

**ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA POR
DESABASTECIMIENTO EN EL COMPLEJO CENAGOSO DE ZAPATOSA EN
JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR**



AUTORES

ADRIAN ALFONSO NÚÑEZ ALVEAR

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

VALLEDUPAR – CESAR

2024

**ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA POR
DESABASTECIMIENTO EN EL COMPLEJO CENAGOSO DE ZAPATOSA EN
JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR**

AUTORES

ADRIAN ALFONSO NÚÑEZ ALVEAR

DIRECTOR

FERNANDO ANAYA PAYARES

MSC. SALUD OCUPACIONAL

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR**

2024



DEDICATORIA

Esto va dirigido a mis padres Jairo Núñez Contreras y Betty Alvear Villalobos, que siempre me apoyaron incondicionalmente para poder llegar a ser un profesional de esta patria.

A mí familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada semestre de mi carrera universitaria.

Adrián Núñez Alvear



AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le agradezco a Dios por darme el privilegio de haber sido parte de la Universidad Popular del César, que me abrieron sus puertas de su seno científico para estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos para mi formación profesional.

Agradezco también a mi director y asesor el ING. Fernando Anaya Payares por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos científicos, cómo también haberme tenido toda la paciencia para guiarme de la manera adecuada durante el desarrollo de este proyecto.

Y para finalizar, agradecer a todos mis compañeros de clases durante todos estos años, ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral han aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

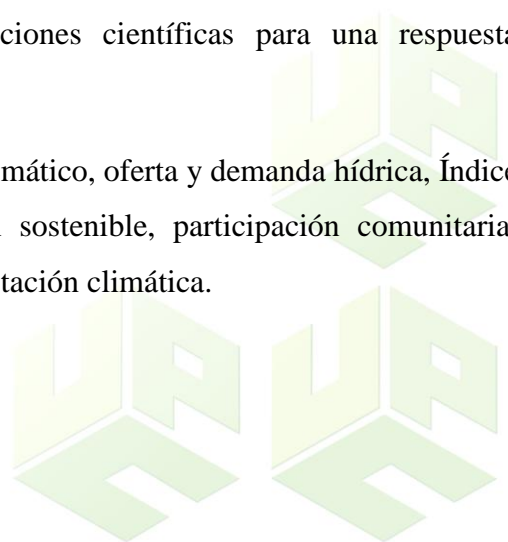
Adrián Núñez Alvea



RESUMEN

El presente estudio se enfocó en la evaluación integral de la situación hídrica en la Ciénaga de Zapatosa, situada en el departamento del Cesar, abordando específicamente las condiciones meteorológico-climáticas, la oferta y demanda hídrica, y el Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH). A través de un análisis detallado, la investigación reveló patrones climáticos adversos exacerbados por el cambio climático, que se manifiestan en variaciones de temperatura y precipitaciones impredecibles. Estas condiciones han tenido implicaciones directas en la zona, afectando los ciclos naturales del agua y, en consecuencia, la biodiversidad del ecosistema. Al identificar la oferta y demanda hídrica, se constató una tensión creciente entre los recursos disponibles y las necesidades de los ecosistemas y las comunidades locales. El estudio demostró que la sobreexplotación de recursos, la contaminación y las prácticas insostenibles han creado un déficit en la disponibilidad de agua, poniendo en riesgo tanto la salud ecológica como la supervivencia humana. En respuesta a estas problemáticas, se calculó el IVH, revelando una alta vulnerabilidad de la región ante el desabastecimiento de agua. Este índice se erige como un indicador crítico, permitiendo a los gestores y tomadores de decisiones entender la precariedad del sistema hídrico actual. Con base en estos hallazgos, se propusieron estrategias de conservación y gestión sostenible, enfatizando la restauración de ecosistemas, la reforestación, y la participación comunitaria activa como vías hacia la resiliencia y la sustentabilidad. El estudio culmina con una serie de recomendaciones enfocadas en la acción colectiva, la investigación continua y la adaptación proactiva al cambio climático. Subraya la importancia de la educación y el compromiso comunitario, la colaboración interinstitucional, y la necesidad de seguir profundizando en las investigaciones científicas para una respuesta informada y efectiva frente a la crisis hídrica.

Palabras clave: Ciénaga de Zapatosa, cambio climático, oferta y demanda hídrica, Índice de Vulnerabilidad Hídrica, desabastecimiento, gestión sostenible, participación comunitaria, conservación ecosistémica, investigación científica, adaptación climática.



ABSTRACT

The current study focused on a comprehensive assessment of the water situation in the Ciénega de Zapatosa, located in the department of Cesar, specifically addressing meteorological-climatic conditions, water supply and demand, and the Water Vulnerability Index due to shortages (IVH). Through detailed analysis, the research revealed adverse climatic patterns exacerbated by climate change, manifesting in unpredictable temperature variations and rainfall. These conditions have had direct implications in the area, affecting the natural water cycles and, consequently, the ecosystem's biodiversity. In identifying water supply and demand, a growing tension was found between available resources and the needs of ecosystems and local communities. The study showed that the overexploitation of resources, pollution, and unsustainable practices have created a deficit in water availability, endangering both ecological health and human survival. In response to these issues, the IVH was calculated, revealing the region's high vulnerability to water shortages. This index stands as a critical indicator, allowing managers and decision-makers to understand the precariousness of the current water system. Based on these findings, conservation strategies and sustainable management were proposed, emphasizing ecosystem restoration, reforestation, and active community participation as pathways towards resilience and sustainability. The study culminates with a series of recommendations focused on collective action, ongoing research, and proactive adaptation to climate change. It underscores the importance of education and community engagement, inter-institutional collaboration, and the need for continued in-depth scientific research for an informed and effective response to the water crisis.

Keywords: *Ciénega de Zapatosa, climate change, water supply and demand, Water Vulnerability Index, shortages, sustainable management, community participation, ecosystem conservation, scientific research, climate adaptation.*

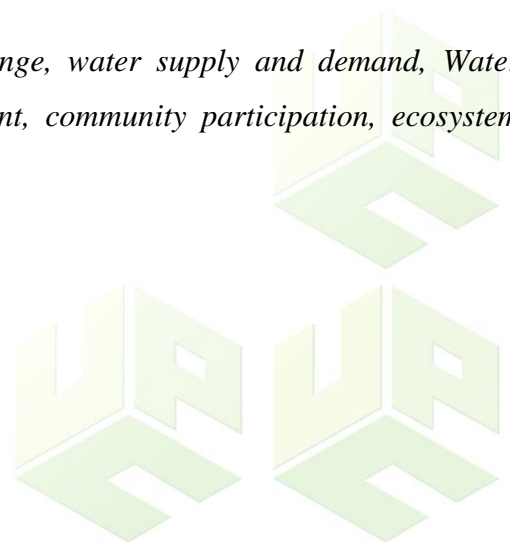


TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	17
3. OBJETIVOS	19
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
4. MARCO REFERENCIAL.....	20
4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
4.2. MARCO TEÓRICO	22
4.3. MARCO CONCEPTUAL	28
4.4. MARCO CONTEXTUAL.....	31
4.5. MARCO LEGAL	33
5. MARCO METODOLÓGICO.....	36
5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN	36
5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	36
5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	36
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	36
5.5. MUESTRA POBLACIONAL	36
5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
5.7. ESTRATEGIA Y DESARROLLO METODOLÓGICO	38
Fase 1. Descripción de las condiciones meteorológicas -climáticas de la zona objeto de estudio.....	38
Actividad 1.1. Revisión bibliográfica.	38
Actividad 1.2. Visitas de Inspección.....	38



Fase 2. Identificación de la oferta y demanda hídrica en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.	38
Actividad 2.1. Cálculo de la oferta hídrica Superficial.	38
Actividad 2.2. Estimar la demanda y usos del agua.	39
Fase 3. Cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.	40
Actividad 3.1 Estimación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) e índice del uso del agua (IUA).	40
Actividad 3.2. Grado de Vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH).	41
Actividad 3.2. Estrategias de Preservación y Conservación del Recurso Hídrico	41
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	42
6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS -CLIMÁTICAS DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO	42
6.1.1. Revisión Bibliográfica	42
6.1.2. Visitas de Inspección	48
6.2. IDENTIFICACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA EN JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.....	54
6.2.1. Cálculo de la Oferta Hídrica Superficial.....	54
6.2.1.1. Escorrentía Superficial del Complejo Cenagoso de Zapatosa.....	54
6.2.1.2. Área de la Unidad Hidrográfica.	54
6.2.2. Estimar la Demanda y Usos del Agua.....	57
6.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA POR DESABASTECIMIENTO (IVH) EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA EN JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.	62
6.3.1. Estimación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) e índice del uso del agua (IUA). 62	
6.3.1.1. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	62
6.3.1.2. Índice del Uso del Agua (IUA)	67
6.3.2. Grado de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH).....	81
6.3.3. Estrategias de Preservación y Conservación del Recurso Hídrico.....	85
7. CONCLUSIONES	93



8. RECOMENDACIONES.....	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

LISTA DE FIGURAS

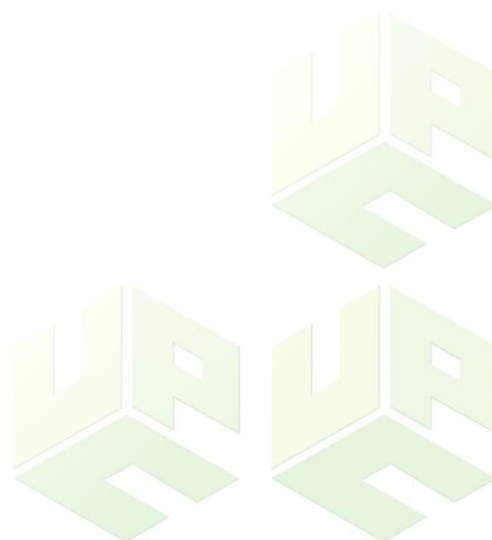
	Pág.
Figura 1. Categorías de los índices establecidos.....	23
Figura 2. Categoría del IRH.....	25
Figura 3. Categoría de IUA	27
Figura 4. Matriz de Índice de vulnerabilidad hídrica.....	28
Figura 5. Localización Geográfica.....	31
Figura 6. Gráfica de la Precipitación Media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.	43
Figura 7. Gráfica de la Evaporación media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.	44
Figura 8. Gráfica de la Temperatura media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.	45
Figura 9. Gráfica de la Velocidad del Viento en el Complejo Cenagoso de la Zapatosa.	46
Figura 10. Gráfica de la Radiación Solar incidente en el Complejo Cenagoso de Zapatosa.	47
Figura 11. Visita a la Administración del municipio de Chimichagua	48
Figura 12. Punto crítico de acumulación de los Residuos Sólidos en el CCZ	49
Figura 13. Incremento exponencial de vegetación acuática.....	50
Figura 14. Empalizadas internas para la retención de especies acuáticas	50
Figura 15. Muelle turístico del municipio de Chimichagua.....	51
Figura 16. Presencia de Ganado en las Ciénagas del Complejo Cenagoso de Zapatosa.....	52
Figura 17. Precipitación media mensual multianual en la cuenca del río bajo Cesar	55
Figura 18. Demanda de agua para Uso Doméstico en los municipios del departamento del Cesar.....	57
Figura 19. Demanda de agua para uso Agrícola en los municipios del departamento del Cesar	58
Figura 20. Demanda de agua para uso Industrial en los municipios del departamento del Cesar	59
Figura 21. Demanda de agua para uso en Servicios en los municipios del departamento del Cesar	60
Figura 22. Demanda de agua para uso Pecuario en los municipios del departamento del Cesar	60
Figura 23. Unidades Hidrográficas del Complejo Cenagoso de Zapatosa.....	63
Figura 24. Clasificación de la cobertura de tierras y usos del suelo del CCZ.....	70
Figura 25. Clasificación porcentual de la Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico del CCZ.....	83

LISTA DE TABLAS

Pág.



Tabla 1. Marco de normas aplicables al contexto de este trabajo	33
Tabla 2. Estaciones Meteorológicas de Influencia al Complejo Cenagoso de Zapatosa	37
Tabla 3. Índice de Retención y Regulación Hídrica para las Subcuencas y Microcuencas	64
Tabla 4. Clasificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)	66
Tabla 5. Demanda anual de agua por cultivo permanente	68
Tabla 6. Volumen de agua extraída por tipo de cultivo transitorio.....	69
Tabla 7. Demanda por sector agrícola, Cuenca del Río Bajo Cesar-Ciénaga Zapatosa.....	71
Tabla 8. Demanda hídrica en el sector de bovinos	72
Tabla 9. Demanda hídrica en el sector de bovino Cuenca del Río Bajo Cesar-Ciénaga Zapatosa.....	73
Tabla 10. Consumo doméstico por subcuenca del Complejo Cenagoso de Zapatosa	74
Tabla 11. Oferta Hídrica Total, Ambiental y Disponible de las Unidades Hidrográficas del CCZ.....	76
Tabla 12. Índice del Uso del Agua de las Unidades Hidrográficas del CCZ.....	77
Tabla 13. Clasificación del Índice del Uso del Agua.....	79
Tabla 14. Grado de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH).....	81
Tabla 15. Clasificación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica.....	83
Tabla 16. Estrategias de Preservación del Recurso Hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa	85
Tabla 17. Actividades/Acciones, Indicadores y Meta de las Estrategias de Preservación.....	86
Tabla 18. Estrategias de Conservación del Recurso Hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa	88
Tabla 19. Actividades/Acciones, Indicadores y Meta de las Estrategias de Conservación	90



INTRODUCCIÓN

Los humedales son de vital importancia para la humanidad, sirviendo como reguladores del ciclo del agua y como filtros críticos que mantienen la calidad del agua al absorber contaminantes y sedimentos. Estos ecosistemas únicos son un refugio de biodiversidad, albergando una amplia gama de flora y fauna, algunas de las cuales son especies endémicas. Además, los humedales actúan como amortiguadores naturales, absorbiendo y almacenando exceso de agua durante las temporadas de lluvias y mitigando los efectos de inundaciones y sequías. Estas funciones son cruciales en el contexto del cambio climático, donde la frecuencia de eventos extremos está aumentando. (Convención Ramsar, 1971).

La investigación del recurso hídrico en estos entornos es indispensable para garantizar el abastecimiento de agua a las comunidades, puesto que una comprensión detallada de los flujos y reservas de agua permite una gestión más informada y sostenible. Al estudiar y monitorear los recursos hídricos, podemos desarrollar estrategias que equilibren las necesidades de consumo humano, conservación de la biodiversidad y mantenimiento de los servicios ecosistémicos. (Convención Ramsar, 1971).

La estimación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH) en el Complejo Cenagoso de de Zapatosa, situada en el departamento del Cesar, posee una importancia crítica en la gestión y preservación de recursos hídricos en la región. Este índice, al ofrecer una medida cuantitativa del riesgo de desabastecimiento de agua, permite a los gestores y decisores políticos entender la gravedad y la inmediatez de la precariedad hídrica, facilitando la priorización de recursos y esfuerzos hacia las áreas más vulnerables.

Además, con la variabilidad climática y los desafíos medioambientales exacerbando la incertidumbre en la disponibilidad del agua, el IVH emerge como una herramienta esencial para anticipar crisis y planificar intervenciones, asegurando que las comunidades dependientes de la Ciénaga no solo sobrevivan, sino que prosperen en armonía con su entorno natural.



Asimismo, el cálculo del IVH en la Ciénaga de Zapatosa conlleva una dimensión preventiva, ya que ayuda a identificar tendencias y variaciones en el tiempo, crucial para adaptarse a los impactos del cambio climático y otras presiones antropogénicas. Esta proyección futura es indispensable para establecer sistemas de alerta temprana y estrategias de adaptación, permitiendo que la población, la infraestructura y los ecosistemas locales se preparen y se ajusten a los cambios en la disponibilidad de agua.

En este contexto, la estimación del IVH no es solo una medida de la situación actual, sino una guía proactiva para la conservación a largo plazo de la biodiversidad de la Ciénaga y la salud socioeconómica de la región, reafirmando el compromiso con un desarrollo equitativo y sostenible.

Este documento de proyecto de grado se articula en torno a una estructura detallada y sistemática, diseñada para proporcionar una comprensión profunda del estudio realizado sobre la Ciénaga de Zapatosa. El Capítulo 1 introduce la investigación, presentando el planteamiento del problema, la justificación del estudio, y los objetivos perseguidos, estableciendo así el fundamento y la relevancia del análisis de la vulnerabilidad hídrica en esta región específica. El Capítulo 2 profundiza en el Marco Referencial, abarcando una revisión exhaustiva de literatura previa, teorías pertinentes, definiciones conceptuales clave, el contexto específico de la Ciénaga de Zapatosa y la normativa legal que enmarca la investigación, asegurando una base sólida y multidisciplinaria.

Progresando hacia un enfoque más técnico, el Capítulo 3 detalla el Marco Metodológico, exponiendo la naturaleza de la investigación dentro de su línea, sublínea y área temática específica. Se describen aquí el enfoque adoptado, el alcance del estudio, la población objetivo, la muestra seleccionada y el diseño metodológico, ofreciendo transparencia en cuanto a cómo se recopilaron, analizaron y validaron los datos. Finalmente, el Capítulo 4 se consagra a la presentación de los resultados y su posterior análisis, iluminando los hallazgos cruciales que emergen de la investigación. Este último capítulo culmina con un conjunto de conclusiones lógicas y recomendaciones prácticas, sugiriendo acciones futuras y políticas basadas en los resultados del estudio. Además, se honra la integridad académica mediante la inclusión de un



compendio de referencias bibliográficas, permitiendo la verificación de fuentes y el fomento de investigaciones futuras.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La región Caribe cuenta con una gran riqueza en humedales y contiene el 82% de las ciénagas del país. Las ciénagas son humedales de importancia ambiental por las funciones que cumplen, como la de controlar inundaciones al estancar grandes cantidades de agua, regular los caudales de los ríos, retener los sedimentos al maximizar procesos de decantación y depósitos de materiales purificando el agua proveniente de las cuencas y de los asentamientos humanos adyacentes como lo comenta Aguilera (2011).

Estos sistemas son el hábitat de una rica biodiversidad de flora y fauna que tienen importante valor económico, ya que generan bienestar e ingresos a las poblaciones que se benefician directamente. Las actividades económicas de los municipios que están alrededor de ciénagas giran en torno a la pesca, la agricultura, la ganadería, el comercio y los servicios. Las tres primeras ejercen presión sobre el ecosistema de estos humedales, por la sobreexplotación, la deforestación y la construcción de diques, que han conducido a la degradación del ecosistema y a la disminución de la biodiversidad. 1

Una de las ciénagas más grandes del país es la Zapatosa, la cual menciona Vilorio (2011) es la ciénaga continental más grande de Colombia y, El sistema cenagoso de Zapatosa tiene una extensión de 360 km² y llega hasta 500 km² en época de invierno. Lo conforman varias ciénagas y lagunas que hacen parte de la Depresión Momposina y recibe las aguas de los ríos Magdalena, Cesar y de otros ríos menores, caños y quebradas. Está ubicado entre dos departamentos y cinco municipios: El Banco (Magdalena), Chimichagua, Tamalameque, Chiriguaná, Curumaní, los cuatro últimos del Departamento del Cesar.

A pesar de que, La región de la ciénaga de Zapatosa es muy importante en el Caribe colombiano por ser el complejo dulceacuícola más grande del país (Ramírez & Viña 1998), los recursos naturales de esta ciénaga se han agotado por diversos problemas como la pobreza, la falta de oportunidades laborales y el bajo capital humano, dificultades que llevan a que cada vez más personas se conviertan en pescadores artesanales.

Algunos de ellos usan artes de pesca ilegales que capturan peces por debajo del tamaño mínimo exigido y causan problemas de sobreexplotación.



Dadas las prolongadas actividades y el desconocimiento en la explotación de recursos de esta, se genera una vulnerabilidad y falta de resiliencia del ecosistema en casos de estiaje o fenómenos de sequía fuertes, por lo que es imperativo reconocer que este estado de vulnerabilidad no solo compromete la salud ecológica actual de la Ciénaga de Zapatos, sino que también plantea riesgos significativos para las generaciones futuras. El deterioro ambiental progresivo puede llevar a un punto de no retorno, donde la restauración del ecosistema es casi imposible o económicamente impracticable. Por lo tanto, es crucial aumentar la conciencia pública, educar sobre prácticas sostenibles y fortalecer las políticas de conservación y manejo de recursos, para salvaguardar la resiliencia de este ecosistema frente a fenómenos adversos y asegurar su capacidad de proveer servicios esenciales para la humanidad.

El estrés hídrico y los problemas de calidad del agua son los eventos adversos más probables a escala global (IPCC, 2008) y la ciénaga de Zapatos no es la excepción a esto.

Conforme a lo presentado en los párrafos anteriores y entrando en contexto a los dispuesto en esta investigación se formula la siguiente pregunta:

¿Cuál es el índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento en la Ciénaga de Zapatos en jurisdicción del municipio de Chimichagua-Cesar?



2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es un elemento fundamental para la vida de los seres humanos, está presente en todas las actividades que realizan y hasta hoy no se conoce otra sustancia que pueda sustituirla, por esa razón, se considera que es el recurso que definirá el desarrollo sostenible. (Troballes, 2015). Hay amplia evidencia que los recursos hídricos son vulnerables al cambio climático y que las consecuencias sobre la sociedad y los ecosistemas dependen de las medidas de adaptación (IPCC, 2007; 2008).

