del tema central de investigación, tal como el caso de (Villar & Sarmiento, 2022) los cuales realizaron una investigación como propuesta para la implementación de huertas orgánicas en las veredas ribereñas del río Guatiquía, y con influencia, tal como los estudios de distribución espacio temporal de temperatura precipitación y caudales en la cuenca del río Guatiquía, la cual comprende del estudio de la cuenca desde el aspecto de cambio climático con escalas a 30 años investigados por (Galvis, 2019) y finalmente la caracterización morfométrica de la cuenca, el cual será uno de los puntos clave en el siguiente apartado, siendo esta información proporcionada por (Rivas & Moreno, 2019) la cual expresa que la cuenca cuenta con las siguientes características:

La subcuenca del río Guatiquía pertenece a la cuenca del río Metica, en el cual desemboca como uno de sus afluentes principales, según la caracterización realizada, la cuenca del río Guatiquía cuenta con los siguientes parámetros morfométricos:

Área de 2098,3 km², perímetro de 398,51 km, longitud máxima de 95,71 km, longitud del cauce principal de 141,814 km, ancho de la cuenca de 21,92 como datos generales de la cuenca.

Estos valores se obtuvieron del análisis realizado por (Rivas & Moreno, 2019), con los que se pretende comparar al momento de ejecutar el proceso de caracterización de la cuenca, la cual arrojó los siguientes valores adimensionales asociados a la forma de la cuenca:

- Factor de forma: 0,229, es una cuenca que tiende a ser alargada.
- Coeficiente de compacidad: 2.436, es una cuenca oval-oblonga a rectangular
- Coeficiente de circularidad: 0.000000166 es una cuenca que es una cuenca alargada en cuanto al tiempo de concentración que tiene la cuenca.

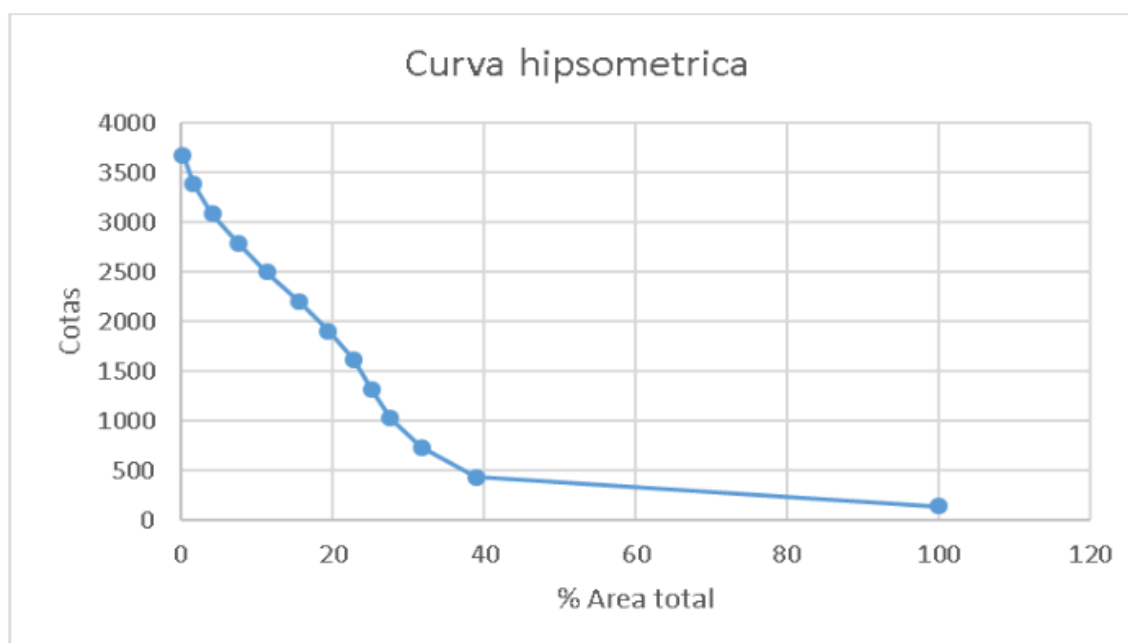
Figura 2 DEM y red de drenaje Cuenca rio Guatiquía

Nota. Adaptado de (Rivas & Moreno, 2019).

Finalmente, para el factor de relieve se obtuvieron los siguientes resultados:

- Cota máxima (msnm): 3971 msnm
- Cota mínima (msnm): 147 msnm
- Altitud media (msnm): 888.28 msnm
- Altitud mayor del cauce: 3971
- Altitud menor del cauce: 147
- Pendiente promedio de la cuenca: 0.003%

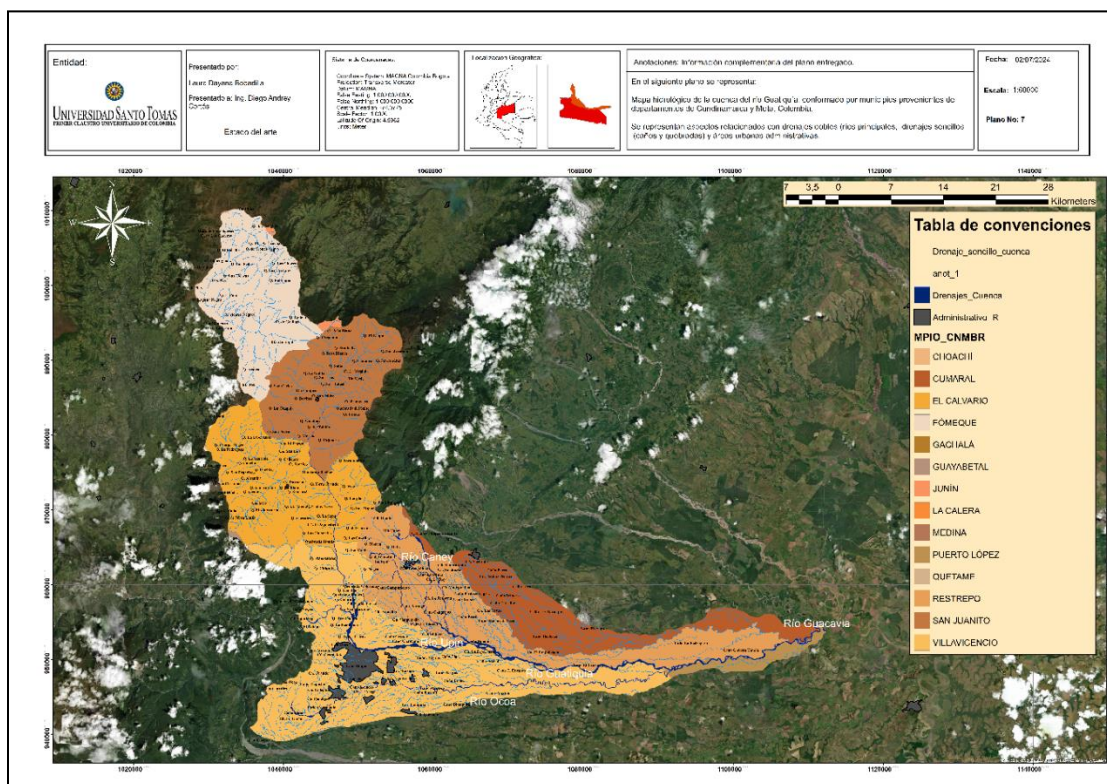
Se generó una curva hipsométrica con las siguientes características:

Figura 3 *Curva hipsométrica estudiada en el área de la cuenca del río Guatiquía*

Nota. Adaptado de (Rivas & Moreno, 2019).

