

Diagnóstico de los impactos ambientales antropogénicos presentes en el Complejo Cenagoso de Santiago Apóstol, departamento de Sucre

Implementation of a monitoring and control system with IoT technology to determine the behavior of environmental variables in poultry farming

Camila Andrea Sánchez Cruz



Jaime Eduardo Gutiérrez Fonseca



Nohora Efigenia Gutiérrez Hoyos



Algae Biosolutions, Colombia

OPEN ACCESS

Recibido: 08/10/2021

Aceptado: 17/12/2021

Publicado: 24/02/2022

Correspondencia de autores:
jgutierrez@gmail.com



Copyright 2020
by Investigación e
Innovación en Ingenierías

Resumen

Objetivo: Realizar un diagnóstico ambiental del complejo cenagoso de Santiago Apóstol CCSA, incluyendo el Arroyo Grande de Corozal, situado en el departamento de Sucre, determinando las principales presiones antropogénicas que impactan la calidad del recurso hídrico y del ecosistema. **Metodología:** Se realizó un análisis de las características del complejo y se evaluó la percepción de las comunidades aledañas. Además, se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, y se aplicó la metodología IMPRESS para identificar las presiones e impacto en estos cuerpos de agua. **Resultados:** Se identificaron vertimientos relacionados principalmente a actividades pecuarias y agroindustriales, así como de aguas de origen doméstico. La falta de plantas de tratamiento de agua tiene un impacto sobre el CCSA y esto se refleja en la alta presencia de coliformes totales, DBO y sólidos disueltos, principalmente en el AGC. Además, la población percibe estos cuerpos de agua como un bien de alto valor, pero consideran que no ejercen un impacto. Los impactos y la definición del riesgo de las presiones a los cuerpos de agua de interés arrojaron como principales presiones a las fuentes puntuales, alteraciones morfológicas y uso del suelo, teniendo un impacto comprobado y que representan un riesgo alto. **Conclusiones:** El manejo de los recursos hídricos, la implementación de plantas de tratamiento y el uso de alternativas biotecnológicas como la fitorremediación serían de suma importancia disminuir los factores de contaminación y preservar el CCSA. Además, es necesaria de fomentar una cultura y conciencia de conservación y protección de estos cuerpos de agua.

Palabras clave: Arroyo Grande de Corozal, ciénagas, contaminación, recursos hídricos, riesgos.

Abstract

Objective: Environmental environmental diagnosis of the Complejo Cenagoso Santiago Apóstol CCSA including the Arroyo Grande de Corozal, located in the Sucre state, determining the main anthropogenic pressures that impact the quality of the water resource and the ecosystem. **Methodology:** An analysis of the characteristics of the complex was carried out and the perception of the surrounding communities was evaluated. In addition, physicochemical and microbiological parameters were evaluated, and the IMPRESS methodology was applied to identify the pressures and impact on these water bodies. **Results:** Discharges related mainly to livestock and agro-industrial activities, as well as water of domestic origin, were identified. The lack of water treatment plants has an impact on the CCSA and this is reflected in the high presence of total coliforms, BOD and dissolved solids, mainly in the AGC. In addition, the population perceives these bodies of water as a high value asset, but they consider that they do not have an impact. The impacts and the definition of the risk of the pressures on the bodies of water of interest gave the main pressures to the point sources, morphological alterations and land use, having a proven impact and representing a high risk. **Conclusions:** The management of water resources, the implementation of treatment plants and the use of biotechnological alternatives such as phycoremediation would be of the utmost importance to reduce contamination factors and preserve the CCSA. In addition, it is necessary to promote a culture and awareness of conservation and protection of these bodies of water.

Keywords: Arroyo Grande de Corozal, contamination, risks, water resources, wetlands.

Introducción

La región Caribe colombiana posee importantes recursos hídricos dentro de los que resaltan grandes complejos de ciénagas [1]. Estas ciénagas han sido muy importantes para subsistencia y economía de las comunidades de la región, por lo que se encuentran bajo grandes presiones antrópicas [2]. Uno de estos complejos es el Santiago Apóstol, que está ubicado en el municipio San Benito Abad, al sur del departamento de Sucre en la subregión de San Jorge [3], en donde sobre sale la diversidad peces que tienen un importante papel ecológico, y constituye un recurso pesquero fundamental para las poblaciones asociadas al complejo [4].

La extracción y manejo irracional de los recursos, la disposición inadecuado de residuos y contaminantes, generan un impacto ambiental sobre los ecosistemas [5, 6]. Las actividades antrópicas generan diferentes tipos de desechos, de los cuales los residuos líquidos y sólidos son los principales contaminantes descartados sobre los cuerpos de agua, resultando necesario estimar la presencia de contaminantes para poder construir un perfil del desempeño ambiental [6]. El diagnóstico ambiental de un ecosistema es la primera de muchas etapas que se han de desarrollar para conocer las condiciones en que se encuentra el área en estudio y es parte fundamental para determinar las medidas a tomar para su recuperación. Este análisis implica la evaluación de aspectos biológicos, físicos y antropogénicos; que permiten estimar los impactos derivados de la actividad humana y los estilos de vida de la sociedad, para contribuir al desarrollo de una gestión ambiental eficiente [5].

Dada la importancia que posee el complejo cenagoso Santiago Apóstol (CCSA) y su afluente el Arroyo Grande de Corozal (AGC) en la prestación de servicios ecosistémicos de regulación, aprovisionamiento y culturales para la región, era necesario hacer una evaluación preliminar del estado ambiental. Es por esto que se realizó un diagnóstico que se soportó en caracterizaciones e inventarios de las situaciones ambientales durante el año 2019, que constituyen los primeros indicadores que deben ser tenidos en cuenta para determinar el grado de afectación que ha sufrido un ecosistema a causa de las acciones que se han desarrollado en su entorno y que de manera directa o indirecta pueden causar impactos al medio; así mismo, sirve de punto de partida para analizar la evolución que se presente con la implementación de acciones correctivas.