Debido a la importancia ecosistémica del complejo hídrico y las actividades frecuentes que se desarrollan en la misma, se considera relevante identificar y conocer el índice de vulnerabilidad hídrica de la Ciénaga de Zapatosa en el sector de Chimichagua. García (2017) menciona que, 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, es necesario, por tanto, analizar el Índice de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH) puesto que, a partir del mismo, se puede identificar el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta para el abastecimiento de agua, que ante amenazas tales como periodos largos de estiaje o eventos como el Fenómeno cálido del Pacífico (El Niño), que podría generar riesgos de desabastecimiento en la población (IDEAM, 2010).

La vulnerabilidad de dichos sistemas se determina a través de los indicadores del régimen hidrológico y calidad del agua en base a los criterios de FAO. Se estima, además, una mayor demanda de agua en los climas cálidos, lo cual puede generar un incremento de la competencia por el uso entre los distintos sectores (Magrin et.al., 2007; Rosenzweig et.al, 2004).

Teniendo en cuenta lo anterior dicho, identificar y conocer el índice de Vulnerabilidad Hídrica de la Ciénaga de Zapatosa más específicamente en el sector de Chimichagua permitirá tener claridad sobre el estado del recursos y su estado de resiliencia ante eventos de sequía prolongados para así, desarrollar planes de emergencia en estos casos y establecer acciones para prevenir o mitigar una alta vulnerabilidad en el recurso, teniendo en cuenta que alrededor de este, gran parte de la población de Chimichagua vive y se lucra.



Es por ello que esta investigación asume una responsabilidad crucial: realizar una estimación meticulosa del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento en la ciénaga de Zapatosa, específicamente en la jurisdicción del municipio de Chimichagua-Cesar. Este análisis no solo identificará los niveles actuales de riesgo y precariedad del recurso hídrico, sino que también sentará las bases para intervenciones informadas y estratégicas. La meta es promover la instauración de buenas prácticas y técnicas optimizadas en las actividades predominantes de la región, todas las cuales tienen un impacto considerable en el Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH). Reconociendo la interdependencia entre la salud ecosistémica y las actividades humanas, este estudio busca crear un equilibrio sostenible, garantizando la prosperidad socioeconómica sin comprometer la integridad ambiental.

Por otro lado, el proyecto se compromete a ir más allá de la simple cuantificación del IVH; se propone como un catalizador para el cambio en la comunidad local y en las políticas públicas. Al proporcionar datos críticos y perspectivas sobre la dinámica del agua en la ciénaga de Zapatosa, la investigación es una herramienta esencial para los responsables de la toma de decisiones, los conservacionistas, y la comunidad en general. Se anticipa que, al informar y educar sobre la urgente necesidad de conservación, los hallazgos podrían inspirar una nueva era de gobernanza ambiental en la región, marcada por el compromiso, la innovación y la acción rápida y decisiva hacia la sustentabilidad. La adaptación y mitigación de los riesgos asociados con el IVH, por lo tanto, no se ve como un fin en sí mismo, sino como el comienzo de un viaje hacia la resiliencia y la armonía con el entorno natural.



3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar el índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir las condiciones meteorológicas -climáticas de la zona objeto de estudio en del departamento del Cesar.

Identificar la Oferta y Demanda Hídrica en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.

Calcular del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH) en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.



4. MARCO REFERENCIAL

4.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Aguilera (2011) realizó una investigación profunda titulada La economía de las Ciénagas del Caribe Colombiano, donde recopila información valiosa de las características y fenómenos que se desarrolla en ellas. En un capítulo completo titulado “Economía extractiva y pobreza en la ciénaga de Zapatosa” se mencionan detalles de la ciénaga tales como que, dentro del régimen hidrológico de la cuenca del Magdalena, el régimen de lluvias del complejo cenagoso de Zapatosa es de tipo bimodal. Al respecto es necesario decir que fenómenos exógenos como el cambio climático afectan el ciclo de las lluvias en toda la cuenca del río Magdalena y esto, a su vez, acentúa los períodos de inundaciones y sequías en la ciénaga de Zapatosa y demás humedales de la depresión Momposina. En cuatro estaciones analizadas de la subregión, las precipitaciones oscilaron entre 1.600 y 2.000 mm anuales. La mayor pluviosidad se observó entre los meses de agosto y noviembre, siendo octubre el mes más lluvioso. Se presenta un segundo período lluvioso entre abril y junio. El período seco más intenso se presenta entre diciembre y marzo. Enero se convierte en el mes más seco del año y un segundo período seco se reduce al mes de julio.

(A.C. Estupiñán, N.D. Jiménez y N. Sánchez). Desarrollaron una extenuante investigación que fue depositada en la Revista Académica, dicha investigación de título Etnobotánica de la región tropical del Cesar, complejo Ciénaga de Zapatosa. Este trabajo hace parte del proyecto “Caracterización Biótica del complejo Ciénaga de Zapatosa”, desarrollado por el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y apoyado por CORPOCESAR; en este, se concluye como en la actualidad, la comunidad campesina del complejo Ciénaga de Zapatosa, suple gran parte de las necesidades básicas de vivienda, medicina, alimentación e ingresos a partir de sus recursos biológicos; lo más sorprendente es que esta dinámica se mantiene aún frente a la preocupante extensión de la barrera ganadera y a la inclusión de la minería como actividades económicas que han ido moldeando los procesos culturales, con una notoria deforestación de bosques y contaminación de aguas dentro de ellas la Ciénaga, conduciendo con ello, a una pérdida considerable de los recursos biológicos, en



respuesta al acelerado y desordenado crecimiento económico que se genera con nuevas ocupaciones de captación de recursos y llegada en masa de gente de otras zonas

García, Et al. (2012) en la investigación que lleva por título Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia estudian la influencia del cambio climático en el recurso hídrico y la capacidad de adaptación, así mismo, relacionan que, en la Primera Comunicación Nacional del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) [1], publicada hace más de una década, se presentó el primer análisis sobre la vulnerabilidad del recurso hídrico ante los diferentes escenarios de cambio climático. Este análisis abordó la vulnerabilidad desde dos perspectivas: desde la capacidad de los recursos hídricos para conservar y mantener su régimen hidrológico, ante posibles alteraciones climáticas, y desde la vulnerabilidad de los sectores usuarios del recurso ante cambios substanciales en la oferta y disponibilidad de agua.

Vidal, delgado, Andrade (2012) mencionan en la investigación “Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global” realizada más allá del interés académico, una evaluación de vulnerabilidad es realmente útil si se da ligada a la construcción de políticas o acuerdos sociales que transformen el estado de los sistemas ecológicos y modifiquen las tendencias de cambio (Patt et ál. 2009). Pues es a través de esta evaluación que se busca ante todo informar a quienes toman decisiones, para enfocar sus esfuerzos a minimizar los efectos del cambio climático sobre los sistemas sociales y ecológicos. Con todo, es todavía frecuente que se presenten desajustes de escala espacial y temporal entre los procesos biofísicos y las decisiones de manejo.

Díaz, Escobar y Gutiérrez, elaboraron una investigación titulada “Análisis de la influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali” Donde mencionan que, teniendo en cuenta que según el DANE (2011), el índice de pobreza supera el 46 % en las ciudades y 65 % en el campo, estamos ante una situación crítica de vulnerabilidad, que implica la necesidad de abordar la influencia de ENOS en la oferta hídrica del país. Adicionalmente, en el 2011 en Colombia se alcanzó un nivel de pobreza de 34,1 % según estudio realizado por el DANE (2011), situación que aumenta la vulnerabilidad a la ocurrencia de desastres y deja amplios sectores con baja capacidad de respuesta ante eventos catastróficos.



4.2. MARCO TEÓRICO

Sistema de indicadores hídricos

Según el estudio Nacional del Agua, existen dos tipos de indicadores hídricos, os que dan cuenta de las condiciones del sistema hídrico natural y los relacionados con la intervención antrópica que tienen efectos sobre la cantidad, variabilidad y calidad de agua.

A continuación, se especifican cada uno de los índices pertenecientes a los dos grupos de indicadores existentes:

I. **Indicadores del sistema hídrico**

- Índice de aridez.
- Índice de retención y regulación hídrica.
- Índice de sequía y precipitación.
- Índice de rendimiento medio sedimentos.

II. **Indicadores de presión por uso de agua**

- Indicadores por presión del agua
 - o Índice de uso del agua superficial.
 - o Índice de presión Hídrica al ecosistema.
 - o Índice de agua no retornada a la cuenta.
 - o Índice de eficiencia en el uso del agua.
- Indicadores de estado de calidad y presión por contaminación
 - o Índice de calidad de agua.
 - o Índice de alteración potencial a la calidad de agua.
- Indicadores de estado de calidad y presión por contaminación



- o Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento.

En la siguiente imagen se puede observar gráficamente la clasificación de estos:

Figura 1. Categorías de los índices establecidos.



Nota: Tomado de ENA, 2018

Los indicadores en mención se calculan a partir de variables medidas en redes de monitoreo (hidrometeorológicas y de calidad del agua), registros administrativos de entidades generadoras de información y estimaciones con base estadística o producto de modelaciones calibradas con mediciones directas en campo.

Índice de Vulnerabilidad Hídrica

Como lo indica el IDEAM, 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.

Este índice se calcula a partir de una matriz de relación entre el índice de regulación hídrica y el índice de uso de agua. El IVH mide el grado de fragilidad del sistema hídrico para mantener una oferta que permita el abastecimiento de agua de sectores usuarios del recurso, tanto en condiciones hidrológicas promedio como extremas de año seco. (ENA,2018)

Metodología de evaluación del índice de Vulnerabilidad Hídrica

El estudio nacional del agua menciona que el índice de vulnerabilidad hídrica es calculado a través de la relación del índice de regulación hídrica y de uso de agua, por lo que se hace imprescindible conocer la manera por medio de la cual se hallan estos dos índices.

Índice de Regulación hídrica

El índice de regulación hídrica (IRH) es un indicador asociado al régimen natural de las cuencas que califica cualitativamente la capacidad de retención y regulación hídrica, por medio de la forma de la curva de duración de caudales medios diarios (CDC), para señalar las zonas que escurren de forma más estable y la ocurrencia de caudales extremos.

Las CDC se construyen a partir de registros históricos de caudales diarios, siendo aplicable únicamente en el periodo de los datos con el que fue construida e integrando el efecto combinado de las características de la cuenca (climatología, geología, geomorfología, tipo de suelo, vegetación, e intervenciones antrópicas) sobre el comportamiento de los caudales. No obstante, es posible regionalizar los resultados de las curvas para indicar la tendencia de regulación de áreas instrumentadas y no instrumentadas. (ENA,2018)

El índice de regulación hídrica finalmente se calcula a partir de la relación entre: a) un volumen parcial y b) el equivalente (V_p), al área bajo la línea de caudal medio (es decir, 1 en las curvas adimensionales), y b) el volumen total equivalente (V_t). (IDEAM, 2010, 2014), como se expresa en la siguiente ecuación:

$$IRH = \frac{V_p}{V_t}$$



Donde:

V_o : Volumen parcial equivalente al área bajo la línea de caudal medio

V_t : Volumen total equivalente al área bajo CDC

IRH: Índice de regulación hídrica.

A partir de esta relación se puede establecer el índice de regulación hídrica que puede ser clasificado en muy Baja, baja, moderada, alta y muy alta según el valor obtenido. En la siguiente figura se muestra el rango para cada clasificación:

Figura 2. Categoría del IRH

IRH	Categoría
$IRH \leq 0,50$	Muy Baja
$0,50 < IRH \leq 0,65$	Baja
$0,65 < IRH \leq 0,75$	Moderada
$0,75 < IRH \leq 0,85$	Alta
$IRH > 0,85$	Muy Alta

Nota: Tomado de ENA, 2018.

Índice de Uso de Agua

Cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios, en un período determinado (anual, mensual) y unidad espacial de análisis (área, zona, subzona, etc.) en relación con la oferta hídrica superficial disponible para las mismas unidades temporales y espaciales. (IDEAM, 2010). para lo cual se emplea la siguiente expresión:

$$IUA = \frac{Dh}{Oh} * 100$$

Donde:

Dh : demanda hídrica sectorial



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

$$Dh = \sum (\text{Volumen de agua extraída para usos sectoriales en un período determinado})$$

Para conocer Cada variable requerida para hallar el índice de uso de agua se requiere conocer la formula.

- **Demanda Hídrica Sectorial**

Se determina a partir de la siguiente formula:

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

Donde:

Dh: Demanda hídrica

Ch: Consumo humano o doméstico

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

- **Oferta Hídrica Superficial**

Se determina a partir de la siguiente formula:

$$Oh = Ohtotal - O Qamb$$

Donde:



Ohtotal: es el volumen total de agua superficial en una unidad de análisis espacial y temporal determinada.

Oqamb: es el volumen de agua correspondiente al caudal ambiental en la misma unidad de análisis espacial y de tiempo de la oferta total.

A partir de la ecuación de índice de agua se pueden determinar seis (6) categorías: Crítico, Muy Alto, Alto, Moderado, Bajo, Muy Bajo. En la siguiente tabla se puede detallar rangos y significado de cada uno de ellos.

Figura 3. Categoría de IUA

Rango (Dh/Oh)*100 IUA	Categoría IUA	Significado
> 100	Crítico	La presión supera las condiciones de la oferta
50,01 - 100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
20,01 - 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
10,01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
1.0 - 20	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
≤ 1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible

Nota: Tomado de ENA, 2018.

Índice de Vulnerabilidad Hídrica por Desabastecimiento

Teniendo en cuenta que para este índice se requiere conocer previamente el IRH e IUA. Se puede conocer el IVH a partir de la siguiente ecuación:

$$IVH = \frac{IRH}{IUA}$$

Donde:

IRH: Índice de regulación hídrica.

IUA: Índice uso de agua.

IVH: Índice de Vulnerabilidad Hídrica.



Para efectos prácticos, el IDEAM ha establecido una matriz de relación de rangos del Índice de regulación hídrica (IRH) y el Índice de uso de agua (IUA). Dispuesta a continuación:

Figura 4. Matriz de Índice de vulnerabilidad hídrica.

Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Nota: Tomado de ENA, 2014

4.3. MARCO CONCEPTUAL

Compensación (trade-off): relación entre variables que se da cuando la extracción y uso de un servicio ecosistémico tiene un impacto negativo sobre el beneficio que se puede obtener de otro servicio ecosistémico. (Min ambiente, 2012).

Conservación: es la preservación in situ de los ecosistemas y los hábitats naturales y el mantenimiento y recuperación de poblaciones viables de especies en su entorno natural o, en el caso de las especies domesticadas y cultivadas, en los entornos en que hayan desarrollado sus propiedades específicas. La conservación in situ hace referencia a la preservación, restauración, uso sostenible y conocimiento de la biodiversidad. (Artículo 2.2.2.1.1.1 del Decreto 1076 de 2015).

Contaminantes: son fenómenos físicos, o sustancias, o elementos en estado sólido, líquido o gaseoso, causantes de efectos adversos en el medio ambiente, los recursos naturales renovables y la salud humana que solos, o en combinación, o como productos de reacción, se emiten al aire como resultado de actividades humanas, de causas naturales, o de una combinación de estas. (Artículo 2.2.5.1.1.2 del Decreto 1076 de 2015).



Cuenca: Área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor y a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente al mar.

Desarrollo sostenible: es el desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas. (ONU, 1987).

Humedal: ecosistema natural o artificial caracterizado por una cierta abundancia de agua dulce, salada o salobre, de carácter temporal o permanente. Los humedales son los ecosistemas en los que el agua es el elemento más importante del ambiente y el que mayor influencia tiene sobre su flora y fauna. Ejemplos de humedales son los manglares, ciénegas, turberas, marismas y esteros. Se distribuyen prácticamente sobre todo el planeta a excepción de la Antártica, en todos los climas: desde la tundra hasta los trópicos, tanto en las zonas costeras como dentro de los continentes. (GDM, 2015)

Impacto ambiental: cualquier alteración en el medio biótico, abiótico, socioeconómico, que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuida al desarrollo de un proyecto, obra o actividad. (Artículo 2.2.2.3.1.1 del Decreto 1076 de 2015).

Índice de vulnerabilidad hídrica (IVH): relaciona de forma cualitativa a) el Índice de Uso del Agua – IUA, y b) el Índice de Retención y Regulación Hídrica – IRH, mostrando la fragilidad de los sistemas hídricos superficiales de mantener la oferta de agua dadas sus condiciones de regulación y de demanda, pudiéndose presentar susceptibilidad al desabastecimiento. (IDEAM, 2011).

Programas: Articulación de una serie de proyectos previstos en un área determinada.

Recursos naturales: Se pueden definir los recursos naturales como aquellos elementos de la naturaleza y del medio ambiente, esto es, no producidos directamente por los seres humanos, que son utilizados en distintos procesos productivos. A su vez, los recursos naturales se clasifican usualmente en renovables y no renovables. Los primeros, son aquellos que la propia naturaleza repone periódicamente mediante procesos biológicos o de otro tipo, esto es, que se renuevan por sí mismos. Por el contrario, los recursos no renovables se caracterizan por cuanto



existen en cantidades limitadas y no están sujetos a una renovación periódica por procesos naturales. El concepto de “recursos naturales no renovables” es de naturaleza técnica y proviene de la Ecología y de la Economía. (Corte Constitucional, Sentencia C-221 de 1997)

Restauración ecológica: proceso dirigido, o por lo menos deliberado, por medio del cual se ejecutan acciones que ayudan a que un ecosistema que ha sido alterado recupere su estado inicial, o por lo menos llegue a un punto de buena salud, integridad y sostenibilidad. (Min ambiente, 2012).

Riesgo: daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad”, (Ley 1523 de 2012).

Riesgo de desastres: corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural, tecnológico, bio-sanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. (Artículo 4 de la Ley 1523 de 2012)

Servicios ambientales: servicios relacionados con el ambiente que no necesariamente son generados gracias al funcionamiento y manejo de los ecosistemas, sino que están relacionados con el suministro de recursos ambientales o saneamiento ambiental prestados por industrias y organizaciones sociales, como los servicios de alcantarillado, recogida y disposición de basuras, saneamiento y servicios similares, al igual que servicios de reducción de emisiones de los vehículos y servicios de reducción del ruido. (Min ambiente, 2012).

Vulnerabilidad: 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. (Min ambiente, Ley 1523 de 2012).

4.4. MARCO CONTEXTUAL

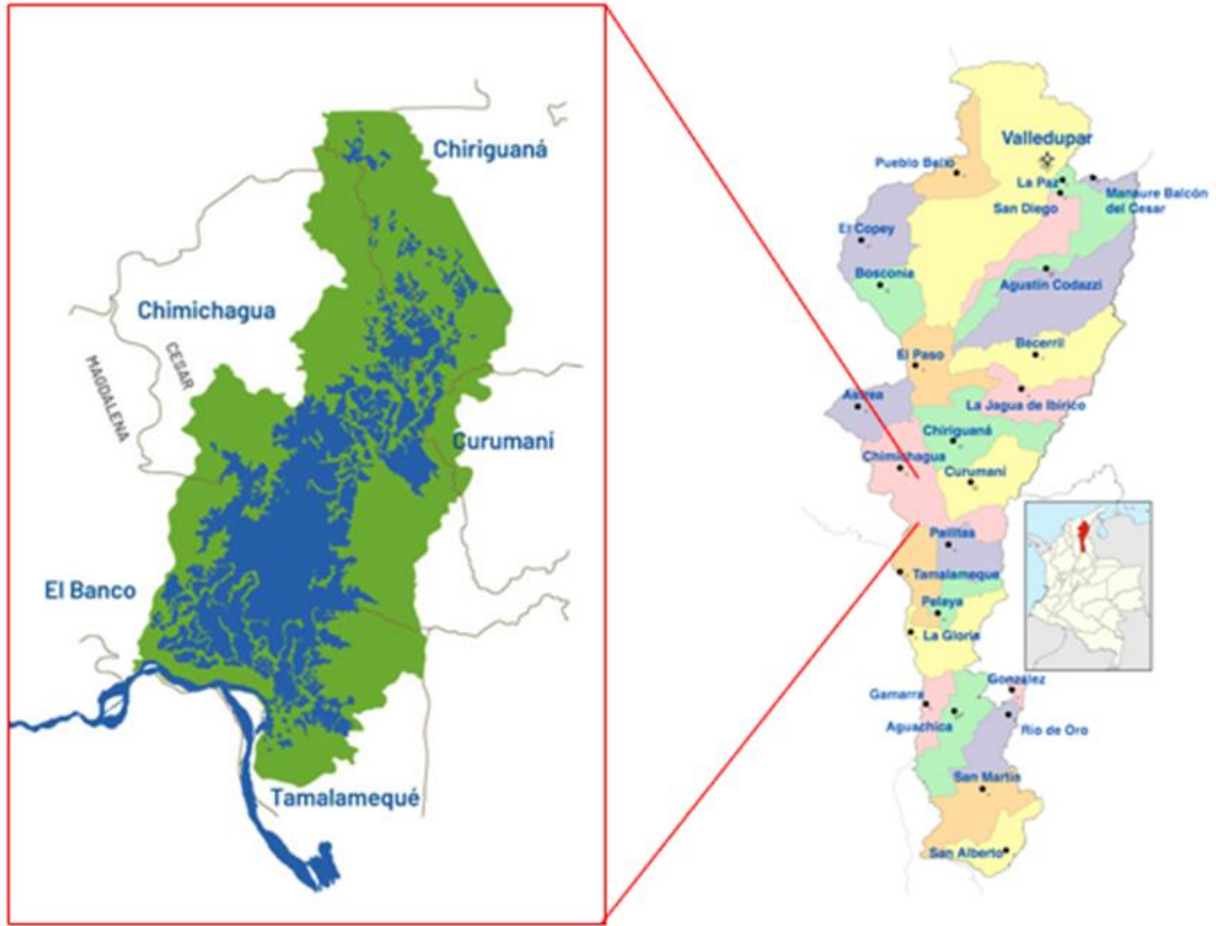
Localización Geográfica

El Departamento del Cesar, está situado en la zona noreste del país, posee una extensión de 22.905 km². Se ubica en la parte nororiental del país, el Departamento del Cesar limita al norte con los departamentos de La Guajira y Magdalena; por el sur, con los departamentos de Bolívar, Santander y Norte de Santander; y por el este, con los departamentos de Norte de Santander y la República Bolivariana de Venezuela. Sus coordenadas son 07°41'16'' y 10°52'14'' de latitud norte y 72°53'27'' y 74°08'28'' de longitud oeste. Su capital es Valledupar. (Plan de Desarrollo Departamental, 2020)

La ciénaga de Zapatosa es el humedal continental más grande de agua dulce, cuenta con una extensión de entre 30.000 y 40.000 hectáreas en verano y 70.000 hectáreas en invierno, beneficia a los habitantes de Curumaní, Chiriguaná, Tamalameque y Chimichagua en el Cesar y El Banco en Magdalena. Alberga más de 1.000 millones de metros cúbicos, y a ella llega el río Cesar, confundándose sus aguas, que la atraviesa, para ir a desembocar en el río Magdalena en El Banco; además de funcionar como amortiguador de las crecientes del río Magdalena, la Zapatosa alberga gran biodiversidad, ya que contiene cerca de 500 plantas vasculares, 45 especies de peces y 30 especies de mamíferos; además es el hogar de gran cantidad de aves nativas y migratorias que llegan de Canadá y de otras partes del mundo a reproducirse y a alimentarse. (El Pílon, 2020)

Figura 5. Localización Geográfica.