Donde se manifiesta que la cuenca presenta una curva tipo C, siendo asociada mayormente a cuencas sedimentarias o cuencas que se encuentran en fase de vejez. Esta información presentada por los autores se comparará con la información representada en el estudio final, garantizando que la información presentada por los autores sea validada o corregida y complementada en cuanto a su análisis.

Adicionalmente, se presenta un mapa con los atributos relacionados al IGAC con respecto a la condición hidrológica de la cuenca, puesto que el estudio relacionado anteriormente realizado por Rivas & Moreno (2019) no presenta información suficiente a considerar tal como el nombre de cuerpos hídricos, escala, leyenda e información adicional relacionada, siendo entonces generada el siguiente mapa temático con la información hidrológica de la cuenca del río Guatiquía:

Figura 4. Mapa hidrológico de la cuenca del río Guatiquía.

La figura 4, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año 2019 con el perímetro de la cuenca entregado por el DEM obtenido en la zonificación hidrográfica realizada por el IDEAM para el PORH del año 2018, enfatiza en mostrar los diferentes cuerpos de agua primarios y secundarios que relacionan a la cuenca del río Guatiquía y complementan la figura.

Suelo, cobertura de la tierra y uso del suelo de la cuenca del río Guatiquía

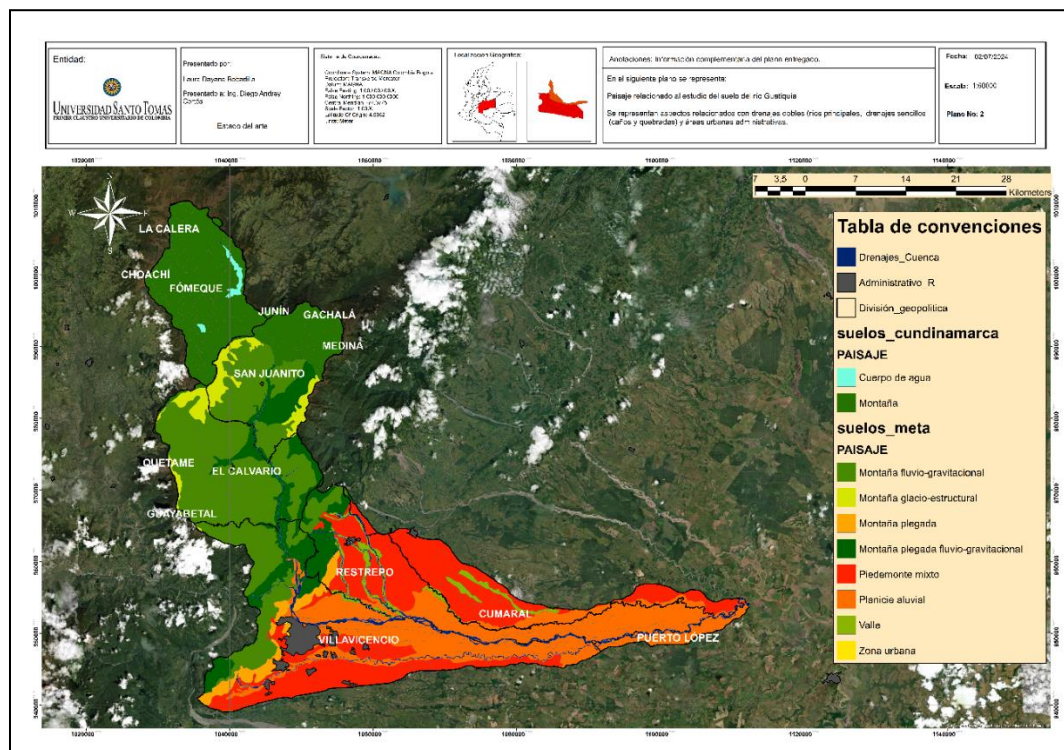
Según el POMCA, la cuenca cuenta con dos grandes paisajes fisiográficos principales, montaña en la cuenca media-alta y llanuras aluviales en la cuenca media-baja, teniendo una alta biodiversidad y a su vez una alta tasa de destrucción en la cuenca media del río Guatiquía (Cormacarena, 2008).

Por otra parte, la vocación del suelo se define como la oferta que tiene la tierra para realizar una actividad agrícola, ganadera o forestal, de acuerdo a la cobertura de la tierra en el área de estudio y las condiciones del suelo para el desarrollo de estas actividades (Minagricultura, 2014).

Esta información se corroboró con la descarga de información vectorial en la página de datos abiertos del IGAC, donde se obtuvo información del suelo de Cundinamarca y el Meta, asociándolos directamente a la delimitación del área de la cuenca y obteniendo un paisaje que se destaca por dar nacimiento a la cuenca del río Guatiquía un aspecto alargado, tal como menciona (Rivas & Moreno, 2019) y la presencia de zona urbana en cercanías al flujo principal del cauce, tal como sucede con la ciudad de Villavicencio y sectores aledaños, entre ellos veredas como El Cairo y el aeropuerto Vanguardia.

El tránsito de sedimentos y precipitación de material rocoso se da de oeste a este, llegando a presentar un transporte de minerales bastante alto y a su vez la generación de acuíferos subterráneos en las áreas llanas cercanas al municipio de Cumaral y Puerto López mayormente.

Figura 5. Tipos de suelo clasificados en Paisaje para la cuenca del río Guatiquía.