Metodología

Área de estudio

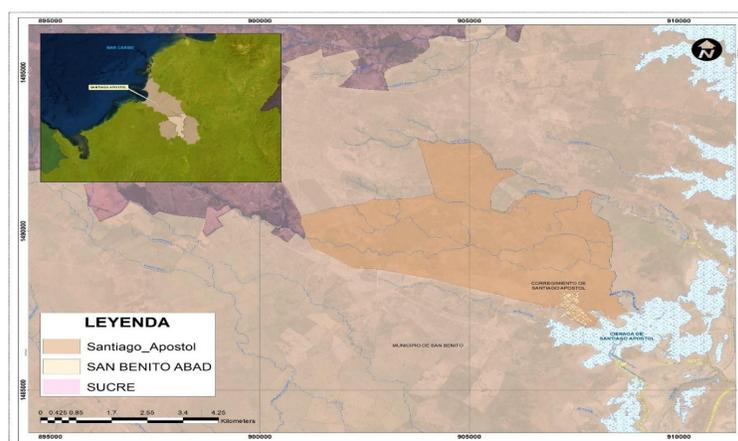
El área de estudio estuvo conformada por los 9 municipios que hacen parte de la subcuenca del arroyo Grande de Corozal (Tabla 1) y el área asociada al corregimiento de Santiago Apóstol y su complejo de ciénagas ubicadas en el municipio de San Benito Abad que hace parte de la Cuenca Bajo San Jorge- La Mojana, en la zona central del Departamento de sucre, en las coordenadas Longitud W907573 Latitud N 1487483 (Figura 1).

Tabla 1. Municipios del área de estudio, datos de población y área.

Nombre de municipio	Área Km ²	Área Ha	Población		
			Urbano	Rural	Total
Corozal	264,0	26400	44,831	12,469	57,300
El Roble	206,1	20610	3,659	5,748	9,407
Galeras	321,0	32100	10,436	6,815	17,251
Los Palmitos	125,0	12500	8,704	10,212	18,916
Morroa	161,0	16100	5,516	7,268	12,784
San Benito Abad	1.436,0	143647	6,191	23,583	29,774
San Juan de Betulia	199,0	19900	6,178	6,037	12,215
Sincé	410,56	41056	21,866	8,540	30,406
Sincelejo	284,4	28440	218,430	18,350	236,780

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, modificado de cartografía oficial IGAC

Recolección de datos de información primaria y secundaria

Para el diagnóstico se realizó la recolección de información primaria y secundaria, consultando las distintas entidades oficiales que tienen jurisdicción el complejo Cenagoso de Santiago Apóstol y en el arroyo Grande de Corozal, tales como: CARSUCRE, CORPOMOJANA, alcaldías, UMATAS, secretarías de planeación, en ellas se recogió información relacionada con las características del sector, de los cuerpos de agua y de las actividades que se desarrollan.

Adicionalmente se realizó el análisis de las condiciones fisicoquímicas del CCSA y AGC, presentado los parámetros evaluados durante los meses de mayo del año 2019 hasta enero del año 2020, para lo cual se ubicaron 10 diferentes puntos de control en el CCSA, dos en el AGC y 10 puntos en el cuerpo de agua Complejo Cenagoso Olaya (CCO), que se utilizó como blanco o referencia. Para esto se realizó el recorrido al complejo cenagoso de Santiago Apóstol y a un sector del arroyo Grande de Corozal, para así recolectar la información primaria de los cuerpos de agua, con lo que se tiene el diagnóstico directo de sus características y complementar con los datos recopilados de las fuentes secundarias.

Paralelamente se aplicaron 450 encuestas anónimas con el fin de recolectar información de los habitantes causantes o convivientes con la presión detectada, en términos de: percepción de los habitantes de los pueblos Santiago Apóstol (municipio San Benito Abad), Baraya y Palomo (municipio Galeras), asociados al CCSA. Estas se realizaron con el fin de identificar la percepción de los habitantes sobre el impacto de la presión en su vida, conocimiento del origen de la presión y desarrollo histórico de la misma; y conocimiento sobre posibles soluciones para mitigar la presión o desaparecerla.

Análisis de presiones antropogénicas

Se realizó un análisis de las presiones antropogénicas en los cuerpos de agua CCSA y AGC utilizando la metodología IMPRESS adaptada de clasificación para la identificación de las presiones y análisis de agua superficiales del Ministerio de Ambiente de España [7]. Esta metodología de identifica las presiones que son significativas, es decir, aquella que no cumplen los lineamientos ambientales establecidos para cuerpos de agua o efectos negativos que dependen tanto de la presión en sí misma como de la susceptibilidad. Luego se hace un análisis del impacto y se evalúa el riesgo [7].

Para la identificación de las presiones pertinentes para cuerpos de agua superficiales, que se tuvo en cuenta: fuentes significativas de contaminación puntual, fuentes significativas de contaminación difusa, extracciones de agua significativas y vertimientos, obras de regulación de flujo o cauce, alteraciones de la rivera, usos del suelo en la rivera con potencial contaminación, y otras incidencias antropogénicas. Además se clasificaron los cuerpos de agua sometidos, no sometidos y sin datos sobre las presiones significativas [7]

El impacto se analizó a partir de los resultados del control y vigilancia de las aguas de las entidades ambientales. Siguiendo la metodología IMPRESS los cuerpos de agua se clasificarán en cuatro grupos: cuerpos con impacto comprobado que no cumplen con las normas vigentes de calidad de aguas; sin impacto probable, es decir, que probablemente no cumplen con las normas de calidad de aguas; sin impacto aparente, que no reflejan deterioro significativo y que debe cumplir con la norma vigente; y cuerpos de agua sin datos sobre su estado [7].

Finalmente, la evaluación de riesgo se realizó a partir de las presiones significativas y del análisis del impacto en cada cuerpo de agua. La evaluación de riesgo IMPRESS da como resultado clasificar los cuerpos de agua en cuatro grupos (Tabla 2).

Tabla 2. Criterios para la evaluación de riesgos.

Riesgo Alto	Sometidas a presiones significativas + impacto comprobado
	No sometidas a presiones significativas + impacto comprobado
Riesgo Medio	Sometidas a presiones significativas + impacto probable
	No sometidas a presiones significativas + impacto probable
	Sometidas a presiones significativas + no se dispone de datos analíticos sobre el estado
Riesgo Bajo	No sometidas a presiones significativas + no se dispone de datos analíticos sobre el estado
	Sometidas a presiones significativas + sin impacto aparente
Riesgo Nulo	No sometidas a presiones significativas + sin impacto aparente

Fuente: Manual Español para la identificación de las Presiones y Análisis de Aguas Superficiales [7]

Resultados

Características ambientales

El área de estudio se establece entre los ecosistemas de bosque húmedo tropical (Bh-T) y bosque húmedo premontano (Bh-Pm), caracterizado por poseer un clima cálido seco y cálido húmedo, respectivamente. Según los registros de la estación del IDEAM de San Benito Abad existen fluctuaciones de la temperatura durante el año, identificando una temporada media estacional, la cual se encuentra entre los 27°C a los 29°C con máximas de 34 °C. La humedad relativa mensual multianual varía entre 77% y 82% donde el mayor porcentaje de humedad se presenta en los meses de octubre y noviembre [8]. La mayor intensidad de brillo solar tiene relación con las épocas secas del año entre diciembre-mayo, y los menores registros presentados en épocas de lluvia entre junio-noviembre de acuerdo con los datos reportados en el Cuenca Bajo San Jorge-La Mojana [9]. La evaporación se presenta en mayor medida en los meses donde no se presentan altas precipitaciones o humedad. En los meses de mayo y octubre se presentan cielos cubiertos, mayormente nublado debido que son meses de lluvia y la precipitación es alta. Los vientos tienen una trayectoria variada, pero con mayor ocurrencia de noreste a suroeste con velocidades entre 15-25 m/s. Se presenta lluvia en dos periodos durante el año, abril-mayo y junio, la precipitación disminuye para el mes de julio y se reanuda las precipitaciones desde septiembre hasta noviembre [8].

