

**DETERMINACIÓN DEL INDICE DE VULNERABILIDAD AL
DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO
GUATAPURÍ**



AUTORES:

AIMETH CAROLINA ACOSTA TORRES

YULIMAR CONTRERAS GRIEGO

DIRECTOR:

YESITH VICENTE AROCA ZULETA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**DETERMINACIÓN DEL INDICE DE VULNERABILIDAD AL
DESABASTECIMIENTO HÍDRICO (IVH) EN LA CUENCA MEDIA DEL RIO
GUATAPURÍ**

AUTORES:

**AIMETH CAROLINA ACOSTA TORRES
YULIMAR CONTRERAS GRIEGO**

**Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para
optar al título de: Ingeniera Ambiental Y Sanitaria**

Director:

Yesith Vicente Aroca Zuleta

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR, CESAR**

2022

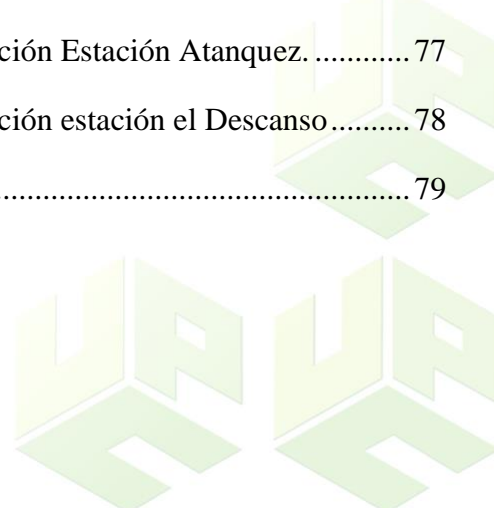


CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	6
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1. Descripción del Problema.....	8
1.2. Formulación Del Problema.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	12
3.1. Objetivo General.....	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. MARCO REFERENCIAL	13
4.1. Antecedentes.....	13
4.2. Marco Teórico	16
4.3. Marco Contextual	23
4.4. Marco Conceptual.....	25
4.5. Marco Legal.....	27
5. METODOLOGÍA.....	31
5.1. Línea y sublínea de investigación.....	31
5.2. Tipo de investigación.....	31
5.3. Nivel de investigación.....	31
5.4. Población de estudio.....	31
5.5. Muestreo poblacional.....	31
5.6. Desarrollo metodológico.....	32

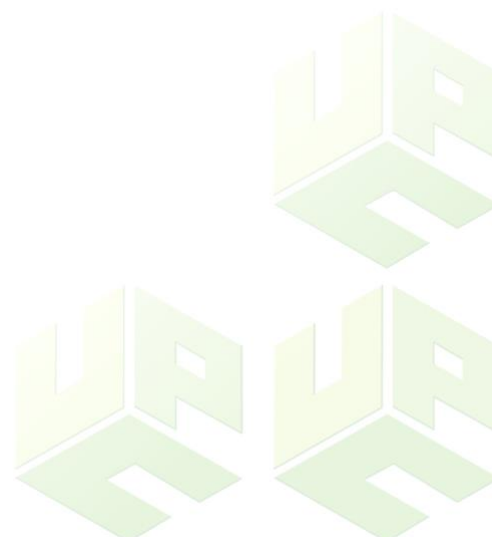


6.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	36
6.1.	Etapa 1: Análisis de caudales históricos de la cuenca media río Guatapurí desde 1997 hasta 2017, por medio del modelo lluvia escorrentía.	36
6.2.	Etapa 2: Establecimiento de la oferta y la demanda del recurso hídrico en el área de estudio para obtención de la vulnerabilidad al desabastecimiento.	49
6.3.	Etapa 3: Estimación de la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por medio del marco propuesto por el IDEAM para la formulación de medidas de mitigación ante un escenario de desabastecimiento hídrico del río Guatapurí.	51
7.	CONCLUSIONES.....	58
8.	RECOMENDACIONES	60
	REFERENCIAS	61
	ANEXOS	67
	Anexo 1. Mapa Localización General de la Cuenca.	67
	Anexo 2. Modelo Digital de Terreno (MDT).	68
	Anexo 3. Usuarios Concesión hídrica corriente Rio Guatapurí -CORPOCESAR.....	69
	Anexo 4. Registro histórico promedio mensual -precipitación Estación Aeropuerto Alfonso López.	76
	Anexo 5. Registro histórico promedio mensual -precipitación Estación Atanquez.	77
	Anexo 6. Registro histórico promedio mensual -precipitación estación el Descanso.....	78
	Anexo 7. Índice de Retención y Regulación Hídrica	79



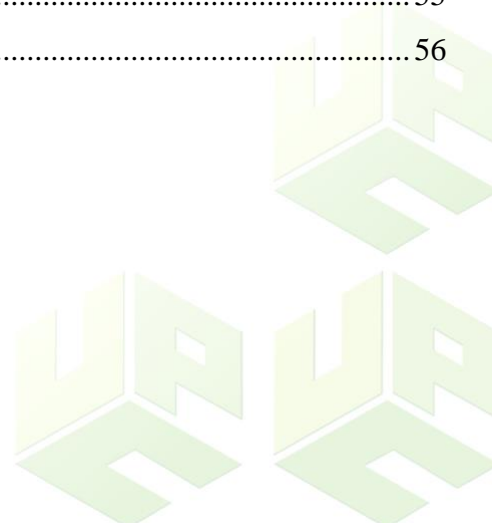
LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2014.....	19
Figura 2. Localización geográfica del municipio de Valledupar.....	23
Figura 3. Localización Geográfica del Balneario Hurtado.	24
Figura 4. Mapa- Detalle general cuenca río Guatapurí.	38
Figura 5. Drenajes de la Cuenca del rio Guatapurí.....	42
Figura 6. Modelo digital de elevación.	43
Figura 7. Modelo de pendientes.	44
Figura 8. Mapa de ubicación de las estaciones IDEAM.....	45
Figura 9. Representación Gráfica Serie Historia Precipitaciones- Estaciones objeto de estudio.....	47
Figura 10. Curva de caudales para la corriente río Guatapurí.	48



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de relación para categorizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento.	20
Tabla 2. Rangos y categorías índice de uso de agua.	22
Tabla 3. Marco legal.	27
Tabla 4. Rangos y categorías identificados para el IUA.	33
Tabla 5. Clasificación del índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).....	34
Tabla 6. Matriz de relación de rangos IRH Y IUA.	34
Tabla 7. Municipios que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.	37
Tabla 8. Principales Centros poblados en el área de la cuenca del río Guatapurí.	38
Tabla 9. Leyenda geológica corriente río Guatapurí.	39
Tabla 10. Parámetros morfométricos de la Cuenca.	41
Tabla 11. Estaciones meteorológicas utilizadas.	45
Tabla 12. Análisis probabilístico de caudales corriente rio Guatapurí.	50
Tabla 13. Índice de Retención y Regulación Hídrica para las Sub-cuencas.	52
Tabla 14. Índice de retención y regulación hídrica.	53
Tabla 15. Grado de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.	54
Tabla 16. Medidas de Mitigación formuladas.	55
Tabla 17. Matriz Medidas de Mitigación formuladas.	56



INTRODUCCIÓN

El cambio climático es por muchos el mayor reto de la humanidad actualmente y a futuro próximo, por ello gran parte de los recursos mundiales están destinados a proyectos encaminados a adaptar el cambio climático. De acuerdo con Herrera (2018), sus principales impactos son la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas, el aumento de riesgo por desabastecimiento hídrico y el derretimiento de glaciares.

La vulnerabilidad hídrica es una de las mayores amenazas ante los fenómenos climáticos, que genera impactos directos en el acceso del agua potable, tanto por la posibilidad de ocurrir una larga sequía que baje el cauce de los ríos, degrade ecosistemas y disminuya la disponibilidad de agua, o como resultado de grandes inundaciones que ocasionen daños importantes a la infraestructura y al sistema de acueducto (Herrera, 2018).

El cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) se comprende “como una “herramienta de planeación que permite proyectar acciones en casos de eventos extremos, con la identificación de las condiciones potenciales de una zona que pueden generar escasez de agua superficial” (Bernal y Casallas, 2014, p. 5), además nos permite plantear posibles condiciones de desabastecimiento en los municipios para el uso del recurso, además proporcionar elementos en la gestión ambiental, su planificación y ordenamiento en el uso del recurso vital.

El río Guatapurí en su cuenca media, es la principal fuente abastecedora de agua para consumo humano del municipio de Valledupar, en los últimos años se ha tenido que enfrentar a varios problemas, como ha sido el desvío del cauce de la cuenca para ser utilizados como sistema de riego en los cultivos de arroz y sembrados de palma africana utilizada para la producción de aceite, ambos cultivos requieren de un alto porcentaje de agua para su mantenimiento y producción, demandan también el recurso hídrico para la extracción del aceite de palma, cuyos residuos van directamente a las fuentes de agua, algunas de las acequias que están en la margen izquierda del río Guatapurí, muestra de ello son las



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



eventualidades en las que maquinarias como retroexcavadoras han sido encontradas en la cuenca para realizar la apertura de canales que garanticen el flujo de agua a los cultivos de palma y de arroz (POMCA del río Guatapurí, 2015), mostrando una disminución considerable de su caudal poniendo en riesgo la capacidad de abastecimiento de la población.

Por medio de la investigación se pretende calcular el IVH de la cuenca del río Guatapurí, obteniendo información acerca de la relación oferta-demanda presentes con el fin de hacer un diagnóstico de las condiciones actuales y conocer la situación real, estimando el potencial de esta, favoreciendo la formulación de planes y proyectos que permitan el desarrollo integral del territorio enfocados en las necesidades particulares. Con estos resultados de este trabajo se espera que el gobierno local y autoridad competentes puedan realizar una planificación que permita ejecutar una GIRH eficiente encaminado a mantener una oferta superior a la creciente demanda del servicio producida por el incremento permanente de la población.

Para la elaboración del proyecto se analizan las series históricas de datos de las estaciones hidrométricas existentes en el área de estudio de propiedad del IDEAM, así como la información de oferta y demanda contenida en el POMCA del río Guatapurí, de otra parte, el cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica se realiza a través de la metodología del IDEAM para recomendar estrategias de adaptación y o mitigación de acuerdo con los resultados obtenidos.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

El cambio climático es por muchos el mayor reto de la humanidad actualmente y a futuro próximo, por ello gran parte de los recursos mundiales están destinados a proyectos encaminados a adaptar el cambio climático. De acuerdo con Herrera (2018), sus principales impactos son la pérdida de biodiversidad, la degradación de ecosistemas, el aumento de riesgo por desabastecimiento hídrico y el derretimiento de glaciares.

Según los datos de la UNESCO (2020), el consumo de agua se ha multiplicado por seis en el último siglo y crece a un ritmo de un 1% anual. Además, considera que el cambio climático se manifiesta en el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos extremos tales como las tormentas, las inundaciones y sequías o las olas de calor que agravarán la situación de los países que actualmente sufren 'estrés hídrico' y generará problemas similares en áreas que no se han visto gravemente afectadas.

La vulnerabilidad hídrica es una de las mayores amenazas ante los fenómenos climáticos, la cual genera un impacto directo en el acceso al agua potable, ya sea por la posibilidad de ocurrencia de una prolongada sequía que disminuya el cauce de los ríos, degrade los ecosistemas y reduzca la disponibilidad de agua, o como resultado de grandes inundaciones que puedan generar daños considerables en la infraestructura y sistemas de acueducto (IDEAM, 2015).

El río Guatapurí en su cuenca media, es la principal fuente abastecedora de agua para consumo humano del municipio, en los últimos años se ha tenido que enfrentar a varios problemas, como el desvío del cauce de la cuenca para ser utilizados como sistema de riego en los cultivos de arroz y sembrados de palma africana utilizada para la producción de aceite, ambos cultivos requieren de un alto porcentaje de agua para su mantenimiento y producción,

demandan también el recurso hídrico para la extracción del aceite de palma, cuyos residuos van directamente a las fuentes de agua (POMCA del río Guatapurí, 2015).

En los últimos años el río Guatapurí ha mostrado una disminución considerable de su caudal poniendo en riesgo la capacidad de abastecimiento de la población, además la dinámica del recurso hídrico también está siendo afectada por la falta de cobertura vegetal, la cual sirve de barrera natural para regular el paso de la corriente que desciende de las montañas y evitar posibles crecidas de los cauces (POMCA del río Guatapurí, 2015).

Por último, no hay conciencia por el cuidado y protección del agua y esto ha traído grandes consecuencias como ha sido la reducción notable de la oferta hídrica para el municipio que cada día crece más su demanda para consumo humano, labores domésticas, agrícolas e industriales presentándose diversos conflictos sociales con la comunidad que reclama y exige medidas rápidas, que solucionen esta problemática ambiental que aqueja cada día a la comunidad.

1.2. Formulación Del Problema

¿Cuál es la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) de la cuenca media del río Guatapurí?



2. JUSTIFICACIÓN

El agua es un elemento vital para la vida del ser humano, está presente en todas las actividades que este realiza y hasta hoy se desconoce que exista otra sustancia pueda sustituirla, por lo tanto, se considera un recurso determinante del desarrollo sostenible. (García, 2017)

Su disponibilidad como recurso hídrico ha tornado de mucha importancia actualmente a nivel mundial, por los múltiples problemas que se han intensificado por distintas variables, lo cual ha promovido el estudio de conservación y recuperación de la misma (Organización de las Naciones Unidas, 2016).

Siguiendo a García (2017, p. 316), “el análisis de vulnerabilidad en las cuencas hidrográficas es un estudio técnico de diagnóstico que aporta información básica y estratégica para el plan de gestión integral del recurso hídrico”. Dicha vulnerabilidad es determinada mediante los indicadores del régimen hidrológico y calidad del agua con base a los criterios propuestos por FAO entre estos, el índice de vulnerabilidad hídrica.

El cálculo del índice de Vulnerabilidad hídrica (IVH) se comprende “como una “herramienta de planeación que permite proyectar acciones en casos de eventos extremos, con la identificación de las condiciones potenciales de una zona que pueden generar escasez de agua superficial” (Bernal y Casallas, 2014, p. 5), además nos permite plantear posibles condiciones de desabastecimiento en los municipios para el uso del recurso, además proporcionar elementos en la gestión ambiental, su planificación y ordenamiento en el uso del recurso vital.

De acuerdo con García (2017) es fundamental el análisis de la vulnerabilidad de los recursos hídricos, como un mecanismo para cualificar el grado de fragilidad de su fuente a razón del abastecimiento y la amenaza de sequía al presentarse periodos con condiciones climáticas adversas. Para este autor, “la vulnerabilidad se puede abordar evaluando la susceptibilidad de los sistemas hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico actual y

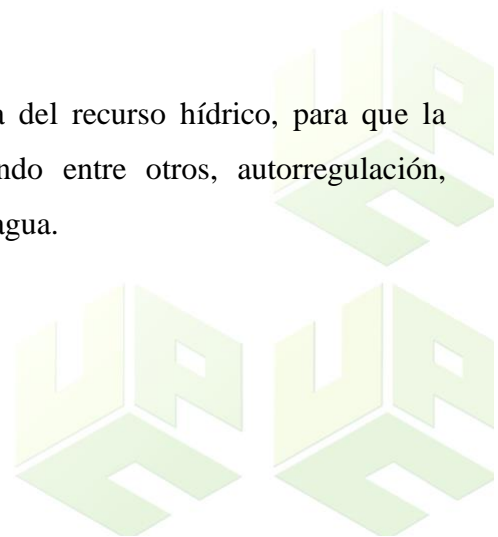
determinando la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso, ante la amenaza de cambios sustanciales en el régimen hidrológico” (p. 317).

Esta investigación es importante ya que es necesario tener conocimiento de la relación oferta-demanda presentes en el río con el fin de hacer un diagnóstico de las condiciones actuales para conocer la situación real y estimar el potencial de esta, favoreciendo la formulación de proyectos y planes que permitan el desarrollo integral del territorio enfocados en las necesidades particulares

Con estos resultados de este trabajo se espera que el gobierno local y autoridad competentes puedan realizar una planificación que permita ejecutar una GIRH eficiente encaminado a mantener una oferta superior a la creciente demanda del servicio producida por el incremento permanente de la población.

Con la ejecución de este trabajo se espera beneficiar a la comunidad del área de influencia, por cuanto determinaremos la fragilidad de mantener la oferta de agua para las unidades territoriales evaluadas y de acuerdo con los resultados obtenidos realizar las recomendaciones para la implementación de posibles medidas de contingencia y/o tecnológicas que permitan garantizar la prestación de un servicio de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Conocer el comportamiento de la oferta y la demanda del recurso hídrico, para que la comunidad utilice el agua de forma racional aplicando entre otros, autorregulación, protección de nacimientos, reforestación, reutilización del agua.





3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) en la cuenca media del río Guatapurí.

3.2. Objetivos Específicos

- Analizar la serie de caudales históricos del río Guatapurí desde 1997 hasta 2017, por medio del modelo lluvia escorrentía.
- Establecer la oferta y la demanda del recurso hídrico en el área de estudio para obtener la vulnerabilidad al desabastecimiento.
- Estimar la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por medio del marco propuesto por el IDEAM para formular medidas de mitigación ante un escenario de desabastecimiento hídrico del río Guatapurí.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. Antecedentes.