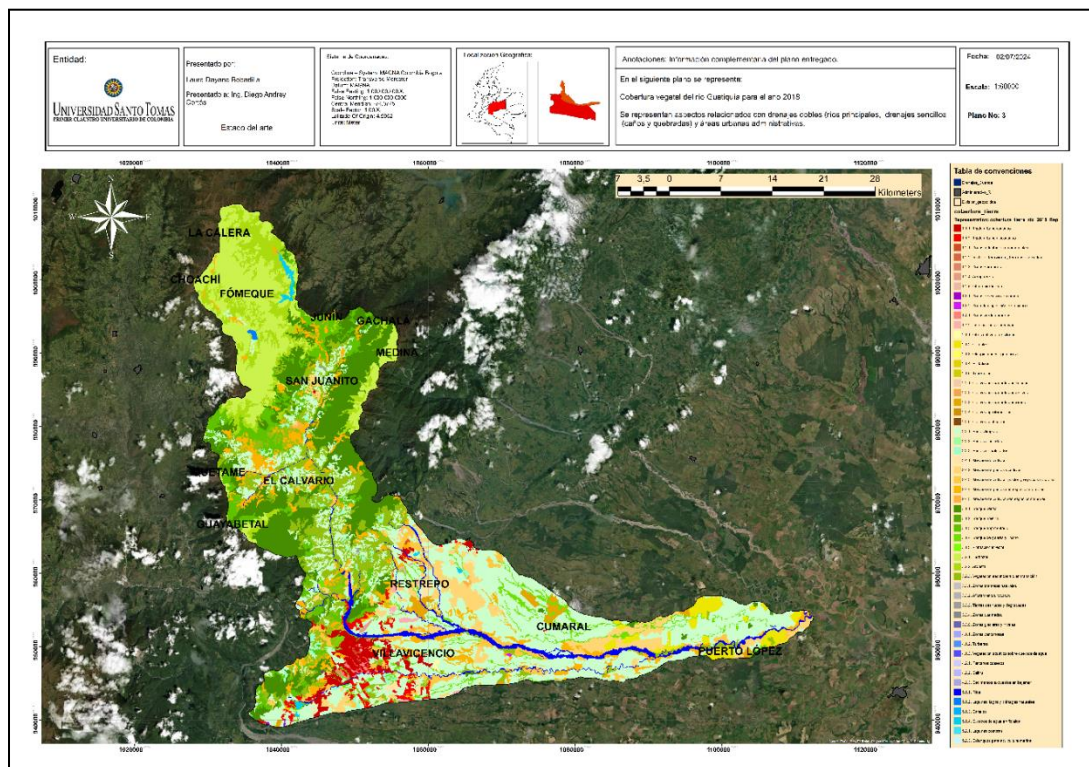


La figura 5, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS

Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año 2019 con el perímetro de la cuenca entregado por el DEM obtenido en la zonificación hidrográfica realizada por el IDEAM para el PORH del año 2018, sitúa elementos geopolíticos tales como tipo de suelo según el paisaje de la cuenca del río Guatiquía y complementan la figura.

Para comprender el uso del suelo en la cuenca, se debe considerar de forma primordial conocer la cobertura vegetal de tierras de la cuenca, esta información se extrajo de fuentes oficiales para el periodo del año 2018, siendo según (Vargas, 2020) la cobertura de la tierra como la vegetación y construcciones artificiales que se producen en la tierra y por otra parte el uso de la tierra se complementa con este, de acuerdo a las actividades que desarrolla y/o puede desarrollar en la tierra conociendo una vez el tipo de suelo y la cobertura vegetal de la tierra, esta información se contempla en la siguiente figura:

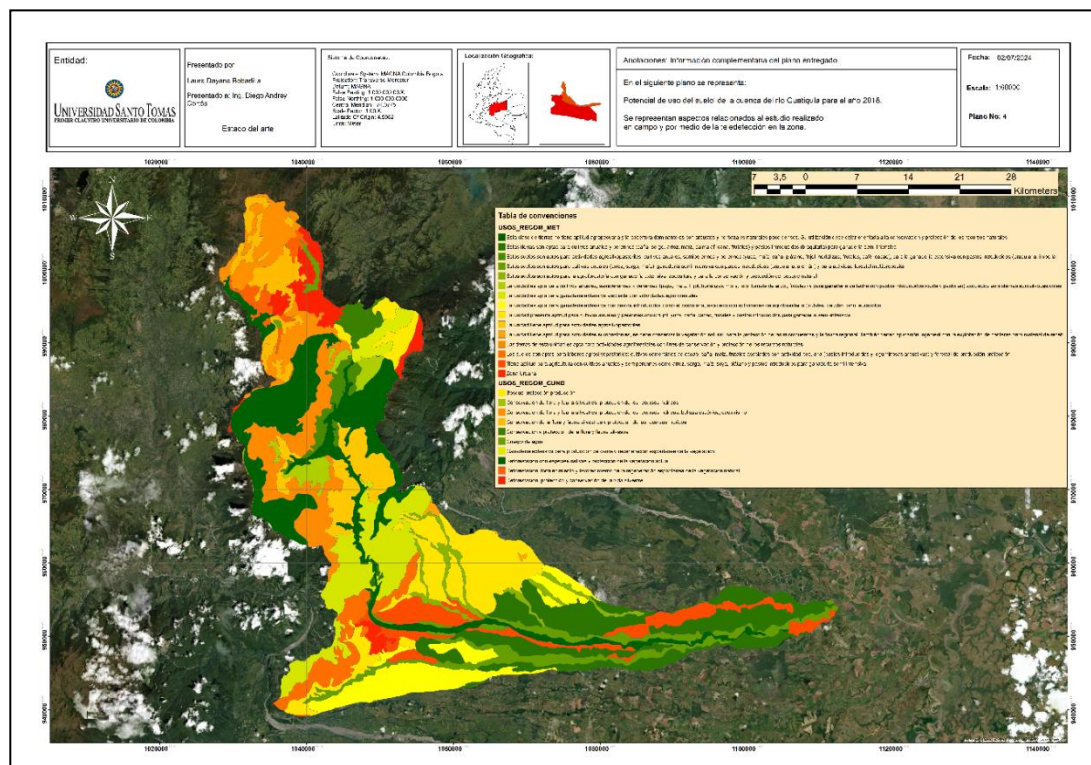
Figura 6. Cobertura vegetal de tierra año 2018 para la cuenca de río Guatiquía.



La figura 6, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año

Sobre la cuenca hay distintas clasificaciones de cobertura vegetal, incluye en parte el tejido urbano que representa la ciudad de Villavicencio, partes del área urbana de Restrepo y mosaicos de diferentes tipos de pastos, además de la presencia de cultivos y zonas rurales urbanas. Al comparar la figura 5 con la figura 7 (zonificación ambiental) se da a entender por qué en espacios de pastos limpios se propone el uso del suelo para actividades agroforestales.

Figura 7. *Uso potencial del suelo IGAC 2018 para la cuenca del río Guatiquía.*



La figura 7, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año 2019 con el perímetro de la cuenca entregado por el DEM obtenido en la zonificación hidrográfica realizada por el IDEAM para el PORH del año 2018, incluye el estudio del uso potencial del suelo de la cuenca del río Guatiquía.