Nota: Tomado y adaptado de la página oficial de la gobernación del Cesar y de internet.



4.5. MARCO LEGAL

Tabla 1. Marco de normas aplicables al contexto de este trabajo

Norma	Descripción	Aplicación
Ley 9 de 1993	Crea el Ministerio de Ambiente, organiza el Sistema Nacional Ambiental y define el ordenamiento ambiental territorial como “la función atribuida al Estado de regular y orientar el proceso de diseño y planificación de uso del territorio y de los recursos naturales renovables de la Nación, a fin de garantizar su adecuada explotación y su desarrollo sostenible” (artículo 7°)	Esta ley es fundamental para la estimación del índice de vulnerabilidad hídrica ya que establece el marco para el ordenamiento ambiental territorial, asegurando que la utilización de los recursos naturales se haga de una manera que promueva el desarrollo sostenible. Esto implica un equilibrio entre las necesidades humanas y la preservación del medio ambiente, un aspecto crucial para entender y mitigar la vulnerabilidad hídrica a través de políticas de gestión y conservación efectivas.
Ley 373 de 1997	Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.	La importancia de esta ley radica en su enfoque en la eficiencia y el ahorro del agua, elementos clave para reducir la vulnerabilidad hídrica. Al exigir que todos los planes ambientales regionales y municipales integren programas de uso eficiente del agua, esta ley ayuda a promover prácticas sostenibles y resilientes que son esenciales para la gestión de los recursos hídricos en condiciones de estrés hídrico y cambio climático.
Decreto 1729 de 2002.	por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de	Este decreto es vital porque establece directrices para la gestión sostenible de cuencas hidrográficas, asegurando un equilibrio entre el uso económico y la conservación de los recursos

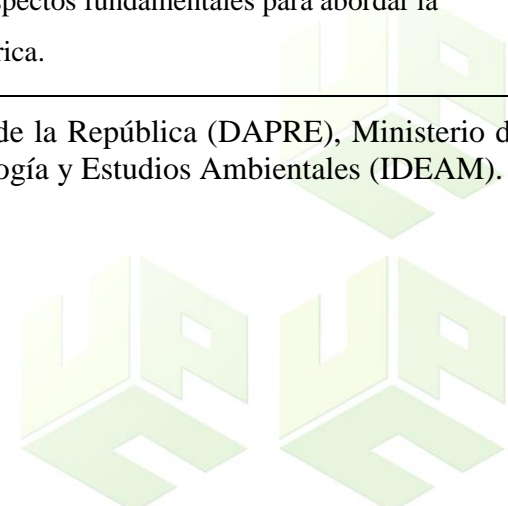


Norma	Descripción	Aplicación
	<p>la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones. A partir de esta La ordenación de una cuenca tiene por objeto principal el planeamiento del uso y manejo sostenible de sus recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos.</p>	<p>naturales. Al centrarse en la preservación de la estructura físico-biótica de las cuencas, es una herramienta esencial para la prevención de la degradación de los recursos hídricos y la reducción de la vulnerabilidad hídrica en áreas específicas.</p>
Decreto 3570 de 2011	<p>Otorga al Ministerio de Ambiente la función de diseñar y regular las políticas públicas y de saneamiento del ambiente, al igual que el uso, aprovechamiento, manejo, conservación, restauración y recuperación de los recursos naturales.</p>	<p>Al otorgar al Ministerio de Ambiente la responsabilidad de regular y diseñar políticas relacionadas con el saneamiento y la gestión de recursos naturales, este decreto enfatiza la importancia de la gobernanza centralizada y la implementación de políticas coherentes para la gestión del agua.</p>
Decreto Único 1076 de 2015.	<p>Por medio del cual se recopilan todas las normas ambientales y se establecen las medidas de las matrices del medio ambiental.</p>	<p>Este decreto compila todas las normas ambientales y establece medidas específicas para la protección del medio ambiente. Su importancia radica en proporcionar un marco legal integrado y accesible que facilita la aplicación uniforme de las leyes ambientales. Este enfoque cohesivo es esencial para manejar la vulnerabilidad hídrica de manera efectiva y en concordancia con otras iniciativas ambientales.</p>
Decreto 2245 de 2017	<p>"Por el cual se reglamenta el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y se adiciona una sección al Decreto 1076 de 2015,</p>	<p>Este reglamento es importante para la protección de las zonas críticas adyacentes a cuerpos de agua al establecer límites en</p>



Norma	Descripción	Aplicación
	Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el acotamiento de rondas hídricas"	las rondas hídricas. Esto ayuda a preservar la calidad del agua, proteger los ecosistemas acuáticos y minimizar los impactos de actividades humanas, factores que son críticos para manejar y entender la vulnerabilidad hídrica.
Resolución 957 de 2018	Por medio de la cual se adopta la Guía técnica de criterios para el acotamiento de las rondas hídricas en Colombia y se dictan otras disposiciones.	Al adoptar una guía técnica para el acotamiento de las rondas hídricas, esta resolución juega un papel crucial en la protección de los recursos hídricos y la gestión de su vulnerabilidad. Establecer y mantener zonas tampón bien definidas alrededor de los cuerpos de agua es vital para reducir la contaminación, preservar los hábitats naturales y mantener la integridad ecológica, todos aspectos fundamentales para abordar la vulnerabilidad hídrica.

Nota: Tomado de la sección normativa del Departamento Administrativo de la Presidencia de la República (DAPRE), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).



5. MARCO METODOLÓGICO

5.1. LÍNEA, SUBLÍNEA Y ÁREA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

Conforme a lo estipulado en el acuerdo No. 003 del 08 de Julio del 2021, este proyecto se sustenta bajo la línea de investigación llamada Sostenibilidad y Gestión Ambiental, en la Sublínea Seguridad y Salud en el Trabajo, Sistemas de Gestión y Gestión del Riesgo, y se encuentra dentro del área temática Mediciones Ambientales. (UNICESAR, 2021).

5.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que se vale de métodos numéricos para explicar fenómenos como la oferta y demanda del cuerpo hídrico estudiado, y así mismo, establecer pautas en el comportamiento de las variables estudiadas. (Hernández, Fernández y Batista , 2014)

5.3. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de esta investigación es correlacional, puesto que busca entender como se comportan variables como el índice de vulnerabilidad hídrica, en correlación con otras variables como lo son, el índice de retención y regulación hídrica y el índice de uso del agua. (Univerdiad de Guanajuato, 2022)

5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Corresponde a todos los ecosistemas estratégicos que por sus características naturales representan un valor para el sostenimiento de la biodiversidad y la sostenibilidad para la seguridad alimentaria, y en particular, aquellos que son de regiones tropicales, con pisos térmicos premontanos y provincia de humedad semi árido a subhúmedo. (Holdridge, 1982).

5.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra poblacional corresponde al área del Complejo Cenagoso de la Zapatosa (CCZ) fue definida por el acuerdo No. 001 del 18 de diciembre de 2019, el cual declara, reserva, delimita y alindera dicho territorio como Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) en los municipios de Chimichagua, Tamalameque, Curumaní y Chiriguaná, en el departamento del Cesar, y El Banco, en el departamento del Magdalena, bajo la jurisdicción de CORPOCESAR y CORPOMAG (Según el primer artículo de este acuerdo, el área comprende una extensión de



140.765,7 hectáreas), considerando principalmente como elemento o factor integrativo de análisis a las estaciones meteorológicas enlistadas a continuación:

Tabla 2. Estaciones Meteorológicas de Influencia al Complejo Cenagoso de Zapatosa

Departamento	Municipio	Estación	Código
Cesar	Chimichagua	EL CANAL	25020240
		CHIMICHAGUA	25021240
		SALOA	25020270
		HDA EL TERROR	25020650
	Tamalameque	ARBOLEDAS	25020100
		TAMALAMEQUE	25021590
		TAMALAMEQUE	25020090
	Curumaní	CURUMANI D C	25021580
		CURUMANI	25020250
		POPONTE	25020690
		PRIMAVERA	25020920
		ZAPATOSA	25020660
	Chiriguaná	CHIRIGUANA	25025050
		CHIRIGUANA	25025250
		RINCOHONDO	25020260
Magdalena	El Banco	ARPTO LAS FLORES	25025090
		LOS NEGRITOS	25021200
		EL BANCO	25025010

Nota: Tomado del Catálogo Nacional de Estaciones Meteorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 2023.

5.6. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación tiene un tipo de diseño no experimental-longitudinal, puesto que no se tiene una variable de control o dependiente, ni tampoco se manipulará alguna para beneplácito del trabajo. Además, se caracteriza porque se realizarán análisis de las series temporales de las



precipitaciones que son registradas por las estaciones meteorológicas aledañas o que se encuentran dentro del área de estudio.

5.7. ESTRATEGIA Y DESARROLLO METODOLÓGICO

Fase 1. Descripción de las condiciones meteorológicas -climáticas de la zona objeto de estudio

Actividad 1.1. Revisión bibliográfica.

Descripción: En el desarrollo de la primera fase fue necesario el desarrollo de una revisión sistemática de documentos técnicos relacionadas con la caracterización meteorológica y climática de la zona de estudio bajo los siguientes parámetros principales: precipitación media, humedad relativa, temperatura media, velocidad del viento y radiación solar a, a través de información de dominio público presentada por entidades territoriales como el IGAC, CORPOCESAR, IDEAM, entre otras, que se encuentran encargadas del desarrollo de estudio, seguimiento y control de las condiciones ambientales a nivel nacional y regional.

Actividad 1.2. Visitas de Inspección.

Descripción: En la segunda actividad de la primera fase fue necesario la realización de unas visitas de inspección en la zona Objeto de estudio comprendida a la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del municipio de Chimichagua departamento del Cesar, donde se identifique por medio de inspección ocular del estado de las condiciones de los recursos naturales, en dicha área, para complementar la descripción actual del estado del sistema hídrico superficial.

Fase 2. Identificación de la oferta y demanda hídrica en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.

Actividad 2.1. Cálculo de la oferta hídrica Superficial.

Descripción: En la primera actividad de la segunda fase, se calculó la Oferta Hídrica Total Superficial, teniendo en cuenta que, corresponde al Volumen del agua presente en la superficie, del sistema objeto de estudio, en este caso la Ciénaga de Zapatosa, donde según la metodología del IDEAM (2020), se determina mediante la siguiente ecuación:



$$OHS = P \times A \times C$$

Dónde,

OHS = volumen de esorrentía (m³ / año)

P = precipitación media anual (m/año)

A = área de la cuenca (m²)

C = coeficiente de esorrentía (adimensional)

Los valores de ESC y A se hallaron con base al análisis meteorológico e hidrológico a desarrollar en la etapa anterior, a la vez que con el apoyo de la información técnica desarrollada por CORPOCESAR, para darle soporte a dicha investigación.

Actividad 2.2. Estimar la demanda y usos del agua.

Descripción: Para el desarrollo de esta actividad, se estimó la Demanda hídrica en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del municipio de Chimichagua-Cesar, a través de, la metodología presentada por CORPONARIÑO (2010), donde lo define “La Demanda Hídrica corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales (actividades antrópicas sociales y económicas) expresado en millones de metros cúbicos” (p,104) y aplica la siguiente ecuación:

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP$$

Donde:

DT= Demanda total

DUD=Demanda de agua para uso domestico

DUI=Demanda de agua para uso industrial

DUS= Demanda de Agua para el Sector Servicios



DUA= Demanda de Agua para Uso Agrícola

DUP= Demanda de Agua para Uso Pecuario

Los Valores de uso de agua, se pidieron por medio de oficio debidamente motivado a CORPOCESAR, teniendo en cuenta que como máxima autoridad ambiental cuenta con dicha información detallada

Fase 3. Cálculo del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) en la Ciénaga de Zapatosa en jurisdicción del departamento del Cesar.

Actividad 3.1 Estimación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) e índice del uso del agua (IUA).

Descripción: En la última fase del desarrollo del proyecto, para estimar la Vulnerabilidad hídrica de la ciénaga de Zapatosa, se deben hallar los IRH y IUA, para dicha estimación se tuvo en cuenta la metodología presentada por del IDEAM (2020) y definida a continuación

Índice de retención y regulación hídrica (IRH)

El índice de retención y regulación hídrica hace parte de la caracterización del régimen hidrológico de un sistema de agua superficial, a través de, análisis de frecuencia de caudales, pero debido a la complejidad del desarrollo de este tipo de metodología, este valor será tomado del Informe técnico presenta por CORPOCESAR, teniendo en cuenta, la curva de duración de caudales ya desarrollada por esta entidad.

Índice del uso del agua (IUA)

Este índice hídrico, nos ayuda a estimar la cantidad de agua utilizada, siendo necesarios los valores de demanda y oferta, estimados en la etapa anterior para la Ciénaga de Zapatosa, esta se hallará con la Ecuación presentada a continuación,

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



Donde:

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.

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

Descripción: Finalmente, en el desarrollo de esta etapa se hallará por medio de los valores del índice de regulación hídrica y el índice de uso de agua, el estado de la vulnerabilidad hídrica, en base a estas estimaciones presentadas en etapas anteriores

$$IVH = \frac{IRH}{IUA}$$

Donde:

IRH: Índice de regulación hídrica.

IUA: Índice uso de agua.

IVH: Índice de Vulnerabilidad Hídrica.

Actividad 3.2. Estrategias de Preservación y Conservación del Recurso Hídrico

Descripción: Finalmente se presentarán un grupo de estrategias preservación y conservación del recurso hídrico, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en las etapas anteriores, en búsqueda de reducir los riesgos de vulnerabilidad de este sistema, que juega un papel fundamental en el desarrollo ambiental y ecológico de la región.



6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS -CLIMÁTICAS DE LA ZONA OBJETO DE ESTUDIO

6.1.1. *Revisión Bibliográfica*

Se hizo un análisis exploratorio inicial, con el fin de conocer las variables meteorológicas más influyentes en este estudio y un análisis histórico y frecuente de este.

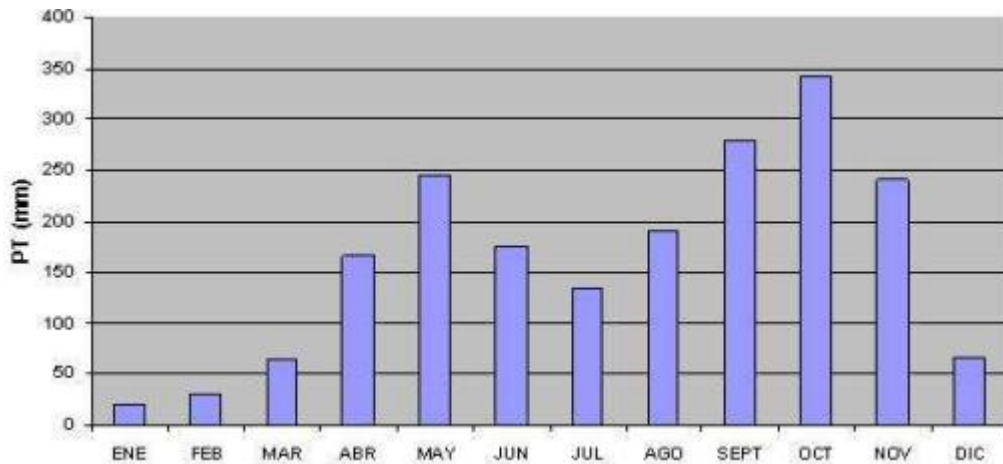
Precipitación: El Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) presenta un régimen de precipitación bimodal, caracterizado por dos temporadas lluviosas y dos secas al año. Este régimen es evidenciado por distintos estudios, como los realizados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Subdirección de Hidrología, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial), Joaquín Viloría De La Hoz, Carlos A. Rodríguez Plazas et al., Ramsar, y el Instituto Humboldt.

El promedio anual de precipitación en el área se estima en 1956 mm, donde el 84% de la precipitación total anual se registra en los meses de abril a noviembre (IDEAM, s.f.). Octubre es destacado como el mes más lluvioso con 342 mm de precipitación (Viloría, 2011). La segunda temporada lluviosa, más intensa, ocurre entre agosto y noviembre, mientras que la primera tiene lugar entre abril y junio (Viloría, 2011).

En contraste, el periodo de diciembre a marzo y el mes de julio son más secos, con enero y febrero experimentando la mayor sequía y eventos de precipitación cero (0) (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023). Según Ramsar, existen variaciones en la distribución de lluvias en las unidades climáticas circundantes, y se ha observado una tendencia hacia la unimodalidad en algunas estaciones.



Figura 6. Gráfica de la Precipitación Media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.



Nota: Tomado por los Autores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

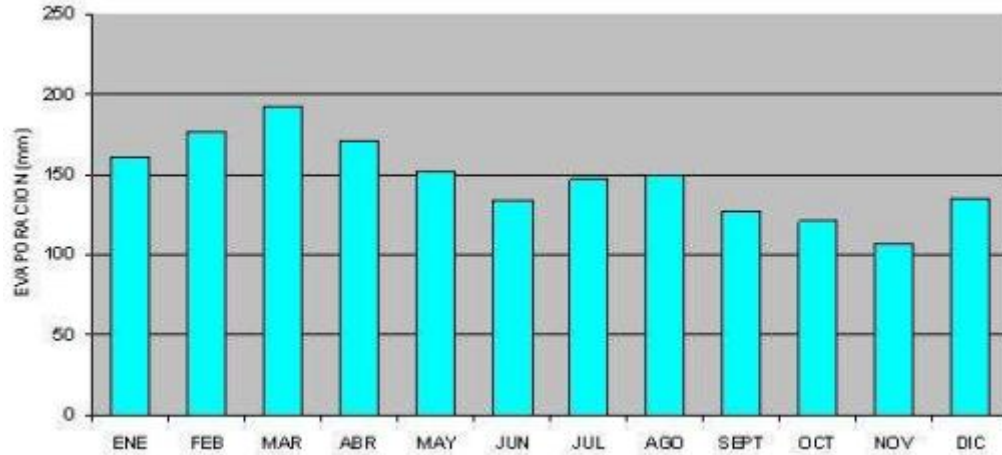
La variabilidad en las precipitaciones, influenciada por factores como el cambio climático, afecta directamente el ciclo hídrico del CCZ, modificando los niveles de agua y potenciando eventos de inundaciones y sequías (Viloria, 2011). Según el Instituto Humboldt, esta variabilidad se refleja en el área superficial del espejo de agua de la Ciénaga de Zapatosa, que varía entre 21.669 ha en la temporada seca (abril) y 40.369 ha en el período de máximo llenado (junio)

Evaporación: El Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) presenta una variable meteorológica significativa denominada evaporación, fundamental para entender la dinámica hídrica de esta región. Según Carlos A. Rodríguez Plazas y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la evaporación, que es la pérdida de agua desde la superficie del suelo, varía mensualmente en esta región desde 107 mm en noviembre, hasta 192 mm en marzo (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023). Este fenómeno es crucial, dado que la evaporación influye en la fragilidad hídrica del complejo, afectando la disponibilidad de agua y los ecosistemas asociados.

El comportamiento de la evaporación está estrechamente relacionado con la variación espacio-temporal de la temperatura, y su valor anual multianual es de 1772 mm. Esto significa que el área experimenta una pérdida significativa de agua a lo largo del año debido a la evaporación, afectando el equilibrio hídrico del complejo cenagoso. Los meses de noviembre y

marzo representan los extremos de este fenómeno, siendo marzo el mes de mayor evaporación y noviembre el de menor pérdida de agua. (IDEAM, s.f.)

Figura 7. Gráfica de la Evaporación media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.