La subcuenca del arroyo Grande de Corozal tiene un comportamiento *sui generis*, ya que esta cuenta con un área de influencia amplia en la zona de su nacimiento, en la medida que se acerca a su desembocadura esta se va angostando disminuyendo el área transversal de aporte, formándose en una especie de embudo, en la parte alta o en su nacimiento están los municipios que generan el mayor aporte en carga contaminante y en la parte baja, se encuentra un área netamente rural, con poco aporte a este cuerpo de agua. La ciénaga de Santiago Apóstol tiene un espejo de agua que sufre cambios de acuerdo con las condiciones meteorológicas, su expansión o compresión está directamente influenciada por las descargas de aguas lluvias ya sea en la región o en la zona aguas arriba del río Sinú o del río Magdalena, la ciénaga llega al borde del corregimiento cuando las lluvias son las regulares, cuando hay épocas de lluvias extremas la ciénaga se desborda inundando parte del corregimiento y zonas aledañas. Lo que hace que el comportamiento hidráulico de la ciénaga sea complejo y por ende su área de expansión es igualmente compleja.

Características económicas

Muchos de los suelos presentes en el área de estudio poseen vocación agrícola; sin embargo, son usados en actividades pecuarias, generando un conflicto por uso del suelo. Uno de los principales problemas que se presentan se relacionan con el uso de playones de ciénagas, la movilización de ganados desde partes altas de la cuenca a partes bajas (inundables), ha sido un hecho tradicional en esta zona del país [10,11]. Las actividades económicas principales son la ganadería, agricultura, cría de animales de corral, siendo la actividad económica más representativa en Santiago Apóstol la pesca, que se desarrolla de manera artesanal, y por la mayoría de sus habitantes desde temprana edad hasta la tercera edad, la cual se realiza desde décadas anteriores, sin embargo, no logra constituir un potencial económico, debido a que la actividad es ejercida por la comunidad como medio de subsistencia, a modo de subempleo que solo permite satisfacer sus necesidades básicas [2, 4].

A partir de la información disponible, se identificaron las actividades que se desarrollan en la cuenca por los sectores productivos agrícola, industrial, pecuaria, silvícola y piscícola (Tabla 2), que generan vertimientos de aguas residuales al arroyo Grande de Corozal. Sin embargo, debido a que existe poca disponibilidad y reporte de información sobre la ubicación georreferenciada, tipo de flujo y caudal de descarga, no es

posible desarrollar la información de manera cuantitativa sino que se hace cualitativamente, la información fue obtenida después de la revisión de cada uno de los Planes y Esquemas de Ordenamiento Territorial (POT y EOT), Planes de Desarrollo Territorial (PDTs), Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), informe de coyuntura del departamento de Sucre, y páginas de la Superintendencia de Servicios Públicos, Ministerio de Agricultura, información levantada en campo y el POMCA [3, 12, 13, 14].

Tabla 2. Actividades que generan vertimientos en el Complejo Cenagoso Santiago Apóstol.

Municipio	Actividad
San Benito Abad	Agrícola, Pecuario, Piscícola y Saneamiento básico
El Roble	Agrícola
Galeras	Agrícola
Corozal	Agrícola y Pecuario
Sincé	Pecuario y Minería
San Juan de Betulia	Pecuario
Sincelejo	Agrícola y Pecuario
Morroá	Agrícola
Los Palmitos	Pecuario

Fuente: Elaboración propia.

Entre los problemas ambientales más graves en Colombia es reconocido el vertimiento de aguas residuales sobre los cuerpos de agua, que con el incremento de la población se hace más crítico con mayor cantidad de desechos; además, esto trae como consecuencia la contaminación de aguas residuales que se presentan en la zona de estudio debido a la baja cobertura de alcantarillado que se presenta en la zona urbana y rural [15].

Mediante la recopilación de datos de diferentes fuentes como el Censo Nacional Agropecuario de 2014 y Planes de Saneamiento Municipales, se determinó el porcentaje de conexiones a los acueductos y alcantarillados para las zonas urbanas y rurales de los municipios componentes de la cuenca, evidencia en todos los municipios se encuentra un alto porcentaje de viviendas sin el servicio de alcantarillado, que exige de una acción inmediata de los municipios, es la de contaminación del recurso hídrico generada por las aguas residuales municipales (Tabla 3) [15, 16, 17].

Tabla 3. Cobertura de la red de alcantarillado.

Municipios	Cabecera (%)	Rural (%)
Morroa	56,2	3,5
Sincelejo	83,7	3,5
Sincé	68,7	0
San Juan de	42,8	3
Betulia	42,8	3
Corozal	69,6	2,8
Galeras	31,6	3,7
San Benito Abad	0,7	0,6
El Roble	22,1	2,6

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el peligro potencial de contaminación por residuos sólidos se evaluó el tipo de residuo y se determinó que la mayoría de los municipios disponen sus residuos en rellenos sanitarios a cielo abierto o en los cuerpos de agua cercanos, en las zonas en donde no se cuenta con servicios de recolección por las difíciles condiciones de acceso (Tabla 4) se muestra en sitio donde se disponen los residuos de cada uno de los municipios y la cantidad por día [15].

Tabla 4. Rellenos sanitarios de los municipios subcuenca Arroyo Grande de Corozal

Municipio	Relleno sanitario	Ton/día
Corozal	Relleno Sanitario La Candelaria	38,81
El Roble	Relleno Sanitario La Candelaria	2,09
Galeras	Relleno Sanitario El Oasis	3,97
Los Palmitos	Relleno Sanitario El Oasis	5,35
Morroa	Relleno Sanitario El Oasis	4,34
San Benito Abad	Relleno Sanitario El Oasis	0,78
San Juan de Betulia	Relleno Sanitario El Oasis	1,04
Sincé	No Registra	No Registra
Sincelejo	Relleno Sanitario El Oasis	199,43

Fuente: Elaboración propia.