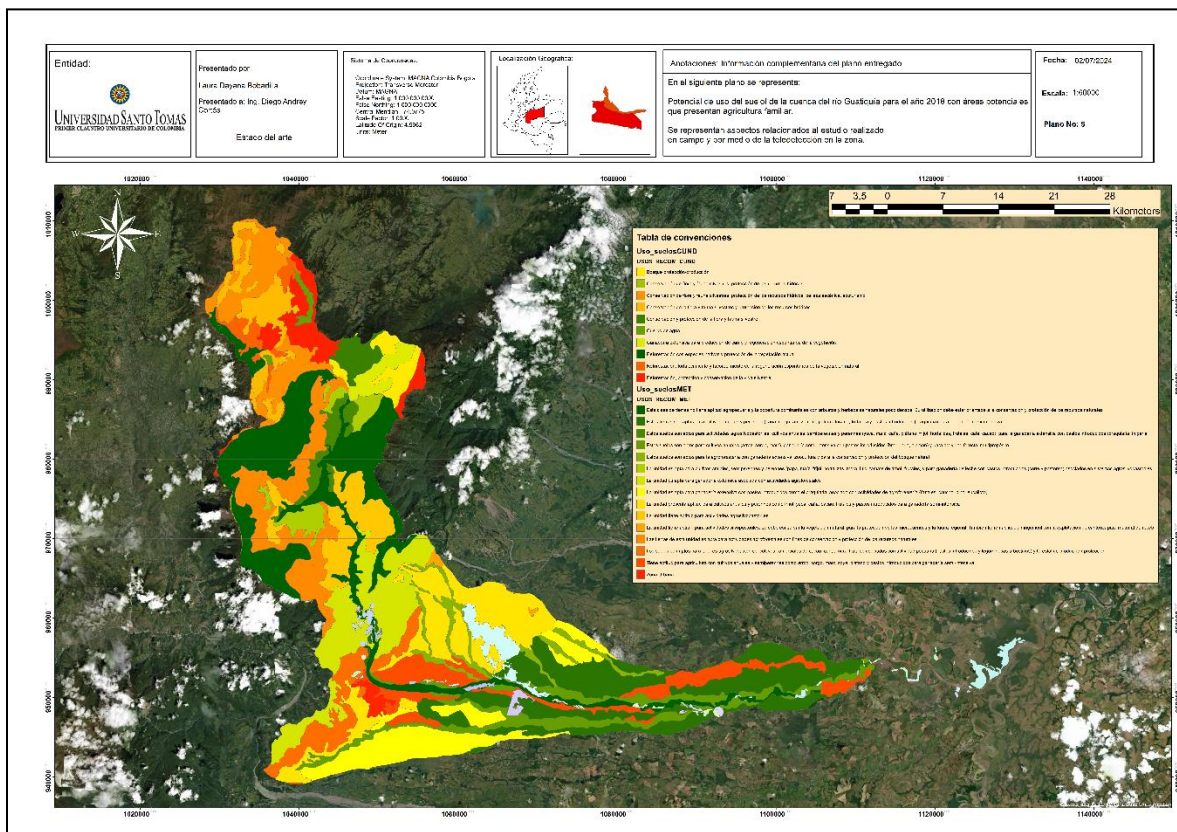
El uso potencial del suelo en este caso para la cuenca del río Guatiquía establece que existen diferentes mecanismos de intervención de la tierra, ya sea para cultivos específicos, acciones de restauración/reforestación, protección ambiental y manejo de ecosistemas estratégicos y aptitudes propias para la ganadería o agricultura, siendo un antecedente primario dentro de la valoración económica a realizar sobre la cuenca del río Guatiquía.

Con estas bases teóricas y cartográficas, la valoración económica ambiental se centra en el uso potencial del suelo, en la búsqueda de fortalecer el proceso de planificación del uso del suelo rural a través de información que permita tomar acciones para generar un mayor acercamiento entre las entidades e instituciones que financian las actividades agropecuarias, restaurativas y de protección de los recursos estableciendo límites para tener una mayor rentabilidad social, lo cual se traduce en el aumento del bienestar de la población que se encuentra relacionada con la cuenca del río Guatiquía.

Además, el cambio en el uso del suelo de forma indiscriminada aumenta la degradación de la tierra, esto siendo un fenómeno que como problemática se manifiesta a nivel global y en el cual se establece un síntoma de pobreza y migración, lo cual impacta en el bienestar y la calidad de vida de la población y disminuye la capacidad del suelo para responder ante actividades adecuadas a sus propiedades geomorfológicas (Alebachew & Sewnet, 2024).

Información acerca del uso del suelo con respecto a actividades agrícolas en la cuenca del río Guatiquía

Para ello, actualmente se contempla según la información proporcionada por Colombia en Mapas ciertos sectores agrícolas familiares los cuales pueden ser objeto de revisión y verificación para conservar dentro de la metodología y población dentro de la muestra dada a su cercanía con la cuenca y actividades en el suelo, tal como se muestra en la siguiente figura:

Figura 8. *Potencial de presencia de agricultura familiar presente en la cuenca del río Guatiquía.*

La figura 8, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año 2019 con el perímetro de la cuenca entregado por el DEM obtenido en la zonificación hidrográfica realizada por el IDEAM para el PORH del año 2018, incluye las economías agrícolas asentadas por familias campesinas dentro de la cuenca del río Guatiquía.

La información representada en la figura 8, muestra ciertas zonas donde se ha estipulado por parte de entidades como el IGAC, economías familiares con base en la agricultura, las cuales se ubican potencialmente en cercanías de la cuenca del río Guatiquía en transcurso del río principal, con esto, se plantea la metodología hedónica y contingente para realizar el presente estudio.

Por tanto, la existencia de una valoración económica ambiental congrega la delimitación de actores y posibles metodologías conjuntas para lograr un resultado positivo en la comunidad asentada que tiene como práctica común para su subsistencia la agricultura y la ganadería, así como la delimitación de espacios clave para el desarrollo económico con la posibilidad de

mantener un equilibrio entre los ecosistemas estratégicos de la cuenca, las áreas de recarga, los nacimientos de agua y la calidad del recurso hídrico para las zonas medias y bajas de la cuenca, así como áreas fuera de la cuenca del cual hacen uso sus recursos comunidades aledañas.

Esto conlleva a su vez a que exista un proceso de adecuación de tierras y disponibilidad de uso para el crecimiento de la economía de la región fuera del crecimiento urbano, adoptando medidas que vayan en función del plan de desarrollo entregada por la Gobernación del Meta enfocándose en el consejo territorial de planeación y el plan de desarrollo económico, aumentando el empleo, la productividad y el aumento de la capacidad agrícola de la región de manera sustentable (Gobernación del Meta, 2024).

Zonificación ambiental entregada por el POMCA del río Guatiquía

Según Avendaño (2019), los beneficios de relacionar la zonificación ambiental como elemento del ordenamiento territorial con la valoración económica ambiental principalmente son establecer un equilibrio entre la oferta de servicios ecosistémicos de la cuenca hidrográfica y la elección de planes que regulen la parcelación de tierras para diferentes usos dependiendo de las características que presenta la superficie, los ecosistemas que contiene y las áreas de protección ambiental que sostienen las actividades de la población y aumentan el bienestar de esta.