Popayán, León y Madroño (2019). Evaluación de la regulación hídrica: oferta y calidad de la quebrada Téllez, microcuenca Ortiz. La investigación se orientó a realizar la evaluación de la regulación hídrica, la oferta y la calidad de agua en la quebrada Téllez, en donde se adelantó un diagnóstico biofísico del componente natural, teniendo en cuenta calidad del agua, hidrografía, climatología y comportamiento de caudales que caracteriza la microcuenca Ortiz o Guaico. Posteriormente, se fundamentan los resultados con la determinación del índice de retención y regulación hídrica (IRH), índice de uso de agua (IUA) e índice de calidad del agua (ICA), mediante la metodología propuesta por el IDEAM, de evaluación de indicadores hídricos, de los cuales se obtiene que, la quebrada actualmente tiene un impacto negativo alto, debido que la demanda de agua es muy alta respecto a la oferta; la calidad se clasifica de regular a mala, lo cual implica que la microcuenca tiene alto riesgo de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico. En este orden de ideas, en el tercer objetivo se establecen alternativas de recuperación, enfocadas a la gestión del recurso hídrico, priorizando la planificación, administración y participación ciudadana, para fortalecer la gobernabilidad entre el estado y la población, que dependen de la quebrada Téllez, puesto que su conservación es importante debido a que es la corriente principal y única en la microcuenca Ortiz, por ende, sostiene en su totalidad los sectores socioeconómicos, en especial, el abastecimiento para consumo humano.

Hernández y Otalora (2018) con su estudio “estimación de los índices hídricos (IUA, IRH, IVH) y formulación de medidas para la mitigación del desabastecimiento en la subcuenca arroyo grande corozal (250201-07) de la cuenca río bajo San Jorge”, con el fin de optar por el título de especialista en recursos hídricos. El presente trabajo de grado tuvo como objetivo determinar los indicadores hídricos con especial interés en el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico a través de la metodología del IDEAM en el arroyo Grande

Corozal, que hace parte del río bajo San Jorge, luego de analizar sus resultados en virtud de los índices establecieron algunas medidas de mitigación y adaptación, que permitan hacer frente a la problemática más relevante que arrojó el estudio, teniendo en cuenta además que en esta zona se presentan vertimientos de 3 municipios de magnitud considerable (Sincelejo, Corozal y Morroa). Se propuso como técnica para la recopilación de la información la investigación de proyectos similares y comparar los resultados con las series históricas de datos de las estaciones hidrométricas existentes en el área de estudio propiedad de las autoridades ambientales y el IDEAM.

El trabajo de Gonzáles, Aragón y Moreno (2015) sobre “determinar la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del páramo guerrero y establecer las posibles medidas de adaptación y mitigación”. Su propósito fue determinar la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Páramo Guerrero y establecer las posibles medidas de adaptación y mitigación, para lo cual iniciamos una indagación respecto a la información disponible en entidades estatales y privadas que nos permitieran desarrollar nuestro proyecto. Como técnica para la recopilación de la información utilizamos entrevistas con especialistas que habían participado en la elaboración de proyectos similares comparando sus resultados con las series históricas de datos de las estaciones hidrométricas existentes en el área de estudio propiedad de la CAR, así como la información de oferta y demanda contenida en el estudio de la Corporación ECOVERSA. De igual forma se complementó la investigación anterior con información contenida en la red. El cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica se realizó a través de la metodología del IDEAM y con base en su resultado recomendamos estrategias de adaptación y mitigación para los municipios de Cogua y Zipaquirá en donde se evidenció que el IUA fue Alto. Las medidas recomendadas beneficiaran a la comunidad del área de influencia y mostró la fragilidad de mantener la oferta de agua para su abastecimiento.

Garzón (2015) con el “análisis de vulnerabilidad por cambio climático en la cuenca del río Bogotá”. El estudio tuvo como objetivo principal determinar el índice de escasez de la cuenca

río Bogotá en el departamento de Cundinamarca, mediante el análisis de la escorrentía superficial, y la demanda de agua generada por los usos del suelo, de acuerdo a la metodología establecida por la resolución 865 de julio de 2004 adoptada por el IDEAM con el fin de establecer su disponibilidad actual y futura a través del uso de uno de los nuevos escenarios climatológicos presentados por el IPPC en su quinto informe, para obtener las variaciones del índice de escasez y su vulnerabilidad en el transcurso del tiempo. En el estudio, se utilizó información secundaria generada principalmente por el IDEAM y la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR), tomando los registros de las estaciones meteorológicas y los estudios POMCA sobre la cuenca del río Bogotá. Del desarrollo metodológico se obtuvieron las características morfológicas de la cuenca en general como de cada subcuenca que la conforma, relacionadas con la forma, el tamaño y la pendiente. Se determinó la demanda de agua basándose en la población actual y futura de las subcuencas y los diferentes usos del suelo presentes de tal manera que se pudiera generar con la oferta hídrica el índice de escasez para el año 2040, haciendo análisis cuantitativo de las variaciones cada 5 años. Los resultados indican que la mayor parte de la cuenca presenta un índice de escasez y medio altos, reflejando un conflicto en el uso y la relación demanda y oferta que presenta la cuenca, esto se debe a que grandes hectáreas de bosque han sido removidas para establecer otros usos como los agrícolas y los pecuarios casi en un 70%. La cuenca presenta un índice de vulnerabilidad entre medio alto y alto, bastante similar al índice de escasez ya que depende de este junto con la regulación hídrica estableciendo que la cuenca actualmente es vulnerable ante cualquier cambio o amenaza que altere su oferta.

Valencia et al., (2014) realizaron una investigación titulada “metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. Este artículo de investigación presenta una metodología para el análisis de vulnerabilidad de fuentes abastecedoras de agua con resultados regionales (Popayán y Cajibío), considerando los siguientes elementos: i) incorporación de indicadores pertinentes para fuentes abastecedoras de acueductos municipales; ii) saberes locales sobre percepción, clima e identificación de

problemáticas relacionadas; iii) procedimientos matemáticos y ajuste del algoritmo para calcular la vulnerabilidad; y iv) articulación con instrumentos de planificación territorial. Como resultado, la vulnerabilidad en el escenario actual de la subcuenca río Las Piedras (Popayán) es medio baja (0,42), producto de la capacidad adaptativa generada por procesos sinérgicos desarrollados entre los actores locales. En contraste, la subcuenca del río Michicao (Cajibío) presenta una vulnerabilidad media alta (0,54), debido a la desarticulación social, baja presencia institucional y nula inversión ambiental.

4.2. Marco Teórico

El ciclo hidrológico de acuerdo a García et al. (2010a), constituye un proceso perpetuo en el cual el agua circula y se transforma en distintos estados en la tierra, es decir “su dinámica es determinada por las condiciones de la radiación solar, la acción de la gravedad y las interacciones de las capas superiores de la tierra: atmósfera, litosfera y biosfera” (p. 116), así mismo, de acuerdo a estos autores depende de procesos naturales que se dan continuamente, donde el agua cae en la tierra de manera líquida o sólida y una parte se evapora antes de tocar la tierra. La parte que alcanza la vegetación es retenida parcialmente por las hojas de las plantas, “de allí, una parte es evaporada de nuevo hacia la atmósfera, en tanto que la fracción restante cae hacia el suelo, en donde puede infiltrarse o escurrir por las laderas, siguiendo la dirección de las mayores pendientes del terreno” (p. 117). Al mismo tiempo, para autores como Franco, García y Vargas (2010):

La parte del agua que escurre a lo largo de las laderas puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, en donde se evapora o infiltra; o, por último, se mueve a través de los drenajes naturales de la cuenca y forma el flujo superficial. Estos tres flujos – superficial, subsuperficial y subterráneo– conforman la escorrentía, que integra los cauces de las corrientes, alimenta los diferentes almacenamientos y drena finalmente al mar. Esta compleja interacción entre la atmósfera y los procesos superficiales y subsuperficiales afecta el régimen, la cantidad, la distribución y la calidad del agua en las diferentes unidades

hidrográficas. Por ello, los componentes del ciclo hidrológico difieren en sus características químicas, bioquímicas, variabilidad espacial y temporal, resiliencia, vulnerabilidad a la presión (incluidos usos de la tierra y cambio climático), susceptibilidad a la contaminación y capacidad de proveer servicios ambientales apropiados para ser utilizados en forma sostenible. (p. 37)

Los procesos naturales que se desarrollan durante el ciclo hidrológico son (IDEAM, 2014):

- **Precipitación:** Volumen de agua que cae por acción de la gravedad, sobre la superficie terrestre en forma de lluvia, llovizna o granizo procedentes de la condensación del vapor del agua, que dependen directamente de la presión atmosférica, temperatura y humedad atmosférica.
- **Infiltración:** Es el agua de la superficie de la tierra que penetra en el suelo. Una vez infiltrada, el agua pasa a formar parte de la humedad del suelo o del agua subterránea.
- **Escorrentía:** Es la lámina de agua que circula sobre la superficie en una cuenca de drenaje, es decir, la altura en milímetros del agua de lluvia escurrida y extendida. De esa se derivan atributos fluviales y volúmenes de agua necesarios para las aplicaciones en el medio acuático (por ejemplo, hábitats de especies acuáticas, o actividades recreativas).
- **Evaporación:** Es la transformación del agua líquida en gas cuando se mueve desde la tierra o las fuentes de agua hacia la atmósfera. La fuente de energía para la evaporación es principalmente la radiación solar.
- **Transpiración:** Es el transporte de agua desde el suelo a la atmósfera a través de las plantas, principalmente a través de las hojas. Es un proceso fisiológico natural de las plantas, consistente en que el agua almacenada en el suelo en forma de humedad es captada por las raíces, recorre la estructura de la planta y se evapora a través de unas células foliares denominadas estomas.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- Evapotranspiración: Pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.
- Procesos humanos: Volúmenes de agua necesarios para suplir las actividades diarias del hombre, ya sea para usos industriales, domésticos, agrícolas, pecuarios, navegación, entre otros.

En cuanto a los indicadores hídricos y con el fin de explicar el estado de la cantidad y calidad del agua en Colombia, se desarrolló un “Sistema de Índices de Agua” con el objetivo de responder preguntas sobre la disponibilidad del recurso y las limitaciones derivadas del efecto sobre el suministro o la calidad. Estos indicadores están relacionados con el orden natural y la intervención humana. (IDEAM, s.f.).



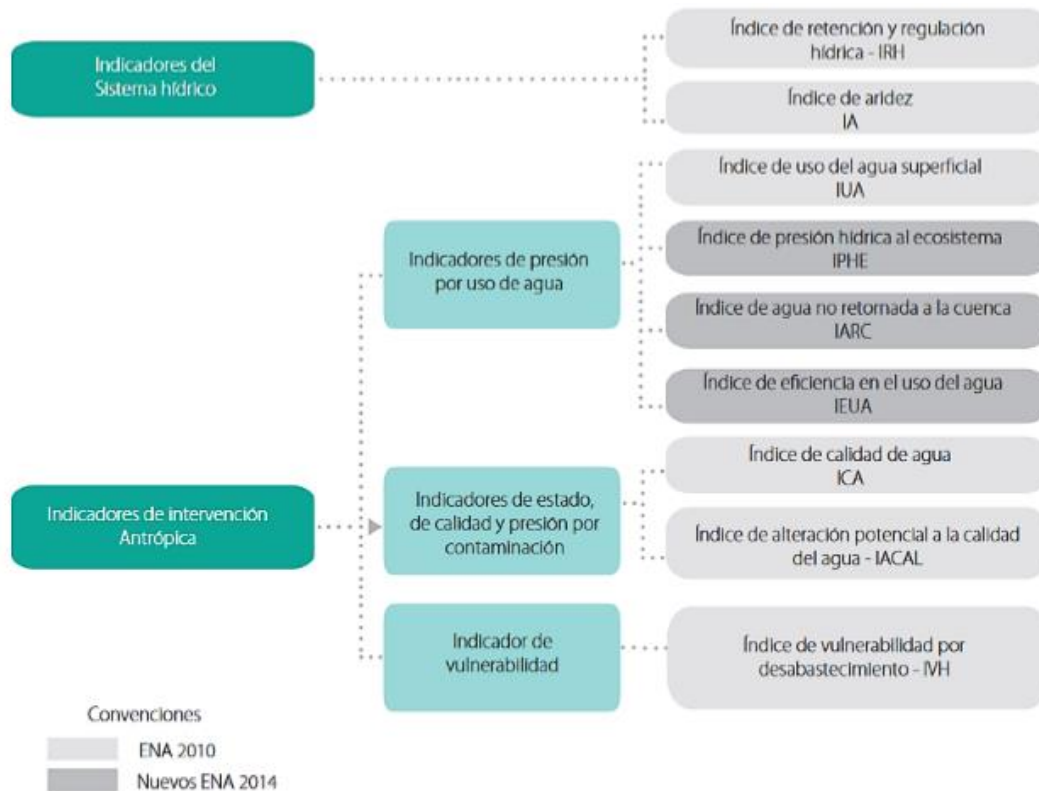


Figura 1. Sistema de indicadores hídricos para el ENA 2014.

Fuente: García y Vargas (2014, p. 43)

Índice de vulnerabilidad hídrico por desabastecimiento (IVH): Se comparte con García et al. (2010b) es el “grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el fenómeno cálido del pacífico (El Niño) – podría generar riesgos de desabastecimiento” (p. 329). La información básica que se requiere para el cálculo del IVH es la correspondiente a los índices de retención y regulación hídrica (IRH) y de uso del agua (IUA). De acuerdo a estos autores (2010, p. 330), “el IVH se determina a través de una matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA)”. Las categorías de este índice se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Matriz de relación para categorizar el índice de vulnerabilidad al desabastecimiento.

IUA	IRH	IVH
Muy bajo	Alto	Muy bajo
Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: García et al. (2010b, p. 330)

Índice De Uso De Agua (IUA): Este índice se comprende como la “cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un periodo determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espaciales” (García et al., 2010b, p. 323). En cuanto a los requerimientos de información para su determinación se hace necesario contar con “series históricas de caudales diarios y mensuales con longitud temporal mayor

de 15 años e información de demanda sectorial para los diferentes usos” (p. 324). Se determina como una “relación porcentual de la demanda de agua en respecto a la oferta hídrica disponible” (p. 323). Se comparte con estos autores (2010b) que la ecuación para su cálculo se presenta a continuación: $IUA = (Dh/Oh) * 100$, donde:

Dh: demanda hídrica sectorial. Σ (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un periodo determinado)

Oh: oferta hídrica superficial disponible (resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental)

➤ ***Cálculo de la demanda hídrica sectorial***

$$Dh = Ch + Csp + Csm + Ccss + Cea + Ca + Aenc$$

Donde:

Dh: demanda hídrica

Ch: consumo humano o domestico

Csp: consumo del sector agrícola

Csm: consumo del sector industrial

Ccss: consumo del sector servicios

Ce: consumo del sector energía

Ca: consumo del sector acuícola

Aenc: agua extraída no consumida

➤ ***Cálculo de la oferta hídrica superficial***



$$O_h = O_{htotal} - O_{qamb}$$

Donde:

O_{htotal}: Volumen total de agua superficial en una unidad de análisis y temporal determinada

O_{qamb}: Volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

La categorización de presión de la demanda sobre la oferta hídrica disponible se define a partir de 6 rangos: crítica, muy alta, alta, media, baja y muy baja, en la figura 3 se presentan los rangos y categorías del IUA (Alfonso et al., 2015).

Tabla 2. Rangos y categorías índice de uso de agua.

Rango	Categoría
>100	Crítico
50-100	Muy alto
20.01 – 50	Alto
10.01 – 20	Moderado
1 – 10	Bajo
< 1	Muy bajo

Fuente: Alfonso et al. (2015)

Índice De Retención Y Regulación Hídrica (IRV): De acuerdo con García et al. (2010b) es un índice usado para medir la capacidad de retener la humedad en las cuencas en relación con la distribución de las “series de frecuencias acumuladas de los caudales diarios. Este índice se mueve en el rango entre 0 y 1, y los valores más bajos son los que se interpretan como de menor regulación” (p. 323). Además permite generar isolneas donde su resolución depende de la densidad en las estaciones hidrológicas referentes.

4.3. Marco Contextual

De acuerdo con el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (CMGRD, 2012): La ciudad de Valledupar, capital del departamento del Cesar, está ubicada en el margen occidental del río Guatapurí al pie de las últimas montañas de la Sierra Nevada de Santa Marta a los 10°29' N y 73°15' al oeste de Greenwich, a 169 metros sobre el nivel del mar; Su temperatura media es de 28°C. (p. 2). A continuación, en la figura 2, se presenta la localización geográfica del municipio de Valledupar.



Figura 2. Localización geográfica del municipio de Valledupar.

Fuente: (TodaColombia.com, 2019)

El río Guatapurí es un río del departamento del Cesar, en la Costa Atlántica de Colombia. Nace en la laguna Curigua, en la Sierra Nevada de Santa Marta, a 4400 msnm y desemboca en la margen derecha del río Cesar, cerca de Valledupar. En un descenso de 85 km, su pendiente media es de 20°. A su paso por el norte de Valledupar se encuentra el Balneario Hurtado, con una longitud de 1.28km iniciando en el puente Hurtado y finalizando en el Ecoparque Lineal, es el principal lugar de recreación y diversión de la capital del Cesar. En este mismo sitio se encuentran el Pueblito Vallenato y la Playa Maravilla. Además, alimenta de agua al acueducto de dicha ciudad. El Balneario Hurtado se encuentra localizado en la carrera 19, en la vía que de Valledupar conduce al corregimiento de Patillal.