Para tener mayor conocimientos de la situación de vertimientos, captación y uso de agua se consultó a las entidades competente: corporaciones regionales y alcaldías, en las reuniones entabladas con la autoridad ambiental Carsucre y Corpomojana, se tuvo conocimiento de que en el Corregimiento de Santiago Apóstol no se tienen otorgados permisos de concesión de aguas superficiales y subterráneas, permisos de vertimientos y permisos de ocupación de cauce que puedan estarse desarrollando el municipio de San Benito Abad, en la Ciénaga de Santiago Apóstol y en el cauce del Arroyo Grande de Corozal en el área de influencia del presente estudio, sin embargo, se realiza captación de aguas subterráneas en el corregimiento de Santiago Apóstol para el abastecimiento de la comunidad en general y vertimientos de aguas residuales domésticas de forma indirecta por el uso de pozos sépticos en las viviendas del corregimiento, no se cuenta con actividad industrial registrada [18, 19].

Características del servicio público de agua

El Municipio de San Benito Abad cuenta con una empresa de servicios públicos, Aguas de San Benito, que presta el servicio de aseo y acueducto en el casco urbano del municipio con 1.337 usuarios o familias que corresponden al 100% del área urbana del municipio. Para prestar este servicio cuenta con un acueducto cuya fuente es un pozo profundo de 120 metros de profundidad, un almacenamiento de 347 metros cúbicos, sistema de desinfección gaseosa (cloro gaseoso) y redes de distribución a todos los barrios garantizando la potabilidad del agua. Además, en el municipio existen 36 acueductos rurales administrados por los mismos usuarios, que atienden al 90% de la población sanbenitina, 27.000 habitantes aproximadamente. Algunos sistemas presentan dificultades por la falta de energía eléctrica, estos funcionan con motobombas a gasolina y diésel, otros presentan daños en las redes y puesta en funcionamiento. Otra dificultad que se presenta para el óptimo funcionamiento de estos acueductos es la cultura del no pago circunstancia que ocasiona cortes de la energía al acueducto por facturas vencidas.

El municipio de San Benito Abad está inscrito en el Plan de Departamental de Aguas, quien es el ente encargado de realizar la infraestructura de alcantarillado y saneamiento básico [20,21,22]. El servicio de alcantarillado del municipio solo se presta en el corregimiento de Doña Ana a 147 familias presentándose una cobertura por debajo del 1%, esto debido a que no existe sistema de alcantarillado ni en el casco urbano ni en los corregimientos, presentándose aguas residuales en las vías con el riesgo de enfermedades por vectores, en el casco urbano del municipio se iniciaron las actividades de construcción de la red de alcantarillado. El municipio tampoco cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales o lagunas de oxidación, esto hace que los residuos líquidos generados en estas comunidades sean vertidos directamente a los suelos o a las fuentes de aguas superficiales [20].

Todos los hogares en el corregimiento de Santiago Apóstol en su mayoría cuentan con una letrina o poza séptica, la cual descarga al suelo y por infiltración al acuífero del corregimiento, lo que perjudica al pozo de captación, y los demás pozos donde se toman el agua para el consumo.

En cuanto al servicio de aseo la disposición de los residuos sólidos los realiza la empresa municipal de servicios públicos quien los recoge y los dispone en el relleno sanitario de Sincelejo, el servicio de recolección de basuras se presta a la población del área urbana del municipio de San Benito Abad. En la zona rural no se presta el servicio de aseo y recolección de basuras, lo que ocasiona gran contaminación ambiental en las afueras y salidas del casco urbano de los corregimientos, estos son dispuesto de manera indiscriminada en los alrededores del municipio, y en las playas de la ciénaga, en algunas ocasiones en las residencias y fincas queman las basuras cuando esta representa incomodidad a los vecinos.

El agua para el consumo humano no es tratada, solo extraen agua de pozos subterráneos y la envían a un tanque elevado, de ahí nuevamente se vuelve a bombear, hacia los barrios, los cuales disfrutan de este servicio una vez cada seis días. Se abren o cierran las válvulas de acuerdo con lo programado por la administración de este servicio, el valor del servicio por cada unidad residencial es de 5000 pesos, no hay sistema de tratamiento de agua potable. Para surtirse de agua, muchas personas tienen su propio pozo subterráneo, los cuales no son legalmente registrados, lo que implica que le quita la capacidad portante al acuífero, lo que no permite el suministro de agua constante a todo el corregimiento.

En cuanto al servicio público de electrificación el municipio de San Benito Abad cuenta con una cobertura del 84,3 % servicio que se presta en la zona urbana del municipio, en los corregimientos y en algunas veredas quedando un sector del área rural sin cobertura de este servicio. El servicio de electricidad en todo el casco urbano del corregimiento, el servicio es constante, y se realiza el cobro por bloque totalizando el consumo en algunos sectores. Por otro lado, debemos decir, que el alumbrado público no es muy eficiente.

Análisis físico químico y microbiológico

A partir de las muestras de agua colectadas en el CCSA y el AGC se determinó la conductividad, oxígeno disuelto, demanda biológica de oxígeno (DBO), pH, sólidos disueltos totales, sólidos disueltos, turbiedad y coliformes totales (Figura 2). Estos datos demuestran que existen variaciones estacionales por lo cual estas variables están influenciadas por las variaciones climáticas. Además, estos resultados claramente reflejan la contaminación de origen antrópica, ya que hay alta presencia de coliformes totales, DBO y sólidos disueltos, principalmente en el Arroyo Grande de Corozal. Y los datos obtenidos para el Complejo Cenagoso Olaya, demuestran que el AGC y el CCSA se encuentran bajo mayores presiones antrópicas que afectan la calidad del agua, y en consecuencia el ecosistema.

Estos datos indican que el AGC es una fuente de contaminación significativa para el CCSA, por lo cual el tratamiento de las aguas que son servidas sobre el arroyo, planes manejo y el uso de alternativas biotecnológicas como la fitorremediación serían de suma importancia disminuir los factores de contaminación y preservar el CCSA.