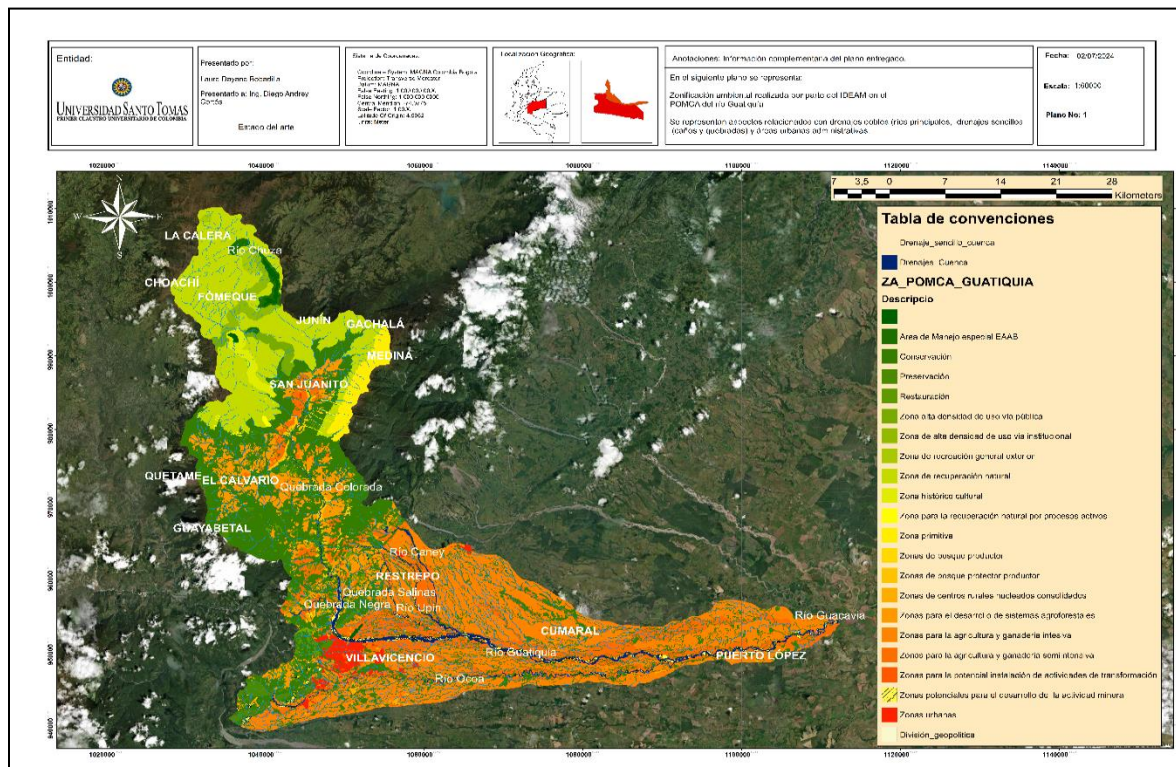
En cuanto a lo descrito por Bark et al., (2016), establecer los escenarios de vegetación, hidrología, tipos de suelo y áreas de protección ambiental presente en la cuenca permite hacer una evaluación monetaria de los servicios ecosistémicos que presenta y al mismo tiempo establecer estrategias de transferencia del suelo.

La zonificación ambiental establece áreas o zonas que conforman espacios delimitados por la interacción entre elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos, definiendo límites de uso y protección de los recursos naturales valorando la sensibilidad ambiental del área (Carvajal & Silva, 2018). En este aspecto, se obtuvo información referente a la zonificación ambiental de la cuenca del río Guatiquía, donde se desplazó la información referente de acuerdo a la valoración de áreas para las diferentes actividades económicas propias de la región llanera.

En el siguiente mapa se representa el espacio que ocupa la cuenca a través de los diferentes municipios del departamento del Meta y parte del departamento de Cundinamarca, desde la zona de piedemonte hasta su encuentro con el río Metica al norte del municipio de Puerto López, se

destaca en la figura cómo se ha relacionado la expansión de zonas agroforestales y ganaderas en municipios como Restrepo, Villavicencio, Puerto López y Cumaral protegiendo el cauce de los afluentes principales a la cuenca comprendidos por aquellos espacios verdes que transitan en dirección al encuentro del río Guatiquía.

Figura 9. Zonificación Ambiental según POMCA río Guatiquía



La figura 9, se elaboró por medio de la herramienta ARCGIS por medio del uso de la pestaña ARCGIS WEB IMAGES, la imagen cuenta con coordenadas MAGNA-SIRGAS Colombia Bogotá, generado a partir del ráster perteneciente a los datos de Colombia para el año 2019 con el perímetro de la cuenca entregado por el DEM obtenido en la zonificación hidrográfica realizada por el IDEAM para el PORH del año 2018, enfatiza en mostrar las áreas de protección, zonas pobladas ocupadas por industrias agrícolas/urbanas y una estimación de las áreas de conservación, prevención, restauración y producción de actividades agrícolas, ganaderas y silvopastoriles.

Tener en cuenta la zonificación ambiental se convierte en una oportunidad que se ha analizado por Bark et al., (2016); Berta et al., (2022) y Boithias et al., (2016) para superar los

desafíos que enfrentan las áreas productivas rurales y corporaciones autónomas regionales para generar mecanismos sostenibles y de gestión ambiental eficientes; donde la valoración económica ambiental defina los límites dentro de la cuenca, estableciendo en qué lugares sea más eficiente conservar un área por su potencial de secuestro de carbono desde la óptica monetaria o en cambio hacer su uso para la producción de alimentos.

Además, los municipios anteriormente mencionados evitarían una producción intensiva, lo cual a futuro provocaría un desbalance dentro de los servicios ecosistémicos que genera la cuenca y disminuiría la cantidad de capital que se podría generar al alterar las áreas definidas para un uso específico (Hernández et al., 2020).

Discusión

Los casos de estudios encontrados con referencia al planteamiento metodológico del documento base aportan distintos puntos de vista acerca del objetivo final de la valoración económica ambiental. En primer lugar, el objetivo de los estudios relacionados es bien sea la demostración de un impacto negativo tanto ambiental como monetario y su comprobación a través de una escala de tiempo y análisis espacial que demuestra el crecimiento urbano vs la explotación de los servicios ecosistémicos de una cuenca hidrográfica y la pérdida de cobertura vegetal, tal como el caso de Mirici & Berberoglu, (2024) y Fernandes et al., (2021) donde representan cuantitativamente las pérdidas de no tener una herramienta que funcione para el control y gestión del suelo.

En segundo lugar, la valoración económica ambiental también se estudia como una oportunidad de mejora, a partir de modelos que integren las zonas urbanas, rurales y ecosistemas existentes en la cuenca hidrográfica, contabilizándolos y estableciendo un valor monetario para incentivar a la población, entidades y empresas a recurrir a mejores estrategias de sostenibilidad, sin disminuir su productividad y actividades económicas tal como el caso de Fang et al., (2024); implementando entonces una herramienta que se basa tanto en el análisis espacial, el registro de información, la generación de costos por servicios ecosistémicos y el conteo de información que se puede capturar en una zona a través de mapas temáticos

En tercer lugar, Zhu et al., (2024) opta por demostrar un sistema contable que influye en el aumento o disminución de la relación entre la generación de políticas, apoyo a distintas actividades

económicas y el avance hacia la restauración y conservación de áreas naturales en la cuenca del Río amarillo como un conjunto de indicadores que demuestren los impactos positivos y negativos de modo tal que se generen productos ecológicos con base en una red que conecte todos los sectores que influyan en un impacto ambiental positivo o negativo a la cuenca.