Nota: Tomado por los Autores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

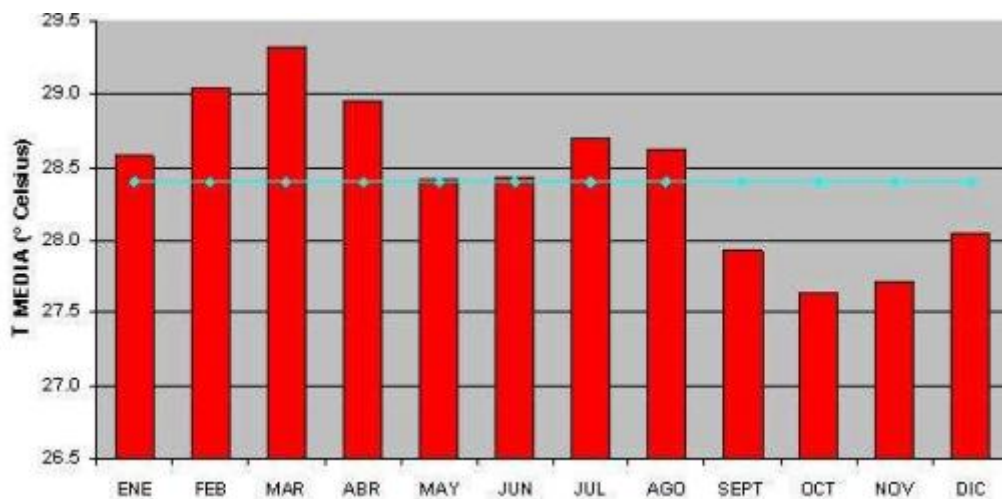
La evaporación en el CCZ está influenciada por diversas variables meteorológicas como la temperatura, el viento y el brillo solar. La variabilidad mensual en la evaporación sugiere que los factores climáticos juegan un papel crucial en la regulación del balance hídrico en la región. La mayor evaporación durante marzo podría estar asociada a temperaturas más elevadas y mayor incidencia solar, mientras que en noviembre, las condiciones podrían ser más favorables para retener agua. (IDEAM, s.f.)

Este análisis evidencia la importancia de considerar la evaporación como un factor clave en el estudio de la fragilidad hídrica del Complejo Cenagoso de Zapatosa. La gestión adecuada de los recursos hídricos y la implementación de estrategias para mitigar los efectos de la variabilidad climática son esenciales para conservar la biodiversidad y asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas y comunidades dependientes. (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023)

Temperatura: El Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) se caracteriza por tener una temperatura media anual de 28.4°C, según informan Rodríguez, Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), y Ramsar. Esta temperatura media anual sugiere un clima predominantemente cálido, corroborado por el Senado de la República, que indica que el clima de la subregión oscila entre 28° y 32° C (Senado de la República).

Los valores más altos de temperatura en el área se registran entre los meses de febrero, marzo y abril, coincidiendo con el periodo seco del año (Rodríguez, Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel, 2023). Este patrón isotermal, típico de las regiones ecuatoriales, muestra una variación de solo 2.1°C entre el mes más cálido, marzo, y el menos cálido, octubre (IDEAM, s.f.). La variación mínima de la temperatura a lo largo del año y el clima cálido podrían estar contribuyendo a la alta tasa de evaporación previamente mencionada, influyendo directamente en la fragilidad hídrica del complejo.

Figura 8. Gráfica de la Temperatura media del Complejo Cenagoso de la Zapatosa.



Nota: Tomado por los Autores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Es interesante notar que el régimen de precipitación en el CCZ es bimodal, con dos periodos lluviosos intercalados entre periodos secos (Ramsar, 2023). La primera temporada húmeda se da entre abril, mayo y junio, y la segunda, más intensa, ocurre de agosto a noviembre, siendo octubre el mes de mayor precipitación con 342 mm (Ramsar, 2023). Este patrón de

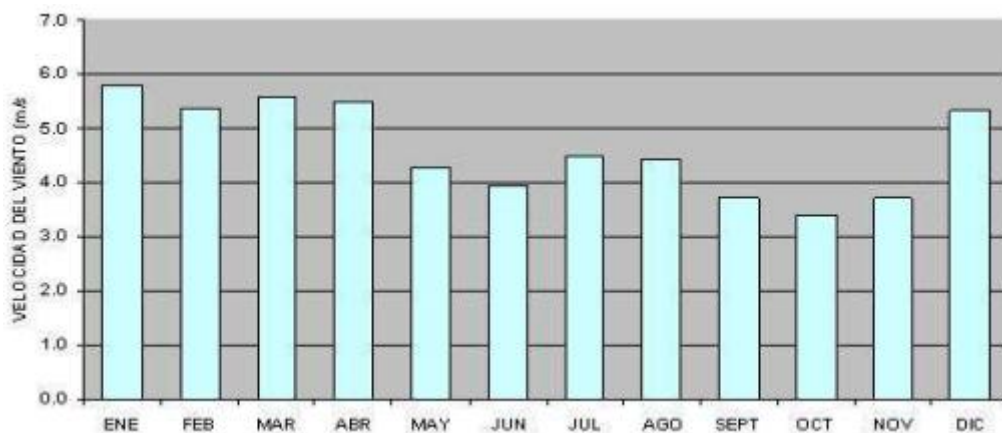
precipitación, junto con la temperatura, juega un papel crucial en la dinámica del agua en el complejo, afectando su vulnerabilidad y resistencia a periodos de sequía.

El análisis de la temperatura y la precipitación en el CCZ ofrece una visión integral de la fragilidad hídrica de la región. La gestión del agua y la adaptación a estas condiciones climáticas son fundamentales para la preservación del complejo y la biodiversidad que alberga.

Velocidad del viento: La información proporcionada indica que la velocidad del viento en el Complejo Cenagoso de Zapatoza (CCZ) muestra variaciones estacionales significativas. Durante el periodo de diciembre a abril, la región experimenta vientos fuertes con velocidades medias superiores a 5.2 m/s, mientras que de mayo a noviembre, las velocidades son más moderadas, oscilando entre 3 y 4 m/s (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023)

La correlación entre la velocidad del viento y la evaporación es notable. Los meses con vientos más fuertes coinciden con los periodos de mayor evaporación, lo que sugiere que el viento es un factor determinante en la pérdida de agua en la región. Además, los vientos fuertes contribuyen a una sensación térmica agradable, lo que podría tener implicaciones en el comportamiento y adaptación de la fauna y flora local, así como en las actividades humanas. (IDEAM, s.f.)

Figura 9. Gráfica de la Velocidad del Viento en el Complejo Cenagoso de la Zapatoza.



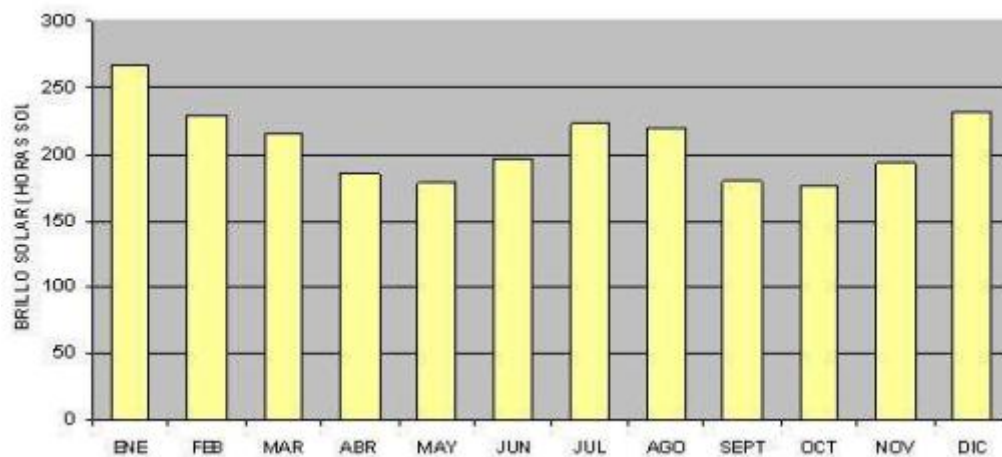
Nota: Tomado por los Autores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

Este patrón de viento, junto con las variables de temperatura y evaporación previamente discutidas, resalta la fragilidad hídrica del CCZ. Los periodos de vientos fuertes y altas temperaturas contribuyen a elevadas tasas de evaporación, lo que puede resultar en una reducción de los niveles de agua y afectar el ecosistema cenagoso, especialmente en el contexto de un régimen de precipitación bimodal con periodos secos intercalados. (IDEAM, s.f.)

Es esencial considerar estos factores al estudiar la fragilidad hídrica del CCZ, ya que el manejo sostenible de los recursos hídricos depende de la comprensión de las interacciones entre las variables meteorológicas y el ecosistema local. (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023)

Radiación solar: La región del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) experimenta dos periodos significativos de soleamiento, según los datos compartidos tanto por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales como por Ramsar. Estos periodos, que ocurren de diciembre a febrero y de julio a agosto, coinciden con los menores registros de precipitación, presentando una variación espacial y temporal que oscila entre 179 horas de sol en octubre hasta 267 horas en enero, siendo este último el mes más soleado y de menor precipitación (IDEAM, s.f.).

Figura 10. Gráfica de la Radiación Solar incidente en el Complejo Cenagoso de Zapatosa.



Nota: Tomado por los Autores del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

Este patrón de soleamiento es crucial para entender la dinámica hídrica del complejo cenagoso, ya que la cantidad de sol recibido incide directamente en procesos como la



evaporación y la temperatura de la superficie del agua. En el contexto de un estudio de fragilidad hídrica, es esencial considerar cómo estos periodos de mayor exposición solar pueden afectar la disponibilidad y calidad del agua en el ecosistema, y cómo esto, a su vez, puede impactar la flora y fauna locales. (Rodríguez , Tibaquirá, Lozano, Álvarez, & Esquivel , 2023)

Además, este patrón meteorológico también podría tener implicaciones para la gestión del recurso hídrico en la región, especialmente en relación con la adaptación a los posibles efectos del cambio climático. La identificación de los meses más secos y soleados permite anticipar periodos de potencial estrés hídrico, lo que puede informar estrategias de manejo adaptativo y mitigación de los riesgos asociados a la variabilidad climática. (IDEAM, s.f.)

6.1.2. Visitas de Inspección

Una de las principales actividades fue conocer de primera mano las principales características del estado hídrico del Complejo Cenagoso de Zapatosa, por lo cual, primeramente, se hicieron visitas en las administraciones municipales:

Figura 11. Visita a la Administración del municipio de Chimichagua



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

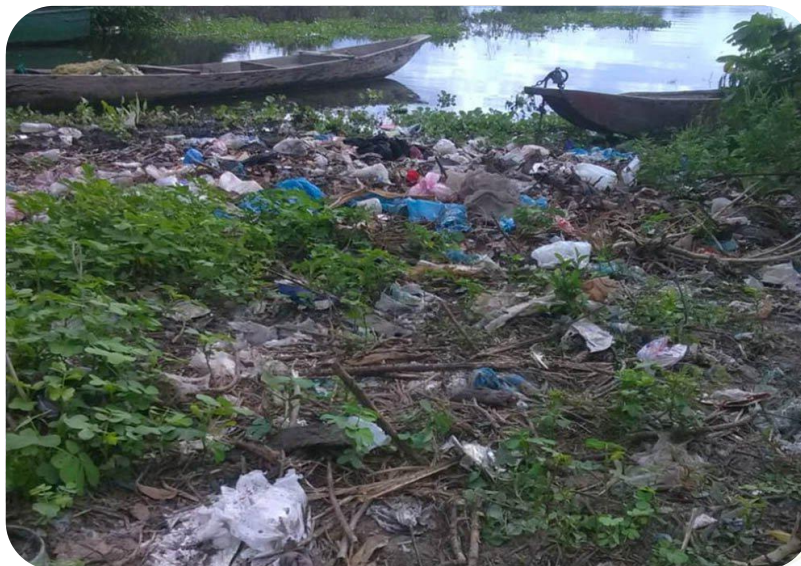
Con la visita realizada en el municipio de Chimichagua se pudo conseguir apoyo de la oficina de planeación municipal en la red de comunicación por el Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ), del cual se consiguieron datos relevantes en cuanto a caudales e información

pluviométrica, así como el acceso a archivos de los repositorios del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, en donde se citan estudios concernientes a este importante ecosistema.

Por otra parte, también se hizo visita a las oficinas de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, en la cual, se obtuvo información de los estudios que se hicieron en el Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Bajo Cesar – Ciénaga de la Zapatosa, en donde se tiene un importante insumo para el desarrollo de esta actividad.

Para conocer la problemática del Complejo Cenagoso de la Zapatosa (CCZ), se tuvo que hacer un recorrido integral por las comunidades asentadas en su ronda hídrica, observan como principal inconveniente el mal manejo e inadecuada disposición de los residuos sólidos, que termina afectando la flora y la biota acuática de este cúmulo de ciénagas, esto queda evidenciado en la siguiente fotografía, donde se aprecia un punto crítico por residuos sólidos:

Figura 12. Punto crítico de acumulación de los Residuos Sólidos en el CCZ



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

Esta es la problemática más generalizada. Aunque el depósito de los residuos sólidos inadecuados se hace lejanos a zonas de recarga hídrica, finalmente, las lluvias y las crecientes del Complejo Cenagoso de la Zapatosa (CCZ) termina arrastrándolos hasta su lecho, lo que ocasiona un gran impacto ambiental sobre la calidad del recurso.

Figura 13. Incremento exponencial de vegetación acuática



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

Sin duda, una de las problemáticas más alarmantes es la presencia del buchón de agua, lenteja de agua y tarulla, vegetación que crece en exceso por el aumento radical de constituyentes de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio disueltos en el agua de vertimiento, lo que produce un exceso de estas especies e impiden el paso del sol, inhibiendo los procesos aeróbicos, incrementando los procesos anóxicos y anaeróbicos, produciendo una degradación de materia orgánica importante en el agua y causando contaminación relevante.

Figura 14. Empalizadas internas para la retención de especies acuáticas



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

Otra problemática que afecta también la calidad y la disponibilidad hídrica es la carencia de especies acuáticas, puesto que la gran demanda de alimento de peces ocasiona un déficit que produce la reducción de la calidad del agua para consumo y otros usos, por ende, esto afecta a la regulación hídrica en la ecosociología emparentada relativa entre lo antrópico y lo biótico.

La pesca excesiva es una de las actividades que más presión ejerce al ecosistema del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ), esto ha llevado indirectamente a la desaparición de otras especies por afectar la cadena trófica y también a la reducción de la riqueza y diversidad.

Figura 15. Muelle turístico del municipio de Chimichagua



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

Una de las problemáticas más pertinentes es el derrame de ACPM en sitios estratégicos de embarco y desembarco, como el muelle turístico de Chimichagua, en donde, carece una autoridad que pueda agrupar y agremiar a los capitanes de las pequeñas embarcaciones y se doten de capacidades para el buen mantenimiento y control de las actividades que estos realizan a los motores, además, también se estudie la procedencia de los materiales de reparación de las

barcazas y una caracterización más amplia de las otras actividades rutinarias que tengan que ver con la disposición de las barcazas.

Otra de las actividades de más relevancia e impacto sobre la zona norte del Complejo Cenagoso de Zapatosa es la ganadería, la intromisión de ganado vacuno en los suelos y en la misma ciénaga afectan considerablemente la calidad del entorno y de la disponibilidad de recursos naturales. La compactación del suelo disminuye la capacidad de campo del suelo y el agua escurre mayoritariamente, sin poder infiltrarse, lo que cambia el ciclo hidrológico, produciendo encharcamientos y por ende, la producción y proliferación de vectores de transmisión de enfermedades, además, puede afectar la composición del suelo y el tipo de vegetación también, entre otras situaciones:

Figura 16. Presencia de Ganado en las Ciénagas del Complejo Cenagoso de Zapatosa



Nota: Fotografía realizada por los Autores, 2023.

Otra de las afectaciones más relevantes, de las cuales fue poco posible obtener un registro fotográfico fue relacionado con la extracción de agua del Complejo Cenagoso de Zapatosa con motobombas para surtir zonas lejanas de los terratenientes y ganaderos de relevancia que habitan y colindan con este ecosistema protegido y conservado, lo que también impacta directamente con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, a pesar de que este tenga una alta disponibilidad.



www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

6.2. IDENTIFICACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA HÍDRICA EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA EN JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR

6.2.1. *Cálculo de la Oferta Hídrica Superficial.*

Para realizar este cálculo, se hizo una investigación e indagación exhaustiva de las variables implicadas y necesarias para este trabajo, comenzando por la escorrentía media anual (ESC), puesto que el Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) es el drenaje principal de la mayoría de las estrellas hídricas del departamento del Cesar.

6.2.1.1. Escorrentía Superficial del Complejo Cenagoso de Zapatosa.

Es de considerar que el estudio de oferta y demanda hídrica se sitúa en condiciones críticas, por lo tanto, la búsqueda de información brindó información en cuanto a la escorrentía superficial en condiciones de sequía, de acuerdo con la Corporación Autónoma Regional del Magdalena - CORMAGDALENA y la Universidad del Magdalena – UNIMAG (2017) y el Convenio interadministrativo 13-014 (FA 005 de 2013) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación, este reservorio del CCZ tiene la capacidad de almacenar entre 900 a 1000 millones de metros cúbicos de agua provenientes de los ríos Magdalena y Cesar, siendo la subcuenca del Cesar el aportante del más del 90% del caudal ambiental, concerniente mayoritariamente a las cuencas tributarias del bajo Cesar e indicando, además, que las mínimas precipitaciones afluentes en la zona son de 400 milímetros, lo que permite tener una idea más clara de cuánto es la escorrentía superficial del CCZ.

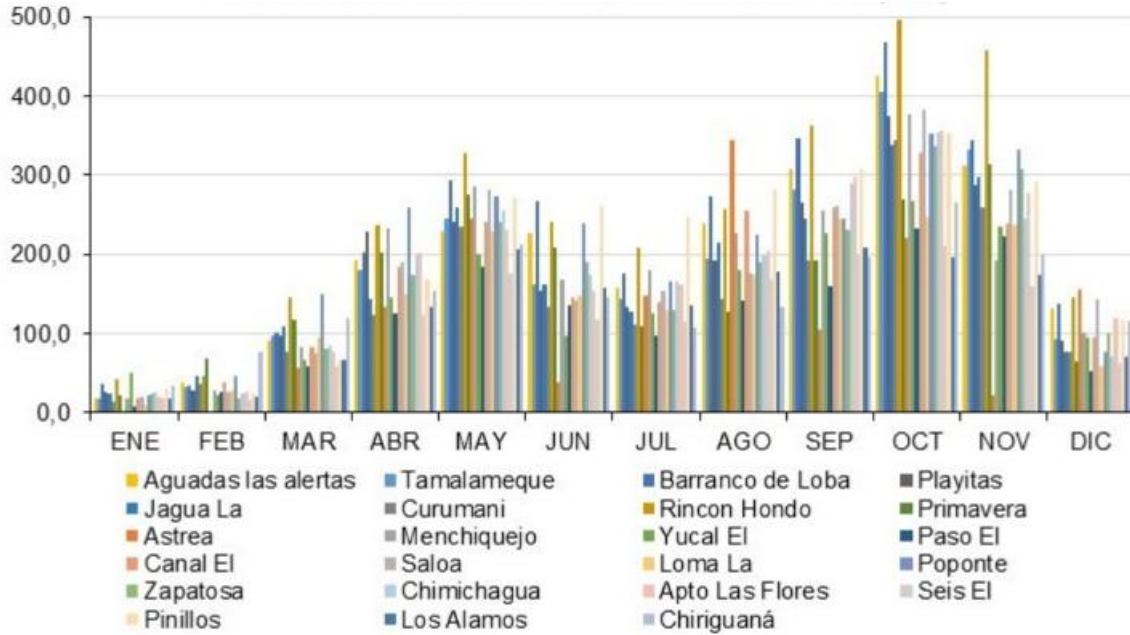
6.2.1.2. Área de la Unidad Hidrográfica.

Es importante tener una delimitación del área geográfica del CCZ, así como de su variable tamaño de espejo de agua, puesto que las condiciones son poco estables y cada vez menos hay disponibilidad del recurso hídrico por consecuencia de la escasez, es por ello que se ha venido estudiando y mediante el decreto 1190 del 12 de julio de 2018 se designa a este conjunto de ciénagas con la categoría RAMSAR y en este mismo decreto, en su artículo 1, se objeta el área equivalente a 121.724,01 hectáreas.



Por otra parte, es importante recalcar que el valor promedio de las precipitaciones multianuales tiene su origen desde el POMCA del río bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa, para mayor soporte, se adiciona esta información:

Figura 17. Precipitación media mensual multianual en la cuenca del río bajo Cesar



Nota: Tomado del Plan de Ordenamiento del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa (2015)

Con base a los lineamientos presentados en el Plan de Ordenamiento del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa, entonces, se determina que el Coeficiente de Escorrentía es del 60%, indicando así que, de la precipitación, este porcentaje se convierte en agua superficial y el otro 40% es retenido, acumulado en diferentes sistemas naturales, o entra en otra fase del ciclo hidrológico.