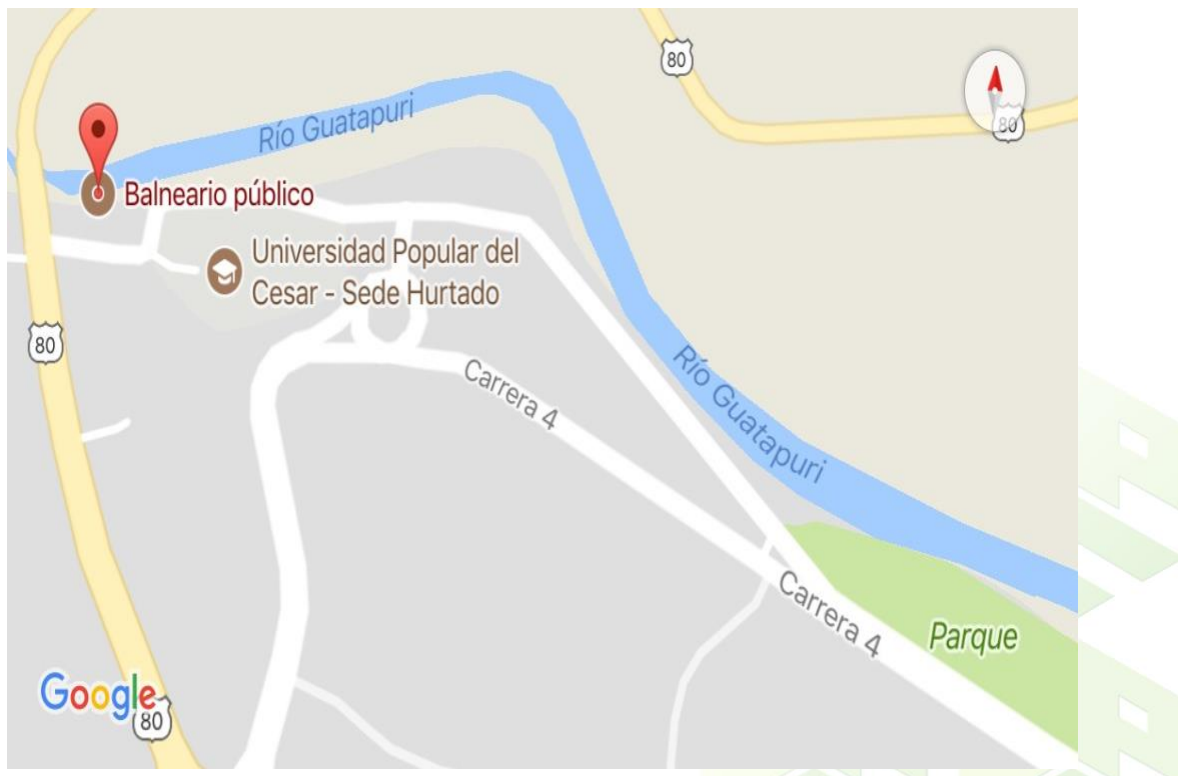


Figura 3. Localización Geográfica del Balneario Hurtado.

Fuente: Google Maps, 2017.

Así mismo, según el Consorcio Guatapurí-Cesar (2019, p. 98): En ambos márgenes de la cuenca del río Guatapurí están ubicadas estas acequias Agustín Cabas, acequia de los Corazones, acequia Petaca, acequia o canal de las Mercedes, acequia del acueducto Municipal, acequia derivada del antiguo arroyo Mamón de Leche o Manantial, acequia o canal de Cicolac, acequia Guatapurí - Salguero – Mayales, acequia Villa Mary, acequia de los Quintero, arroyo Chinchilla y Cotoprí; quienes han sido utilizadas por más de un siglo por colonos y campesinos y hoy hacen parte de las corrientes hídricas superficiales que atraviesan de la cabecera municipal de Valledupar.

4.4. Marco Conceptual

Según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS, 2000, p. E6), se plantea que existen aguas residuales y residuales municipales: las primeras hacen referencia al agua que contiene material disuelto y en suspensión, luego de ser utilizado por una comunidad o industria; entre tanto las segundas hacen referencia al agua residual de origen doméstica, industrial, comercial que contiene desechos humanos.

Afluente: Arroyo o río secundario que lleva sus aguas a otro mayor o principal (RAE, 2020).

Amenaza: El concepto de amenaza se define en la Ley 1523 de 2012 como, “peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales” (artículo 4, numeral 3).

Biota: Conjunto de flora y fauna de una región (RAE, 2020).

Contaminación: Se refiere a la presencia en el agua, el aire o el suelo de “sustancias o formas de energía no deseables en concentraciones en las que pueden afectar la comodidad, la salud

y bienestar de los humanos, y al uso y disfrute de lo que ha sido contaminado” (Encinas, 2011, p. 3)

Cuenca: “Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar” (Decreto 1729 de 2002, artículo 1).

Desarrollo sostenible: “Se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades” (Ley 99 del 93, artículo 3).

Impacto Ambiental: De acuerdo con Zaror (2000, p. 249), “se refiere al impacto ambiental como la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por acciones humanas (labores mineras) o actividad en un área determinada. Este autor, opina que “los impactos ambientales pueden ser positivos o negativos, es decir, beneficiosos o no deseados” (p. 282).

Indicador: “Cualquier entidad biológica o proceso, o comunidad cuyas características muestren la presencia de las condiciones ambientales específicas o contaminación” (Escalante, 2008, p. 133).

Mitigación: La mitigación es la definición de medidas de intervención dirigidas a reducir o atenuar el riesgo. Es el resultado de la decisión política respecto de un nivel de riesgo aceptable obtenido de un análisis extensivo del mismo y bajo el criterio de que dicho riesgo es imposible de reducir totalmente (Chardón y Gonzáles, 2002).

Vertimiento: Cualquier descarga final de un elemento, sustancia o compuesto, que, contenido en un líquido residual de cualquier origen, ya sea agrícola, minero, industrial, de servicios, aguas residuales a un cuerpo de agua, canal, al suelo o el subsuelo.

Vulnerabilidad: La vulnerabilidad es definida en la Ley 1523 de 2012 como la: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (artículo 4, numeral 27).

4.5. Marco Legal

El marco legal se muestra principalmente sobre la temática a tratar en el presente proyecto como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 3. Marco legal.

NORMA	DESCRIPCION	APLICABILIDAD
LEY 99 DE 1993	Reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y crea Ministerio del Medio Ambiente. Se Define el marco legal como la formulación de la política ambiental nacional, ordenamiento territorial y manejo de cuencas hidrográficas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tarifas de uso y tratamiento de agua, permisos ambientales, concesiones de agua y permisos de vertido control monitoreo y	La Ley 99 de 1993, es una de las normativas más importantes, puesto que, a partir de esta, se crea la máxima autoridad en materia ambiental: el Ministerio del Medio Ambiente, el cual garantizara la protección de los recursos naturales, en la investigación, corresponde al recurso hídrico.

cumplimiento manejo de conflictos
jurisdiccionales cuantificación de
recursos hídricos monitoreo de la calidad
del agua conservación de cuencas
hidrográficas herramientas económicas y
financieras.

LEY 164 DE
1994

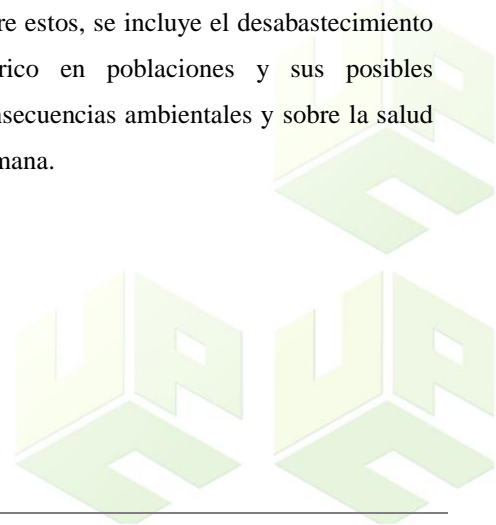
Por medio de la cual se aprueba la
"Convención Marco de las Naciones
Unidas sobre el Cambio Climático",
hecha en Nueva York El 9 de mayo de
1992. Tiene como objetivo estabilizar las
concentraciones de gases de efecto
invernadero en la atmósfera a un nivel que
evite la peligrosa interferencia
antropogénica con el sistema climático.

La Ley No. 164 de 1994 es relevante para el
estudio porque rige la Convención Marco de
las Naciones Unidas sobre el Cambio
Climático, que fue adoptada en Nueva York
el 9 de mayo de 1992, proponiendo
estrategias de mitigación del Cambio
Climático. Entre países, que es objeto de
estudio.

LEY 629 DE
2000

Se aprueba el Protocolo de Kioto de la
Convención Marco de las Naciones
Unidas sobre el Cambio Climático de
1997. Cuyo objetivó es reducir las
emisiones y promover la eficiencia
energética incluyendo los mecanismos de
desarrollo limpio MDL para evitar que los
países se anexas (en desarrollo) para
ayudar a los países desarrollados a reducir
sus emisiones de gases de efecto
invernadero almacenamiento atmosférico
gases de efecto invernadero en los niveles
establecidos por el protocolo. Por tanto
los cambios introducidos en la normativa
relacionada con el cambio climático con
el objetivó de mejorar el procedimiento
nacional de aprobación de proyectos de

La Ley No. 162 de 2000 es aplicable en la
investigación, debido a que esta, tiene como
objetivo reducir las emisiones y promover la
eficiencia energética incluyendo los
mecanismos de desarrollo limpio MDL,
reduciendo los efectos del cambio climático,
entre estos, se incluye el desabastecimiento
hídrico en poblaciones y sus posibles
consecuencias ambientales y sobre la salud
humana.





	reducción selectiva de emisiones de GEI por DM con el objetivo de reducir el tiempo de respuesta agilizando la evaluación interna del proceso.	
DECRETO 2811 DE 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	El decreto 2811 de 1974, es relevante en la investigación, ya que, el objetivo final es proteger los recursos naturales y, por ende, al ambiente, así mismo, evitar la contaminación ambiental. Por medio del proyecto de grado, se pretende contribuir a la protección del recurso hídrico.
DECRETO 1575 DE 2007	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.	Este decreto es importante en la investigación, puesto que, la cuenca del río Guatapurí ofrece servicios ecosistémicos como el abastecimiento hídrico, por lo que su protección y control del agua es prioridad, al ser esta el cuerpo hídrico en estudio.
DECRETO 2857 DE 1981	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto- Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones.	El Decreto 2857 de 1981 es aplicable en la investigación, ya que este reglamente las cuencas hidrográficas, y el cuerpo hídrico de estudio, corresponde a una cuenca hidrográfica del río Guatapurí, por ende, las implicaciones legales recaen en el decreto en referencia.
DECRETO 1480 DE 2007	Por el cual se prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuentas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.	El Decreto 1480 de 2007 es aplicable en la investigación, ya que este prioriza a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuentas hidrográficas, y el cuerpo hídrico de estudio, corresponde a una cuenca hidrográfica del río Guatapurí, por ende, se



	debe tomar este decreto como normativa legal en materia de intervención.
RESOLUCION 865 DE 2004	Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones La Resolución 865 de 2004 es importante en la investigación, puesto que, la cuenca del río Guatapurí ofrece servicios ecosistémicos como el abastecimiento hídrico, y el objeto de estudio es conocer el índice de desabastecimiento, o bien, el índice de escasez para aguas superficiales, por ende, se debe regir por la resolución para cumplir con los objetivos propuestos en la investigación.
CONPES 3700 DE 2011	Venta de servicios ambientales y mitigación del cambio climático El Conpes es aplicable en la investigación, puesto que, este rige algunos servicios ecosistémicos, y en este caso, la cuenca del río Guatapurí ofrece servicio de abastecimiento hídrico, pero, además, el documento, establece estrategias de mitigación al cambio climático y a sus efectos como el desabastecimiento hídrico, propio objeto de estudio en la investigación.

Fuente: Autores, 2022



5. METODOLOGÍA

En esta etapa se desarrolló un procedimiento para el cumplimiento del objetivo general que trata sobre la determinación del índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH) en la cuenca media del río Guatapurí.

5.1. Línea y sublínea de investigación.

Línea de investigación: Sostenibilidad y gestión ambiental.

Sublínea de investigación: gestión integral del recurso hídrico.

5.2. Tipo de investigación.

De acuerdo con Fernández et al. (2014), un estudio es cuantitativo porque utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías. Además, refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación, ¿cada cuánto ocurren y con qué magnitud?, este estudio intenta cuantificar los valores de los caudales y los diferentes indicadores objetos de estudio.

5.3. Nivel de investigación.

Según Fernández et al. (2014), “los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren” (p, 92). Por tanto, la presente investigación pretende estimar cuantitativamente la variable caudal e indicadores para conocer la IVH.

5.4. Población de estudio.

La población corresponde a la cuenca media del río Guatapurí.

5.5. Muestreo poblacional.

La muestra estuvo dada por los índices de retención y regulación hídrica (IRH), índice del uso del agua (IUA) y el grado de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH).

5.6. Desarrollo metodológico.

Para la realización de este proyecto se presentaron tres (3) etapas las cuales dan cumplimiento al objetivo general.

Etapa 1: Consulta de fuente de información para el análisis de los caudales históricos de la cuenca media del río Guatapurí desde 1997 hasta 2017 por medio del modelo lluvia escorrentía.

Actividad 1.1. Reconocimiento de la cuenca media del río Guatapurí: mediante la realización de visitas de campo se pudieron recolectar datos confiables de la cuenca media en cuanto a sus principales características para el posterior cumplimiento de los objetivos de este proyecto.

Actividad 1.2. Obtención del registro histórico de los caudales: se realizó una extensa revisión bibliográfica a través de internet en base de datos como Science Direct y Scielo, además del servicio de hemeroteca de la Universidad Popular del Cesar en donde se encontraron tesis sobre la temática de estudio, las cuales se tuvieron en cuenta para enriquecer el presente proyecto de grado.

Actividad 1.3. Cálculo de los caudales por medio del modelo (lluvia- escorrentía): para el desarrollo de este modelo se usó el software ArcGIS en donde se ingresaron los datos de las estaciones meteorológicas que reportaron datos de precipitación diaria, información de las microcuencas junto a las redes de drenaje y número de curva.

Etapa 2: Establecimiento de la oferta y demanda del recurso hídrico.

Actividad 2.1. Realizar los cálculos pertinentes para obtener la oferta y demanda del recurso hídrico: con base a los caudales históricos desde 1997 hasta el año 2017 de la cuenca se obtuvieron los caudales medios diarios para este periodo de tiempo, con estos resultados

se estimó la oferta hídrica disponible la cual corresponde a los caudales medios mensuales, menos el caudal ambiental.

- Índice del uso del agua (IUA):

Si IUA corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores de usuarios en un periodo de tiempo ya sea anual o mensual, en una unidad espacial de referencia (área, zona, sub-zona) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades de tiempo y espacio (IDEAM, 2010), la estimación de este índice se pudo efectuar mediante la siguiente expresión:

$$IUA(jt) = \left(\frac{Dh(jt)}{Oh(jt)} * \right) 100$$

$Dh(jt)$: Demanda hídrica sectorial en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

$Oh(jt)$: Oferta hídrica superficial disponible en la unidad espacial de referencia j, en el periodo de tiempo t.

Tabla 4. Rangos y categorías identificados para el IUA.

Rango	Categoría
>50	Muy alto
20.01 – 50	Alto
10.01 – 20	Moderado
1 – 10	Bajo
< 1	Muy bajo

Fuente: ENA, 2014

Etapa 3: Estimar los indicadores hídricos: índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el grado de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH).

Actividad 3.1. Cálculo del índice de retención y regulación hídrica (IRH):

$$IRH = \frac{Vp}{Vt}$$

Donde:

IRH: índice de Retención y Regulación Hídrica.

V_p: volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio.

V_t: volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios

Tabla 5. Clasificación del índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH).

Rango del indicador	Clasificación
Muy baja	<0.50
Baja	0.50-0.65
Moderada	0.65-0.75
Alta	0.75-0.85
Muy alta	>0.85

Fuente: ENA, 2014

Actividad 3.2. Grado de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH):

El IVH se determinó a través de la matriz de relación de rangos del índice de regulación hídrica (IRH) y el índice de uso de agua (IUA) (IDEAM, 2010), la tabla 6, muestra la matriz para el cálculo de este índice.

Tabla 6. Matriz de relación de rangos IRH Y IUA.

IUA	IRH	IVH
Muy bajo	Alto	Muy bajo

Muy bajo	Moderado	Bajo
Muy bajo	Bajo	Medio
Muy bajo	Muy bajo	Medio
Bajo	Moderado	Bajo
Bajo	Bajo	Bajo
Bajo	Bajo	Medio
Bajo	Muy bajo	Medio
Medio	Alto	Medio
Medio	Moderado	Medio
Medio	Bajo	Alto
Medio	Muy bajo	Alto
Alto	Alto	Medio
Alto	Moderado	Alto
Alto	Bajo	Alto
Alto	Muy bajo	Muy alto
Muy alto	Alto	Medio
Muy alto	Moderado	Alto
Muy alto	Bajo	Alto
Muy alto	Muy bajo	Muy alto

Fuente: ENA, 2014

Actividad 3.3. Formular medidas de mitigación ante un escenario de desabastecimiento hídrico: Una vez conocida la información de los diferentes índices y la vulnerabilidad de desabastecimiento del recurso hídrico, se plantearon diferentes medidas de mitigación para la situación encontrada.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. Etapa 1: Análisis de caudales históricos de la cuenca media río Guatapurí desde 1997 hasta 2017, por medio del modelo lluvia escorrentía.