Recordando que, las bases teóricas de la valoración económica se basan en la economía ambiental y el valor económico total, conceptos que se relacionan al destacar los valores económicos de la diversidad biológica que apoyan las actividades humanas y la cuantificación de la escasez tomando como referencia la destrucción de la biodiversidad (Huamán et al., 2022).

En cuarto lugar, se han realizado estudios relacionados a cuencas hidrográficas en América latina, donde se relacionan diferentes conceptos tales como el DAP (Disposición a pagar) (Huayhua, 2021), servicios ecosistémicos presentes bajo encuesta y análisis de variables por medio del método MuSIASEM, el cual entrega un análisis multiescala del metabolismo de la sociedad y ecosistema (Velecela, 2019), lo cual diversifica la posibilidad de resultados al enfrentar en distintos escenarios la misma problemática, la cual consta de hallar un uso adecuado del suelo y maximizarlo sin desplazar los servicios ecosistémicos que presta la cuenca del río Guatiquía.

Esto conlleva a que los elementos metodológicos y prácticos en los cuales se relaciona una muestra poblacional al estudio pueden destacar de igual forma al momento de compararse con los estudios realizados por (Qian et al., 2024) y (Zhu et al., 2024) dado que estos autores a diferencia de los mencionados anteriormente relacionan la valoración económica ambiental en distintos tiempos, con un antes, un después y la definición de lo que sucede en el momento antes de planificar para sacar el mayor provecho en cuanto al valor monetario lo requiere, evaluando si es mejor utilizar el espacio para una actividad agrícola o para un proceso de restauración que aumente el secuestro de carbono y a su vez, la capacidad de los servicios ecosistémicos siendo útiles los métodos hedónicos y contingente para lograr el resultado.

De este modo, al evaluar diferentes métodos para valorar económicamente la cuenca del río Guatiquía, que tiene su información mayormente centrada en el estudio consignado en el POMCA, el cual tiene un periodo de actualización de 10 años, es de vital importancia combinar elementos metodológicos tales como encuestas, relación del crecimiento demográfico, toma de decisiones multicriterio y experimentos de elección en relación a los cambios en el uso del suelo que se han tenido en estos últimos años, teniendo entonces un antecedente teórico, cartográfico y

desplazando ese modelo al presente de la cuenca y un modelo que permita establecer un tiempo presente y futuro para el uso del suelo en la cuenca.

Como el potencial de uso del suelo es el tema central de investigación y no precisamente todos los servicios ecosistémicos que presta la cuenca, se pueden delimitar aquellos servicios que actúen en función del uso del suelo y que potencien o disminuyan el costo-beneficio a través de elementos como el DAP, las áreas zonificadas para el uso agrícola y su gestión ambiental para generar futuros estudios que aborden de manera específica elementos en la cuenca alta, baja y media del río Guatiquía, entendiendo que el uso del suelo tendrá repercusiones en dirección al sentido en el que transita el cauce, garantizando de este modo una conexión entre los entes gubernamentales, el área rural y la gestión ambiental para garantizar una calidad de los servicios ecosistémicos con prioridad desde la parte alta de la cuenca hasta la parte baja de la cuenca (Yimam et al., 2024).

Para definir las métricas de valoración existirá una incertidumbre demarcada por los intereses comunes de los actores que sean partícipes y a qué se acogen dentro del modelo productivo para mantener un índice de bienestar (Boithias, 2016) y cómo los atributos que se escojan, en este caso para el uso del suelo y sus impactos sobre el área escogida para este tipo de actividad se comparan con un activo ecológico que permite su desarrollo, siendo un determinante de qué manejos adecuados se debe realizar para que la degradación de la cobertura de tierras sea adecuada a lo que soporta la cuenca y cómo se financia o se valora económicamente esta degradación (Ullah et al., 2019).

Un ejemplo claro es la investigación realizada por (Vega, 2018), donde ajusta la investigación a los usos del suelo para determinar su valoración económica, generando tres apartes donde considera el valor económico por uso directo en secuestro de carbono, provisión de alimentos por parte de la agricultura y generación de materia prima (madera), a diferencia de los demás estudios modela la relación de la biomasa con la reducción de captura de dióxido de carbono el costo de talar bosque nativo y su precio de venta así como la generación de alimentos y su venta del mercado, olvidando aspectos como la percepción social y es una metodología aplicable sobre un área igualmente extensa como la cuenca del río Guatiquía pero no expresa como en otras investigaciones la necesidad de mantener un equilibrio socio ambiental con estrategias de gestión ambiental, aun así es el referente más cercano encontrado al potencial de uso del suelo eso sin contar el aspecto social dentro de este.

En general, los estudios relacionados dentro de la bibliografía presentan diferentes enfoques que no terminan de dar respuesta que facilite y genere a conexión entre el ente regulatorio, administrativo y/o judicial con los actores económicos, rurales y urbanos que mueven la economía de los distintos municipios anteriormente mencionados, lo que conlleva a integrar aquellos hallazgos más importantes como una ruta para la consecución de un elemento que sea tangible, evaluable, informativo y cuantitativo a través del análisis espacial y que sea censable, dando un paso más allá que los estudios discutidos en esta sección.

Por tanto, con la consecución de este documento se desea complementar con estudios que impacten de forma positiva en el uso del suelo, evitando de esta forma eventos y desastres tales como inundaciones o remociones en masa en mayor medida, para incrementar el control ambiental y el bienestar de la población que se dedica a actividades agrícolas en cercanías a la cuenca (Skevas, 2019), así como su relación con elementos que les permita desarrollarse adecuadamente (infraestructura, vías etc.) en un marco de ordenamiento territorial que expresa en términos económicos y socio ambientales a una cuenca cercana a diferentes municipios del Meta que presta gran cantidad de servicios ecosistémicos.

Por tanto, el esquema metodológico reconoce el factor social como la población actual dedicada al uso del suelo en la cuenca por parte de actividades agrícolas y ganaderas, su impacto y valor de uso, así como aquellas áreas que no se encuentran intervenidas y/o actividades de no uso que también representan un valor económico por medio de elementos cartográficos y encuestas sociales que determinen una organización de los espacios y disminución de pérdidas económicas en cuanto a mal uso del suelo, sobre explotación e invasión de ecosistemas estratégicos por medio de los cuales se acentúen los servicios ecosistémicos que presta el suelo de la cuenca del río Guatiquía y permita conservar diferentes aspectos que recorren la parte baja de la cuenca y el afluente al cual se une, conservando su calidad dentro de un modelo de desarrollo sostenible que sirva como herramienta de medición para las entidades gubernamentales de los municipios de Villavicencio, Puerto López, Restrepo y Cumaral.