Por lo tanto, entonces, se podría determinar el Volumen Total de Escorrentía:

$$OHS = P \times A \times C$$

Dónde,



OHS = volumen de escorrentía (m^3 / año)

P = precipitación media anual (m/año)

A = área de la cuenca (m^2)

C = coeficiente de escorrentía (adimensional)

Al sustituir los valores, se tiene:

$$OHS = \left(1956 \frac{mm}{año} \times \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) \times \left(121724,01 \text{ ha} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha}} \right) \times 0,6$$
$$OHS = 1.428.574.617,36 \frac{m^3}{año}$$

Con base esto, entonces, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

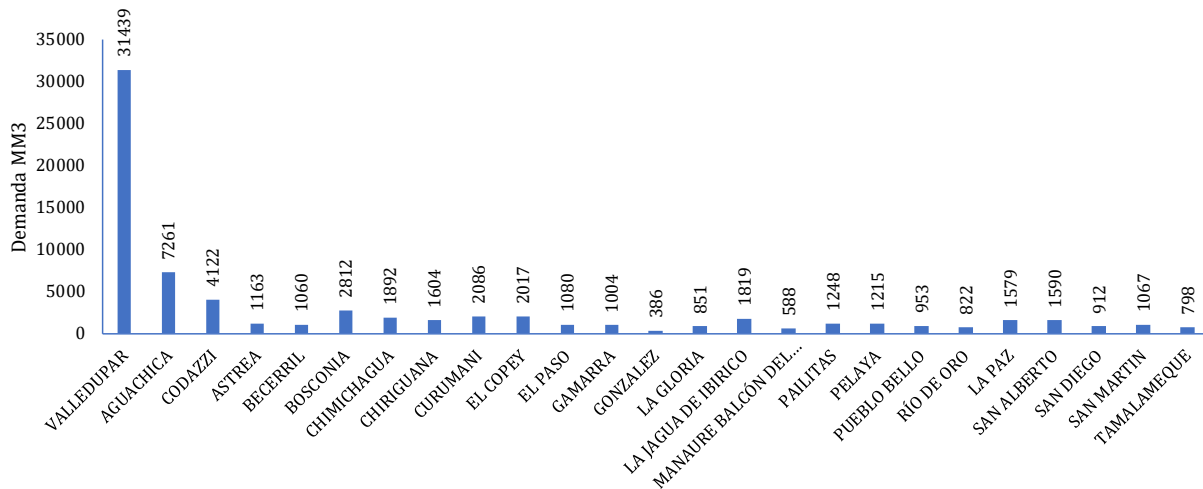
- La escorrentía real puede variar significativamente debido a la variabilidad en las condiciones climáticas, la cobertura del suelo y el uso del suelo.
- Los cambios estacionales en la superficie del agua reflejan la importancia de la variabilidad intra-anual, que no se puede capturar completamente sin un modelo hidrológico mensual o incluso diario, cuestión que se dificulta más puesto que no se miden intensidades (mm/hr) de precipitaciones en las estaciones meteorológicas en la plataforma del IDEAM.
- La gestión de recursos hídricos podría requerir una comprensión detallada de cómo la escorrentía se distribuye a lo largo del año, especialmente considerando los períodos de sequía e inundaciones mencionados.



6.2.2. Estimar la Demanda y Usos del Agua

Para llevar a cabo esta actividad, se hizo consulta en la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, obteniendo indicadores de los diferentes usos para cada uno de los municipios del departamento del Cesar. A continuación, se desglosa cada uno de estos con sus respectivos valores:

Figura 18. Demanda de agua para Uso Doméstico en los municipios del departamento del Cesar

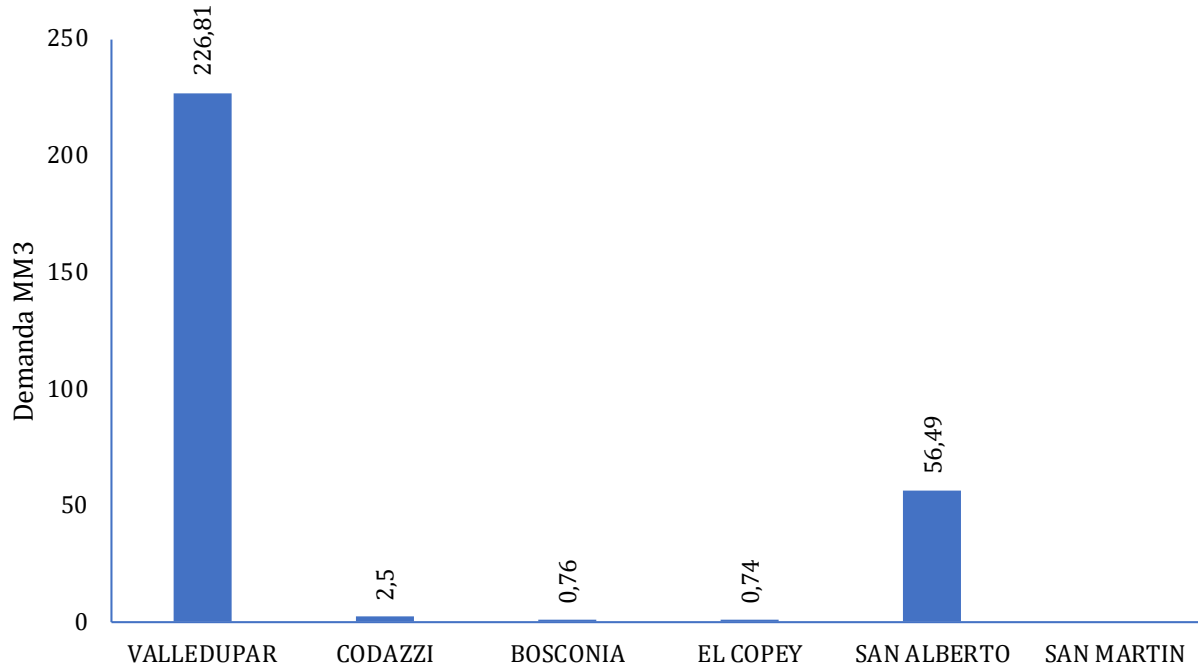


Nota: Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar. CORPOCESAR, 2022.

Como se aprecia en el gráfico, la ciudad de Valledupar es la de mayor demanda de agua anual, llegando hasta los 31.439.000 metros cúbicos anuales, sin embargo, los municipios de interés para este trabajo (Tamalameque, Chiriguana, Curumani y Chimichagua) tiene una demanda muy inferior a la de Valledupar, llegando a los 6.380.000 metros cúbicos.



Figura 19. Demanda de agua para uso Agrícola en los municipios del departamento del Cesar



Nota: Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar. CORPOCESAR, 2022.

Como se aprecia, los municipios del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) no tienen un registro comprobable de uso de agua destinado a producción agrícola, aunque conforme a la Evaluación Agropecuaria municipal y el Ministerio de Agricultura, presenten cultivos permanentes y transitorios adscrita a la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria – UPRA, esto indica que no han sido medidos o que, en su defecto, son despreciables, con base a las unidades volumétricas que se miden.

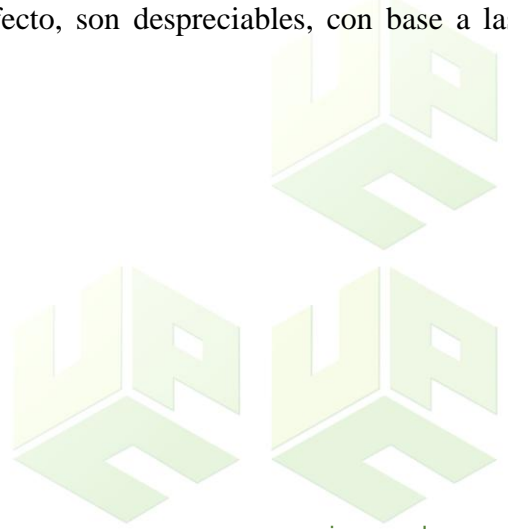
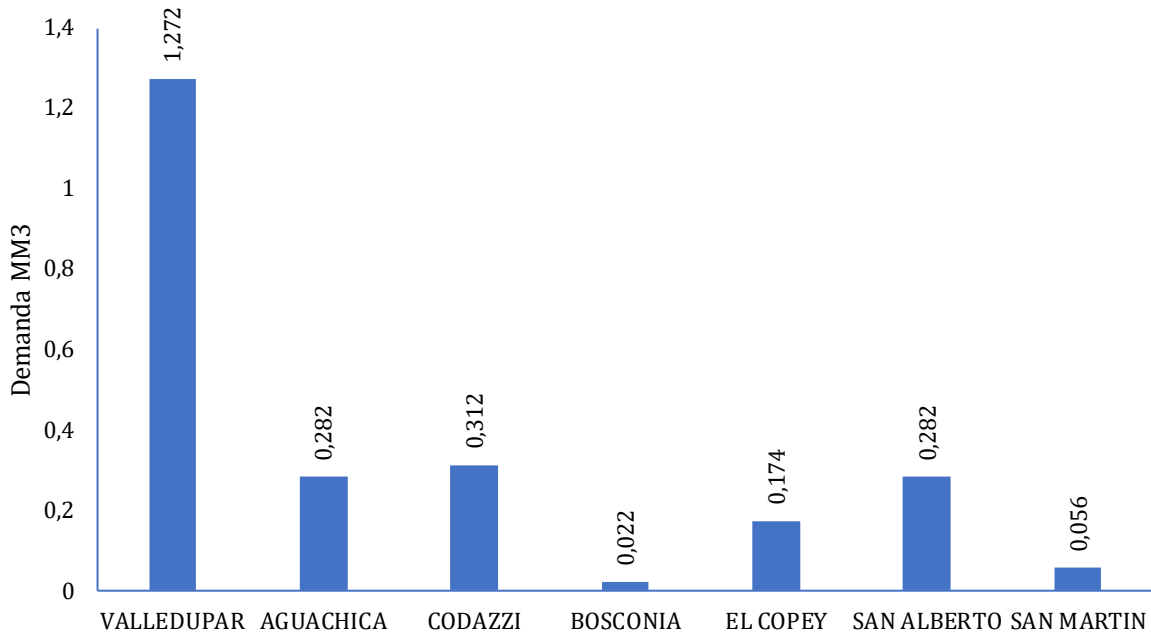


Figura 20. Demanda de agua para uso Industrial en los municipios del departamento del Cesar



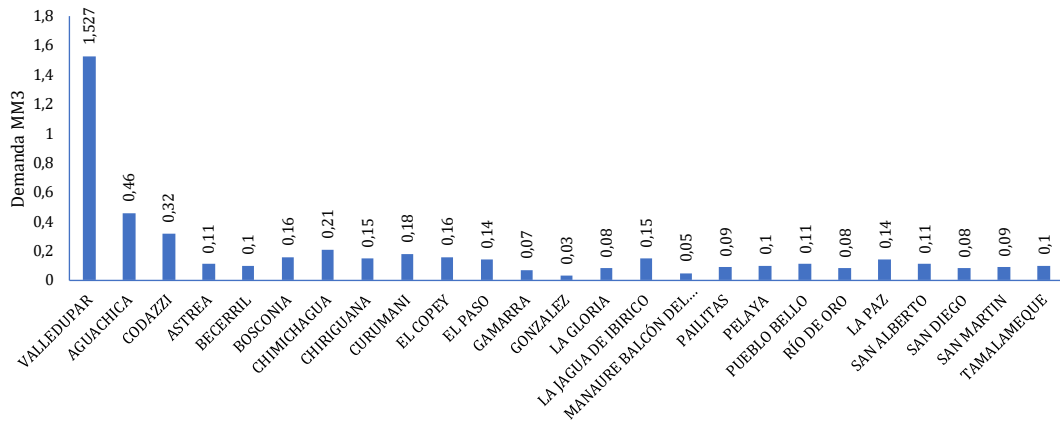
Nota: Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar. CORPOCESAR, 2022.

Como se aprecia, los municipios del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) no tienen un registro comprobable de uso de agua destinado a actividades industriales, a pesar de que la mayoría de las concesiones de agua superficial son determinadas para el corredor minero-agrícola del departamento del Cesar, tampoco aparece el municipio como La Jagua de Ibirico.

Considerando esto, entonces, se argumenta que los municipios del CCZ no son industriales, no tienen definido una industria de gran demanda y uso de ese recurso, por lo cual, es casi despreciable el valor o uso de este, caso que es evidente al observar el registro de estos datos.



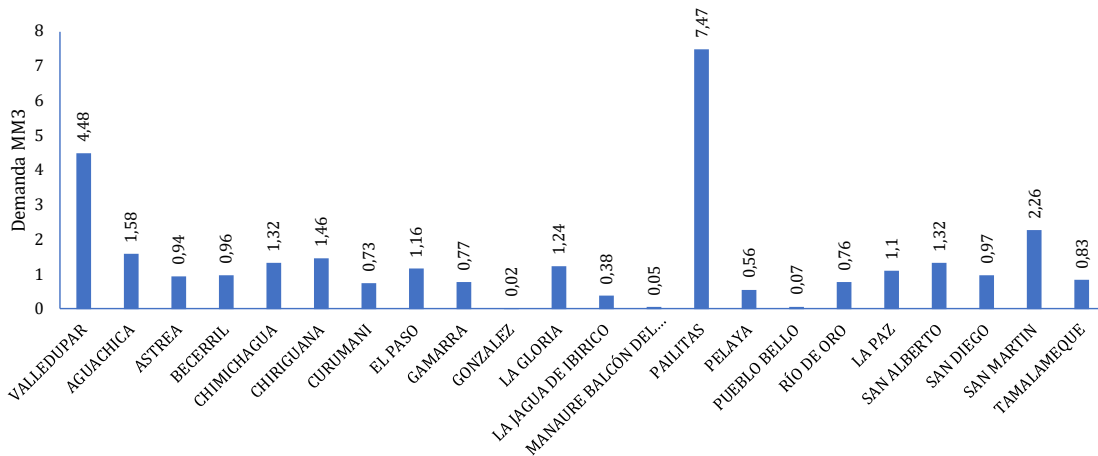
Figura 21. Demanda de agua para uso en Servicios en los municipios del departamento del Cesar



Nota: Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar. CORPOCESAR, 2022.

Como se aprecia, la ciudad de Valledupar es la que más consumo de agua tiene por servicios, con 1.527.000 metros cúbicos por año. En cuanto al CCZ, los municipios de Tamalameque, Chiriguana, Curumani y Chimichagua tienen una demanda de uso por servicios de 640.000 metros cúbicos por año.

Figura 22. Demanda de agua para uso Pecuario en los municipios del departamento del Cesar



Nota: Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar. CORPOCESAR, 2022.



De la figura anterior, se puede observar que Pailitas es el municipio con mayor consumo para uso pecuario, llegando a los 747.000 metros cúbicos al año, seguido de la ciudad de Valledupar con 448.000 metros cúbicos al año. Para los municipios del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ), la demanda por este aspecto es de 434.000 metros cúbicos.

Con base a esta información, entonces, es posible determinar la demanda total, al sumar los valores integrativos de cada municipio:

$$DT = DUD + DUI + DUS + DUA + DUP$$

Donde:

DT= Demanda total

DUD=Demanda de agua para uso domestico

DUI=Demanda de agua para uso industrial

DUS= Demanda de Agua para el Sector Servicios

DUA= Demanda de Agua para Uso Agrícola

DUP= Demanda de Agua para Uso Pecuario

La demanda total será entonces igual a:

$$DT = 6.380.000 \text{ m}^3 + 0 \text{ m}^3 + 640.000 \text{ m}^3 + 0 \text{ m}^3 + 434.000 \text{ m}^3$$

$$DT = 7.454.000 \text{ m}^3$$

Vale recordar que la demanda total de agua (DT) en este caso es de 7.454.000 m³. Esta demanda se distribuye entre varios sectores: doméstico, industrial, servicios, agrícola y pecuario. En este caso, la demanda de agua para uso doméstico (DUD) es la más alta con 6.380.000 m³, seguida por la demanda de agua para uso industrial (DUI) con 640.000 m³ y la demanda de agua para uso pecuario (DUP) con 434.000 m³. No se registra demanda de agua para el sector servicios (DUS) ni para uso agrícola (DUA).



6.3. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD HÍDRICA POR DESABASTECIMIENTO (IVH) EN LA CIÉNAGA DE ZAPATOSA EN JURISDICCIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.

6.3.1. *Estimación del Índice de retención y regulación hídrica (IRH) e índice del uso del agua (IUA).*

6.3.1.1. Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

Para determinar estos índices es importante hacer un amplio recorrido de reconocimiento de la duración del volumen producido (V_p) versus el volumen total (V_t), para ello, se tiene como primer indicador la demanda de agua, la cuál es una extracción al V_t , por lo tanto, es de considerar antes de proceder a este cálculo. Además, el V_p , tal como se mencionó, obedece a un riguroso proceso de cálculo con información multianual de datos de precipitación, temperatura, cálculo de evapotranspiración potencial, determinación de capacidad de campo de los suelos de la CCZ, lo que llevaría un tedioso análisis exploratorio y tratamiento de los datos, por lo cual, soportado bajo las investigaciones ya avaladas, se opta por hacer un análisis más profundo en el POMCA del Río Bajo Cesar – Ciénaga de Zapatosa, en aras de conocer toda la dinámica en torno a esto y así soportar, de manera correcta el origen de este Índice de Retención.

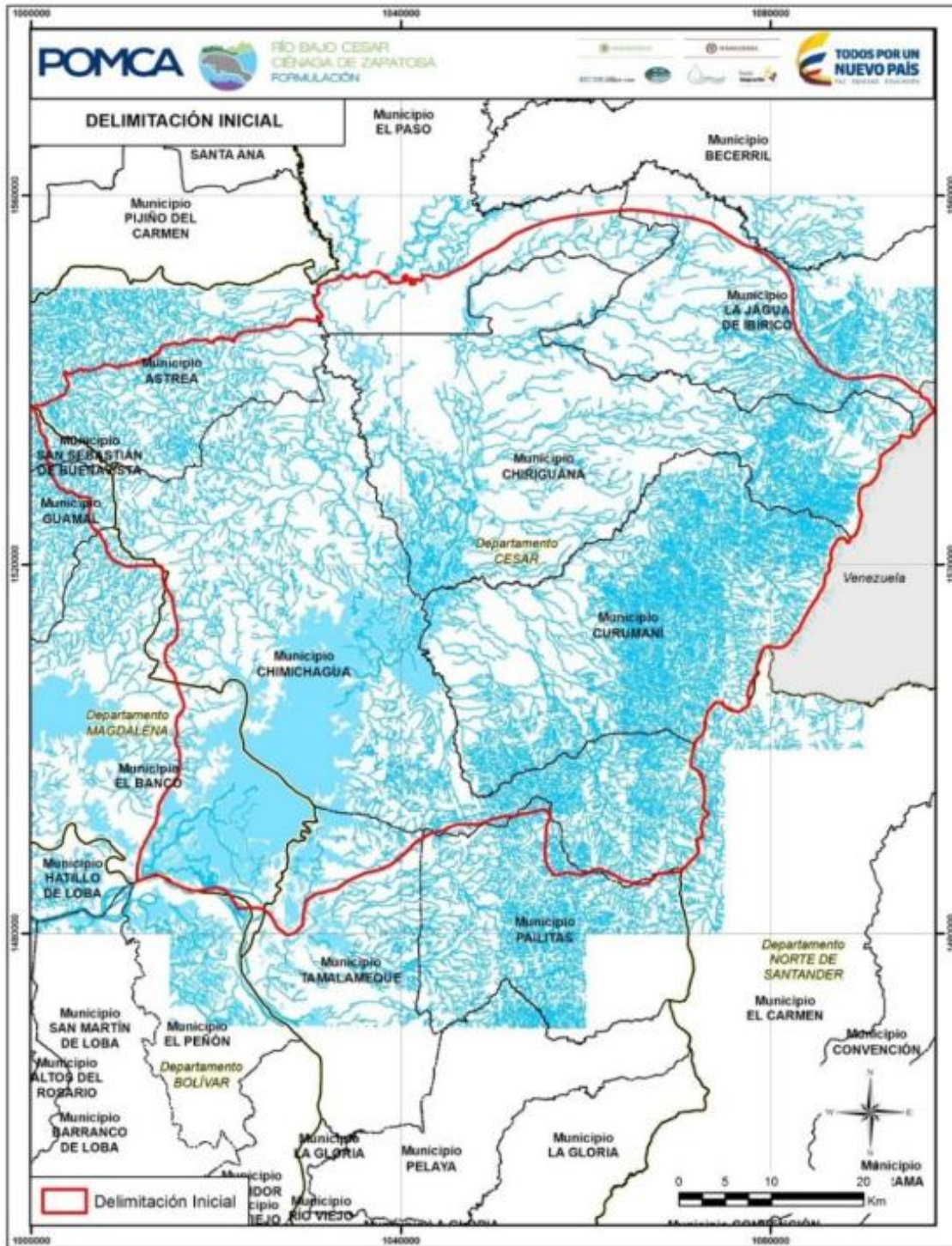
El primer paso es describir las unidades hidrográficas que integran el CCZ, destacando que el drenaje principal de la cuenca es conformado por el río Cesar, quien surte sus aguas al río Magdalena, durante este recorrido recibe la descarga de importantes afluentes, aunque al CCZ también llegan otros cuerpos lóticos como el río Animito, río Ánime Grande, río Las Ánimas, río Las Mulas, Quebrada San Pedro, Quebrada Honda, Quebrada Lomas Verdes, Caño Guasimal, Caño Achotal, arroyo Las Guaduas y Arroyo Hondo. (CORPOCESAR, 2015)

Aunque también se destacan aproximadamente 60 cuerpos lóticos de tamaño considerable y unas 867 ciénagas más que no tienen una denominación y que todas en conjunto representan aproximadamente el 9,51% del total del área del CCZ.

