

**RELACIÓN ESPACIAL ENTRE EL ZOOPLANCTON (GRUPOS MAYORES) Y
LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA CIÉNAGA DE SAHAYA, PELAYA -
CESAR**

**SERGIO ÁNDRES NAVARRO OJEDA
MADELEINE SUGEY YÁÑEZ CARDOZA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR SECCIONAL AGUACHICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
AGUACHICA CESAR
2024**

**RELACIÓN ESPACIAL ENTRE EL ZOOPLANCTON (GRUPOS MAYORES) Y
LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN LA CIÉNAGA DE SAHAYA, PELAYA -
CESAR**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA**

**SERGIO ÁNDRES NAVARRO OJEDA
MADELEINE SUGEY YÁÑEZ CARDOZA**

**DIRECTOR
ORIANA PATRICIA HEREDIA GÓMEZ**

**CO DIRECTOR
KELLY JHOANA RODELO SOTO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO HUMANO SOSTENIBLE**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR SECCIONAL AGUACHICA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y TECNOLOGIAS
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
AGUACHICA CESAR**

2024

NOTA DE APROBACIÓN

El trabajo de grado de los estudiantes Sergio Andrés Navarro Ojeda y Madeleine Sugey Yáñez Cardoza, titulado “Relación espacial entre el zooplancton (grupos mayores) y las actividades antrópicas en la ciénaga de Sahaya, Pelaya – Cesar” ha sido aprobado por los jurados, quien no se hace responsable de su contenido, pero lo ha encontrado correcto en su calidad y en su forma de presentación por lo que en fe de lo cual firman.

JORGE LUIS RANGEL ACOSTA
EVALUADOR 1

LUIS CARLOS RODRÍGUEZ BARBOSA
EVALUADOR 2

ORIANA PATRICIA HEREDIA GÓMEZ
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

KELLY JHOANA RODELO SOTO
CODIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero darle gracias a Dios por ayudarme a cumplir este maravilloso logro.

Quiero dedicar este proyecto a mis padres, José Aramis Navarro Ojeda y Evely Ojeda Jaime, y especialmente con todo mi corazón a mi madre, que por circunstancias de la vida no se encuentra a mi lado. Sé que estaría muy orgullosa de mí, y estoy seguro que desde donde se encuentra lo está, porque sin ella no lo habría logrado. Siempre ha sido mi mayor motivación y mi pilar para cumplir este gran paso en mi vida. Por eso, te ofrezco este trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor. Madre mía, Te amo.

Sergio Andrés Navarro Ojeda

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios omnipotente por su infinita ayuda durante todo mi proceso universitario y en la elaboración del trabajo de grado. Agradezco por siempre estar allí, escuchando cada una de mis peticiones, guiando mi camino y ayudándome en todo momento. Deseo que, de acuerdo a tu voluntad, señor, se realicen todos y cada uno de mis pasos, pues ni la hoja más pequeña del árbol se mueve sin tu voluntad, Dios.

Dedico este logro a mi hija, Paulina Lucia Álvarez Yáñez, por ceder su tiempo de calidad con mamá. Agradezco a Dios por permitir que estés a mi lado, Mipau. Deseo que luches por tus sueños y que Dios te conceda la dicha de cumplirlos. Gracias por ser luz en la oscuridad. Te amo bebé.

A mi madre, Amparo Yáñez Cardoza, por estar siempre presente, comprenderme, escucharme y ayudarme en todo lo que estuvo a su alcance.

Madeleine Sugey Yáñez Cardoza

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer la colaboración, disposición, entrega y compromiso del señor Cristian Otálvarez, presidente de la asociación de pescadores de Costilla ASOPESCA quien nos ayudó a entender mediante su experiencia como pescador la dinámica de la ciénaga y quien con su medio de transporte acuático nos ayudó a muestrear cada una de las estaciones, gracias por la ayuda y orientación.

Agradecemos con el Centro de Estudios del agua - CEA coordinado por la Dra. Ximena Vargas, y en especial al equipo de profesionales del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos - LAFA de la Universidad del Atlántico, en Puerto Colombia, por el acompañamiento y permitir la realización de los análisis en sus instalaciones.