6.1.1. Datos obtenidos de la cuenca media del río del Guatapurí.

La cuenca del río Guatapurí pertenece a la macro cuenca Magdalena–Cauca, se encuentra ubicada geográficamente en la región norte del departamento del Cesar, sobre el flanco suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, en jurisdicción de los municipios de Valledupar y Pueblo Bello (POMCA, río Guatapurí, 2017)

La cuenca cuenta con un área total de 88.988 ha, la cual equivale al 3,99% del área del departamento del Cesar, con un perímetro de 217,38 km, se ubica en la región norte del departamento sobre el flanco suroriental de la sierra nevada de Santa Marta. Nace en la vertiente suroriental de la sierra a una altura aproximada de 5.000 m.s.n.m., en límites de los departamentos de Magdalena, Cesar y La Guajira, y desemboca en el margen derecho del río Cesar con una cota de 105 m.s.n.m., en las aguas localizadas cercanas al pico Simón Bolívar; limita al norte con las cuencas de los ríos Ancho (Guajira) y Palomino (Magdalena), al oriente con las subcuencas de los ríos Seco y Badillo, al sur con la subcuenca del río Cesarito y al occidente con las cuencas de los ríos Fundación y Aracataca (Magdalena). En su nacimiento este sistema lacustre es alimentado por el deshielo de los glaciares de la Sierra Nevada donde también se origina el río Donachi, considerado uno de los tributarios más importantes del río Guatapurí (POMCA, río Guatapurí, 2017).

En su recorrido el Guatapurí, recoge el aporte de algunos tributarios como son los ríos Cuncharamaque, Surivaquita, Mamingueca, Los Mangos y Capitanejo. Esta cuenca es la fuente abastecedora del acueducto de la ciudad de Valledupar, con una población cercana en



la actualidad a 500.000 habitantes e igualmente, surte de agua a los municipios de Bosconia, Codazzi, La Paz y San Diego (Corpocesar, 2018).

El río Guatapurí reviste gran valor estratégico, siendo uno de los ecosistemas más importantes presentes en la jurisdicción de Corpocesar, dentro de la ecorregión Sierra Nevada, puesto que la totalidad de su área hace parte de la reserva forestal protectora de la Sierra Nevada de Santa Marta y el 40% del parque nacional natural, al mismo tiempo que comprende áreas de gran importancia ecosistémica para la conservación de biodiversidad y servicios ambientales (Corpocesar, 2018).

• ***División Político-Administrativa:***

La cuenca del río Guatapurí, pertenece en su totalidad al departamento del Cesar, con una distribución de área aproximada del 86% en el municipio de Valledupar y 14% en el municipio de Pueblo Bello. La participación en el POMCA río Guatapurí, así como el porcentaje de cada municipio sobre la cuenca, se presenta en la siguiente tabla (POMCA, río Guatapurí, 2017):

Tabla 7. Municipios que hacen parte de la Cuenca del Río Guatapurí.

Municipio	Área total municipio (ha)	Área en la cuenca (ha)	% de la cuenca en el municipio	% del municipio en la cuenca
Valledupar	422.234,56	76.852,53	13,64%	86,36%
Pueblo bello	69.619,41	12.135,44	86,36%	13,64%

Fuente: (CORPOCESAR, 2017)

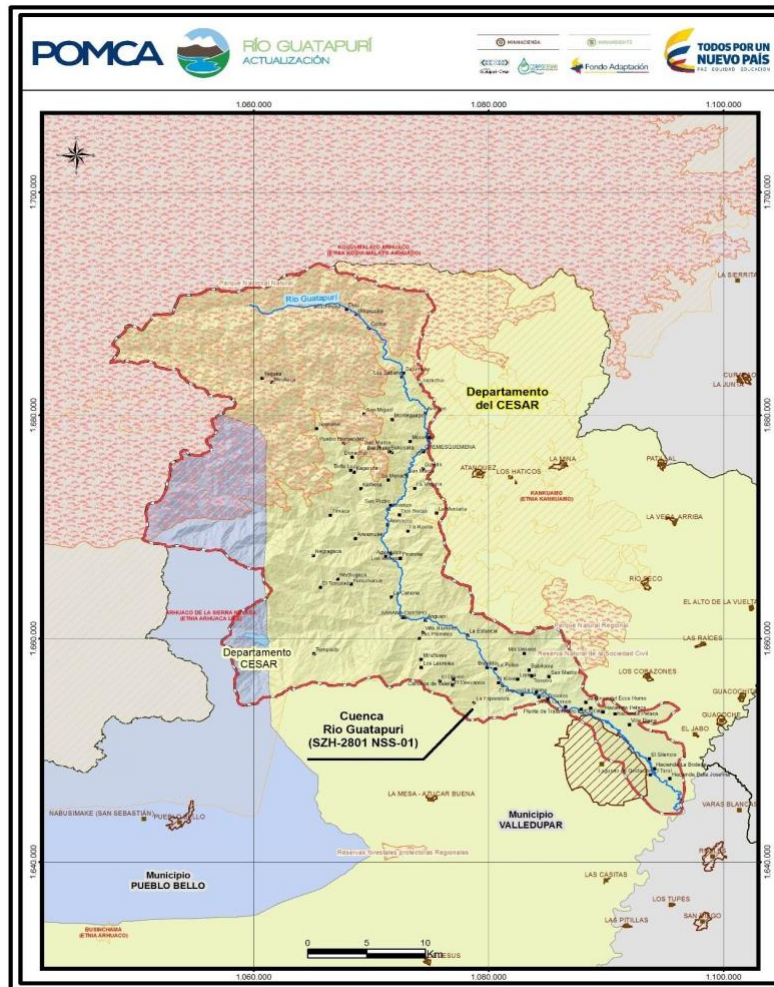


Figura 4. Mapa- Detalle general cuenca río Guatapurí.

Fuente: (CORPOCESAR, 2017)

En el área de estudio se encuentran ubicadas cuatro centros poblados ubicados en el municipio de Valledupar como lo muestra la tabla, área de influencia en la zona norte del departamento del Cesar (POMCA, río Guatapurí, 2017).

Tabla 8. Principales Centros poblados en el área de la cuenca del río Guatapurí.

Departamento	Municipio	Nombre de población	Tipo de población
--------------	-----------	---------------------	-------------------

		Valledupar	Cabecera municipal (cm)
Cesar	Valledupar	Chemesquemena	Cabecera corregimiento municipal (c)
		Guatapurí	Cabecera corregimiento municipal (c)
		Sabana cresco	Cabecera corregimiento municipal (c)

Fuente: POMCA del río Guatapurí (2017)

• **Geología:**

En la información proporcionada por CORPOCESAR, con sustento metodológico, en el Informe Final elaborado por Ecoforest LTDA, como parte del proyecto denominado “Elaboración y Ejecución de un Estudio para el Ordenamiento y Regulación del Recurso Hídrico en el Departamento del Cesar, que consiste en proponer la Reglamentación de Nueve (9) Corrientes de Aguas Superficiales” (2008), se encontró que la corriente río Guatapurí está localizada fisiográficamente en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta, la cual forma un relieve bastante escarpado, con alturas que sobrepasan los 5.700 msnm. En la siguiente Tabla se pueden apreciar las unidades presentes en el cauce de la corriente y sus principales características

Tabla 9. Leyenda geológica corriente río Guatapurí.

Región	Edad		Unidad geológica	Símbolo	Descripción
	ERA	Periodo			
SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA	Cenozoico	Cuaternario	– depósitos		
			Aluviones recientes	Qal	Bloques, cantos, gravas, arenas, limos, arcillas y calizas.
			Llanuras aluviales	Qlla	Arenas, limos, arcillas y gravas.
			Morrenas	Qm	
			Terrazas	Qt	Bloques, cantos, gravas y arenas en matiz arcillolimosa.
			Abanicos aluviales	Qcal	Bloques y cantos en matriz arenosa.



Mesozoico	Paleógeno	Lacolito de Atanques	Ela	Pórfino de grano muy grueso, con fenocristales de plagioclasa mayores de 4 cm.
	Cretácico	Pórfidos	Kp	Granitos o sus equivalentes riolíticos con fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo.
	Jurásico	Volcánico riolítico	JKvr	Vitrófiro de color negro, riodactica y riolita.
		Volcánico ignimbrítico	Jvi	Ignimbríticas y brechas.
		Granitoides de la sierra nevada de santa marta	Jgr	Cuarzomonzonita color rosado de grano medio a grueso de plagioclasa, feldespato potásico y cuarzo y granito
		Batolito de Atanques	Ja	Cuarzodiorita de grano grueso de plagioclasa, cuarzo, sericita y hornblenda.
	Triásico	Espilitas	Ts	Rocas de apariencia basáltica, color gris pardo.
		Pórfidos keratofídicos verdes	Tp	Andesita con fenocristales de epidota verde clara y plagioclasa.
		Formación Guatapurí	Tg	Basaltos porfiríticos, andesíticos, amigdaloides, andesitas porfiríticas, y al tope limolitas, arenitas, feldespáticas y grauvacas.
		Formaciones corual - los indios	Tpc	Formación Corual. Rocas basálticas afaníticas negras a grises, diabasas de grano fino a medio con intercalaciones de limolitas negras y chert. Formación Los Indios. Conglomerado basal, lutitas y al tope calizas.
Paleozoico	Paleozoico	Secuencia cuchilla carbonal	Dc	Cher, lutitas verdes y negras, cuarzoarenitas duras con delgadas intercalaciones de lutitas rojas.



Precámbrico	Granulita de los mangos y neis de los muchachitos	PEm	Neises bandeados gris oscuro, intruidos por diques graníticos y diabásicos. Neis bandeado con metamorfismo retrógrado; esquistos y filitas catacásticas.
-------------	---	------------	--

Fuente: (Ecoforest LTDA, 2008)

• **Morfometría:**

La delimitación de la cuenca a nivel de general se realizó mediante el software ArcGIS utilizando las herramientas hidrológicas del mismo, aplicando MED (Modelo de Elevación Digital), y aplicando las fórmulas de las cartillas del Ministerio de ambiente para estos parámetros incluidos en los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas (CVC, 2021).

Tabla 10. Parámetros morfométricos de la Cuenca.

PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS – GUATAPURÍ		
KM		
Área	872,65	
Perímetro	229,54	
Longitud máx. de la cuenca	65,15	
Ancho de la cuenca	32,34	
Índice de gravelio	2,19196391	Forma oval - oblonga a rectangular - oblonga
Índice de forma	0,20559439	Tiende a ser alargada
Índice de alargamiento	2,01453309	Cuenca alargada
Índice de asimetría	3,11006971	Cuenca asimétrica
Área menor	212,32	
Área mayor	660,33	
Pendiente promedio	34,10%	Fuertemente accidentado
Desnivel altitudinal	2821,515	

Longitud del Cauce Principal	86621	
Cota máx.	5000	
Cota min	-70	
Pendiente cauce principal	0,05853084	5,853084125
Tiempo de concentración de KIRPICH	1247,58648	
Tiempo de concentración de TEMEZ	2910,12589	

Fuente: Autores, 2022

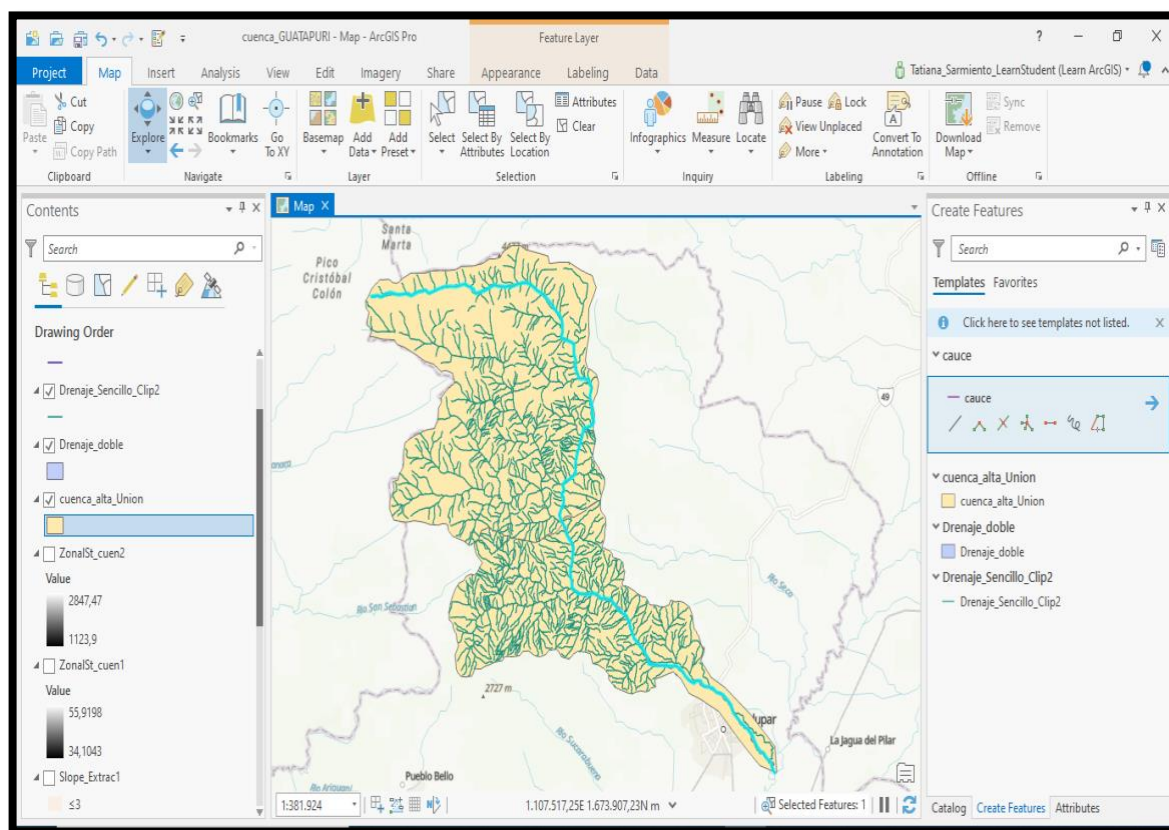


Figura 5. Drenajes de la Cuenca del río Guatapurí.

Fuente: Autores, 2022

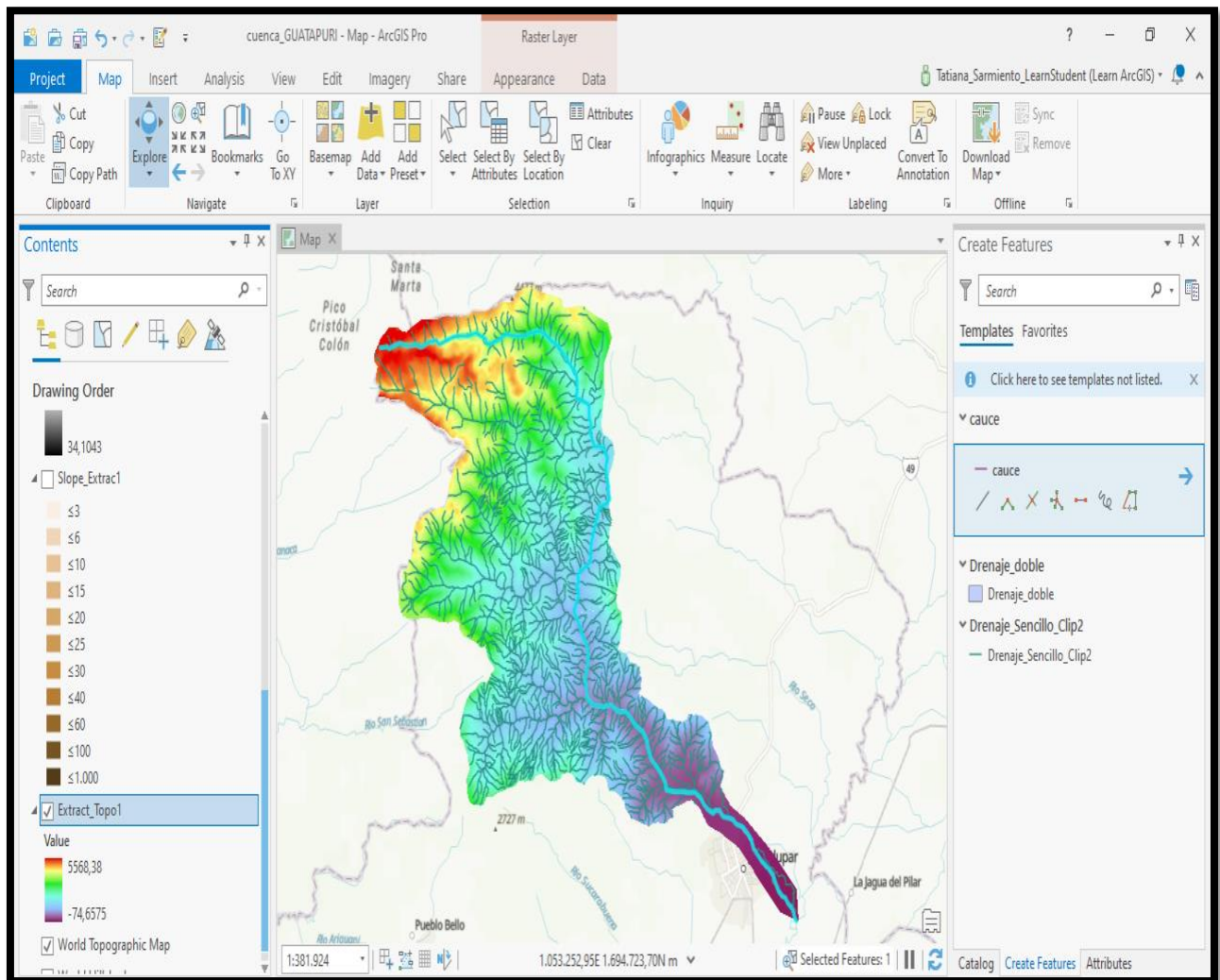
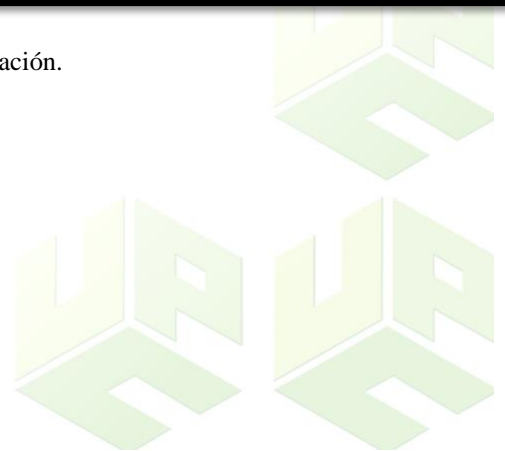


Figura 6. Modelo digital de elevación.