De esta manera, se plantean diferentes resultados para el estudio de valoración económica ambiental en el que se destaca la creación de un documento que permita implementarse a la par del Plan de Desarrollo Departamental y la legislación aplicable, actuando en función de los distritos de manejo integrado, reservas forestales y áreas protegidas, así como una visión de la frontera agrícola y su inspección a detalle para entregar cifras que ayuden a visibilizar el costo-

beneficio de las prácticas agrícolas y ganaderas en el mercado, generando entonces espacios de reflexión al momento de analizar las encuestas realizadas a participantes establecidas dentro del área de la cuenca, así como productores que realicen actividades agrícolas y vean una oportunidad de emplear el suelo de manera sustentable en cercanías al municipio de Villavicencio.

Como resultados secundarios se propone establecer qué actividades agrícolas son más pertinentes de acuerdo al tipo de suelo y cobertura vegetal presente, determinando impactos, riesgos y el costo-beneficio, entregando herramientas para que productores pequeños, medianos y grandes adopten medidas de gestión ambiental de manera transversal para el cuidado del suelo y los recursos naturales al momento de establecerse en el área, así como una guía para la entrega y evaluación de tierras a estos productores por parte de entes de control y revisión, siendo posible estudiar de manera detallada por distintos investigadores interesados las condiciones de la cuenca con respecto al uso del suelo y evaluar de esta forma los servicios ecosistémicos presentes en ella, la relación con respecto al cambio climático, la fragmentación del ecosistema, la biodiversidad presente y el desplazamiento de comunidades rurales a áreas urbanas.

Finalmente, también es un documento que al evaluar qué tipo de cultivos son más provechosos para el mercado, en donde se pueden ubicar y qué representa para el mercado que se propongan estrategias de infraestructura vial, transporte, guías para el uso de pesticidas y herbicidas, nuevas metodologías de medición de la frontera agrícola y planeación conjunta para que exista una disposición a pagar por el cuidado de ecosistemas estratégicos; en cuanto a la desembocadura del río Guatiquía, se plantea la creación de estudios conectados con las distintas cuencas, transmitiendo una evaluación que permita su réplica en los llanos Orientales.

En conclusión, es un estudio que abarca distintas metodologías que se asocian a las cualidades de la cuenca y su alineación con Planes de Ordenamiento del Territorio desde la óptica socioeconómica, entregando una herramienta que permita al empresario y al ente de control establecer áreas de producción de forma segura y sustentable, así como la creación, mantenimiento y ampliación de infraestructura vial que permita su conexión, representando un beneficio para el departamento del Meta.

Para el contexto regional, este estudio pretende llegar a demostrar de manera implícita que las cuencas hidrográficas son elementos determinantes dentro del Ordenamiento del Territorio, puesto que sin una medición de lo que sucede dentro de esta no es posible adoptar una economía

ecológica, definición atribuida a un subsistema físico global y finito que enfrenta la conservación del medio ambiente y la expansión económica (González, 2020).

En el contexto político-administrativo, es un documento que invita a los municipios del Meta que cuentan con una desactualización o se encuentran archivados por Cormacarena, tal como el municipio de Cumaral a que adopten medidas dentro de los resultados adoptados para la cuenca y se propongan estrategias de promoción y empleo en el sector agrícola bajo las condiciones presentadas, generando la cartografía pertinente y los modelos de producción adecuados para realizar estas actividades de manera sustentable.

Conclusiones

La búsqueda de información bibliográfica acerca de la valoración económica ambiental en el contexto de una cuenca hidrográfica y su relación con el uso potencial del suelo demostró que existen diferentes metodologías y modelos que dan respuesta a lo que sucede al no planificar el ordenamiento del territorio y el uso del suelo en un contexto monetario, una posibilidad de mejora ante la situación actual a través de la medición de factores y su relación positiva o negativa frente a las decisiones administrativas, gubernamentales que se tomen dependiendo de las actividades económicas dominantes del área de estudio y su impacto en los servicios ecosistémicos de la cuenca.

En el contexto latinoamericano, con relación a los estudios encontrados existe una tipología que incluye con más fuerza el factor social para llevar a cabo la valoración económica ambiental, a pesar de que en otras zonas del mundo se toma en cuenta la necesidad de que la población se informe y esté presente se le da más valor a encontrar una relación monetaria en un espacio y tiempo específico y no un método que acompañe el proceso de ocupación, monitoreo y control del suelo.

A pesar de que no se encontró un estudio en Colombia que relacione la valoración económica ambiental para cuencas hidrográficas con relación al uso potencial del suelo, para la cuenca del río Guatiquía se busca integrar los hallazgos más importantes encontrados en los casos de estudio referenciados con un enfoque socioeconómico, donde exista una herramienta que permita crear un sistema de participación y acompañamiento que conlleve a la creación de políticas de control y financiamiento al pequeño, mediano y gran productor con un enfoque de conservación,

preservación y restauración, definiendo los límites de las áreas de la cuenca y su cumplimiento ante una previa contabilización de los productos ecológicos con los que cuenta la cuenca, para así llevar de una forma cuantitativa y cualitativa el desarrollo de la población que se beneficia de la cuenca.

Siendo entonces, una herramienta de gestión ambiental que no solamente impacta a una cuenca en específico, sino que busca dentro de su profundización analizar los beneficios para la población y sus actividades económicas aguas abajo de la cuenca del río Guatiquía.

Referencias Bibliográficas.

- Alebachew, M., & Sewnet, A. (2024). Modeling the impact of land use land cover change on the estimation of soil loss and sediment export using InVEST model at the Rib watershed of Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 34. 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2024.101177>
- Araque Arellano, M; Vásconez, M; Manchero, A; Álvarez, C; Prehn, C; Cevallos, C. & Ortiz, L. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19038>
- Avendaño Leadem, D; Cedeño Montoya, B. & Arroyo Zeledón, M. (2019). Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial. *Revista geográfica de américa central*, 2(65). 63-90. <http://dx.doi.org/10.15359/rgac.65-2.3>
- Boithias, L., Terrado, M., Corominas, L., Ziv, G., Kumar, V., Marqués, M., Schuhmacher, M., & Acuña, V. (2016). Analysis of the uncertainty in the monetary valuation of ecosystem services — A case study at the river basin scale. *Science of The Total Environment*, 543. 683-690. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.066>
- Campos S; Barbosa, A; Xavier de Barros, Z; Gehring Cardoso, L. & Carrega, E. (2011). Capacidad de uso de la tierra en la cuenca de la Corriente del Lobo, Itatinga, Sao Paulo, Brasil. *Acta Agronómica*, 60(4). 361-368. <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v60n4/v60n4a09.pdf>
- Carvajal Silva, D; Cucunubá Moreno, P; Moreno Mayorga, N; Ramírez Piñeros, J. & Sastoque Martínez, L. (2018). *Zonificación ambiental*. [Anexo de trabajo de grado, Universidad Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio Institucional.