La presentación de las Unidades Hidrográficas es muy importante para esta actividad, puesto que se tendrá una idea más clara de lo que constituye la ronda hidráulica del CCZ:



Figura 23. Unidades Hidrográficas del Complejo Cenagoso de Zapatosa



Nota: Tomado del Plan de Ordenamiento del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa (2015)



Con base a esto, entonces, se procede a hacer una caracterización del volumen de transporte (Vp) de cada unidad hidrográfica respecto al volumen total (Vt) con una frecuencia diaria. Haciendo una revisión de los cuerpos lóticos y lénticos enlistados anterior y directamente en la base de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su geovisor o Sistema de Información Geográfico – SIG, del cual se obtiene la siguiente información (IDEAM, 2023):

Tabla 3. Índice de Retención y Regulación Hídrica para las Subcuencas y Microcuencas

Subcuenca y Microcuenca	VT	VP	IRH	Clasificación
Abastecimiento Corregimiento San Roque	436,02	76,91	0,18	Muy Baja
Abastecimiento Municipio Curumaní	144,6	25,51	0,18	Muy Baja
Abastecimiento municipio de Chiriguaná	36,29	6,4	0,18	Muy Baja
Abastecimiento Municipio Pailitas	108,56	19,15	0,18	Muy Baja
Arroyo Guaraguao y Arroyo Guamal	43,14	8,07	0,19	Muy Baja
Arroyo Hondo	47,79	8,43	0,18	Muy Baja
Arroyo La Aurora	249,01	55	0,19	Muy Baja
Arroyo Las Guaduas	63,05	11,79	0,19	Muy Baja
Arroyo Mojan y Caño Tunumá	43,04	9,76	0,23	Muy Baja
Arroyo Quebra Dientes	82,49	18,7	0,23	Muy Baja
Arroyo Tupe y Arroyo Mulato	68,74	15,58	0,23	Muy Baja
Caño Agua Pura y Antequera	66,11	14,99	0,23	Muy Baja
Caño Guasimal	24,97	4,4	0,18	Muy Baja
Caño Largo	22,47	4,2	0,19	Muy Baja
Caño Largo a Río Anime Grande	310,5	70,38	0,23	Muy Baja
Caño Pajuil	169,05	31,62	0,19	Muy Baja
Caño San Sebastián	674,79	119,03	0,18	Muy Baja



Subcuenca y Microcuenca	VT	VP	IRH	Clasificación
Caño Santo	307,05	69,6	0,23	Muy Baja
Ciénaga Mata de Palma	50,37	9,42	0,19	Muy Baja
Quebrada San Pedro Zona Alta I	115,21	20,32	0,18	Muy Baja
Quebrada San Pedro Zona Baja	12,53	2,84	0,18	Muy Baja
Quebrada San Pedro Zona Media	73,69	16,7	0,23	Muy Baja
Quebrada Simití y Caño Largo	16,58	3,76	0,23	Muy Baja
Río Anime Grande	15,4	3,49	0,23	Muy Baja
Río Anime Grande Zona Alta II	17,6	3,11	0,18	Muy Baja
Río Animito	27,89	4,92	0,19	Muy Baja
Sistema Cenagoso Zapatosa	0,8	0,3	0,37	Muy Baja

Nota: Tomado del Geovisor y Sistema de Información Geográfico del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Como se aprecia, en la tabla anterior ya se calculó el IRH, que corresponde a dividir el Vt sobre Vp. sumando los valores del Vt, Vp e IRH, se obtiene efectivamente que:

$$IRH = \sum \frac{Vp}{Vt} = \frac{634,38}{3227,74} \cong 0,19$$

Lo por default, define y categoría al Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) como muy bajo, esto implica varios aspectos preocupantes y consecuencias para el ecosistema y las comunidades humanas locales:

- **Capacidad de Retención de Agua Reducida:** Un IRRH muy bajo indica que el complejo cenagoso tiene una capacidad limitada para capturar y mantener el agua durante períodos secos. Los humedales y ciénagas suelen actuar como esponjas naturales,



absorbiendo agua durante las temporadas húmedas y liberándola durante las secas. Un valor bajo en este índice sugiere que esta "esponja" está funcionando de manera ineficiente.

La clasificación asignada obedece a lo dispuesto en la tabla presentada a continuación:

Tabla 4. Clasificación del Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH)

	DESCRIPCIÓN	RANGO DEL INDICADOR	COLOR
Interpretación de la calificación	Muy baja retención y regulación de humedad	(< 0.50)	Muy baja
	Baja retención y regulación de humedad	(0.50-0.65)	Baja
	Media retención y regulación de humedad media	(0.65-0.75)	Moderada
	Alta retención y regulación de humedad	(0.75-0.85)	Alta
	Muy alta retención y regulación de humedad	(> 0.85)	Muy alta

Nota: Tomado del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

- **Regulación Hídrica:** Además de retener agua, estos ecosistemas ayudan a regular el flujo de agua, mitigando tanto sequías como inundaciones. Un índice bajo significa que esta área no está regulando eficazmente los flujos de agua, lo que podría traducirse en una mayor incidencia de extremos hídricos, como inundaciones rápidas durante la temporada de lluvias y escasez severa de agua en temporadas secas.
- **Impactos Ecológicos:** La baja capacidad de retención y regulación de agua puede tener efectos en cadena sobre la biodiversidad y la salud del ecosistema. Puede afectar negativamente a las especies de plantas y animales que dependen de un suministro de agua consistente, alterando hábitats y posiblemente contribuyendo a la disminución de especies.
- **Consecuencias para las Comunidades Humanas:** Las comunidades que dependen del Complejo Cenagoso de Zapatosa para el agua, la pesca, y otros recursos naturales pueden



encontrar disminuidos estos servicios ecosistémicos. Esto puede tener implicaciones económicas, culturales y de salud para estas poblaciones.

- **Necesidad de Acción y Restauración:** Un IRRH bajo es una señal de alerta para los administradores de recursos naturales, indicando la necesidad de acciones de conservación o restauración. Estas pueden incluir la reforestación, la gestión sostenible del uso del agua, la protección de las cuencas hidrográficas, entre otras estrategias para mejorar la capacidad del ecosistema para retener y regular el agua.

Por lo tanto, esto insta a evaluar la condición real del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ), puesto que se deben encaminar acciones de recuperación inmediata, sin embargo, la vasta extensión que ocupa puede ser un reto para las autoridades encargadas de la gestión ambiental.

6.3.1.2. Índice del Uso del Agua (IUA)

Para la determinación del Índice del Uso del Agua, hay que considerar en primera instancia que el IDEAM no dispone información para todas las unidades hidrográficas, lo que limita en parte el estudio, por lo tanto, se hará una estimación de la dotación de estas, con base a información consultada, así como se ha venido realizando.

Para este procedimiento se consultó información en el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a través de los datos del IDEAM, para obtener información sobre la demanda de agua por cultivo, los cuales, fueron obtenidos de información de las Unidades Productivas Rurales Agropecuarias (UPRA) de los municipios de Chiriguaná, Chimichagua, Curumaní y Tamalameque, obteniendo información de demanda por cultivos transitorios y permanentes (IDEAM, 2022), así mismo, se pudo obtener información de la demanda hídrica en el sector agropecuario, además, se pudo conocer la demanda hídrica del sector minero (Unidad de Planeación Minero Energética [UPME], 2014) y la dotación neta por habitante distribuida en las diferentes unidades hidrográficas considerando la distribución poblacional brindada por el Gobierno Municipal de cada uno de los centros poblados jurisdiccionales.

Para el sector agrícola, el cálculo de demanda por parte del sector agrícola en la cuenca se tomó como referencia dos insumos; el Estudio Nacional del Agua de Reporte del IDEAM al



MINAGRICULTURA y la espacialización del uso del suelo en la cuenca, el cual se puede encontrar en el POMCA del Río Bajo Cesar – Ciénaga de la Zapatosa.

Tabla 5. Demanda anual de agua por cultivo permanente

Cultivo	Área (Ha)	Volumen Extraído (Mm3)	Consumo Efectivo (Mm3)	Volumen No Extraído (Mm3)
Banano	37868	133	87	47
Cacao	96148	164	107	58
Café	693238	1211	787	424
Caña de azúcar	223307	110	72	39
Caña panelera	204407	23	15	8
Naranja	40329	53	35	19
Mango	8850	2	2	1
Cítricos	20876	18	12	6
Frutales	123352	125	81	44
Permanentes	33776	19	12	7
Palma de aceite	322780	1270	825	444
Plátano	370987	697	453	244
Total	2175918	3826	2487	1339

Nota: Tomado del Informe dirigido por el IDEAM al MINAGRICULTURA, en donde se presenta la demanda de agua multisectorial nacional. 2022.

En la próxima página se presenta los datos de los cultivos transitorios.



Tabla 6. Volumen de agua extraída por tipo de cultivo transitorio.

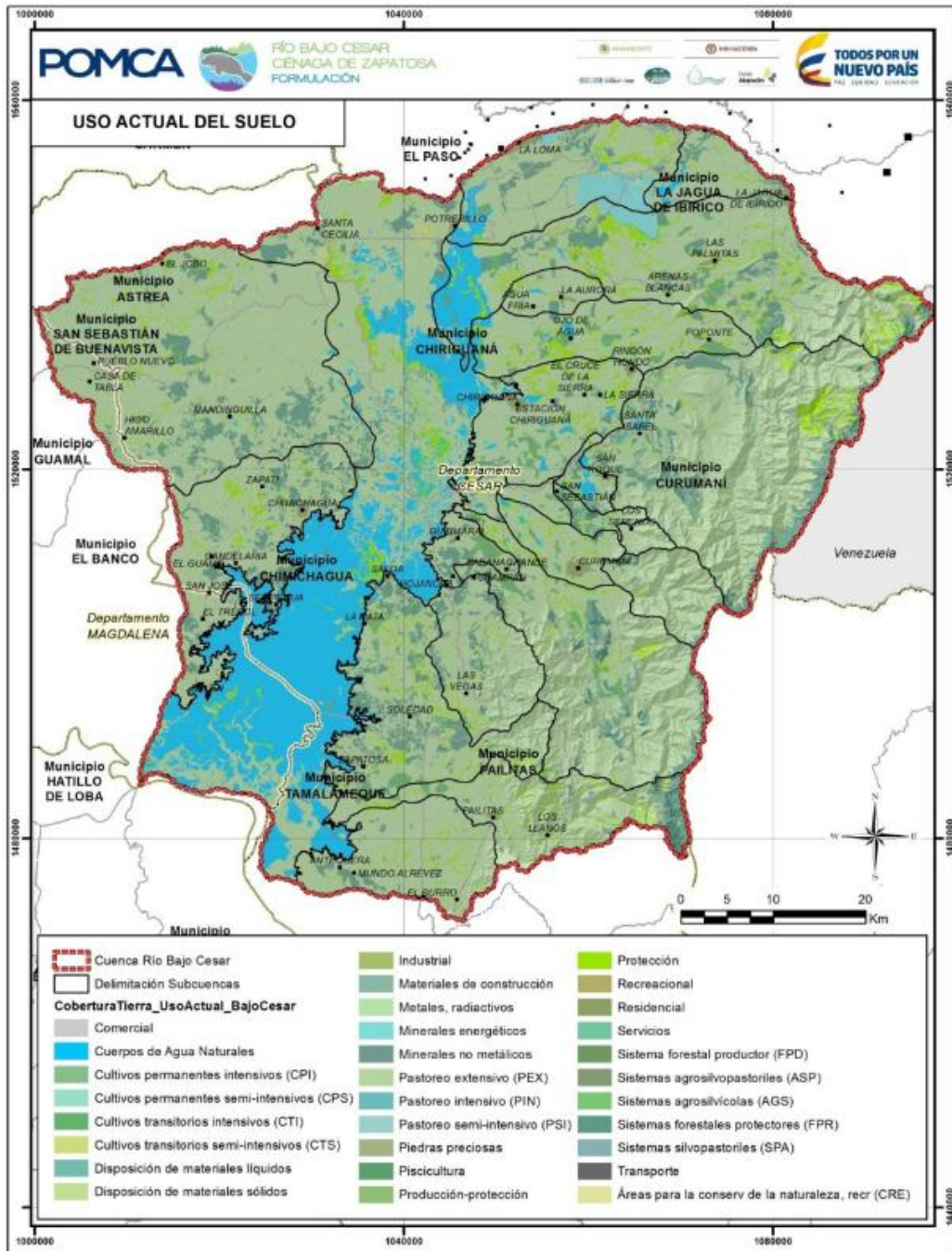
Cultivo	Área Semestre A (ha)	Área Semestre 8 (ha)	Área Anual ((ha)	Demanda anual (Mm ³)	Consumo efectivo en cultivo (Mm ³) con precipitación efectiva
Algodón	11486	34822	46308	57.32	37.26
Arroz	578577	409153	98773	5658.05	1920
Arveja	17315	18836	36151	9.88	6.42
Cebada	4002	1791	5793	0.39	0.25
Cebolla en rama	7768	6765	14533	5.25	3.42
Frijol	46545	48242	94787	9.95	6.47
Haba	9329	1713	11042	0.26	0.17
Hortalizas	13359	13952	27311	9.39	6.1
Maíz total	264565	227473	492038	541.06	351.69
Papa total	148245	97038	245283	53.33	35
Sorgo	13914	28611	42525	9.28	6.03
Soya	3959	19786	23745	0.39	0.25
Tabaco	6895	1928	8823	5.01	3.25
Tomate	4021	4718	8739	3	1.95
Trigo	17641	3924	21565	10.23	6.65
Yuca	126241	34524	160765	401.53	260.99
Zanahoria	4715	2948	7663	1.5	0.98
Total	1288881	962566	2251447	6784	2652

Nota: Tomado del Informe dirigido por el IDEAM al MINAGRICULTURA, en donde se presenta la demanda de agua multisectorial nacional. 2022.



Haciendo una relación por regla de tres simple, con base a los tamaños de las áreas de la distribución de las coberturas de tierra (ver siguiente figura) se pudo calcular la demanda.

Figura 24. Clasificación de la cobertura de tierras y usos del suelo del CCZ



Nota: Tomado del Plan de Ordenamiento del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa (2015)

Demanda del sector agrícola en el Complejo Cenagoso de la Zapatosa:



Tabla 7. Demanda por sector agrícola, Cuenca del Río Bajo Cesar-Ciénaga Zapatosa.

Subcuencas y Microcuencas	Demanda (L/s)
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal	6,58
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá	186,04
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Tupe y arroyo Mulato	118,95
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa, caño Santo	73,95
Afluente directo al río Anime Grande entre caño Largo y quebrada San Pedro	14,42
Afluente directo ciénaga Zapatosa entre caño Agua P y caño Antequera	15,78
Afluente directo río Anime Grande entre quebrada Simití y caño Largo	15,15
Arroyo Hondo	46,32
Arroyo La Aurora	6,72
Arroyo Las Guaduas	164,05
Arroyo Quebra Dientes	6,92
Caño Guasimal	140,84
Caño Largo afluente a la ciénaga Zapatosa	17,22
Caño Largo afluente río Anime Grande	34,88
Caño Pajuil	10,53
Caño San Sebastián	-
Ciénaga Mata de Palma	17,1
Quebrada San Pedro Zona Alta	0,16
Quebrada San Pedro Zona Baja	-
Quebrada San Pedro Zona Media	46,15
Río Anime Grande Zona Alta	97,43
Río Animito	137,69
Sistema Cenagoso Zapatosa	-

Nota: Elaborado a partir del Informe dirigido por el IDEAM al MINAGRICULTURA, en donde se presenta la demanda de agua multisectorial nacional (2022), con base a las áreas del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa (2014)

Para el sector agropecuario también se relaciona el consumo con base a lo dispuesto por el IDEAM a MINAGRICULTURA, y se hizo el mismo trabajo conforme a la espacialización



con base a las coberturas de tierra y usos del suelo dispuestos, por una simple regla de tres, sin necesidad de realizar algún trabajo geográfico.

Primero, se presenta la demanda hídrica de los bovinos:

Tabla 8. Demanda hídrica en el sector de bovinos

Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo fase de cría, levante y terminación (L/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de cría, levante y terminación (m³/año)
Machos y hembras de 0-12 meses	5256673	20 - 30	55620484
Machos y hembras de 12-24 meses	6082501	45	97065887
Machos y hembras de 24-36 meses	6476802	80 - 110	212270468
Mayor de 36 meses	9061848	80 - 115	360238356
Total animales	26877824		725195195
Sacrificio registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio (L/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio registrado (m³/año)
Machos	1653753	500	301809923
Hembras	839375		153185938
Total animales	2493128		454995860
Sacrificio no registrado	Número de cabezas	Módulo de consumo en fase de sacrificio no REGISTRADO (L/día-cabeza)	Demanda hídrica en fase de sacrificio no registrado (m³/año)
Número de animales	249313	500	45499586



Inventario bovino	Número de cabezas	Módulo de consumo en lugares de manejo y beneficio animal (L/día-cabeza)	Demanda hídrica en lugares de manejo y beneficio (m³/año)
Machos	9464395	400	138180168
Hembras	17413429		254236061
Total animales	26877824		392416229
Total (m ³ /año)			1618106870

Nota: Tomado del Informe dirigido por el IDEAM al MINAGRICULTURA, en donde se presenta la demanda de agua multisectorial nacional. 2022.

Al realizar la regla de tres, con base a la cobertura de tierra y usos del suelo respecto a la información presentada, se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 9. Demanda hídrica en el sector de bovino Cuenca del Río Bajo Cesar–Ciénaga Zapatosa.

Subcuencas	Demanda (L/s)
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal	13,22
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá	11,69
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Tupe y arroyo Mulato	8,4
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa, Caño Santo	1,68
Afluyente directo al río Anime Grande entre caño Largo y quebrada San Pedro	1,03
Afluyente directo ciénaga Zapatosa entre caño Agua P y caño Antequera	10,7
Afluyente directo río Anime Grande entre quebrada Simití y caño Largo	0,83
Arroyo Hondo	10,4
Arroyo La Aurora	2,28
Arroyo Las Guaduas	8,21
Arroyo Quebra Dientes	7,74
Caño Guasimal	20,53
Caño Largo afluyente a la ciénaga Zapatosa	37,08



Subcuencas	Demanda (L/s)
Caño Largo afluente río Anime Grande	0,82
Caño Pajuil	3,74
Caño San Sebastián	1,03
Ciénaga Mata de Palma	9,22
Quebrada San Pedro Zona Alta	5,01
Quebrada San Pedro Zona Baja	0,87
Quebrada San Pedro Zona Media	3,3
Río Anime Grande Zona Alta	27,36
Río Animito	20,03
Sistema Cenagoso Zapatosa	29,1

Nota: Elaborado a partir del Informe dirigido por el IDEAM al MINAGRICULTURA, en donde se presenta la demanda de agua multisectorial nacional (2022), con base a las áreas del Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río Bajo Cesar y Ciénaga de Zapatosa (2014)

En cuanto al sector minero, se tiene que la demanda es de 307,01 litros por segundo (UPME, 2014), lo restante sería determinar la población y dotación neta para cada una de las unidades hidrográficas, por lo tanto, se tiene la siguiente información brindada por los municipios de Chiriguaná, Chimichagua, Curumaní y Tamalameque:

Tabla 10. Consumo doméstico por subcuenca del Complejo Cenagoso de Zapatosa

Subcuencas	Población (hab)	Dotación (L/hab-día)	Demanda Doméstica (L/s)
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal	22723	135	35,50
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá	9906	125	14,33
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Tupe y arroyo Mulato	25572	135	39,96
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa, caño Santo	1773	125	2,57
Afluente directo al río Anime Grande entre caño Largo y quebrada San Pedro	98	100	0,11



Subcuencas	Población (hab)	Dotación (L/hab-día)	Demanda Doméstica (L/s)
Afluente directo ciénaga Zapatosa entre caño Agua P y caño Antequera	7814	125	11,30
Afluente directo río Anime Grande entre quebrada Simití y caño Largo	3708	125	5,36
Arroyo Hondo	15973	135	24,96
Arroyo La Aurora	3999	125	5,79
Arroyo Las Guaduas	3181	125	4,60
Arroyo Quebra Dientes	2534	125	3,67
Caño Guasimal	16419	135	25,66
Caño Largo Afluente a la ciénaga Zapatosa	16315	135	25,49
Caño Largo afluente río Anime Grande	927	100	1,07
Caño Pajuil	9400	125	13,60
Caño San Sebastián	414	100	0,48
Ciénaga Mata de Palma	21144	135	33,04
Quebrada San Pedro Zona Alta	447	100	0,52
Quebrada San Pedro Zona Baja	85	100	0,10
Quebrada San Pedro Zona Media	19487	135	30,45
Río Anime Grande Zona Alta	4626	125	6,69
Río Animito	3955	125	5,72
Sistema Cenagoso Zapatosa	53023	135	82,85



Nota: Elaborado por los Autores a partir de la información brindada por las secretarías de planeación municipal de Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní y Tamalameque.

Por otra parte, la Corporación Autónoma Regional del Cesar – CORPOCESAR, dispuso información sobre la oferta hídrica total, ambiental y disponible

Tabla 11. Oferta Hídrica Total, Ambiental y Disponible de las Unidades Hidrográficas del CCZ

Subcuencas Y Microcuencas	Oferta Hídrica Total	Caudal Ambiental	Oferta Hídrica Disponible
	(m ³ /s)		
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal	6,27	1,27	5
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá	6,42	1,3	5,12
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre Arroyo Tupe y Arroyo Mulato	4,02	0,81	3,21
Afluente directo a la ciénaga Zapatosa, caño Santo	0,9	0,18	0,72
Afluente directo al río Anime Grande entre caño Largo y quebrada San Pedro	17,95	3,63	14,32
Afluente directo ciénaga Zapatosa entre caño Agua P y caño Antequera	4,18	0,85	3,33
Afluente directo río Anime Grande entre quebrada Simití y caño Largo	16,67	3,37	13,3
Arroyo Hondo	5,93	1,2	4,73
Arroyo La Aurora	0,92	0,19	0,73
Arroyo Las Guaduas	4,29	0,87	3,42
Arroyo Quebra Dientes	3,35	0,68	2,67
Caño Guasimal	11,35	2,3	9,05
Caño Largo afluente a la ciénaga Zapatosa	12,04	2,44	9,6
Caño Largo afluente río Anime Grande	0,89	0,18	0,71
Caño Pajuil	1,6	0,32	1,28
Caño San Sebastián	0,42	0,09	0,33
Ciénaga Mata de Palma	5,37	1,09	4,28



Subcuencas Y Microcuencas	Oferta Hídrica Total	Caudal Ambiental	Oferta Hídrica Disponible
	(m ³ /s)		
M.C. Abastecedora acueducto corregimiento San Roque	0,65	0,13	0,52
M.C. Abastecedora acueducto municipio de Chiriguaná	7,81	1,58	6,23
M.C. Abastecedora acueducto municipio de Curumaní	1,96	0,4	1,56
M.C. Abastecedora acueducto municipio de Pailitas	2,61	0,53	2,08
Quebrada San Pedro Zona Alta	2,46	0,5	1,96
Quebrada San Pedro Zona Baja	22,05	4,46	17,59
Quebrada San Pedro Zona Media	3,75	0,76	2,99
Río Anime Grande Zona Alta	16,1	3,26	12,84
Río Animito	10,16	2,06	8,1
Sistema Cenagoso Zapatosa	167,59	33,92	133,67

Nota: Adaptado a partir de información suministrada en visita a la Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR). La información también está disponible en la web a través de la plataforma de esta entidad territorial.