Fuente: Autores, 2022



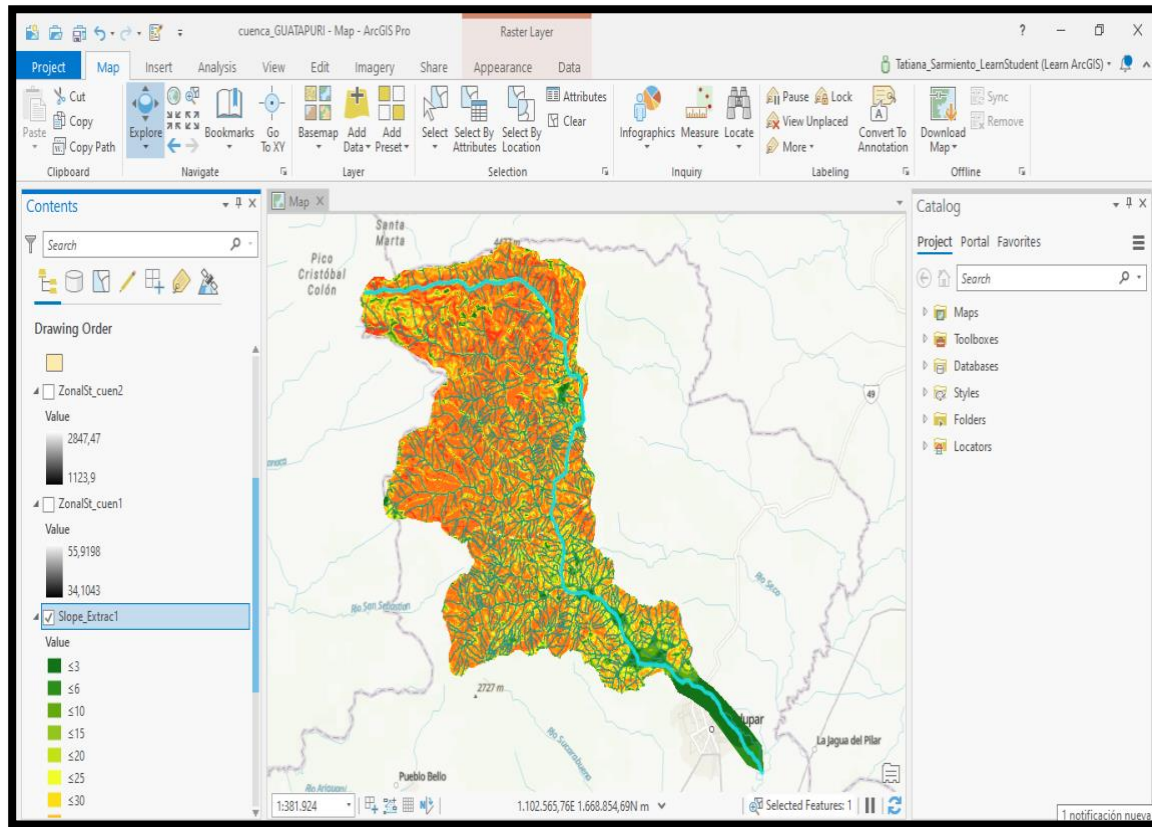


Figura 7. Modelo de pendientes.

Fuente: Autores, 2022

6.1.2. Estaciones IDEAM.

En el análisis de datos de la zona de estudio se delimitó utilizando una serie de datos de precipitación las estaciones meteorológicas con influencia en la zona y de acuerdo a la disponibilidad del banco de datos (IDEAM, 2021), lo cual permitió especializar la variable precipitación monitoreada en el área de estudio; no obstante se tiene en cuenta que en algunas de estas estaciones la información es incompleta según la variable estudiada, fue necesario realizar un chequeo de la información según el rango trabajado entre los años de 1997 y 2017.

Tabla 11. Estaciones meteorológicas utilizadas.

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Fecha-inicio	Fecha-fin
28025502	Estación aeropuerto Alfonso López	1043616667	- 7324766667	1996-12-31	2017-12-31
28010360	Estación Atanquez	1069733333	- 7335305556	1996-12-31	2020-12-31
28010020	Estación el descanso	1048011111	- 7323719444	1996-12-31	

Fuente: Autores, 2022.

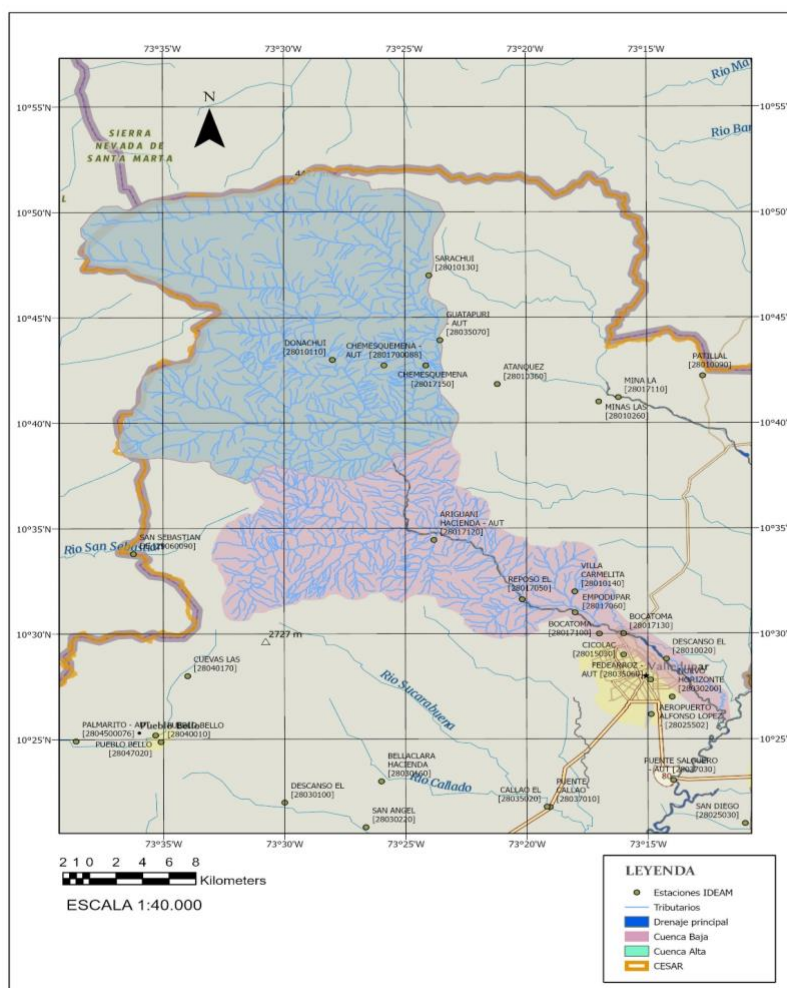


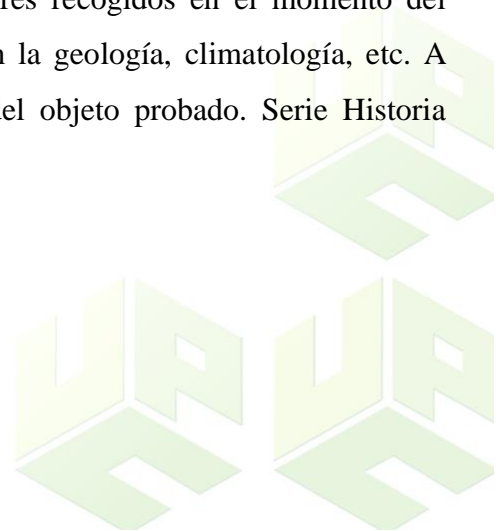
Figura 8. Mapa de ubicación de las estaciones IDEAM.

Fuente: Autores, 2022

La imagen anterior, presenta la ubicación de las estaciones meteorológicas identificadas para el análisis de los caudales históricos de la cuenca en referencia, proporcionada por el IDEAM.

Por otra parte, los anexos 4, 5 y 6 permiten evidenciar los registros históricos promedio mensual -precipitación de las estaciones Aeropuerto Alfonso López, Estación Atanquez y estación el Descanso. En el desarrollo de esta segunda etapa objeto de estudio, se tuvo en cuenta la serie de precipitaciones obtenidas, en la 3 estación meteorológica objeto de estudio, dentro del área de la cuenca media del río Guatapurí, se evidenció que los comportamientos mes a mes para los años tomados desde 1997 hasta 2017 son similares, aun así, destaca que la estación de Atanquez, presentó unos mayores valores pluviométricos a comparación de las otras estaciones, lo que podría deberse a que esta, se encuentra ubicada en la vertiente suroriental de la Sierra Nevada de Santa Marta, con mayores régimen de lluvia para los meses del año, con influencia más notoria para la temporada del fenómeno de la niña, pero de igual forma se observa que tienen familiaridad, para los meses con regímenes de lluvias altos como Mayo y octubre correspondientemente.

Los datos generados por cada uno de ellos se comparan con la información recopilada en las 3 estaciones, creando así una llamada red pluviométrica. El número de estaciones pluviométricas en la red y la ponderación de los valores recogidos en el momento del posicionamiento dependen de varios factores como son la geología, climatología, etc. A continuación, se muestra una representación Gráfica del objeto probado. Serie Historia Precipitaciones- Estaciones.



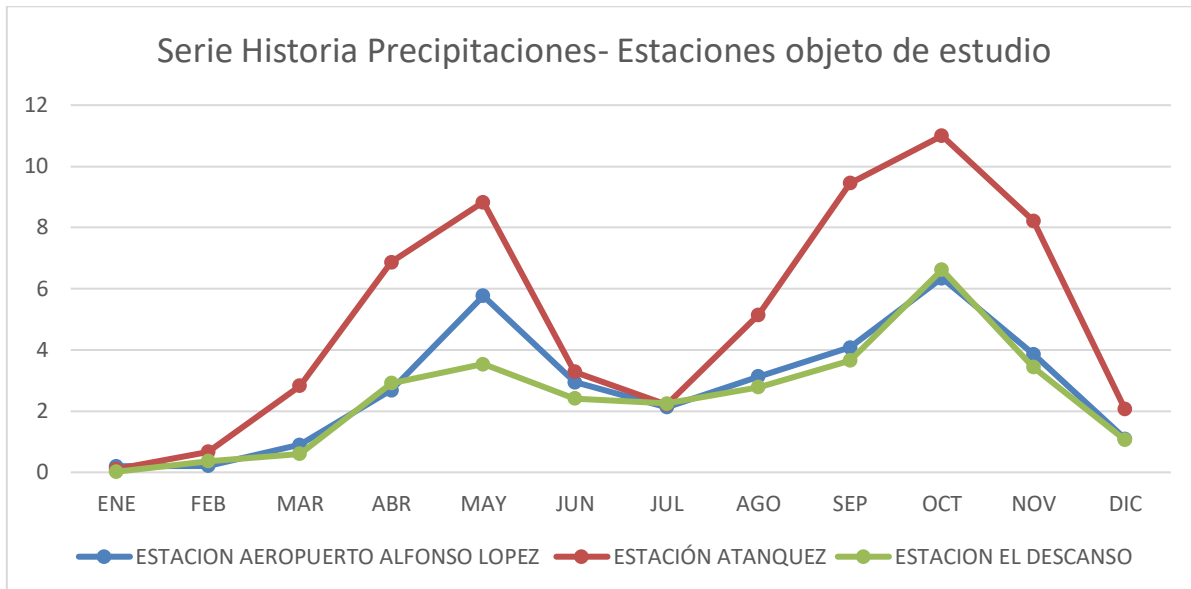
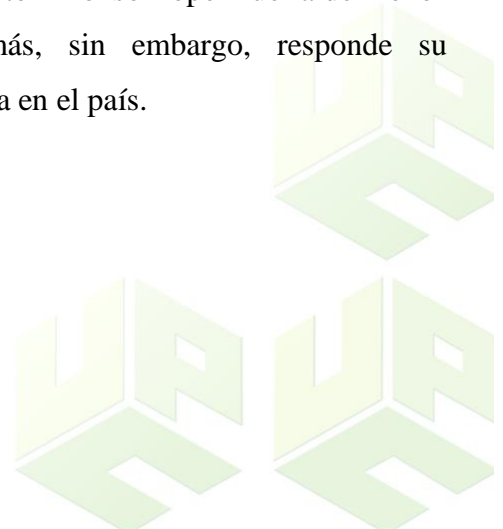


Figura 9. Representación Gráfica Serie Historia Precipitaciones- Estaciones objeto de estudio.

Fuente: Autores, 2022

Se logra evidenciar que la estación Atanquez, presentó mayores valores de precipitaciones durante dos periodos del año, el primero, iniciando en los meses de marzo y finalizando en mayo, y el segundo iniciando los meses de julio, logrando su pico en octubre y finalizando levemente en noviembre, lo cual representa elevados valores pluviométricos en comparación de las estaciones. Por otra parte, la estación de Aeropuerto Alfonso López fue la de menor valor pluviométrico, en comparación con las demás, sin embargo, responde su comportamiento a lo esperado en las temporadas de lluvia en el país.



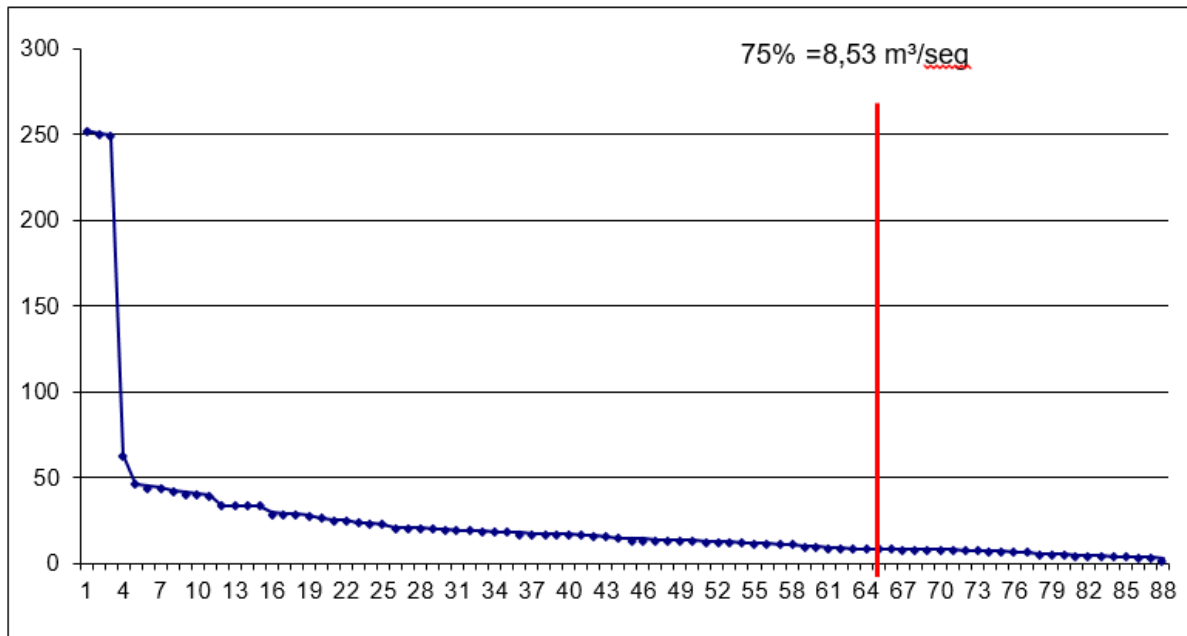


Figura 10. Curva de caudales para la corriente río Guatapurí.

Fuente: (Ecoforest LTDA, 2008)

De igual forma, se complementó, el análisis presentado con el estudio de la corriente del río Guatapurí, en donde la empresa contratista Ecoforest LTDA (2008), presenta la curva de caudales desarrollada con base en los datos de las estaciones Hacienda Ariguaní y El Reposo, para los años 1998 a 2007. Las Curvas de Duración de Caudales (o por su sigla en inglés FDC), son una de las herramientas más utilizadas en la hidrología, puesto que proveen información sobre el porcentaje del tiempo que el caudal en un cauce excede un valor específico. La curva arrojó un caudal base, con una probabilidad del 75%, de 8,53 m³/seg, en el cual, para efectos de la propuesta de distribución de agua se trabajó con un caudal de reparto igual al caudal base arrojado por la curva menos el caudal ecológico estimado, con un valor de 7,68m³/seg.

Q75 = caudal igualado o superado el 75% del tiempo, en nuestro caso el caudal es de 7,68m³/seg, el cual ha sido igualado o superado durante 302 días.

Lo anterior es de suma importancia tal como lo menciona Marín (2011), al diseñar planes de riesgo, abastecer de agua y manejar hábitats naturales en zonas áridas como húmedas, para este autor, “es importante conocer el comportamiento hidrológico por medio de las curvas de duración, ya que éstas proveen información que permite optimizar el diseño y ahorrar agua y recursos en sistemas y distritos de riego” (p. 5).

6.2. Etapa 2: Establecimiento de la oferta y la demanda del recurso hídrico en el área de estudio para obtención de la vulnerabilidad al desabastecimiento.

6.2.1. Índice del uso del agua.