- <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/4255/6.%20ZONIFICACION%20AMBIENTAL.pdf?sequence=7&isAllowed=y> Chen, B., & Wang, R. (2014). Integrated ecological indicators for sustainable urban ecosystem evaluation and management. *Ecological Indicators*, 1-4.
- Cormacarena. (2008). *2.4 Fase de diagnostico*. CAEMA.
- Fang, Z; Chen, J; Liu, G. & Wang, H. (2021). Framework of basin eco-compensation standard valuation for cross-regional water supply – A case study in northern China. *Journal of Cleaner Production*, 279. 1-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123630>
- Baquero Galvis, M. (2019). *Distribución espacio-temporal de temperatura, precipitación y caudales en escenarios de cambio climático: Análisis y sus proyecciones de sus principales efectos en la cuenca del río Guatiquía (Colombia) 2015-2045*. [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uptc.edu.co/items/a3f70681-6f3e-4c8d-b5b4-02c31cea73ad>
- Gobernación del Meta. (2024). *Plan de Desarrollo Departamental*. Gobernación del Meta. https://devx.meta.gov.co/media/centrodocumentacion/2024/04/30/Plan_de_Desarrollo_Departamental_El_Gobierno_de_la_Unidad_30042024.pdf
- González Otoya, J. (2020). *Las Cuencas Hidrográficas Como Determinantes Fundamentales Del Ordenamiento Territorial En Localidades Del Distrito Especial De Santiago De Cali*. [Trabajo de grado, Universidad ICESI]. Repositorio Institucional. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/handle/10906/85429
- Hernández et al., H. (2020). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 61(1). 352-368. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Huamán Bazán, K; Luján Villanque, J. & Posada Castillo, J. (2022). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos de la cuenca baja del río Rímac por los pobladores Aledaños*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Del Callao]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6803?locale-attribute=en>
- Lucas Rojas, C. (2017). *Economía Ambiental*. Fundación Universitaria del Área Andina. <https://digitz.areandina.edu.co/entities/publication/a0462f5e-806b-445b-b7a1-db7122fdc605>

- Luo, K; Wang, H; Yan, X. & Ma, C. (2024). Study on trade-offs and synergies of rural ecosystem services in the Tacheng-Emin Basin, Xinjiang, China: Implications for zoning management of rural ecological functions. *Journal of Environmental Management*, 363. 1-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121411>
- Marques Fernandes, M; Moura Aouada, M; Ruiz Garcia, J. & Matricardi, E. (2021). Land use and land cover changes and carbon stock valuation in the São Francisco river basin, Brazil. *Environmental Challenges*, 5. 1-10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envc.2021.100247>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). *Unidad de Planificación Rural Agropecuaria*. Minagricultura. https://www.minagricultura.gov.co/Documents/UPRA_Oferta_Institucional.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). *Guía de la aplicación de la valoración económica ambiental*. Minambiente. https://archivo.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/valoracion_economica_ambiental/Gu%C3%ADa_de_aplicaci%C3%B3n_de_la_VEA_Comprimida.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2 de Julio de 2024). *Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas –POMCA*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/planificacion-de-cuencas-hidrograficas/cuenca-hidrografica/planes-de-ordenacion>
- Mirici, M., & Berberoglu, S. (2024). Terrestrial carbon dynamics and economic valuation of ecosystem service for land use management in the Mediterranean region. *Ecological Informatics*, 81. 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102570>
- Moreano Huayh, C. (2021). *Valoración económica de los flujos hidrológicos y la biodiversidad por el uso del agua en la cuenca del río Mariño*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4871>
- Moreno Rivas, D., & Rivas Ramírez, D. (2019). *Delimitación hidrográfica y caracterización morfológico de la cuenca del río Metica Auxiliar de investigación*. [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/fb831f41-98e5-40e9-86b5-b123610f8436>

- Pardo Nuñez, I. & Roza Samuel, J. (2018). *Metodologías para valorar los servicios Ecosistémicos*. [Artículo académico, Universidad de Cundinamarca]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/1941>
- Qian, K; Ma, X; Yan, W. & Li, J. (2024). Trade-offs and synergies among ecosystem services in Inland River Basins under the influence of ecological water transfer project: A case study on the Tarim River basin. *Science of The Total Environment*, 908(1). 1-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168248>
- Raffo Lecca, E. (2015). Valoración económica ambiental: el problema del costo social. *Industrial Data*, 18(1). 108-118. <https://doi.org/10.15381/idata.v18i1.12073>
- Rika de Almeida, A; Luiz da Silva, C. & Hernández Santoyo, A. (2018). Métodos de valoración económica ambiental: Instrumentos para el desarrollo de políticas ambientales. *Universidad y Sociedad*, 10(3). 246-255. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v10n3/2218-3620-rus-10-03-134.pdf>
- Skevas, T; Massey, R. & Hunt, S. (2019). Farm impacts of the 2019 Missouri River floods and economic valuation of flood risk reduction. *Journal of Environmental Management*, 344. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118483>
- Silva Arroyave, S. M., & Correa Restrepo, F.. (2010). Valoración económica del suelo y gestión ambiental: APLICACIÓN en empresas floricultoras Colombianas. *Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión*, 18(1). 247-267. <https://doi.org/10.18359/rfce.2291>
- Ullah Khan, S; Khan, I; Zhao, M; Ahmad Khan, A. & Abu Sufyan Ali, M. (2019). Valuation of ecosystem services using choice experiment with preference heterogeneity: A benefit transfer analysis across inland river basin. *Science of The Total Environment*, 679. 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.049>
- Vargas Tobón, Y. (2020). *Revisión de metodologías para la clasificación de las coberturas de la tierra*. Universidad de Antioquia. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15420/1/VargasYenifer_2020_MetodologiasClasificacionCoberturas.pdf
- Salazar Llor, J. & Vega Pazmiño, S. (2018). *Valoración económica de servicios ecosistémicos según el uso del suelo en la cuenca del río Capucuy*. [Tesis de Maestría, Universidad

- Internacional SEK]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2888>
- Salazar Loor, J. & Velecela Caiza, D. (2019). *Valoración económica de los servicios ecosistémicos de la cuenca del río capucuy mediante la aplicación del método musiasem (análisis integrado multi-escala del metabolismo de la sociedad y ecosistema)*. [Tesis de Maestría, Universidad Internacional SEK]. Repositorio Institucional.
<https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3421>.
- Villar Guerrero, M., & Sarmiento Peláez, A. (2022). *Huertas orgánicas como solución alimentaria en las veredas ribereñas del río Guatiquía*. [Trabajo de grado, Fundación Universitaria Los LibertadoresS]: Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/11371/5277>
- Yimam, A; Makuriaww, S; Assefa, D. & Bewket, W. (2024). Impact of Eucalyptus plantations on ecosystem services in the Upper Blue Nile basin of Ethiopia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100393>
- Zhu, M; Zhang, X; Elahi, E; Binging, F. & Khalid, Z. (2024). Assessing ecological product values in the Yellow River Basin: Factors, trends, and strategies for sustainable development. *Ecological Indicators*, 160. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111708>