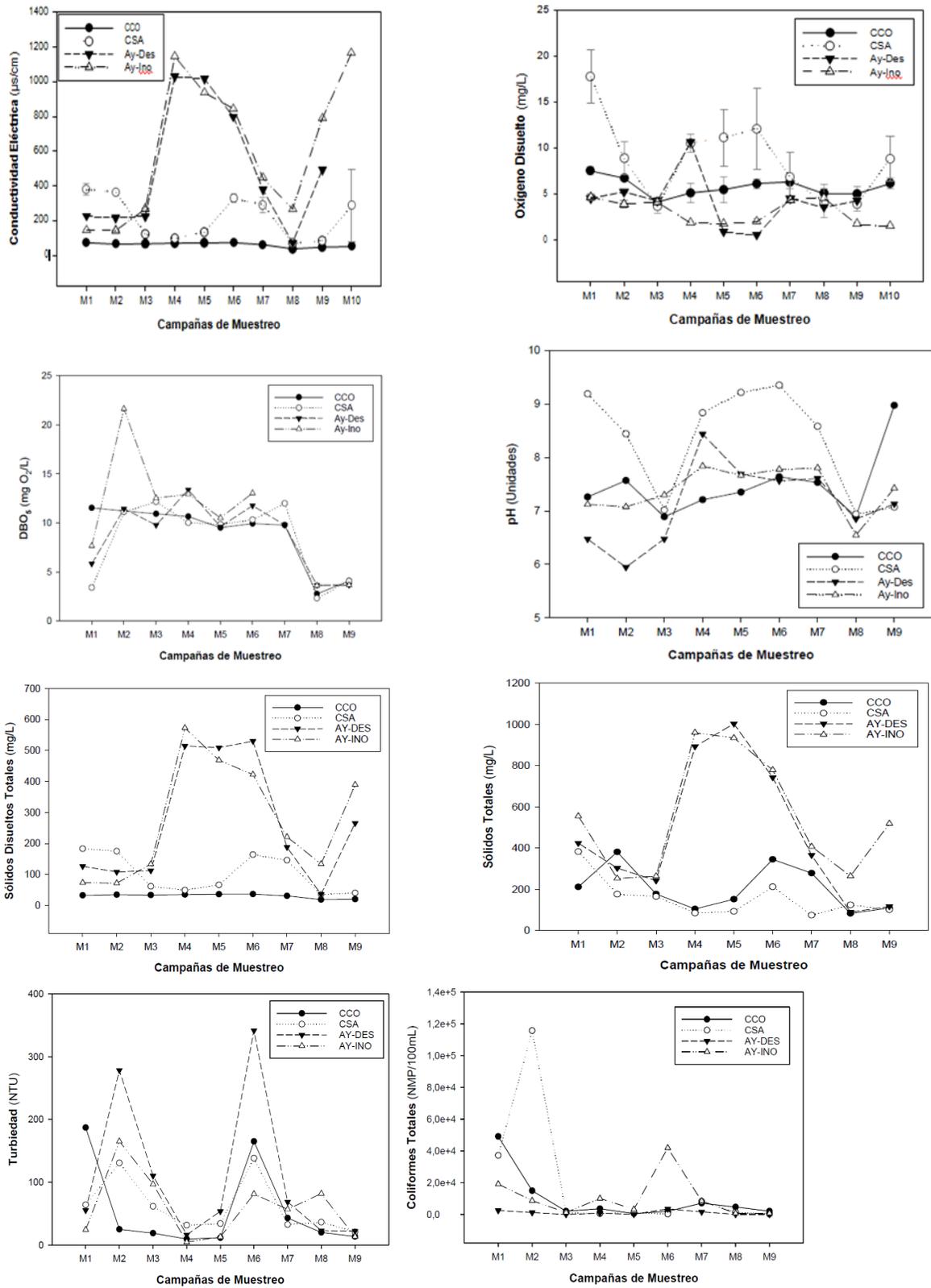
Percepción de la comunidad

Según las 450 encuestas practicadas el 65% de la población encuestada informó que el deterioro o daño en el suelo se daba por las erosiones e inundaciones que se presentan en el territorio. Asimismo, el 80% de la población percibe que las variaciones estacionales extremas, traducidas en altas temperaturas, sequías e inundaciones afectan la estabilidad del CCSA, la calidad de vida y productividad. Sin embargo, el 82% de los encuestados dan una valoración positiva al paisaje y características biológicas del entorno, flora y fauna del complejo cenagoso.

Además, el 51% considera que los cambios en el complejo o los impactos ambientales han sido por contaminación de residuos sólidos y por falta de mejoras en el sistema de tratamiento de agua. También, afirman que han observado algunos residuos que consideran tóxicos y sólidos que llegan del Arroyo Grande de Corozal hasta la boca del complejo cenagoso. En este sentido la mayoría (70%) manifiesta que la comunidad no descarga residuos sólidos ni tóxicos para no contaminar los cuerpos de agua presentes en el territorio, por lo cual atribuyen a otras poblaciones la situación de sus cuerpos de agua.

Por otro lado, el 86% de la población identifica una disminución en la cantidad y diversidad de especies nativos de la región como el bagre y el bocachico. Muchos atribuyen esto a las sequías presentadas en el 2019 y a disminución del cauce del río Cauca debido a la hidroeléctrica Hidroituango. Por último, todos los encuestados informaron que en el sector agropecuario se emplean semillas, fertilizantes, insumos para la desinfección de las maquinarias que se utilizan en los cultivos de la región, en los que predominan los cultivos de maíz, yuca y arroz.

Figura 3. Parámetros físico químico y microbiológico evaluados.



Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la identificación de impactos

Para definir los impactos generados por cada una de las presiones en el medio, se valoró su significancia en cuanto a la presencia de cada uno de los tipos de fuentes en los cuerpos de agua. Se analizó no solo su incidencia sino su magnitud, en cuanto a área, volúmenes o porcentajes analizados, según los criterios umbrales definidos, para determinar su grado de significancia en el medio (Tabla 5). Los resultados permitieron dar una distinción entre el cuerpo de agua sometida a presiones significativas y cuerpo de agua no sometido a presiones significativas, como se registra en la (Tabla 6), siendo las más significativas las fuentes puntuales y difusas, cuyo grado de significancia radica en el cumplimiento de los límites normativos para los usos que se le da al recurso hídrico y los índices de calidad del agua que fueron calculados para la subcuenca del AGC.

Tabla 5. Descripción de las presiones antropogénicas.