- ***Demanda hídrica:***

“La Demanda Hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en millones de metros cúbicos” (Corponariño, 2017, p. 104).

La Corriente del río Guatapurí, inicia en la en la Sierra Nevada de Santa Marta donde las captaciones son muy escasas a excepción de la región de Guatapurí y Chemesquemena donde existe un pequeño valle intermontano que facilita la captación para estas poblaciones, el resto de la zona media y alta de la sub-cuenca presenta una topografía agreste que caracteriza a la Sierra Nevada de Santa Marta; por otra parte, el río Guatapurí tiene un cauce profundo que dificulta la captación directa requiriendo de recorridos muy largos para llevar el agua al beneficiario (Ecoforest LTDA, 2008).

En este apartado de la estimación de la demanda hídrica se tuvo en cuenta la información aportada por Corpocesar derivado de los permisos otorgados vigentes para la concesión de aguas hídricas superficiales y subterráneas, de la corriente del río Guatapurí, por parte de la Coordinación del Grupo Interno de trabajo para la Gestión de seguimiento al

aprovechamiento hídrico, en el cual reposan en la actualidad 154 usuarios (Anexo 3) para un total de 6081,82 l/s.

Se logró determinar que la mayor demanda de agua sectorial se presenta por uso agrícola, debido a la gran cobertura de suelo que presenta la cuenca destinada para la siembra de cultivos y monocultivos, entre estos la palma de aceite, así como el desvío de cauces para abastecer fincas aledañas a la zona y pastos naturales para la ganadería semi-intensiva e intensiva.

De acuerdo con el diagnóstico efectuado, se pudo determinar que, en la actualidad, las fuentes hídricas superficiales de la cuenca del río Guatapurí son utilizadas principalmente para uso agrícola, y doméstico, puesto que, se requiere para los monocultivos y cultivos de zonas aledañas que desvíen el cauce natural del río, así como el requerido para la captación de agua para satisfacer el servicio público del municipio.

- **Oferta Hídrica**

La oferta hídrica determinada como la porción de agua que escurre dentro del cauce principal de la cuenca, para nuestra población de estudio el río Guatapurí, para la realización de la estimación se tuvo en cuenta el estudio realizado por Ecoforest LTDA (2008), que se obtuvo con los datos de caudales medios de la estación Hacienda Ariguaní, para los años 1998 a 2007, se puede apreciar dicho análisis de acuerdo con el cual se calculó un caudal base de 12,024 con una probabilidad del 50%.

Tabla 12. Análisis probabilístico de caudales corriente río Guatapurí.

N	Pr%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio mes m ³ /seg
1	12,5	6,74	4,94	8,400	20,50	29,54	39,44	24,00	26,17	41,20	46,10	63,20	22,09	
2	25	5,50	4,62	7,500	14,20	22,80	17,40	15,00	19,21	25,60	44,80	33,75	16,74	
3	37,5	2,48	3,80	5,180	10,06	18,28	13,08	13,70	19,20	21,20	33,70	14,46	16,40	

4	50	4,706	7,33	17,40	12,60	13,50	17,80	10,86	12,00				
5	62,5	4,100	3,60	17,02	11,70	8,53	16,20	8,30					
6	75	3,450	0,00	7,20	0,00								
7	87,5												
25	5,50	4,62	7,500	14,20	22,80	17,40	15,00	19,21	25,60	44,80	33,75	16,74	18,927
50			4,706	7,33	17,40	12,60	13,50	17,80	10,86	12,00	12,024		

Fuente: (Ecoforest LTDA, 2008)

De igual manera, se tomó como valor para la investigación, el reglamentado en la Resolución No 139 del 19 de agosto de 1987, emanada por la Corporación Autónoma Regional del Cesar – Corpocesar, que reglamenta los usos y aprovechamiento de las aguas del río Guatapurí, en el cual se describe que el caudal promedio del río corresponde a cerca de 14,73 m³/s, aun así en meses de sequía disminuye hasta cerca de 2,57 m³/s y en épocas de lluvias se puede elevar hasta caudales máximos de 369,8 m³/s, bajo esto y teniendo en cuenta condiciones y factores ambientales, se reglamenta un caudal base de reparto de 11,26 m³/s. Así mismo se obtuvo valores de demanda hídrica sectorial. Σ (volumen de agua extraída para usos sectoriales en un periodo determinado) = $Dh(jt) = 6,081 \text{ m}^3/\text{s}$, oferta hídrica superficial disponible (resulta de la cuantificación de la oferta hídrica natural sustrayendo la oferta correspondiente al caudal ambiental) = $Oh(jt) = 11,26 \text{ m}^3/\text{s}$ y $UA(jt) = 54 \%$

La oferta de agua superficial se ve fuertemente alterada y limitada por la calidad del recurso hídrico debido a las descargas puntuales de origen doméstico, agrícolas y de servicios, así como los vertimientos difusos o esporádicos de origen agrícola y ganadero.

6.3. Etapa 3: Estimación de la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico por medio del marco propuesto por el IDEAM para la formulación de medidas de mitigación ante un escenario de desabastecimiento hídrico del río Guatapurí.

6.3.1. Índice de retención y regulación hídrica.

En el desarrollo de la tercera etapa del proyecto, se tomó como base la información obtenida en la fase de diagnóstico del POMCA del río Guatapurí, desarrollada por Consorcio Guatapurí-Cesar (2018), en la cual se calcula la relación entre el volumen representado por el área que se encuentra por debajo de la línea de caudal medio en la curva de duración de caudales diarios (V_p) sobre el volumen total representado por el área bajo la curva de duración de caudales diarios (V_t), en las diferentes sub-cuencas del río Guatapurí.

El índice de retención y regulación de agua (HRI) corresponde a la relación entre a) el volumen parcial correspondiente al área bajo la línea de caudal medio en la curva de caudal medio diario y b) el volumen total correspondiente al área bajo la curva de caudal medio diario. Representa la capacidad de una unidad hidrológica para retener y regular el agua, presentada como una curva del tiempo promedio diario de flujo de agua.

Tabla 13. Índice de Retención y Regulación Hídrica para las Sub-cuencas.

SUBCUENCA	IRH	IRH CLASIFICACION
C. Capitanejo	0,5777	Baja
C. Guatapurí medio	0,5777	Baja
C. Guatapurí Alto Bajo	0,5777	Baja
I.C. Guatapurí Alto medio	0,5777	Baja
C. Utumeiyi Surivaquita	0,5777	Baja
C. Guatapurí Alto alto	0,5777	Baja
C. Donachui Alto	0,5777	Baja
C. Donachui Bajo	0,5777	Baja
C. Timacá	0,5777	Baja
C. Yukuinchukua	0,5777	Baja
C. El Mangal	0,5777	Baja
I.C. Guatapurí Bajo	0,5777	Baja
I.C. Río Donachui	0,5777	Baja
C. Mamangueka	0,5777	Baja
C. Sibillinuia	0,5777	Baja
MC abastecedora municipio de Valledupar	0,5777	Baja

Fuente: (Consorcio Guatapurí-Cesar , 2019)

Su propósito es presentar la regulación hídrica mediante la identificación de áreas con condiciones de caudal y regulación de caudal más estables, así como mostrar, mediante una curva de duración del caudal medio diario, caudales altos y bajos (IDEAM, 2018). Según IDEAM, 2017, un valor más cercano a 1 significa una regulación más fuerte, lo que significa flujos más uniformes, y cuanto más cercano a 0, menor y mayor es el contraste entre las corrientes en comparación con la acumulación, esto muestra períodos de alta y/o valores característicos bajos y mayor volatilidad.

De tal forma, tal como se muestra en la siguiente tabla y como lo expresa el Consorcio Guatapurí-Cesar (2019, p. 180): Es obtenido de las curvas de duración de caudales diarias, y que estas solo fue posibles calcularlas a través de la información de caudales diarios registrados en las estaciones operadas por el IDEAM, en este caso la estación del reposo. [...]

Tabla 14. Índice de retención y regulación hídrica.

ÍNDICE DE RETENCIÓN Y REGULACIÓN HÍDRICA (IRH)				
ESTACIÓN	VP	VT	RANGO IRH	DESCRIPCIÓN
EL REPOSO	984,2	1705,5	0,577	Baja retención y regulación de humedad

Fuente: (Consorcio Guatapurí-Cesar, 2019)

$$\mathbf{IRH = 0,5777}$$

Los resultados calculados para la curva de tiempo de flujo en el nivel diario de la estación existente están en el rango de 0,5-0,65, esto indica que la cuenca presenta baja retención y regulación de humedad, evidenciando una baja regulación del régimen de caudales en la cuenca, esto, además, se fundamenta en lo descrito por el IDEAM (2017) ya que esta parte del país tiene bajas condiciones regulatorias en las zonas de Magdalena, Cesar y Guajira.

6.3.2. Grado de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.

Finalmente, con la información obtenida de los valores de los IRH y IUA y la aplicación de la matriz de relación de rangos, ofrecida por el IDEAM (2010), se realiza el análisis por medio de la siguiente tabla:

Tabla 15. Grado de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico.

INDICE	VALOR	CATEGORÍA
IRH	0,5777	Baja
IUA	54%	Muy Alta
IVH		Alto

Fuente: Autores, 2022

El Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH), permite identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas –como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico (El Niño)– podría generar riesgos de desabastecimiento.

El índice de vulnerabilidad hídrica como resultado de la investigación realizada por los autores, se encuentra en una categoría alta, lo cual significa que la subcuenca presenta una fragilidad considerable, en torno al desabastecimiento hídrico, se tienen en cuenta que, en esta región del país fenómenos climatológicos como el Niño, afectan en gran medida a los recursos hídricos, siendo un agravante y siendo necesario que se implementen acciones para la prevención en este tipo de escenarios para la comunidad y los ecosistemas. Así mismo, con acuerdo con los datos proporcionados por el IDEAM (2017), donde en la zona norte del Cesar, el IVH corresponde a alto.

Se logra deducir que, el IVH de la cuenca del río Guatapurí es alta, lo que se explica debido a que con un uso del agua alto o muy alto (consecuencia de demanda de agua a monocultivos, cultivos y desvíos de cauces) y una regulación muy baja, la vulnerabilidad es muy alta. Entre más alto es el uso del agua y menor es la regulación, la vulnerabilidad por desabastecimiento aumenta.

Sin embargo, cabe señalar que, al determinar la vulnerabilidad de un área, también se deben vincular características climáticas, socioeconómicas y de sustentabilidad ambiental para interpretar correctamente el índice, por ejemplo, en La Guajira, con condiciones secas y bajos niveles de agua. La normativa la hace de moderada a muy vulnerable, agravada por el consumo de agua y la demanda de aguas subterráneas, lo mismo puede ocurrir en la Cuenca de Guatapurí debido a las condiciones climáticas actuales.

6.3.3. Formular medidas de mitigación ante un escenario de desabastecimiento hídrico.

En la fase final del proyecto, se determinaron un conjunto de estrategias que conforman un plan de acción para el caso de que suceda un fenómeno, por desabastecimiento hídrico, como es el objeto de estudio de la cuenca del río Guatapurí, siendo uno de los ecosistemas de mayor importancia de la región, por lo tanto, siendo necesario ciertos estudios y acciones, que permitan la preservación de los recursos naturales, especialmente del agua, puesto que de aquí se derivan los principales servicios ambientales, que son base del desarrollo de las comunidades aledañas; posteriormente al análisis realizado acerca de la vulnerabilidad hídrica, se crearon dos líneas de acción, la primera hacia las comunidades y la segunda hacia las entidades gubernamentales en jurisdicción.

Tabla 16. Medidas de Mitigación formuladas.

	Medida de mitigación
Comunidad	Jornadas de capacitación y fortalecimiento en el uso eficiente del recurso hídrico
	Preparación para el manejo del agua en las actividades agropecuarias
	Introducir aplicaciones para el reusó del agua doméstica.
Entidades Gubernamentales y territoriales	Estudio de construcción de embalses para riego en áreas estratégicas de la zona de estudio

Desarrollar planes de seguimiento y control del uso del agua dentro de la cuenca.

Restauración ecológica en zonas priorizadas

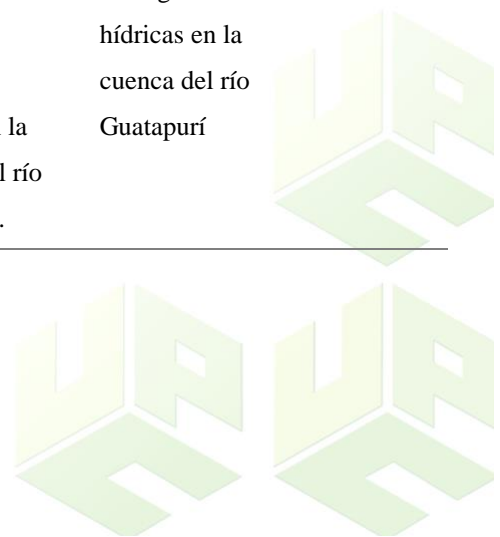
Fuente: Autores, 2022

Tabla 17. Matriz Medidas de Mitigación formuladas.

Medida	Componente	Objeto	Actividades	Meta	Indicador
Jornadas de capacitación y fortalecimiento en el uso eficiente del recurso hídrico	Comunidad	Conciencia para el usos eficiente y ahorro del agua por la comunidad	-Crear talleres para conocer la importancia del recurso hídrico en la sociedad.	Reducción y uso eficiente del agua	-% disminución del uso del agua en actividades económicas
Preparación para el manejo del agua en las actividades agropecuarias	Comunidad	Ahorro y reutilización del agua en las actividades agropecuarias	-Presentar estrategias a la comunidad para la reutilización y ahorro del agua dentro de las actividades agropecuarias.	Consolidar a la comunidad agropecuaria en medidas de uso y ahorro eficiente del agua.	-% disminución del uso del agua en actividades económicas
Introducir aplicaciones para el reusó del agua doméstica	Comunidad	Ahorro y reutilización del agua en las actividades domesticas	-Organizar capacitaciones de actividades de reusó de agua doméstica, principalmente en las comunidades del margen del río Guatapurí.	Crear hábitos dentro de la comunidad para el uso eficiente y ahorro del agua	-% de estrategias de educación ambiental.

Estudio de construcción de embalses para riego en áreas estratégicas de la zona de estudio	Entidades Gubernamentales y territoriales	Reutilización del agua en las actividades domésticas y económicas.	-Formular proyectos para la construcción de embalses en zonas de alto uso de agua dentro de la cuenca del río Guatapurí.	Mantener un circuito para el reusó del agua en zonas estratégicas de la cuenca del río Guatapurí	-% Ahorro de agua en actividades domésticas y económicas
Desarrollar planes de seguimiento y control del uso del agua dentro de la cuenca.	Entidades Gubernamentales y territoriales	Mantener un control sobre el uso del agua dentro de la zona objeto de estudio	-Presentar programas de monitoreo del uso del agua dentro de zonas específicas de la cuenca del río Guatapurí	Preservar caudales base y ecológicos en la cuenca del río Guatapurí	-#Actividades de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico dentro de la cuenca del río Guatapurí
Restauración ecológica en zonas priorizadas	Entidades Gubernamentales y territoriales	Mantener equilibrio en el ecosistema dentro de la zona objeto de estudio.	-Crear programas de recuperación de suelos y cobertura vegetal en la cuenca del río Guatapurí.	Conservar las condiciones ecológicas e hídricas en la cuenca del río Guatapurí	-%IRH

Fuente: Autores, 2022



7. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del presente proyecto se pudieron verificar las principales características de la cuenca, en cuanto a su Morfometría presenta una forma oval, tiende a ser alargada y posee una pendiente fuertemente accidentada, está ubicada completamente en el departamento del Cesar y es la fuente de abastecimiento de agua de la ciudad de Valledupar.

Para el análisis de caudales históricos se realizó un estudio del banco de datos de IDEAM desde los años 1997 hasta el año 2017 obtenidos en las tres estaciones meteorológicas: Aeropuerto Alfonso López, Atanquez y El descanso, siendo Atanquez la estación que presentó mayores valores pluviométricos lo que muy probablemente se deba a su localización y a la influencia que tuvo sobre ella el fenómeno de la niña y los meses más lluviosos, como son mayo y octubre.

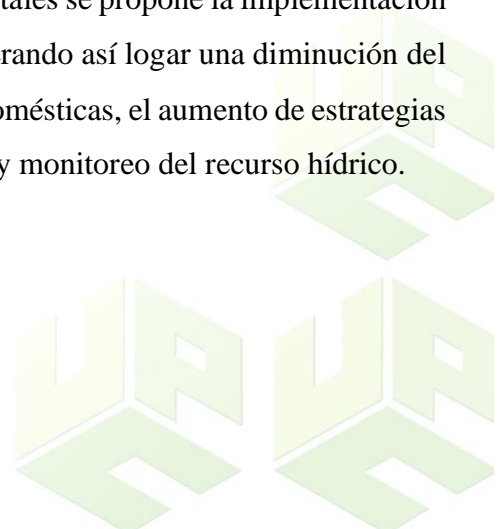
Se pudo evidenciar mediante la revisión bibliográfica y la información aportada por Corpocesar que en la actualidad las estimaciones de la demanda hídrica en cuanto a los permisos vigentes otorgados corresponden a 154 usuarios, para un total de 6081,82 litros por segundo, cabe resaltar que su principal uso es agrícola y que la mayoría de estos usuarios la utilizan para abastecimiento de fincas cercanas a la cuenca.