Damos las gracias a la bióloga Oriana Patricia Heredia Gómez, por asumir la dirección de esta investigación, por apoyarnos en todo el proceso de aprendizaje, por su guía, aportes, apoyo y paciencia, para la realización de este trabajo.

Sinceros agradecimientos a la bióloga Kelly Jhoana Rodelo Soto, nuestra codirectora por apoyarnos, abrir las puertas de su semillero y forjar nuestro camino en el proyecto y la investigación.

Agradecemos a la Bacterióloga Nayibe Tatiana Sánchez Álvarez, asesora del proyecto por su guía en la parte microbiológica, apoyo en la toma de muestras y acompañamiento investigativo.

Damos las gracias a nuestra amiga y compañera universitaria Ana María Marín Meneses por su acompañamiento en el proceso de toma de muestras, por su tiempo, dedicación y disposición.

Gracias a la colaboración especial del Biólogo estadístico Rodian Fonseca Campuzano por su colaboración en el proceso de datos y estadística aplicada, por su tiempo y dedicación.

Así mismo, a nuestra alma mater la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica, por ofertar tan grandiosa carrera en la cual nos ha forjado como ciudadanos y profesionales, a su vez por prestarnos sus instalaciones y equipos para la realización de análisis.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
3.	JUSTIFICACIÓN	18
4.	OBJETIVOS	20
4.1	OBJETIVO GENERAL	20
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
5.	MARCO TEÓRICO.....	21
6.	MARCO LEGAL	33
7.	ESTADO DEL ARTE.....	37
8.	METODOLOGIA	42
8.1	ÁREA DE ESTUDIO:	42
8.2	DISEÑO DEL EXPERIMENTO	44
8.3	ANÁLISIS DE LOS DATOS	60
9.	RESULTADOS.....	61
10.	DISCUSIONES.....	75
11.	CONCLUSIONES	84
12.	RECOMENDACIONES	86
13.	LITERATURA CITADA.....	87
14.	ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Brachionus falcatus</i> (clase Monogononta), forma loricada; (Zoppi de Roa & Pardo, 2003).	26
Figura 2. Branchiopoda; orden: ANOMOPODA; (Sala et al., 2015).	29
Figura 3. Clase Braquiópodos. Orden Cladóceros; (Manzanares, 2011).	33
Figura 4. Localización geográfica de la Ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.	43
Figura 5. Localización de las estaciones de muestreo en la Ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.	43
Figura 6. Collage toma de parámetros in situ.	51
Figura 7. Collage recolecta de muestra biológica zooplancton.	53
Figura 8. Collage medición fosfatos	55
Figura 9. Collage medición nitritos y nitratos.	55
Figura 10. Preparación del Agar	57
Figura 11. Collage filtración de muestras	58
Figura 12. Conteo de colonias Coliformes totales y fecales	58
Figura 13. Collage concentración y conteo de microorganismos.	59
Figura 14. Media y desviación estándar de las variables ambientales en la Ciénaga de Sahaya	63
Figura 15. Diagrama de ordenación de las variables ambientales y sitios de muestreo categorizados por sector según análisis de componentes principales (ACP).	64
Figura 16. Abundancia y riqueza según clase taxonómica.	68
Figura 17. Clasificación según orden taxonómico y sectorización.	70
Figura 18. Número efectivo de especies según el método de número de series de Hill.	71
Figura 19. Diagrama de ordenación de las especies y sectores en la ciénaga de Sahaya según el método NMDS con matriz de distancias de Bray-Curtis	73
Figura 20. Dendrogramas de disimilaridad de Bray-Curtis entre los sectores de la ciénaga de Sahaya según las especies y sus abundancias.	74

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en la ciénaga de Sahaya, Pelaya - Cesar	45
Tabla 2. Variables fisicoquímicas medidas en la ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar	50
Tabla 3. Factores fisicoquímicos Ex situ medidos en la ciénaga de Sahaya - Pelaya Cesar	54
Tabla 4. Clasificación taxonómica	66

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico de especies de zooplancton, obtenidas en el presente estudio por el autor	99
Anexo 2. Media y variación estándar de las estaciones.....	100

GLOSARIO

Aguas continentales: agua que se encuentran en tierra firme, sin influencia marina, formada de aguas superficiales o aguas subterráneas Resolución 2115 (2007).