Entonces, conociendo el valor de la demanda y el valor de la oferta, se posibilita determinar el Índice de Uso del Agua (IUA) a partir de la formulación expuesta y con la sumatoria de todos los términos de demanda y respecto a la oferta. El resultado se asemeja en la siguiente tabla:

Tabla 12. Índice del Uso del Agua de las Unidades Hidrográficas del CCZ

Subcuenca	IUA	IUA Clasificación
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal	1,11	Bajo
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá	4,14	Bajo
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Tupe y arroyo Mulato	15,85	Moderado
Afluyente directo a la ciénaga Zapatosa, caño Santo	10,89	Moderado



Afluente directo al río Anime Grande entre caño Largo y quebrada San Pedro	0,11	Muy bajo
Afluente directo ciénaga Zapatosa entre caño Agua P y caño Antequera	1,13	Bajo
Afluente directo río Anime Grande entre quebrada. Simití y caño Largo	0,16	Muy bajo
Arroyo Hondo	9,67	Bajo
Arroyo La Aurora	2,02	Bajo
Arroyo Las Guaduas	14,12	Moderado
Arroyo Quiebra Dientes	0,69	Muy bajo
Caño Guasimal	12,97	Moderado
Caño Largo afluente a la ciénaga Zapatosa	0,83	Muy bajo
Caño Largo Afluente río Anime Grande	5,18	Bajo
Caño Pajuil	2,19	Bajo
Caño San Sebastián	0,45	Muy bajo
Ciénaga Mata de Palma	8,55	Bajo
Quebrada San Pedro Zona Alta	4,69	Bajo
Quebrada San Pedro Zona Baja	0,01	Muy bajo
Quebrada San Pedro Zona Media	2,67	Bajo
Río Anime Grande Zona Alta	7,43	Bajo
Río Animito	3,75	Bajo
Sistema Cenagoso Zapatosa	0,08	Muy bajo

Nota: Determinado por los Autores, a partir de la información de fuentes primarias investigadas y distinguidas con antelación a esta tabla.

Haciendo un cálculo promedio del IUA, entonces, se puede definir que el Complejo Cenagoso de Zapatosa tiene un valor de 4,73, lo que significa que la presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible, tal cual como se cita en la siguiente tabla de clasificación del IUA:



Tabla 13. Clasificación del Índice del Uso del Agua

	SIGNIFICADO	RANGO (DH/OH) *100 IUA	COLOR
Interpretación de la calificación	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible.	(>50)	Muy alto
	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.	(20.01-50)	Alto
	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.	(10.01-20)	Moderado
	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.	(1-10)	Bajo
	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible	(≤ 1)	Muy Bajo

Nota: Tomado del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

Con respecto a este índice, entonces, se tiene una inferencia totalmente opuesta al Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH), lo que es contraproducente pero no insignificante, puesto que no carece de explicación, por lo cual, el IUA ayuda a determinar un grado de la sostenibilidad del uso del agua en el área, evaluando la presión sobre los recursos hídricos. Un IUA de 4,73, que se interpreta como una presión baja de la demanda respecto a la oferta disponible, tiene varias implicaciones:

- **Demanda y Oferta de Agua:** Un IUA de 4,73 sugiere que, por el momento, hay más agua disponible en el Complejo Cenagoso de Zapatosa de la que se utiliza. Esto significa que la demanda humana y ecológica de agua (para beber, irrigación, industria, mantenimiento de ecosistemas, etc.) no excede la cantidad de agua que se repone en el área, ya sea a través de lluvias, corrientes superficiales o aguas subterráneas.
- **Menos Presión sobre el Ecosistema:** Dado que la demanda es relativamente baja en comparación con la oferta, el ecosistema enfrenta menos estrés hídrico. Esto es crucial para mantener un equilibrio ecológico, ya que la sobreexplotación de los recursos hídricos puede llevar a la degradación de los hábitats, pérdida de biodiversidad y disminución de la calidad del agua.



- **Oportunidades para la Gestión Sostenible:** Un índice que indica una baja presión sobre los recursos hídricos podría considerarse una oportunidad. Los administradores de recursos y los formuladores de políticas podrían usar esta información para implementar prácticas de uso sostenible del agua antes de que la demanda aumente. Esto es particularmente importante dado que el cambio climático, el crecimiento de la población y el desarrollo industrial pueden alterar significativamente la demanda futura de agua.
- **Resiliencia frente a Variabilidades:** Un uso de agua más bajo que la disponibilidad puede proporcionar cierto nivel de "amortiguación" contra los años secos o la variabilidad climática. Sin embargo, es importante considerar que este índice puede cambiar con el tiempo y que eventos extremos o cambios a largo plazo en el clima pueden requerir una constante reevaluación de la gestión del agua.
- **Planificación a Largo Plazo:** Aunque la presión actual sobre los recursos hídricos puede ser baja, es esencial mantener una visión a largo plazo. La conservación de los ecosistemas acuáticos, la protección de las cuencas, la prevención de la contaminación y la inversión en tecnologías de agua eficientes son estrategias importantes que pueden ayudar a asegurar que el agua siga estando disponible en cantidades suficientes para todos los usuarios, humanos y ecológicos.

Con base a estos cálculos hechos, entonces, se distingue la relevancia del IRH y del IUA, como dos indicadores de importancia para el monitoreo y calidad hídrica, lo que conlleva efectivamente a tener inferencias de ambos para con el Complejo Cenagoso de la Zapatosa.



6.3.2. Grado de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH)

Con base a los resultados obtenidos, entonces, se procede a calcular el grado de vulnerabilidad de desabastecimiento hídrico que no es más que el cociente entre el IRH y el IUA. La siguiente tabla presenta los resultados para cada una de las Unidades Hidrográficas constitutivas del Complejo Cenagoso de Zapatosa – CCZ:

Tabla 14. Grado de Vulnerabilidad al Desabastecimiento Hídrico (IVH)

Unidad Hidrográfica	IRH	IUA	IVH	Clase IRH	Clase IUA	Clasificación Vulnerabilidad
Arroyo Guaraguao y Arroyo Guamal (Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Guaraguao y arroyo Guamal)	0,19	1,11	0,17	Muy Baja	Bajo	Media
Arroyo Mojan y Caño Tunumá (Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Mojan y caño Tunumá)	0,23	4,14	0,06	Muy Baja	Bajo	Media
Arroyo Tupe y Arroyo Mulato (Afluente directo a la ciénaga Zapatosa entre arroyo Tupe y arroyo Mulato)	0,23	15,85	0,01	Muy Baja	Moderado	Alta
Caño Santo (Afluente directo a la ciénaga Zapatosa, caño Santo)	0,23	10,89	0,02	Muy Baja	Moderado	Alta
Arroyo Hondo	0,18	9,67	0,02	Muy Baja	Bajo	Media
Arroyo La Aurora	0,19	2,02	0,09	Muy Baja	Bajo	Media
Arroyo Las Guaduas	0,19	14,12	0,01	Muy Baja	Moderado	Alta
Arroyo Quebra Dientes	0,23	0,69	0,33	Muy Baja	Bajo	Media
Caño Guasimal	0,18	12,97	0,01	Muy Baja	Moderado	Alta



Unidad Hidrográfica	IRH	IUA	IVH	Clase IRH	Clase IUA	Clasificación Vulnerabilidad
Caño Largo (Caño Largo afluente a la ciénaga Zapatosa)	0,19	0,83	0,23	Muy Baja	Bajo	Media
Caño Largo (Caño Largo Afluente río Anime Grande)	0,23	5,18	0,04	Muy Baja	Bajo	Media
Caño Pajuil	0,19	2,19	0,09	Muy Baja	Bajo	Media
Caño San Sebastián	0,18	0,45	0,40	Muy Baja	Bajo	Media
Ciénaga Mata de Palma	0,19	8,55	0,02	Muy Baja	Bajo	Media
Quebrada San Pedro Zona Alta	0,18	4,69	0,04	Muy Baja	Bajo	Media
Quebrada San Pedro Zona Baja	0,18	0,01	18,00	Muy Baja	Bajo	Media
Quebrada San Pedro Zona Media	0,23	2,67	0,09	Muy Baja	Bajo	Media
Río Anime Grande Zona Alta	0,18	7,43	0,02	Muy Baja	Bajo	Media
Río Animito	0,19	3,75	0,05	Muy Baja	Bajo	Media
Sistema Cenagoso Zapatosa	0,37	0,08	4,63	Muy Baja	Bajo	Media

Nota: Determinado por los Autores, a partir de la información de fuentes primarias investigadas y distinguidas con antelación a esta tabla.



Es de considerar que para hacer la determinación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica (IVH) se empleó el siguiente hidrocorrelaciograma en el cual se utiliza el ya determinado IRH y el IUA:

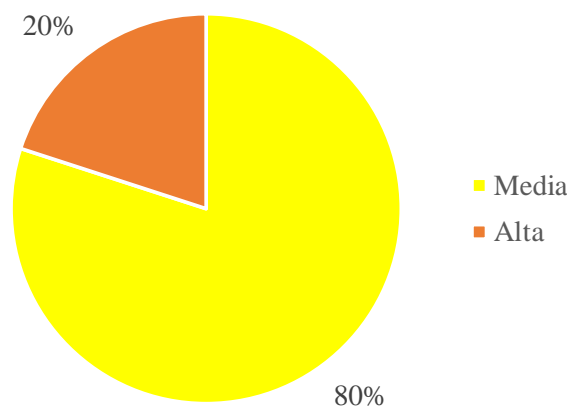
Tabla 15. Clasificación del Índice de Vulnerabilidad Hídrica.

Vulnerabilidad del recurso hídrico relación IRH – IUA					
IUA Extremo = porcentaje (Oferta/demanda)		Índice de regulación			
Rango	Categoría	Alta	Moderado	Baja	Muy baja
<1	Muy bajo	Muy baja	Baja	Media	Media
1 - 10	Bajo	Baja	Baja	Media	Media
10 - 20	Moderado	Media	Media	Alta	Alta
20 -50	Alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
50 - 100	Muy alto	Media	Alta	Alta	Muy alta
> 100	Crítico	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Nota: Tomado del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.

En resumen, se puede presentar la siguiente gráfica como síntesis del IVH del CCZ:

Figura 25. Clasificación porcentual de la Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico del CCZ



Nota: Determinado por los Autores, a partir de la información de fuentes primarias investigadas y distinguidas con antelación a esta tabla

El cálculo del Índice de Vulnerabilidad por Desabastecimiento Hídrico (IVH) es crucial para entender cómo las variaciones en la retención y regulación hídrica (IRRH) y el uso de agua



(IUA) pueden impactar la seguridad hídrica de una región. Este índice es particularmente importante en áreas susceptibles a variaciones climáticas y eventos extremos. Aquí desglosamos lo que significa tu hallazgo:

- **Amenaza Alta (20% de las subcuencas y microcuencas):** Estas áreas tienen un IVH más alto, indicando que son particularmente vulnerables a desabastecimiento de agua. Esto podría deberse a una combinación de factores, como baja capacidad de retención de agua (IRRH bajo), alta utilización del agua disponible (IUA alto), o ambos. En el contexto de eventos climáticos extremos, estas áreas podrían enfrentar desafíos significativos en mantener un suministro de agua adecuado. Esto es crítico, pues un desabastecimiento puede tener consecuencias severas en la vida diaria, la economía, y el ecosistema local.
- **Amenaza Media (80% de las subcuencas y microcuencas):** Aunque estas áreas no están en la categoría de amenaza más alta, la amenaza media aún indica una preocupación significativa. La vulnerabilidad puede ser debido a una retención de agua no óptima o a un uso de agua que, aunque no es excesivo, podría no ser sostenible, especialmente durante periodos de estrés hídrico (como sequías prolongadas o eventos de El Niño).

El hecho de que la mayoría de las áreas estén en una categoría de amenaza media sugiere que, mientras que la situación no es crítica inmediatamente, existe una necesidad de gestión prudente de los recursos hídricos para evitar que estas áreas se desplacen hacia una categoría de mayor riesgo. Esto puede incluir estrategias para mejorar la retención de agua, como la reforestación, la protección de cuencas, la restauración de humedales, y prácticas de uso del agua más sostenibles, así como infraestructuras para almacenar agua adicional durante periodos de abundancia.

En ambos casos, es vital un enfoque proactivo y medidas de adaptación y mitigación para aumentar la resiliencia de estas áreas a la variabilidad y el cambio climático.



6.3.3. Estrategias de Preservación y Conservación del Recurso Hídrico

Estos hallazgos resaltan la importancia de la vigilancia continua y la gestión adaptativa, ya que las condiciones y las vulnerabilidades pueden cambiar con el tiempo, especialmente en el contexto del cambio climático global. Las decisiones políticas y la planificación estratégica deben ser informadas por estos índices y adaptadas según sea necesario para garantizar la seguridad hídrica a largo plazo.

Las estrategias de preservación del recurso hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa se presentan a continuación:

Tabla 16. Estrategias de Preservación del Recurso Hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa

Estrategia de Preservación	Descripción e Importancia para el Complejo Cenagoso de la Zapatosa
Restauración de Ecosistemas y Reforestación	La reforestación y restauración ayudan a preservar el ciclo del agua y protegen contra la erosión y el escurrimiento que pueden llevar a la sedimentación excesiva y la pérdida de calidad del agua. Esto es crucial para mantener la integridad ecológica del complejo cenagoso.
Control y Reducción de la Contaminación	Reducir la contaminación previene la eutrofización y la degradación de los hábitats acuáticos, asegurando un ecosistema saludable. Esto es vital para la Zapatosa, ya que la contaminación puede tener efectos devastadores en la biodiversidad y la salud del agua.
Manejo Sostenible de Recursos Hídricos	Asegurar una extracción sostenible y el almacenamiento de agua mantiene el equilibrio ecológico del complejo y previene el desabastecimiento, especialmente en períodos de sequía. Esto es esencial para Zapatosa, dado que el exceso de extracción puede comprometer todo el sistema ecológico.
Protección de Biodiversidad	La conservación de la biodiversidad mantiene la función ecológica y la resiliencia del complejo cenagoso. En la Zapatosa, esto es importante ya que un ecosistema diverso puede soportar mejor las presiones y cambios, manteniendo la salud general del sistema.



Estrategia de Preservación	Descripción e Importancia para el Complejo Cenagoso de la Zapatosa
Participación Comunitaria y Educación	La educación y la participación comunitaria fomentan prácticas sostenibles y la protección local del ecosistema. Esto es clave en la Zapatosa, donde el sustento local y la salud del ecosistema están íntimamente conectados, y la acción local puede hacer una gran diferencia en la preservación del área.
Adaptación al Cambio Climático y Mitigación de Riesgos	Prepararse para el cambio climático y mitigar los riesgos de eventos extremos protege contra pérdidas catastróficas y cambios irreversibles en el ecosistema. Para la Zapatosa, esto es crítico, ya que los eventos extremos pueden alterar rápidamente los niveles de agua y la calidad del hábitat, afectando todo el ecosistema.
Investigación y Monitoreo Continuo	La investigación y el monitoreo continuo permiten una gestión adaptativa y proactiva, esencial para responder a las condiciones cambiantes en la Zapatosa y para el éxito a largo plazo de las iniciativas de conservación.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Con base a las estrategias definidas, entonces, se proponen las siguientes acciones:

Tabla 17. Actividades/Acciones, Indicadores y Meta de las Estrategias de Preservación

Estrategia de Preservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Meta
-----------------------------------	-----------------------------	--------------------	-------------



Estrategia de Preservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Meta
Restauración de Ecosistemas y Reforestación	<ul style="list-style-type: none"> • Plantación de especies nativas en áreas degradadas. • Programas de educación sobre la erosión y sedimentación. • Establecimiento de zonas protegidas de reforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hectáreas reforestadas. • Número de programas implementados. • Áreas de conservación establecidas. 	Restaurar y reforestar 200 ha en 2 años.
Control y Reducción de la Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. • Programas de manejo de fertilizantes y pesticidas. • Monitoreo y control de fuentes de contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de contaminantes medidos. • Número de sistemas de tratamiento implementados. 	Reducir contaminantes en un 50% en 3 años.
Manejo Sostenible de Recursos Hídricos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de recolección de agua de lluvia. • Regulaciones para la extracción de agua. • Campañas de uso eficiente del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Litros de agua recolectada. • Porcentaje de reducción en la extracción de agua. 	Almacenar 1 millón de litros en 1 año.
Protección de Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de conservación de especies en peligro. • Monitoreo de poblaciones de fauna y flora. • Restricciones de caza y pesca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de especies protegidas. • Cambios en las poblaciones de especies clave. 	Aumentar poblaciones clave en un 25% en 3 años.



Estrategia de Preservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Meta
Participación Comunitaria y Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Talleres educativos sobre conservación. • Creación de grupos comunitarios de vigilancia. • Inclusión de comunidades en decisiones de gestión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de talleres realizados. • Número de participantes en iniciativas comunitarias. 	Realizar 30 talleres en 2 años.
Adaptación al Cambio Climático y Mitigación de Riesgos	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de barreras contra inundaciones. • Sistemas de alerta temprana para sequías e inundaciones. • Modelos de proyección del clima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de barreras construidas. • Incidencias reportadas tras alertas. • Número de modelos desarrollados. 	Reducir daños por eventos extremos en un 60% en 5 años.
Investigación y Monitoreo Continuo	<ul style="list-style-type: none"> • Estudios ecológicos y climáticos regulares. • Implementación de tecnologías de monitoreo remoto. • Publicación de informes anuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de estudios realizados. • Informes publicados. • Innovaciones tecnológicas implementadas. 	Publicar 10 investigaciones en 2 años.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

En la siguiente tabla se presenta las estrategias de conservación del Recurso Hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa:

Tabla 18. Estrategias de Conservación del Recurso Hídrico del Complejo Cenagoso de la Zapatosa

Estrategia de Conservación	Descripción e Importancia



Estrategia de Conservación	Descripción e Importancia
Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas	Este enfoque holístico para la conservación y administración de la cuenca asegura la utilización sostenible de recursos naturales, siendo vital para la salud ecológica a largo plazo. Ayuda a mantener la calidad del agua y proteger recursos naturales, beneficiando tanto a ecosistemas como a comunidades humanas.
Restauración de Zonas Riparias y Ecosistemas Acuáticos	Las iniciativas para restaurar y proteger áreas críticas que bordean cuerpos de agua son clave para la salud del ecosistema. Estas zonas son esenciales ya que funcionan como filtros naturales, previniendo la contaminación, ofreciendo un hábitat crucial para diversas especies, y impactando positivamente la biodiversidad y la estabilidad ecológica.
Programas de Monitoreo de la Calidad del Agua	Los sistemas para evaluar regularmente la calidad del agua, identificando riesgos y fuentes de contaminación, son fundamentales para la gestión proactiva del recurso. Permiten la rápida intervención en caso de contaminación, asegurando que el agua permanezca segura y saludable para ecosistemas y humanos.
Educación Comunitaria y Participación Ciudadana	Los programas educativos y de participación fomentan la conservación del agua y los ecosistemas asociados, asegurando que las comunidades locales sean defensoras activas de su entorno natural. Este enfoque es clave para los esfuerzos de conservación sostenibles y una cultura de respeto y responsabilidad ambiental.
Uso Sostenible y Diversificación de Recursos	Las prácticas que promueven el uso sostenible de recursos hídricos y la diversificación económica reducen la presión sobre los recursos hídricos. Al promover la sostenibilidad económica, estas estrategias ayudan a preservar el ecosistema a largo plazo, apoyando el bienestar y la resiliencia de las comunidades locales.



Estrategia de Conservación	Descripción e Importancia
Adaptación al Cambio Climático	Las estrategias diseñadas para mejorar la capacidad de ecosistemas y comunidades para adaptarse a los efectos del cambio climático son cruciales para minimizar daños futuros. Permiten que el ecosistema y las comunidades locales mantengan su bienestar y funcionamiento en el contexto de un clima cambiante.
Promoción de Investigaciones y Estudios Científicos	El soporte a estudios científicos enfocados en la biodiversidad, calidad del agua, y salud general del ecosistema cenagoso proporciona la base de conocimiento necesario para decisiones informadas. Asegura que las acciones de conservación sean efectivas y basadas en evidencia sólida, adaptándose a las necesidades del ecosistema.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.