En cuanto a la oferta hídrica y con base en las investigaciones realizadas por otros autores antes mencionadas se pudo establecer que el caudal promedio del río es aproximadamente 14,73 m³/s, en tiempos de sequía disminuye hasta 2,71 m³/s y en temporadas de lluvias alcanza caudales de hasta 369,8 m³/s. y como caudal base se establece un valor de 11,26 m³/s. Como resultado del cálculo de la demanda hídrica se obtuvo un valor de 6,081 m³/s y el valor correspondiente a la oferta hídrica fue de 11,26 m³/s, para un 54% de uso de agua, lo cual significa que aunque la oferta supere la demanda la oferta se ve fuertemente afectada y limitada en términos no solo de cantidad sino también de calidad como consecuencia del uso indiscriminado en la población.

Con base al índice de retención y regulación hídrica se pudo estimar a partir de las curvas de duración de caudales diarios mediante información recolectada por las estaciones del IDEAM, el valor obtenido corresponde a 0.577, encontrándose así en el rango de 0,5-0,65 que indica una baja retención y regulación de humedad, lo cual coincide por lo afirmado por el IDEAM en el año 2017, en donde algunos departamentos incluido el Cesar presentan bajas condiciones regulatorias de humedad.

En relación a lo anterior, se calculó el índice de vulnerabilidad hídrica, a partir del índice de regulación y retención hídrica y el índice de uso del agua, con lo cual se obtuvo un alto valor que representa una fragilidad considerable en la cuenca en torno al desabastecimiento hídrico y que se ve aún más afectado por la influencia de fenómenos climatológicos, el consumo elevado de la población para uso principalmente agrícola y doméstico y la desviación ilegal de cauces. El resultado obtenido coincide con la información aportada por el IDEAM en donde establece un nivel alto para el índice de vulnerabilidad hídrica, lo cual tiene sentido en tanto que para una regulación baja la vulnerabilidad tiende a ser alta.

Finalmente, como medidas de mitigación para afrontar las consecuencias del bajo nivel de vulnerabilidad se establecieron jornadas de capacitación para fortalecer el uso eficiente del agua en la comunidad y en cuanto a los entes gubernamentales se propone la implementación de planes de seguimiento y control del uso del agua, esperando así lograr una disminución del uso del agua en las diferentes actividades económicas y domésticas, el aumento de estrategias de educación ambiental y de actividades de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico.



8. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Corporación Autónoma Regional del departamento de fortalecer las estaciones meteorológicas, dentro de la zona de cuenca del río Guatapurí, que le permita mantener una información veraz y actual, de manera que esta pueda ser utilizada en futuras investigaciones, que garanticen la seguridad del recurso hídrico, su calidad, y su abastecimiento; así como las investigaciones en materia de aire y/ otros temas de estudio relacionadas con las variables meteorológicas.
- Se debe ampliar las investigaciones en materia de desabastecimiento hídrico, puesto que, son pocos estudiados, ya que, se comete el error de considerar el río Guatapurí como una fuente de bajo riesgo, sin tener en cuenta las variables que influyen en el desabastecimiento.
- Se debe realizar jornadas de concientización hacia la comunidad acerca de la importancia del uso eficiente del agua, aún más al personal que le están dando un uso al mismo en sus predios o establecimientos, debido a que se generan cauces cerca del río que desvían el agua hacia estas zonas, reduciendo el caudal del río y generando zonas de desabastecimiento. Por otra parte, se debe tener en cuenta el vertimiento de aguas residuales en las zonas cercanas, ya que, los productos químicos provenientes de estas actividades son vertidos en las márgenes del río, generando impactos ambientales negativos en la ronda hídrica y en la fuente superficial.
- Es necesario complementar la insuficiencia de información por parte de los caudales registrados en las diferentes estaciones meteorológicas del departamento, puesto que, esta información es relevante a la hora de construir planes para afrontar el desabastecimiento hídrico de las fuentes superficiales, y crear estrategias que mitiguen la problemática. Así mismo, es importante priorizar por tipo de uso y zonas, el recurso hídrico teniendo en cuenta la posibilidad de escenarios de desabastecimiento hídrico.



REFERENCIAS

- Alfonso, N., Vargas, O., García, M., Bernal, F., Campillo, A., Onofre, C., & Aguirre, S. (2015). Análisis integrado. En *IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014*. Ministerio del Medio Ambiente, p.352-404.
- Aragón, A. M., González, L. V., & Moreno, R. (2015). *Determinar la vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico del Páramo Guerrero y establecer las posibles medidas de adaptación y mitigación*. [Tesis de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCatólica.
- Bernal, F. A. & Casallas, I. M. (2014). Hoja metodológica del indicador Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (Versión 1,00). Estudio Nacional del Agua. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 7 p. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.05+HM+Indice+Vulnerabilidad+H%C3%ADdrica.pdf/d416e676-4b7b-4857-851c-20c9c48722e9>
- Chardon, A.-C., & González, J. L. (2002). Amenaza, Vulnerabilidad, Riesgo, Desastre, Mitigación y Prevención: Primer acercamiento a conceptos, características y metodologías de análisis y evaluación (No. ii) (p. 38). Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia.
- CMGRD 'Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres'. (2012). *Plan Municipal para la Gestión del Riesgo*. Municipio de Valledupar - Cesar. Valledupar: CMGRD
- Consorcio Guatapurí-Cesar. (2018). Caracterización del medio físicobiótico de la cuenca. En *Formulación Plan de Ordenación y manejo de la cuenta del Río Guatapurí*. Valledupar: Corpocesar.
- Consorcio Guatapurí-Cesar. (2019). Fase diagnóstica. *Formulación del POMCA del río Guatapurí*. Valledupar: Corpocesar.

CorpoCesar. (2017). Caracterización básica de la cuenca: Fase Diagnostico. En Corpocesar, *Plan de ordenación y manejo de la cuencia hidrografica del río Guatapurí (POMCA)*. Valledupar: Corporación Autónoma Regional del Cesar.

CorpoNariño 'Corporación Autónoma Regional de Nariño' (2017). Plan de ordenamiento del recurso hídrico quebrada Miraflores. Recuperado de: <https://www.corponarino.gov.co/expedientes/descontaminacion/porhmirafloresp3.pdf>

CVC 'Corporación Autónoma del Valle del Cauca'. (2021). Morfometría. *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río La Vieja*. Recuperado de: https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

DNP 'Departamento Nacional de Planeación' (2011, 14 julio). CONPES 3700 DE 2011. Estrategia institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia. Recuperado de: https://oab.ambientebogota.gov.co/?post_type=dln_download&p=3936

García-Hidalgo, Y. (2017). Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico con fines de riego en la cuenca hidrográfica del río Naranjo, Cuba. *Revista geográfica de América Central*, 1(58), 315-330.

Herrera-González, A. (2018). Análisis del riesgo de desabastecimiento hídrico ante el cambio climático del acueducto comunitario de mundo nuevo. [Tesis de Pregrado. Universidad Tecnológica de Pereira]. Repositorio UTP.

Ministro del Interior y de Justicia de Colombia. (2007, 4 mayo). Decreto 1480 de 2007. Recuperado de: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=25347>

Presidente de la República de Colombia. (2002, 6 agosto). Decreto 1729 de 2002.

Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5534>

Presidente de la República de Colombia. (1974, 18 diciembre). Decreto 2811 de 1974.

Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551#:~:text=%2D%20El%20Gobierno%20procurar%20evitar%20o,all%20de%20la%20jurisdicci%C3%B3n%20territorial>.

Presidente de la República de Colombia. (1981, 13 octubre). decreto 2857 de 1981.

Recuperado de:

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1550>

Ecoforest LTDA. (2008). Informe final. En *elaboración y ejecución de un estudio para el ordenamiento y regulación del recurso hídrico en el Departamento del Cesar, que consiste en proponer la reglamentación de nueve (9) corrientes de aguas superficiales*. Corpocesar.

Encinas-Malagón, M. D. (2011): *Medio ambiente y contaminación. Principios básicos*. Bilbao, Universidad del País Vasco

Escalante, E. F. (2008). *Gestión de la recarga artificial de acuíferos (MAR)*. Hidrogeología hoy. Editorial Grafinat. Madrid.

Fernández-Collado, C., Baptista-Lucio, P., & Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación (6ta edición)*. Mc Graw Hill Education. México.

Franco, O., García, M., & Vargas, O. (2010). Marco conceptual. En *IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2010*. Ministerio del Medio Ambiente, p.35-42

García, M., Sánchez, F., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Vargas, O., Panizzo, L., Sánchez, N., Gómez, J., & Cortés, G. (2010a). El agua. En *IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2010*. Ministerio del Medio Ambiente, p.114-189

- García, M., Vargas, O., Sánchez, F., González, C., Jaramillo, O. (2010b) . Estado y dinámica del agua en áreas hidrográficas de Colombia. En *IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2010*. Ministerio del Medio Ambiente, p.321-362.
- García, M., & Vargas, O. (2014). Enfoque conceptual y metodológico general. En *IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014*. Ministerio del Medio Ambiente, p.38-45
- Hernández, J. S. & Otálora, M. C. (2018). *Estimación de los índices hídricos (IUA, IRH, IVH) y formulación de medidas para la mitigación del desabastecimiento en la subcuenca arroyo grande corozal (250201-07) de la cuenca río bajo San Jorge*. [Tesis de especialización, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio UCatólica.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2012). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2015). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2017). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2018). *Estudio Nacional del Agua*. Ministerio del Medio Ambiente.
- IDEAM 'Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales'. (2021). *Banco de datos hidrometeorológicos*. Obtenido de <http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/>
- Garzón, J. A. (2015). *Análisis de vulnerabilidad por cambio climático en la cuenca del río Bogotá*. [Tesis de maestría, Universidad Santo Tomás]. Repositorio USTA.

- Congreso de la república de Colombia. (2012, 24 abril). Ley 1523 de 2012. Recuperado de:
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=47141>
- Congreso de la república de Colombia. (1994, 27 octubre). Ley 164 de 1994. recuperado de:
http://www.ideam.gov.co/documents/24024/26915/C_Users_JGomez_Documents_LEY+164+DE+1994.pdf/85833e1c-6ceb-4554-bce5-21e433329019
- Congreso de la república de Colombia. (2000, 27 diciembre). Ley 629 de 2000. recuperad de: <file:///C:/Users/andre/Downloads/Ley-629-de-2000.pdf>
- Congreso de la república de Colombia. (1993, 22 diciembre). Ley 99 del 93. Recuperado de:
https://pruebaw.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf
- Marín-Villegas, C, A. (2011). *Determinación de curvas de duración de caudal para cuencas intermitentes*. [Tesis de Pregrado. Universidad de los Andes]. Repositorio Uniandes.
- Ministra de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. (2004, 22 julio). Resolución 865 De 2004. Recuperada de:
https://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Resolucion865_20040722.htm
- ONU 'Organización de las Naciones Unidas'. (2015). *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo 2015: Agua y empeo*. Organización de las Naciones Unidas.
- ONU 'Organización de las Naciones Unidas'. (2016). Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el mundo 2016.
- Popayan, E. D., León, J. A., & Madroño, S. M. (2019). Evaluación de la regulación hídrica: oferta y calidad de la quebrada Telléz, microcuenca. *Boletín Informativo CEI*, 6(2), 92-95.
- POMCA del río Guatapurí 'Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica' (2017). Caracterización básica de la cuenca. Recuperado de:
https://www.corpocesar.gov.co/files/02_CarcatBasica_vf.pdf



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- RAE 'Real Academia Española'. (2020). *Diccionario de la lengua española*, Madrid: Siglo XXI.
- RAS 'Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico'. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Ministerio de Desarrollo Económico. Bogotá, Colombia. 150 p.
- TodaColombia (2019, 21 de Febrero). *Departamento del Cesar*: <https://www.todacolombia.com/departamentos-de-colombia/cesar/index.html>
- UNESCO, ONU-Agua, 2020: Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: Agua y Cambio Climático, París, UNESCO.
- Valencia, M., Figueroa, A., Ruíz, D., Otero, J., Martínez, J., Ceballos, V., ... & Gonzales, D. (2014). Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(25), 248-252.
- Wikipedia (2021, 11 de abril). *Río Guatapurí*. <https://tinyurl.com/y66tv5mv>
- Zaror, C. (2000). *Introducción a la Ingeniería Ambiental para la Industria de Procesos*. 2da edición. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 500p.



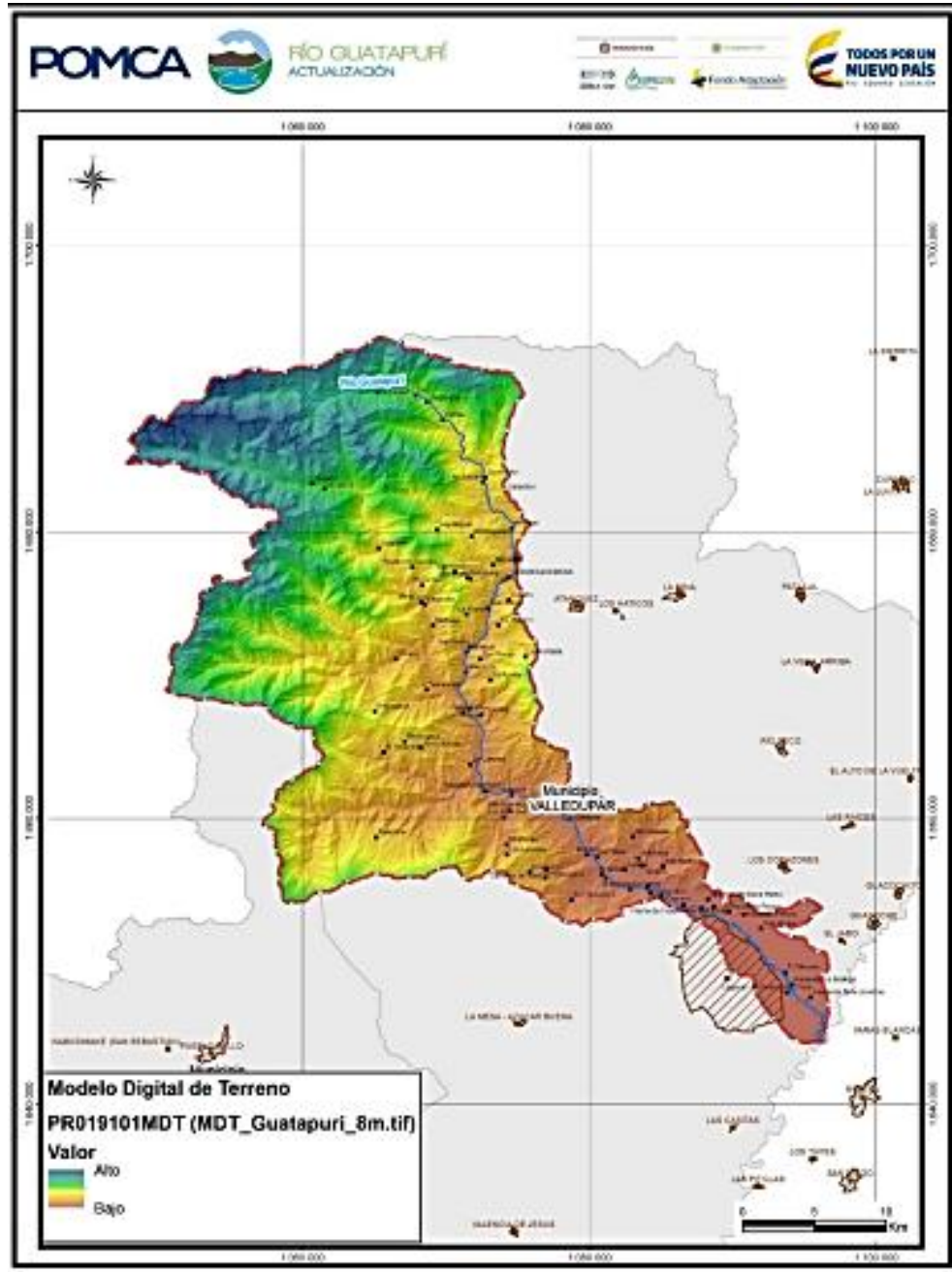


**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Anexo 2. Modelo Digital de Terreno (MDT).





Anexo 3. Usuarios Concesión hídrica corriente Rio Guatapurí -CORPOCESAR

Predio/proyecto/ establecimiento	Q (l/s)	Uso	Fuente	Derivación
Sabana de cresco	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Sabana de jordan	0,09	Domestico	Rio guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Donachui	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Sogrome	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Pueblo Hernández	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Seiminin	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
Isrua	0,09	Domestico	Rio Guatapurí	Primeras captaciones (manguera)
La estancia	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Primera derivación primera derecha no. 1 (manguera de 2")
Monte Sion	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Tercera derivación tercera derecha no. 3 (manguera de 2")
Villa Carmen	1	Pecuario	Rio Guatapurí	Subderivacion primera no. 3 - 1 (manguera de 1")
Los besotes	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Cuarta derivación primera izquierda no. 4 (canal serrano)
Santa Mónica	14,22	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 4 - 1
Villa Carmen	2	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Quinta derivación cuarta derecha no. 5
Santa Elena	10	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Sexta derivación quinta derecha no. 6 (canal la solución) subderivacion primera derecha no. 6 - 1
Brisas del Guatapurí	36	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1
Flores de maría	36	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1
Villa Graciela	36	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1
Agropecuaria la esperanza	37	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1
El esplendor verde	36	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1
La nueva esperanza	1	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 6 - 1 (manguera)
Macondo	1	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 6 - 3
Las ovejas	36	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda izquierda no. 6 - 4 - 2
Villa Mery	131,67	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación tercera izquierda no. 6 - 4 - 3
Parque la pedregoza	4	Recreación	Rio Guatapurí	Sobrantes de la cuarta derivación derecha no. 7 (canal municipal)