Aguas servidas: Residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial Decreto 1076 (2015).

Vertimiento líquido: descarga líquida a un cuerpo de agua o a un alcantarillado Decreto 1541 (1978).

Uso del suelo: conjunto de actividades que se realizan con el fin de producir, modificarla o mantenerla sobre la capa más externa de la tierra (Gaspari et al., 2007).

Zona de mezcla: área determinada a partir del sitio de vertimiento, indispensable para que se produzca mezcla homogénea en el cuerpo receptor Decreto 1594 (1984).

PMA: Plan de manejo ambiental instrumento ambiental de actividades, que después de un estudio de evaluación de impacto ambiental, se implementa con el fin de orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar Decreto 1096 (2015).

Eutrofización: proceso en cuerpos de agua, donde hay un exceso de nutrientes como nitrógeno y fosforo (Acosta et al., 2010).

Bioindicador: organismos con características susceptibles al entorno que se utilizan para obtener información sobre el estado del medio ambiente (Morales Salinas, 2011).

ACP: Análisis de componentes principales, técnica estadística utilizada para reducir datos en patrones y estructura lineales de un conjunto de datos (Yengle Ruiz, 2012).

UFC: unidades formadoras de colonias, medida del número de microorganismos presentes en una muestra que forman colonias en un medio de cultivo (Sánchez et al., 2017).

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue analizar la distribución espacial de los grupos mayores del zooplancton asociado a las variables ambientales (físicas, químicas y microbiológicas) según una sectorización basada en actividades antrópicas alrededor de la Ciénaga de Sahaya. Las estaciones de muestreo fueron seleccionadas estratégicamente considerando información secundaria sobre el uso del suelo y actividades circundantes. La medición de variables fisicoquímicas se realizó siguiendo la metodología del manual Standar Methods, mientras que las muestras biológicas se recolectaron mediante filtrado en pasivo de 100 litros de agua a través de una malla de 55 μm de abertura de poro. El conteo e identificación de especies se llevó a cabo con cámara SedgwickRafter. Se logró identificar 30 morfoespecies de rotíferos llegando a nivel de familias, 3 morfoespecies del grupo de copépodos, y 4 morfoespecies de cladóceros. Las variables ambientales fluctuaron con moderada acidificación, temperaturas elevadas (33 ± 1) °C, valores moderados de oxígeno disuelto, altos niveles en demanda química de oxígeno (DQO) y elevados valores de Coliformes totales con (300 ± 0) UFC, lo que evidencia contaminación fecal en todos los sectores muestreados. Mediante el análisis de componentes principales (ACP), permitió ordenar las variables ambientales y los sitios de muestreo, mostrando patrones de distribución de acuerdo a la sectorización propuesta. Mediante el uso del método NMDS y el dendrogramas de disimilitud de Bray Curtis, se correlacionaron las especies y las variables ambientales en cada estación, revelando variaciones en la distribución de acuerdo a las actividades ejercidas en cada sector. Las especies asociadas a los sectores poseen características de resiliencia ante cambios drásticos en las condiciones fisicoquímicas del agua, mostrando comportamiento oportunista ante las alteraciones ambientales. Además, algunos organismos son indicadores de eutrofización y contaminación orgánica.

Palabras claves: Humedal, zooplancton, variables ambientales, contaminación antrópica, servicios ecosistémicos.

1. INTRODUCCIÓN

Colombia es un país reconocido por su extraordinaria diversidad biológica y ecosistémica, en los cuales destacan los sistemas hídricos como las ciénagas, ecosistemas distribuidos de manera natural en todo el país. Estos proporcionan multiplicidad de bienes y servicios ecosistémicos esenciales, como reservorios de agua dulce, fuente de alimentos, regulación del clima y mitigación al cambio climático mediante la captura de CO₂, entre otros beneficios (Rodríguez et al., 2017). La mayoría de los humedales o ciénagas en Colombia pertenecen a la cuenca del Magdalena, cuenca que atraviesa el país de sur a norte, representando su importancia en los aspectos sociales, económicos y culturales (Banco de la república, 2021). El departamento del Cesar se distingue por sus valiosos sistemas cenagosos, como el sistema cenagoso de la Zapatosa, reconocido como sitio Ramsar en 2018, y los siete humedales menores del sur del departamento, entre ellos la ciénaga de Sahaya (Rangel-Ch, 2012). Estos ecosistemas, característicos por su clima cálido y su predominante vegetación natural de bosque seco tropical, son esenciales para la biodiversidad regional.