TIPO	CRITERIO	DESCRIPCIÓN
GRUPO 1. FUENTES PUNTUALES		
1) Vertidos urbanos	Cumplimiento de límites normativos	Los municipios de Sincelejo, Corozal, Palmitos, Since, Morroa, San Juan de Betulia, vierten sus aguas directamente al AGC. Algunos corregimientos de los municipios El Roble; Galeras, y San Benito Abad, como es el caso de Santiago Apóstol, vierten de manera indirecta a la cuenca por el uso de pozas sépticas, que finalmente conducen las aguas al AGC o al CCSA.
2) Vertidos industriales biodegradables	Cumplimiento de límites normativos	Se identifican mataderos de reses, cerdos y aves en gran escala. El AGC tiene una carga global de 895,35 Tn/año por sacrificio de animales. Sincelejo se caracteriza por ser una ciudad con poca infraestructura industrial, sin embargo, las actividades relacionadas con la agroindustria se destaca las siguientes actividades de: elaboración de almidones y productos derivados, productos lácteos, elaboración de aceites y grasas de origen animal y vegetal, producción de bebidas y agua embotellada. Además, en San Benito Abad hay una empresa dedicada al procesamiento y conservación de frutas, legumbres, hortalizas y tubérculos.
3) Vertidos industriales de actividades de prevención y control integrados de contaminación	Normas ambientales aplicables	Pocas industrias de los municipios que hacen parte de la cuenca cuentan con un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y no domésticas. Las actividades registradas para los municipios de la microcuenca del AGC son: elaboración de productos alimenticios, fabricación de sustancias y productos químicos, fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico, curtido y recurtido de pieles, marroquinería y talabartería, coquización, elaboración de productos de tabaco fabricación de productos de la refinación del petróleo y actividad de mezcla de combustibles.
4) Vertidos con sustancias peligrosas	CRETIB DEC1076 de 2015	No se tiene registro de vertimiento de sustancias peligrosas, estas suelen ser generadas en las industrias y el sector agro cuando aplican fertilizantes, herbicida o cualquier sustancia utilizada en sus labores.

5) Piscifactorías	50 L/s	Las organizaciones que se encuentran registradas en el municipio de San Benito Abad o en el resto del departamento, ejercen la actividad de manera artesanal algunas organizaciones cuentan con piscinas para la cría de peces en cautiverio. Sin embargo, los vertimientos que se producen de esta actividad no son significativos.
6) Minas (aguas de agotamiento)	100 L/s	No se encontró actividad minera, sobre todo relacionada con minería lacustre o agotamiento del recurso.
7) Vertidos de sales	100 T/día TSD	No se encontró evidencia o registro de actividades que vertieran sales o soluciones salinas al cuerpo de agua.
8) Vertidos térmicos	10 MW	No existen empresas relacionadas con la producción energía térmica que requiera el consumo de agua para el enfriamiento de sus sistemas, por lo cual no se realizan vertimientos de agua a gran temperatura.
9) Vertederos urbanos	Población 10000h.	Sólo cuatro municipios tienen una población superior a los 10.000 habitantes: Corozal, Galeras, Since y Sincelejo. Sin embargo, muchos de ellos depositan los residuos en sitios coincidentes (Tabla 4).
10) Vertederos de residuos tóxicos y peligrosos	Todos	No se reportaron vertimiento con estas características de peligrosidad; sin embargo, en muchas actividades de existe la posibilidad que exista vertimiento de residuos tóxicos o peligrosos. Se pueden mencionar las estaciones de servicio, hospitales, fabricación y distribución de químicos.
11) Vertederos de residuos no peligrosos	Si existe evidencia de presión	Ineficiente o nulo servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios, que conlleva a que se realicen vertidos por parte de los habitantes, de sus residuos a los cuerpos de agua o en su defecto a los lotes abandonados que usualmente en temporada de lluvia la basura es arrastrada hacia los cuerpos de agua.
GRUPO 2) FUENTES DIFUSAS DE CONTAMINACIÓN		
1) Aeropuertos	% de área usada	El único aeropuerto que queda dentro de la subcuenca del AGC es el de las brujas del municipio de Corozal.
2) Vías de transporte	Área usada	La red vial se conforma por vía terciarias de poco tráfico en especial aquella que comunica a los municipios de Sincelejo, Corozal, San Juan de Betulia, Since. Campo Flores y Santiago Apóstol, así mismo hay caminos que pueden considerarse que constituyen menos del 1 % del total de la cuenca. Las zonas portuarias son pequeñas, de carácter artesanal utilizados en época de invierno, se identifican los siguientes puertos: Muralla, Puerto Amor, La Cruz, La Hormiga, La Represa, Vázquez. Otros como Puerto Verano son adecuados en época de sequía,
3) Suelos contaminados	Todos	El relleno sanitario "El Oasis", en la vía que conduce del municipio de Sincelejo al corregimiento de Chocho, inicialmente tenía un área de 9 ha, pero se ha autorizado 29 ha para su operación, en el mismo lugar se vierte los escombros del municipio y sus vecinos. El relleno sanitario "La Candelaria" ubicado en el municipio de Corozal, con una cobertura inicial de 7 ha con la adquisición de varios predios vecinos pasó a un total de 27 ha más 2844 m ² , los cuales no hacen parte de la zona de afectación directa de la cuenca.
4) Zonas de regadío	% área cuya dosis de fertilización de 25 kg N/ha-año	En la zona se cultivan diferentes productos entre los que se desatacan frutas como melón, patilla, y principalmente cultivo de maíz, ñame y yuca, los cuales requieren del uso del recurso para riego.

5) Zonas de secano	% área cuya dosis de fertilización es de 25 kg N/ha-año	Los cultivos de secano realizados en la zona de estudio corresponden a cultivos de arroz tanto artesanal como mecanizado.
6) Zonas urbanas	% de área usada	Los cascos urbanos de los municipios de la cuenca son zonas reducidas en cuanto a su extensión de terreno total, teniendo una mayor área de cobertura las zonas rurales, las cuales se destinan para actividades de cultivo, ganadería y pecuario, sin embargo, la mayor población se concentra en la capital del departamento
7) Zonas mineras	Todas	Este tipo de fuente de impacto no fue identificado en las condiciones del área de estudio, especialmente en el corregimiento de Santiago Apóstol no se realizan actividades mineras.
8) Zonas recreativas	% de área usada	Las zonas de recreación se encuentran dispersas en la zona, el principal punto de turismo corresponde a restaurantes ubicados en los puertos y rivera de la ciénaga de Santiago apóstol, donde el atractivo es visitar la ciénaga por su belleza escénica y probar platos típicos a base de pescados de la zona.
9) Praderas	% área cuya dosis promedio de fertilización es de 25 kg N/ha-año	Las características y productos cultivados en la zona de estudio son presentados en la, donde se hace referencia al cultivo realizado en cada municipio y el área que dichos cultivos abarcan dentro de la cuenca del AGC, para este caso se incluyen estas actividades, con las cantidades de nutrientes requeridos para su cosecha
10) Ganadería	Cabezas/ha año	La actividad de ganadería y pecuaria es realizada en el área de estudio para los diferentes municipios de la subcuenca de AGC
11) Gasolinera		Este tipo de fuente de impacto no fue identificado en las condiciones del área de estudio, especialmente en el corregimiento de Santiago Apóstol no se tiene EDS, solo venta de combustible de manera informal.
GRUPO 3) EXTRACCIONES		
1) Abastecimiento 2) Regadío 3) Hidroeléctrico 4) Otros usos	Caudal usado por actividad mayor al 40%	Los principales usos dados a los cuerpos de agua AGC y CCSA son el abastecimiento de agua para consumo humano y animal, regadío de cultivos, pesca y como fuente receptora de descargas de vertimientos. En la zona de interés no se realiza generación de energía en hidroeléctricas.
GRUPO 4) REGULACIÓN		
1) Embalse 2) Desvío hidroeléctrico 3) Incorporación por trasvase		En la zona de interés no se realizan estas actividades, por lo cual estas presiones no fueron identificadas. Sin embargo, el nivel del río San Jorge ha disminuido por la presencia de hidroeléctricas en otras regiones.
GRUPO 5) ALTERACIONES MORFOLÓGICAS		