Con base a las estrategias definidas, entonces, se proponen las siguientes acciones:

Tabla 19. Actividades/Acciones, Indicadores y Meta de las Estrategias de Conservación

Estrategia de Conservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Metas
Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas	• Establecimiento de comités de cuenca.	• Número de comités establecidos.	• 5 comités funcionando en un año.
	• Programas de reforestación.	• Hectáreas reforestadas.	• Reforestar 100 hectáreas en 2 años.
Restauración de Zonas Riparias y Ecosistemas Acuáticos	• Plantación de vegetación autóctona en zonas riparias.	• Kilómetros de zona riparia restaurados.	• Restaurar 3 km de zonas riparias anualmente.



Estrategia de Conservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Metas
	<ul style="list-style-type: none"> • Jornadas de limpieza de riberas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de residuos recolectados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolectar 1 tonelada de residuos al mes.
Programas de Monitoreo de la Calidad del Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de estaciones de monitoreo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de calidad del agua generados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Publicar 4 informes anuales.
	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación en análisis de calidad del agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de personal capacitado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar 25 profesionales en un año.
Educación Comunitaria y Participación Ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> • Talleres educativos en escuelas y comunidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de talleres impartidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar 30 talleres en un año.
	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de grupos comunitarios de vigilancia ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grupos formados y activos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar 10 grupos en 6 meses.
Uso Sostenible y Diversificación de Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Fomento de la agricultura sostenible. 	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas de agricultura sostenible lanzadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar 20 iniciativas en 2 años.
	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de formación para la diversificación económica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de participantes en programas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formar 150 personas en un año.
Adaptación al Cambio Climático	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de infraestructuras resilientes al clima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos de infraestructura completados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Completar 3 proyectos en 2 años.
	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de reubicación para zonas de alto riesgo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de hogares reubicados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reubicar 50 hogares en 18 meses.



Estrategia de Conservación	Actividades/Acciones	Indicadores	Metas
Promoción de Investigaciones y Estudios Científicos	• Financiamiento de investigaciones académicas.	• Estudios financiados y publicados.	• Publicar 5 estudios en un año.
	• Seminarios y talleres de divulgación científica.	• Eventos realizados.	• Organizar 4 eventos anuales.

Nota: Elaborado por los Autores, 2023.



www.unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar Colombia



7. CONCLUSIONES

La investigación en el Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) ha evidenciado la intrincada relación entre las variables climáticas y la vulnerabilidad hídrica de la región. Se identificó un patrón de precipitaciones bimodal con implicaciones directas en la biodiversidad y sostenibilidad del ecosistema, destacando la evaporación como un factor crítico, influenciado por elementos como la temperatura, el viento y la radiación solar. Esta complejidad climática señala la urgencia de adoptar estrategias que mitiguen los efectos adversos del cambio climático y aborden la tendencia hacia condiciones más extremas.

Además, se han reconocido problemas ambientales significativos debido a la influencia humana en el CCZ, como la gestión inadecuada de residuos, el crecimiento descontrolado de flora acuática debido a la contaminación, y la presión directa sobre el ecosistema por prácticas como la pesca excesiva y la ganadería. Estas actividades no solo comprometen la biodiversidad y la calidad del agua, sino que también afectan los patrones climáticos locales, subrayando la necesidad de una gestión ambiental consciente y regulaciones más estrictas.

Por ende, los hallazgos subrayan la relación recíproca entre el ecosistema del CCZ y las variables climáticas, junto con el impacto humano en estas dinámicas. La investigación resalta la necesidad crítica de políticas integradas de conservación y gestión de recursos hídricos, adaptativas a las condiciones cambiantes y reactivas a los problemas identificados. Así, se enfatiza la importancia de la restauración ecológica y la reducción de la interferencia humana para preservar la integridad del CCZ y su clima asociado.

La investigación reciente en la Ciénaga de Zapatosa ofrece una perspectiva detallada sobre la situación actual de la oferta y demanda de agua en la región, particularmente en la jurisdicción del departamento del Cesar. Se ha prestado especial atención a factores determinantes como la escorrentía superficial y las demandas sectoriales de agua, permitiendo identificar puntos críticos que afectan el equilibrio hídrico.

El estudio subraya el papel vital del Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) como un importante reservorio hídrico, y a la vez, destaca las fluctuaciones en la disponibilidad de agua, enfatizando la necesidad de enfoques de gestión que consideren esta variabilidad.



A pesar de la suficiente disponibilidad de agua que sugieren los datos de oferta hídrica, se hace evidente una preocupante desconexión entre los registros de demanda y las actividades reales en la región, particularmente en sectores como el agrícola e industrial. Esta brecha en los datos sugiere que la explotación actual del agua podría estar subestimada, planteando interrogantes sobre la sostenibilidad futura si estas actividades se expanden sin una planificación y regulación adecuadas. El estudio advierte que, aunque actualmente puede haber un excedente de agua, se requiere una gestión prudente para equilibrar la oferta y la demanda, anticipándose a los desafíos ambientales y demográficos que puedan surgir.

En un análisis más profundo, se reveló una discrepancia significativa entre el Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH) y el Índice de Uso del Agua (IUA), reflejando la compleja dinámica entre la salud ecológica del CCZ y las presiones humanas sobre sus recursos. Aunque el IRH indica una situación ecológica precaria, el IUA sugiere que los recursos hídricos no están actualmente sobreexplotados, presentando una oportunidad única para la implementación de estrategias sostenibles antes de que la presión sobre el agua se intensifique. El reconocimiento de estos índices como herramientas esenciales para la gestión ofrece una ruta hacia la conservación a largo plazo, exigiendo un enfoque integrado que reconozca la interdependencia del ecosistema y las necesidades humanas, y se adapte proactivamente a los cambios ambientales y socioeconómicos emergentes.

La reciente investigación en la Ciénaga de Zapatosa ha arrojado luz sobre la delicada situación hídrica de la región, evidenciada a través del detallado cálculo del Índice de Vulnerabilidad Hídrica por desabastecimiento (IVH). Este indicador ha demostrado ser una herramienta crucial para medir la fragilidad del sistema hídrico frente a amenazas como el cambio climático, la contaminación y la sobreexplotación.

El análisis meticuloso que conlleva calcular el IVH ha revelado cuán precario puede ser el equilibrio, destacando la necesidad urgente de estrategias proactivas y adaptativas que aborden estos desafíos multifactoriales para preservar la integridad del ecosistema acuático y su valioso recurso: el agua.

Dentro de las estrategias propuestas en respuesta a los altos valores de IVH, la restauración de ecosistemas y la reforestación emergen como acciones prioritarias. Estas



intervenciones directas tienen el poder de revertir parte de la degradación ambiental, fomentando un ciclo hídrico más robusto y resiliente. De manera complementaria, el manejo integrado de las cuencas hidrográficas y la revitalización de zonas riparias son iniciativas que promueven una visión holística, no solo asegurando la calidad del agua sino también protegiendo la biodiversidad que sustenta y enriquece el ecosistema. Estas medidas colectivas se anticipan a futuras vulnerabilidades, fortaleciendo la capacidad de la región para enfrentar incertidumbres y presiones ambientales.

La investigación también subraya la importancia de la adaptación al cambio climático y la participación activa de la comunidad en la gestión sostenible del agua. Educación ambiental, concienciación, y una comunidad empoderada y vigilante forman la primera línea de defensa contra el aumento del IVH, siendo esenciales para catalizar acciones tempranas y efectivas en respuesta a los riesgos emergentes. Esta aproximación humana, unida a una investigación científica continua, es la base para una gestión informada y dinámica, que se adapta y evoluciona según las necesidades del ecosistema y las personas que dependen de él. Al integrar estas estrategias multifacéticas, la región de la Ciénaga de Zapatosa puede forjar un camino hacia un futuro donde la sostenibilidad y la prosperidad coexisten, asegurando un entorno equilibrado y saludable para las generaciones futuras.



8. RECOMENDACIONES

La conservación del ecosistema único de la Ciénaga de Zapatosa requiere un enfoque multifacético, donde la educación y la conciencia pública sirvan como cimientos para transformaciones duraderas. Es imprescindible intensificar los programas de educación ambiental, no solo en las comunidades locales sino también integrándolos en los currículos escolares. Estos esfuerzos educativos deben centrarse en resaltar la importancia crítica de los ecosistemas hídricos, la preservación de la biodiversidad, y las graves consecuencias de prácticas perjudiciales como la contaminación y la sobreexplotación de recursos. Al fomentar una mentalidad ecológicamente consciente, las generaciones presentes y futuras estarán mejor equipadas para tomar decisiones que favorezcan la sostenibilidad, creando así una base de ciudadanos que respalden y exijan políticas y acciones de conservación efectivas.

Sin embargo, la educación por sí sola no es suficiente; debe ir acompañada de un marco legal robusto que garantice la protección del medio ambiente. Por lo tanto, una revisión y fortalecimiento de las leyes y regulaciones ambientales actuales es una medida complementaria crucial. Esta revisión debe abordar directamente las lagunas existentes en las políticas de uso del agua y conservación de cuencas hidrográficas, imponiendo sanciones significativas para disuadir actividades que amenacen la salud del ecosistema. Además, podría ser beneficioso ofrecer incentivos fiscales o reconocimientos a individuos y empresas que implementen prácticas sostenibles. Esta combinación de enfoques regulatorios puede fomentar un mayor cumplimiento y cooperación, promoviendo una gestión equitativa y sostenible de los recursos naturales críticos.

En paralelo con la implementación de una legislación más firme, la inversión en infraestructura verde emerge como una solución innovadora y sostenible para restaurar y preservar la integridad ecológica de la Ciénaga de Zapatosa. La creación de humedales artificiales, la reforestación de áreas degradadas, y el establecimiento de barreras vegetativas no solo contribuyen a la purificación del agua y la prevención de la erosión del suelo, sino que también generan hábitats vitales para la flora y fauna locales.



Estos proyectos, a menudo más rentables y benéficos a largo plazo que la infraestructura convencional, se convierten en una defensa primaria contra los impactos adversos del cambio climático y la actividad humana en el ecosistema.

Aunado a esto, la crisis hídrica subraya la urgencia de adoptar tecnologías avanzadas para la conservación del agua, lo cual representa un paso monumental en la reducción de la vulnerabilidad hídrica. La incorporación de sistemas modernos y eficientes de riego en la agricultura, así como la promoción de dispositivos de bajo consumo en los hogares y en la industria, pueden disminuir la demanda de agua. Esta estrategia, que podría ser incentivada a través de programas de subsidios y educación técnica, es esencial en regiones que enfrentan escasez de agua o que podrían enfrentarla debido a las variaciones climáticas. Al reducir la extracción de agua, estas tecnologías brindan un alivio necesario a los ecosistemas sobrecargados, permitiendo que se recuperen y se fortalezcan, asegurando así un suministro más sostenible y resiliente para todas las especies que dependen de estos preciados recursos hídricos.

Conscientes de la complejidad del desafío, es imperativo expandir las iniciativas de colaboración y participación comunitaria en la gestión de recursos hídricos. Las comunidades locales, al ser las más afectadas por los cambios en la Ciénaga de Zapatosa, deben ser consideradas socios estratégicos en la lucha por la conservación. Para ello, es vital establecer canales de comunicación efectivos y espacios de deliberación que permitan a los residentes compartir sus observaciones, preocupaciones y propuestas. La integración de sus conocimientos ancestrales y su experiencia práctica enriquece el diálogo y la toma de decisiones, ofreciendo perspectivas únicas que pueden ser esenciales para el diseño de estrategias de conservación y utilización de recursos más holísticas y respetuosas con el entorno y sus habitantes.

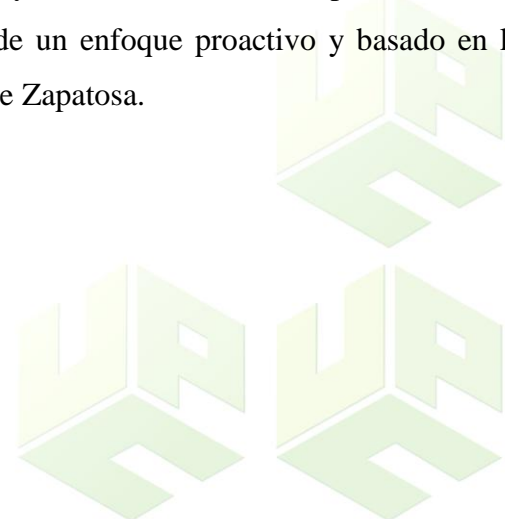
Esta sinergia entre comunidades y autoridades puede fomentarse aún más a través de programas de capacitación y el fortalecimiento de las organizaciones comunitarias. En particular, es beneficioso impulsar proyectos de gestión de recursos liderados por la comunidad, ofreciendo las herramientas y recursos necesarios para monitorizar la calidad del agua, reportar actividades ilegales y participar activamente en la reforestación y otras iniciativas de conservación.



Esta empoderación no solo promueve la autonomía local y el sentido de propiedad y responsabilidad sobre estos recursos naturales, sino que también fomenta una resiliencia comunitaria más fuerte frente a los desafíos socioambientales emergentes.

Más allá de las fronteras locales, la cooperación interinstitucional e internacional juega un papel fundamental en la protección de ecosistemas como la Ciénaga de Zapatosa. Es indispensable que se establezcan alianzas con académicos, ONGs, y organismos internacionales para acceder a fondos, conocimientos técnicos y tecnologías avanzadas que apoyen las iniciativas de conservación. Estas alianzas podrían facilitar la transferencia de conocimientos y tecnologías, la realización de investigaciones conjuntas y el desarrollo de estrategias basadas en evidencia científica de alta calidad. Así mismo, permiten una influencia más robusta en la arena política para impulsar cambios legislativos y políticas públicas que respalden la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

En el núcleo de todas estas estrategias, se encuentra la premisa ineludible de continuar y profundizar la investigación científica. Es esencial mantener un compromiso inquebrantable con la investigación para entender mejor los patrones cambiantes del clima, los ecosistemas y la hidrología de la región. Estos estudios no sólo deberían enfocarse en identificar las amenazas y evaluar los daños, sino también en modelar escenarios futuros y proponer innovaciones para la adaptación y mitigación. La investigación continua alimenta una base de conocimientos en evolución que es crucial para informar y ajustar las políticas y prácticas de gestión del agua. Además, estos esfuerzos científicos pueden servir como un sistema de alerta temprana, ayudando a prever y prepararse para futuros eventos extremos y variaciones en la disponibilidad de recursos hídricos, contribuyendo así a la formulación de un enfoque proactivo y basado en la evidencia para la conservación y gestión de la Ciénaga de Zapatosa.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera, M, (2011), *La economía de las ciénagas del Caribe colombiano*, Bogota: Banco de la republica de Colombia

CORPOCESAR (2015) *Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río bajo Cesar – Ciénaga de Zapatos*, Valledupar, Cesar, Colombia, Corporación Autónoma Regional del Cesar (CORPOCESAR), Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MINAMBIENTE),

CORPOCESAR (2022), *Indicadores de Demanda de agua para diferentes usos en los municipios del departamento del Cesar*, Obtenido de la Corporación Autónoma Regional del Cesar – 2022, en consulta presencial realizada el día 03 de octubre del 2023,

CORPOCESAR; CORPOMAG; Universidad del Magdalena, (2017), *Documento Síntesis para la Declaratoria del Complejo Cenagoso de la Zapatos como Área Protegida*, Valledupar, Cesar; Santa Marta, Magdalena: CORPOCESAR-CORPOMAG-Universidad del Magdalena,

Diaz, Escobar, Gutierrez(2011),), *Análisis de la influencia de El Niño y La Niña en la oferta hídrica mensual de la cuenca del río Cali* , Cali: Universidad del Valle,

El Pilón. (26 de Agosto de 2020). *La ciénaga de Zapatos en el corazón del Cesar*. Obtenido de El pilón : <https://elpilon.com.co/la-cienaga-de-zapatos-en-el-corazon-del-cesar/>

Garcia, (2012), *Variabilidad climática, cambio climático y el recurso hídrico en Colombia*, Valledupar- Cesar, Bogota, Universidad de Iso Andes

Glosario de educación ambiental (2015), *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de Mexico*,

Hernández, Fernández y Batista . (2014). *DEFINICIONES DE LOS ENFOQUES CUANTITATIVO Y CUALITATIVO, SUS SIMILITUDES Y DIFERENCIAS*. México : INE.



Holdridge, L. (1982). *Ecología Basas en Zonas de Vida*. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

IAVH, (2016), *PROPUESTA DE LÍMITE DEL HUMEDAL EN LA VENTANA PILOTO CIÉNAGA DE ZAPATOSA*, Bogotá D.C.; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt,

IDEAM (2014). *Estudio Nacional del Agua, 2014*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, Bogota,

IDEAM (2018) *Estudio Nacional del Agua, 2018*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, Bogota,

IDEAM (2022), *Demanda Hídrica Multisectorial Nacional*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Recuperado de:
<http://ideam.gov.co/documents/11769/646961/3,06+HM+Demanda+H%C3%ADdrica.pdf/f3cd0024-1a82-45fc-b3fc-77e259dcfd2f>

IDEAM (2023) *Índice de Retención y Regulación Hídrica*, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Recuperado de:
<http://www.ideam.gov.co/web/agua/irh>

IDEAM (s.f.) *Índice del Uso del Agua*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/iaa>

IDEAM (s.f.). *Índice de Desabastecimiento de Vulnerabilidad Hídrica*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Recuperado de:
<http://ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.05+HM+Indice+Vulnerabilidad+H%C3%ADdrica.pdf/d416e67>

IDEAM , (2023 de mayo de 2021), *Índice de vulnerabilidad al desabastecimiento hídrico (IVH)*, Bogota, recuperado de:
<http://ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.05+HM+Indice+Vulnerabilidad+H%C3%ADdrica.pdf/d416e676-4b7b-4857-851c-20c9c48722e9>



IDEAM, (2023) *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos y Climatológicos* del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) adscrito al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, Recuperado el día 10 de septiembre del 2023, URL: <http://dhime,ideam.gov.co/atencionciudadano/>

IDEAM. (s.f.). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Recuperado el 26 de Septiembre de 2023, de CORPOCESAR:
<https://www.corpoesar.gov.co/files/DOCUMENTOBATIMETRIACGA.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM (2007) *Establecimiento de la Línea Base Ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatosa*, mediante la realización de la batimetría de la Ciénaga, Convenio No, 097–2003-04,

Instituto Humboldt – Universidad Pontificia Javeriana (2015) *Caracterización socioecológica en las ventanas piloto Ciénaga de la Virgen, Ciénaga de Zapatosa y Paz de Ariporo & Hato Corozal* a escala 1:25,000,

Instituto Humboldt, Fundación Fluvialia, 2015, *Planeación ambiental para la conservación de la biodiversidad en las áreas operativas de Ecopetrol, Informe final* -producto requerido para el tercer desembolso del convenio de cooperación no, 15-12-067-002CE,

Jimenez, (2014), *Etnobotánica de la región tropical del cesar*, complejo ciénaga de zapatosa,

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible, (2013), Resolución 1541 de 2013, Bogota D,C,

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, (Marzo de 2015), Decreto Unico 1076 de 2015, Bogota D,C

Modelación hidrológica río Cesar y ciénaga de Zapatosa, 2018, *Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH)*, Revista Natura, Bogota,

UN (1971) *Convención sobre los Humedales de Ramsar, Irán, 1971*. Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de:

https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/pdf/lib/lib_manual2006s.pdf

Plan de Desarrollo Departamental. (2020). *Lo Hacemos Mejor*.



Plan de Desarrollo Municipal . (2020). *Chimichagua Productiva*.

Ramsar. (04 de Mayo de 2023). *Complejo Cenagoso de Zapatosa*. Obtenido de Ramsar:
https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/CO2521RIS_2305_es.pdf

Rodríguez , C., Tibaquirá, L., Lozano, G., Álvarez, I., & Esquivel , A. (Septiembre de 2023).
PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DEL COMPLEJO CENAGOSO DE ZAPATOSA
Obtenido de Ramsar:
https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/3455575/documents/CO2521_mgt201211.pdf?language=es

UNICESAR. (2021). Acuerdo N°003 del 08 de julio de 2021 “*por medio del cual se adoptan las líneas de investigación de los programas de Pregrado de la Facultad de Ingeniería y Tecnológicas sede Valledupar, y se dictan otras disposiciones*” . Valledupar, Cesar: Universidad Popular del Cesar.

Universidad de Guanajuato. (2022). *Tipos, alcances y diseños de la investigación*. Guanajuato: Universidad de Guanajuato. Obtenido de <https://blogs.ugto.mx/mdued/wp-content/uploads/sites/66/2022/10/Tipos-alcances-y-disenos-de-investigacion-paginas-66-79.pdf>

UPME (2014), *Estudio y Proyección de la Demanda y Consumo de los Recursos Naturales en el Enclave Corredor Minero-Agrícola del departamento del Cesar y zona sur de La Guajira*, Unidad de Planeación Minero Energético, Recuperado de:
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/Proyecciones_UCPs

Vidal, Delgado, Andrade (2012) *Factores de la vulnerabilidad de los humedales altoandinos de Colombia al cambio climático global*, Bogota, Universidad de los Andes,

Viloria de la Hoz, Joaquin, (2008), *Economía extractiva y pobreza en la Ciénaga de Zapatosa*, Banco de la Republica - *Economía regional*, documentos de trabajo sobre economía regional

Viloria, J. (2011). *Economía extractiva y pobreza en la ciénaga de Zapatosa*. Obtenido de EconPapers: <https://econpapers.repec.org/bookchap/bdrbdrchap/2011-08-54->



94.htm#:~:text=Econom% C3% ADa% 20extractiva% 20y% 20pobreza% 20en% 20la% 20ci
% C3% A9naga% 20de,la% 20ci% C3% A9naga% 20continental% 20m% C3% A1s% 20grand
e% 20de% 20Colombia% 2C% 20Zapatoa.