El socorro	66,78	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 6 - 6
Santa Mónica	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Séptima derivación segunda izquierda no. 7
Villa Paola	3	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Séptima derivación segunda izquierda no. 7
Acueducto municipal de Valledupar	1800	Consumo humano y domestico	Rio Guatapurí	Octava derivación sexta derecha no. 8 (canal municipal)
Matricula inmobiliaria no. 190-47312 - monasterio del immaculado corazón de maría	0,154	Acuícola	Rio Guatapurí	Sobrantes de pta emdupar
Club de tiro, caza y pesca	4	Doméstico y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 8 - 1
Predio santa Cecilia	10	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Novena derivación séptima derecha no. 9
Predio las mercedes	20	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Novena derivación séptima derecha no. 9
El trébol	60	Pecuario-agrícola (palma, pasto, caña)-domestico	Rio Guatapurí	Novena derivación séptima derecha no. 9
La tuna	20	Pecuario-agrícola (palma)	Rio Guatapurí	Novena derivación séptima derecha no. 9
Rancho managua	4	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 9 - 1
La esperanza	10	Pecuario y agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 9 - 2
Los alacranes	49	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 9 - 3
El mamon	59	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 9 - 3
El prado	7	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 9 - 3
El socorro	85	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera izquierda no. 9 - 3 - 2
Jardines del eccehomo	3	Zona verde	Rio Guatapurí	Decima derivación tercera izquierda no. 10 (bombeo)
Buenos aires	56	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima primera derivación cuarta izquierda no. 11 (canal cabas) derivación principal
Los deseos	50	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima primera derivación cuarta izquierda no. 11 (canal cabas) derivación principal
Nuevo Tenerife	25	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 11 - 1
Santa Ana	24	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 11 - 1
Innominado	2	Domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 11 - 1
Lote de terreno de matrícula inmobiliaria no.190-53669	5,5	Domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 11 - 2
Villa Carmenza	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 11 - 3 (bombeo)

Buenos aires	32	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 11 - 4
Acueducto de los corazones	3	Domestico	Rio Guatapurí	Decima segunda derivación izquierda no. 12 (canal los corazones) subderivacion primera izquierda no. 12 - 1
La petaca	9	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 12 - 2
Alejandría	3	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 12 - 3 - ramificación primera izquierda no. 12 - 3 - 1
Julepe	25	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera derecha no. 12 - 3 - 2
El oasis	25	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera derecha no. 12 - 3 - 2
Villa Ana maría	3	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda derecha no. 12 - 3 - 3
La duda	2	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda derecha no. 12 - 3 - 3
Palestina	2	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda izquierda no. 12 - 3 - 4
Los llanos	7	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda izquierda no. 12 - 3 - 4
Los manantiales	7	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subramificacion primera derecha no. 12 - 3 - 4 - 1
Alejandría	112	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 12 - 4
Villa aura	5	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 12 - 5
Las delicias del cerro	20	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta derecha no. 12 - 6
Nuevo horizonte	2	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta derecha no. 12 - 7
Villa aura	5	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta derecha no. 12 - 7
Distrito irrigación los corazones	26,5	Agrícola	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta derecha no. 12 - 7
La petaca	26	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Décima tercera derivación sexta izquierda no. 13 (canal petaca) subderivacion derecha canal pataca
Villa carolina	143	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Décima tercera derivación sexta izquierda no. 13 (canal petaca) subderivacion derecha canal pataca
San Carlos	151,865	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Décima tercera derivación sexta izquierda no. 13 (canal petaca) subderivacion izquierda canal san Carlos
Dpa Colombia Ltda.	132	Industrial	Rio Guatapurí	Decima cuarta derivación octava derecha no. 14 (canal cicolac)
Campo Adela	5	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 14 - 1
Campo Adela	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima quinta derivación novena derecha no. 15

California	3	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima sexta derivación séptima izquierda no. 16 (canal el pájaro) subderivacion primera derecha no. 16 - 1
California	6	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 16 - 2
Buenos aires	37	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 16 - 3
Santa Susana	14	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 16 - 4
La canoa	43	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera izquierda no. 16 - 5
La canoa	7	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 16 - 6
La esperanza	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta izquierda no. 16 - 7
Casa blanca	44	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera derecha no. 16 - 7 - 1
Guepy	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera izquierda no. 16 - 7 - 2
Las marías	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda izquierda no. 16 - 7 - 3
Los higuitos	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación tercera izquierda no. 16 - 7 - 4
Los higuitos	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda derecha no. 16 - 7 - 5
Los higuitos	42	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación cuarta izquierda no. 16 - 7 - 6
Buenos aires	23	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta derecha no. 16 - 8
Casa blanca	43	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta izquierda no. 16 - 9
La estancia	79	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion séptima izquierda no. 16 - 11
La estancia	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta derecha no. 16 - 12
La Virginia	4	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta derecha no. 16 - 13
La esperanza	9	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion séptima derecha no. 16 - 14
La sonora	40	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima séptima derivación octava izquierda no. 17 (canal canoa) subderivacion primera derecha no. 17 - 1
El descanso	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 17 - 1
La canoa	36	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 17 - 2
Santa Susana	7	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 17 - 2
El rosario	79	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 17 - 3

Villa clara	9,2	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Tubería de 4"
La playa	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 17 - 4
Las coruas	15	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 17 - 5
El resplandor	83	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 17 - 5
Los mangos	3	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 17 - 5
Santa rosa	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta derecha no. 17 - 6
La mano de dios	322	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta derecha no. 17 - 7
La esmeralda	42	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta derecha no. 17 - 8
Vacas gordas	13	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta derecha no. 17 - 8
La Virginia	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera izquierda no. 17 - 9
La esperanza	57	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera izquierda no. 17 - 9
La esperanza	15	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion séptima derecha no. 17 - 10
La esperanza	15	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta izquierda no. 17 - 11
Rio de janeiro	12	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion quinta izquierda no. 17 - 12
La mano de dios	322	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta izquierda no. 17 - 13
Berlín	183	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta izquierda no. 17 - 13
Alemania	86	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta izquierda no. 17 - 13
Alsacia	71	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion sexta izquierda no. 17 - 13
La cueva	5	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima octava derivación decima derecha no. 18 (canal Guatapurí - salguero - mayales)
Lote sub-urbano	15	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima octava derivación decima derecha no. 18 (canal Guatapurí - salguero - mayales)
Villa mar	131	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 18 - 1
Rancho King	12	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 18 - 1
Mi rancho	8	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 18 - 1
Palermo	50	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera derecha no. 18 - 1
Los mayales	9	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion primera izquierda no. 18 - 2



Los mayales	11	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 18 - 3
Los deseos	13	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda izquierda no. 18 - 3
Las tamacas	4	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Decima novena derivación izquierda no. 19 (caño molina) subderivacion primera derecha no. 19 - 1
Los marañones	33,6	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion segunda derecha no. 19 - 2 ramificación primera izquierda no. 19 - 2 - 1
El estadero	13	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación primera derecha no. 19 - 2 - 2
La florida	21	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación segunda izquierda no. 19 - 2 - 3
Los Ramírez	10	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ramificación tercera izquierda no. 19 - 2 - 4
Alsacia	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion ultima
Las carcajadas	29	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion tercera derecha no. 19 - 3
El resplandor	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Subderivacion cuarta derecha no. 19 - 4
La mano de dios	182	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Ultima subderivacion no. 19 - 5
Villa rosa	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Duodécima derivación izquierda no. 20
Villa luz	1	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Duodécima primera derivación derecha no. 21
Villa mar	62	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Duodécima segunda derivación derecha no. 22
Villa alma	23	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Duodécima tercera derivación izquierda no. 23
Galambao	16	Pecuario, agrícola y domestico	Rio Guatapurí	Derivación margen derecha no. 24
Relleno sanitario	0,8	Doméstico y riego de jardín	Rio Guatapurí	
La ilusión	1,92	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo "el mamon de leche o acequia el manantial"
Canan	1,92	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo "el mamon de leche o acequia el manantial"
Santa Ana	1,92	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo "el mamon de leche o acequia el manantial"
Playa de piedra	1,92	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo "el mamon de leche o acequia el manantial"
La floresta	0,1605	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
El manantial	0,1925	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
El sudan	0,0257	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
Villa blanca	0,0276	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)



Predios innominados	0,1284	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
La selva	0,0641	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
N.n.	0,0321	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
El blandón	0,2926	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
El algarobillito	0,0765	Agropecuario	Rio Guatapurí	Arroyo las ovejas (sobrantes)
Predio san Carlos	0,14	Minería	Rio Guatapurí	Canal petaca
Predio la luz mí no 190-46690	3,55	Domestico	Rio Guatapurí	
Predio la luz mí no 190-46690	0,4	Riego jardines	Rio Guatapurí	
Predio mí no. 190-133812	4,135	Agropecuario	Rio Guatapurí	Décima tercera derivación sexta izquierda no. 13 (canal petaca) subderivacion izquierda canal san Carlos



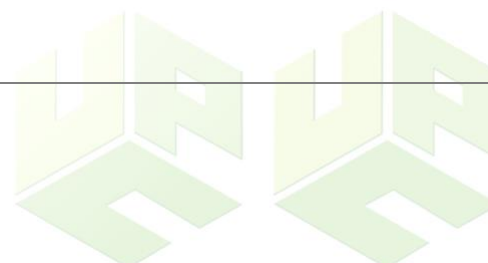


Anexo 4. Registro histórico promedio mensual -precipitación Estación Aeropuerto

Alfonso López.

ESTACION AEROPUERTO ALFONSO LOPEZ - [28025502]												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	0,01	0,00	0,00	3,33	0,77	0,52	0,42	2,89	3,56	3,35	1,34	0,76
1998	0,00	0,55	0,11	2,23	10,05	1,74	4,60	3,95	6,61	6,44	4,82	3,83
1999	0,00	0,68	1,09	2,40	1,81	3,33	1,15	7,62	7,97	9,30	1,75	0,39
2000	0,37	0,17	0,05	1,06	6,44	2,02	1,07	5,15	1,89	3,92	4,79	0,68
2001	0,00	0,00	0,62	0,21	8,25	0,57	3,55	1,98	3,89	6,41	1,66	2,54
2002	0,00	0,00	0,00	1,57	5,32	3,70	0,23	3,40	4,45	5,11	1,85	1,96
2003	3,65	0,00	2,39	2,00	5,96	2,01	2,83	2,60	1,75	10,00	6,01	0,25
2004	0,00	0,17	0,00	4,16	4,47	0,78	3,53	0,26	5,51	3,41	2,68	2,36
2005	0,00	0,00	1,06	2,10	6,04	6,29	2,37	4,02	3,53	N/D	8,12	0,00
2006	0,06	1,40	0,18	4,12	3,11	2,44	2,31	3,23	3,15	4,88	5,79	1,24
2007	0,00	0,04	2,39	0,00	4,28	2,20	0,83	3,20	6,09	9,40	2,21	0,30
2008	0,00	0,00	1,94	4,04	7,19	1,32	3,86	2,89	4,16	7,82	11,11	0,00
2009	0,06	0,00	0,26	9,87	5,57	5,06	1,95	1,86	2,44	2,83	3,93	1,61
2010	0,00	0,29	0,76	4,20	5,88	5,82	4,42	4,06	6,01	12,39	4,43	3,65
2011	0,00	0,11	1,68	1,43	13,01	4,66	2,55	2,26	2,93	5,62	4,60	0,57
2012	0,00	0,00	0,46	3,44	8,33	2,31	3,33	3,85	2,44	5,73	1,18	0,00
2013	0,00	0,00	1,76	3,17	11,71	2,67	0,47	2,72	3,87	7,86	1,50	0,00
2014	0,00	0,11	0,91	2,13	6,24	0,30	0,17	2,02	3,04	3,45	1,31	2,43
2015	0,00	0,76	0,01	0,59	0,95	2,65	0,29	1,46	3,35	4,61	1,52	0,02
2016	0,00	0,00	0,09	2,75	2,14	5,42	0,49	1,76	1,84	9,41	6,98	0,26
2017	0,07	0,04	3,14	1,73	3,62	6,04	4,35	4,55	7,23	5,12	3,56	0,31
Promedio mensual anual	0,20	0,21	0,90	2,69	5,77	2,95	2,13	3,13	4,08	6,35	3,86	1,10

Fuente: Autores, 2022



Anexo 5. Registro histórico promedio mensual -precipitación Estación Atanquez.

ESTACIÓN ATANQUEZ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ENE	FE B	MA R	ABR	MA Y	JU N	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	0,04	0,00	0,31	0,46	0,51	0,49	0,28	1,83	8,10	2,67	10,3 3	0,45
1998	0,00	0,54	0,11	9,83	16,65	1,74	4,60	3,95	8,57	26,2 6	4,82	14,3 1
1999	0,58	0,68	2,97	8,00	4,13	8,37	1,15	7,62	15,7 0	9,30	32,5 7	2,58
2000	0,37	0,17	0,05	1,06	6,44	4,60	1,07	5,90	3,51	3,99	4,17	2,06
2001	0,00	0,00	1,66	3,68	8,25	0,57	3,55	1,98	3,89	10,4 7	5,15	2,54
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	7,06	3,70	1,12	4,65	4,45	4,75	1,85	N/D
2003	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2004	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
2005	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	7,25	12,8 1	15,0 7	0,03
2006	0,81	0,00	0,19	0,00	2,39	1,40	0,68	5,71	4,53	7,29	0,25	0,16
2007	0,00	0,00	0,58	0,40	4,37	2,20	0,83	3,20	0,98	2,24	0,32	0,30
2008	0,00	0,00	0,19	1,22	7,19	5,40	4,28	2,89	4,16	7,82	4,70	0,00
2009	0,06	0,00	3,71	1,08	5,57	5,06	1,95	4,82	4,57	2,83	3,93	1,59
2010	0,00	0,29	7,13	5,86	5,88	5,82	9,66	4,06	22,4 6	14,0 4	4,34	4,31
2011	0,00	3,21	5,74	7,82	25,57	4,66	2,55	6,80	6,15	5,62	24,0 7	0,57
2012	0,00	0,00	4,58	20,1 4	13,72	2,31	3,33	3,85	22,0 0	53,1 4	1,18	0,00
2013	0,00	0,00	0,00	16,9 8	8,16	2,67	0,58	10,1 6	27,8 4	19,9 2	15,8 1	1,14
2014	0,00	3,36	12,28	2,13	6,24	0,30	0,17	2,02	3,04	3,45	1,31	2,95
2015	0,00	2,98	0,00	0,35	0,95	0,00	0,00	6,77	10,0 4	4,61	7,36	0,02
2016	0,00	0,00	0,58	22,5 9	12,34	5,42	0,49	7,23	1,84	12,5 7	6,98	3,00
2017	0,07	0,76	10,82	21,9 6	23,57	4,56	3,74	9,35	20,5 3	5,12	11,9 3	1,13
Promedio o mensual anual	0,11	0,67	2,83	6,87	8,83	3,29	2,22	5,15	9,45	11,0 0	8,22	2,06

Fuente: Autores, 2022

Anexo 6. Registro histórico promedio mensual -precipitación estación el Descanso

ESTACIÓN EL DESCANSO												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1997	0,19	0,00	0,00	3,10	1,16	2,53	2,16	0,94	4,33	2,19	2,17	1,23
1998	0,00	0,55	0,94	2,17	0,00	4,53	14,06	6,81	5,43	12,71	7,53	7,74
1999	0,00	0,00	1,35	2,17	2,42	5,97	0,68	5,39	13,93	14,67	1,93	0,74
2000	0,00	0,17	0,05	1,77	1,61	0,03	3,13	5,15	4,47	7,45	7,00	0,68
2001	0,00	0,00	0,00	0,00	3,71	0,33	3,55	1,29	5,43	6,06	2,67	1,16
2002	0,00	0,00	0,00	5,20	7,29	4,67	0,00	3,40	2,77	10,06	1,33	0,97
2003	0,00	0,00	0,87	1,87	4,23	1,00	2,83	0,45	0,13	4,97	6,10	0,23
2004	0,00	0,38	0,00	4,16	6,58	0,78	3,81	0,26	5,51	4,61	2,68	0,00
2005	0,00	0,00	0,65	0,93	6,04	6,29	3,58	2,33	3,53	4,74	4,53	0,00
2006	0,06	3,07	0,26	4,97	4,42	3,00	1,29	1,03	2,80	2,52	3,23	0,00
2007	0,00	0,00	1,77	3,13	3,81	0,00	0,97	6,45	0,83	23,00	1,33	0,30
2008	0,00	0,00	2,10	4,04	7,19	2,17	0,48	0,48	1,10	7,10	11,11	0,00
2009	0,06	0,00	0,65	3,20	2,26	3,83	1,95	0,32	2,44	1,71	1,00	2,58
2010	0,00	0,36	1,94	4,20	0,48	5,82	1,26	4,06	4,83	1,35	3,90	3,65
2011	0,00	0,89	0,48	0,33	3,77	2,83	2,35	1,58	0,67	9,61	2,13	0,57
2012	0,00	0,00	0,00	3,44	0,52	0,00	0,06	3,65	2,44	5,55	0,00	0,00
2013	0,00	0,00	0,71	4,57	4,10	1,87	0,03	2,72	4,60	1,32	2,00	0,00
2014	0,00	0,54	0,00	5,03	5,26	0,30	0,00	1,77	2,83	5,26	1,31	0,00
2015	0,00	1,43	0,00	0,50	0,95	0,50	0,29	2,58	2,33	0,97	N/D	0,32
2016	0,00	0,00	0,32	3,50	4,84	1,77	2,58	5,00	2,83	N/D	N/D	N/D
2017	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Promedio mensual anual	0,02	0,37	0,60	2,91	3,53	2,41	2,25	2,78	3,66	6,62	3,44	1,06

Fuente: Autores, 2022