1) Transversales	En el cuerpo de agua AGC se cuentan con diferentes puentes, box culverts y alcantarillas que realizan una modificación de su cauce, además de obras de canalización con el fin de prevenir situaciones de emergencia, que llegan a realizar cambios en las características morfológicas originales. En cuanto a la morfología de la Ciénaga, es cambiante según las características climáticas que se presenten, por lo cual cuenta con un espejo de agua reducido en épocas de sequía y que se ve desbordado en meses de lluvias, fenómeno atribuible tanto a presiones antrópicas como a cambios en las condiciones climáticas de la zona, la cual es bimodal.	
2) Longitudinales		
GRUPO 6) OTRAS INCIDENCIAS ANTROPOGÉNICAS		
Invasión por especies alóctonas perjudiciales y enfermedades	Evaluar en cada caso concreto	No encontraron datos oficiales y cuantificados de la incidencia de especies alóctonas en la zona o cuerpos de agua que puedan llegar a generar un desequilibrio del ecosistema, teniendo en cuenta que históricamente se vienen conviviendo con cultivos de frutales foráneos en la costa Caribe; no obstante, es posible que existan. En cuanto a sedimentos, si es una problemática descrita para los cuerpos de agua en estudio, generada por el arrastre de sólidos. Lo cual ha disminuido el calado y en especial el espejo de agua de la Ciénaga.
Áreas con sedimentos contaminados en el cauce		
Actividades recreativas		
GRUPO 7) USOS DEL SUELO		
Incendios forestales	No se tiene registros de incendios forestales presentados en la zona de interés; sin embargo, en la ronda hídrica de los cuerpos de agua suelen realizarse quemas de residuos a cielo abierto, lo cual afecta las características físico-químicas del suelo y la calidad de aire de la zona. Se debe resaltar las presiones ejercidas en los ecosistemas de la subcuenca del ACG y el CCSA, debido a la tala de especies maderables ha cambiado las coberturas existentes además de los cambios realizados en la cobertura por la ganadería extensiva, la cual ha generado suelos con alto grado de degradación.	
Elementos graves de degradación		
Extracción de áridos		
Explotaciones forestales		
Otras ocupaciones		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Identificación de las presiones antrópicas significativas

Arroyo Grande de Corozal			
Tipo de presión	Significativa	No significativa	Sin datos
Fuentes puntuales	x		
Fuentes difusas	x		
Extracción de agua	x		
Regulación de flujo de agua		x	
Alteraciones morfológicas	x		
Otras incidencias		x	
Usos del suelo	x		
Desconocido			x
Ciénaga de Santiago Apóstol			
Tipo de presión	Significativa	No significativa	Sin datos
Fuentes puntuales	x		
Fuentes difusas	x		
Extracción de agua		x	
Regulación de flujo de agua	x		
Alteraciones morfológicas		x	
Otras incidencias		x	
Usos del suelo	x		
Desconocido			x

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la valoración de impactos

La valoración de los impactos y la definición del riesgo de las presiones realizadas a los cuerpos de agua de interés ACG y CCSA arrojaron como principales presiones significativas a las fuentes puntuales, teniendo un impacto comprobado y que representan un riesgo alto, siguiendo la metodología de IMPRESS (Tablas 7 y 8) [7].

En el AGC destacan los impactos comprobados en alteraciones morfológicas del cauce, lo que se ve representado en un riesgo alto para las condiciones del cuerpo de agua e impactos probables por fuentes difusas y extracciones de agua, estas últimas de poca incidencia debido al grado de contaminación del cuerpo de agua lo cual ha causado que las comunidades de la zona no se abastezcan de este y opten por otras fuentes de consumo, por lo cual representa un riesgo medio.

En el CCSA, los cambios en el uso del suelo debido a actividades de agricultura y ganadería representan un impacto comprobado y por tanto un riesgo alto para las condiciones del cuerpo de agua. Además, entre los impactos probables se destacan las fuentes difusas que se presumen pueden llegar a afectar por posibles infiltraciones de vertimientos al suelo, convirtiéndose en un riesgo medio para el cuerpo de agua [7].

Tabla 7. Análisis del impacto de las presiones antrópicas

Presión	Impacto			
	Comprobado	Probable	Sin Impacto	Sin Datos
Arroyo Grande de Corozal				
Fuentes puntuales				
Fuentes difusas				
Extracción de agua				
Regulación de flujo de agua				
Alteraciones morfológicas				
Otras incidencias antropogénicas				
Usos del suelo				
Complejo Cenagoso Santiago Apóstol				
Fuentes puntuales				
Fuentes difusas				
Extracción de agua				
Regulación de flujo de agua				
Alteraciones morfológicas				
Otras incidencias antropogénicas				
Usos del suelo				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Evaluación del riesgo asignable a las presiones antrópicas

Riesgo asignable a las presiones	Impacto				Riesgo asignado a presiones
	Comprobado	Probable	Sin Impacto	Sin Datos	
Arroyo Grande de Corozal					
Fuentes puntuales					Riesgo alto
Fuentes difusas					Riesgo medio
Extracción de agua					Riesgo medio
Regulación de flujo de agua					Riesgo bajo
Alteraciones morfológicas					Riesgo alto
Otras incidencias antropogénicas					Riesgo medio
Usos del suelo					Riesgo medio
Complejo Cenagoso Santiago Apóstol					
Fuentes puntuales					Riesgo alto
Fuentes difusas					Riesgo medio
Extracción de agua					Riesgo medio
Regulación de flujo de agua					Riesgo medio
Alteraciones morfológicas					Riesgo bajo
Otras incidencias antropogénicas					Riesgo medio
Usos del suelo					Riesgo alto

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En el presente estudio se logró identificar los factores de deterioro ambiental en el Arroyo Grande de Corozal y el Complejo Cenagoso de Santiago Apóstol causados por las actividades antropogénicas. Estas actividades están relacionadas con presiones hechas al recurso por fuentes puntuales, fuentes difusas, captaciones de agua, obras de regulación del flujo, obras de ocupación de cauce, cambios en los usos del suelo, actividades agrícolas, ganaderas y pecuarias, todas estas de origen antrópico, realizadas por la comunidad de la zona y por proyectos públicos [21, 22].

La comunidad realiza prácticas que conllevan a un estrés del recurso hídrico, en la medida que sus necesidades básicas sean satisfechas. Según la percepción de la comunidad aledaña, el impacto ambiental sobre estos cuerpos de agua se debe a comunidades foráneas o actividades realizadas aguas arriba y no por sus propias prácticas. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de fomentar una cultura y conciencia de conservación y protección del recurso en los habitantes del sector, lo cual permitirá mejorar sus prácticas en pro de la sostenibilidad de los cuerpos de agua y de la economía de la población que en su mayoría tiene actividades agrícolas y pesqueras según sea la época del año. Teniendo en cuenta esta situación, es necesario lograr una apropiación social del contexto natural que los rodea ya que los pobladores son agentes importantes en el equilibrio de la zona para que así aporten mejores prácticas que se vean sumadas a las medias que puedan llegar a tomarse en las comunidades aguas arriba del cuerpo de agua AGC y en el CCSA.

El enfoque en las medidas de gestión del recurso hídrico para cumplir con sus objetivos de calidad, condiciones físico químicas, caudal ecológico, equilibrio ecosistémico entre otros aspectos, debe ser un esfuerzo mancomunado entre diferentes sectores y actores sociales que permita diseñar medidas acordes y probadas, las cuales deben verse encaminadas a solucionar las principales presiones antropogénicas detectadas como son las causadas por fuentes de tipo puntuales, difusas y extracciones del recurso así como aquellas que modifican el flujo y morfología de estos cuerpos de agua, permitiendo su recuperación y cuidado de forma sostenible.

Referencias bibliográficas

1. M. Moreno and R. Aguirre, "State of the art of limnology and flood plain lakes (swamps) in Colombia," *Rev. Gestión y Ambient.*, vol. 12, no. 3, pp. 85–105, 2009.
2. María M. Aguilera Díaz, *La economía de las ciénagas del Caribe colombiano*. Banco de la República de Colombia, 2011.
3. Consejo Municipal para la Gestion del Riesgo de Desastres, "Plan para la gestion del riesgo de desastre," San Benito Abad, 2012.
4. L. Anaya, C. Ardila, and P. Caraballo, "Ictiofauna en el Arroyo Grande de Corozal; primer registro de 12 especies de peces para el departamento de Sucre, Colombia," *Rev. Colomb. Cienc. Anim. - RECIA*, vol. 8, pp. 368–376, 2016.
5. M. Perevochtchikova, "La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales," *Gestión y política pública*, vol. 22, no. 2, pp. 283–312, 2013.
6. G. José, C. Bernardo, H. Marisol, G. Erick, and O. Elena, "Impacto Antropogénico Sobre Aire, Agua Y Suelo. Caso: Huasteca Hidalguense, México," *Cent. Investig. Químicas*, vol. 26, no. 3, pp. 229–251, 2010.

7. A. Puig-Infante, J. Ruza Rodríguez, R. Xuclá Lerma, and J. Sánchez, *Manual para la identificación de las presiones y análisis del impacto en aguas superficiales*. Madrid: Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, 2005.
8. IDEAM, *Plan de manejo ambiental de los humedales asociados al Bajo Río San Jorge en los municipios de Caimito, San Benito Abad y San Marcos, Sucre*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente, 2000.
9. ANLA, "Reporte de Alertas de Análisis Regional. Bajo San Jorge, Mojana, Directos Caribe y Golfo de Morrosquillo (SZH-BSJMCM)," 2020.
10. M. Aguilera, "Montes de María: Una subregión de economía campesina y empresarial," vol. 159, p. 195, 2013.
11. M. Aguilera, *La economía del departamento de Sucre: ganadería y sector público*, vol. 63. Cartagena - Colombia: Banco de la República de Colombia, 2005.
12. RED NACIONAL DE AGENCIAS DE DESARROLLO LOCAL, *Plan estratégico departamental de ciencia, tecnología e innovación de sucre sucre innova, sucre se transforma, red nacional de agencias de desarrollo local*. Colombia, 2013.
13. G. de Sucre, *Plan de Desarrollo Departamental "Sucre Progresa en Paz 2016 -2019"*. Colombia, 2016.
14. Alcaldía de San Benito Abad, *Plan para la Gestión del Riesgo de Desastre. Consejo Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres*. Colombia, 2012.
15. Ministerio del Medio Ambiente, *Gestión para el manejo, tratamiento y disposición de aguas residuales municipales*. Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente, 2002.
16. DANE, "Censo Nacional Agropecuario de 2014," Bogotá, Colombia, 2014.
17. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, "3er Censo Nacional Agropecuario," Bogotá D.C., 2016.
18. A. Ruiz-Álvarez, *Evaluación de resultados año 214. Proyecto fortalecimiento del Programa regional de Monitoreo del Recurso Hídrico*. Colombia: Carsucre, Sincelejo, 2016.
19. M. Mier, "Las Tasas Retributivas, Instrumento Económico y Eficaz para la Descontaminación Hídrica por Vertimientos Puntuales en la Cuenca del Arroyo Grande de Corozal (Sucre).," Universidad de Sucre, 2004.
20. H. Camacho, D. Campos, I. Mercado, N. Cubillán, G. Castellar, "Uso de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la clarificación del agua de la Ciénaga de Malambo," *Investigación e Innovación en Ingenierías.*, vol. 8, no. 1, pp. 100–111, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3572>
21. Aguas de Sucre, "Plan de Departamental de Aguas de Sucre," 2020. [Online]. Available: <https://aguasdesucre.com/gestor-pda/>.
22. K. Polo Bornachera., D.D. López Juvinao, and A. Henríquez Jaramillo, "Transferencia tecnológica para la producción limpia en la minería de materiales aluviales en La Guajira, Colombia," *Investigación e Innovación en Ingenierías .*, vol. 8, pp. 6–20, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3535>