La ciénaga de Sahaya, es un ecosistema de 47.000 hectáreas en jurisdicción del municipio de Pelaya y colindante con Tamalameque y La Gloria, este cuerpo de agua se encuentra en una zona de alto rendimiento agrícola y ganadero, destacado por sus cultivos de maíz, sorgo y arroz. Sin embargo, este ecosistema enfrenta actualmente múltiples amenazas debido a actividades humanas, como la expansión de monocultivos, la descarga de aguas residuales y la intensa actividad ganadera. Estas actividades impactan el equilibrio del ecosistema, que, pese a su relevancia ecológica y económica para las comunidades locales, ha recibido poca atención en investigación y protección. No obstante, se han realizado estudios importantes al ecosistema por (Rangel-Ch, 2012), (ONF Andina, 2014), (Hernández et al., 2016).

Los ecosistemas acuáticos, como la ciénaga de Sahaya, albergan alta biodiversidad, en la que destacan los grupos del zooplancton, estos organismos son reconocidos como bioindicadores de la calidad del agua y excelentes descriptores de las variaciones ambientales debido a su capacidad euritolerantes. Estos organismos representados por sus grupos mayores rotíferos, cladóceros y copépodos, presentes en los sistemas acuáticos, dulces y marinos, desempeñan

un papel clave en los primeros eslabones de la red trófica, actuando como consumidor primario, y convirtiéndose en fuente de alimento y energía para organismos de mayor tamaño (Gallo-Sánchez et al., 2009a).

En este contexto, el análisis del comportamiento espacial de la comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Sahaya, basados en una caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua considerando una sectorización basada en los usos antrópicos proporciona información técnico científica, que genera elementos sólidos en la toma de decisiones administrativas de los recursos naturales y de los conflictos en el uso del suelo. Además, esta investigación contribuye a un mayor entendimiento de este importante cuerpo de agua dulce, facilitando la toma de decisiones sobre el uso, manejo y conservación de los recursos naturales de la región. Así mismo, sirve como herramienta en toma de decisiones en el camino hacia el cumplimiento de las metas de los objetivos de Desarrollo sostenible – (ODS) establecidos en los compromisos del país en la agenda 2030.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ciénagas son cuerpos de agua someros dependientes de los pulsos de inundación hídrica, que se dan de forma temporal o permanente, se caracterizan por cumplir roles importantes en el equilibrio ambiental de los macro ecosistemas. Actualmente en Colombia las ciénagas están sufriendo degradación y pérdida de sus funciones ecológicas y ambientales, a causa de factores como, el desarrollo urbanístico descontrolado, la erosión, el cambio en la dinámica hídrica sin conceptos técnico-científicos, procesos de eutrofización principalmente por la expansión agrícola y pecuaria, la proliferación de especies invasoras y la fragmentación del hábitat (Rodríguez et al., 2017). Las anteriores problemáticas, inciden en el entorno ecológico de estos ecosistemas, disminuyendo sus servicios ecosistémicos de los cuales depende las comunidades para el desarrollo de actividades productivas (Cortés Ballén, 2018).

La ciénaga de Sahaya es un sistema socioambiental que, al igual que otras ciénagas en Colombia, sufre constantes transformaciones ecológicas e hidrodinámicas con el paso del tiempo (Rodríguez et al., 2017). Según la (Alcaldía municipal de Pelaya, 2016), en el plan de ordenamiento territorial, la ciénaga de Sahaya enfrenta un manejo inadecuado en el uso del suelo. El crecimiento poblacional, la deforestación y la sobreexplotación han agravado su vulnerabilidad, exponiéndola a los efectos adversos del cambio climático. Todas estas actividades desarrolladas impactan significativamente el recurso natural lo que afecta secuencialmente ámbitos sociales, económicos y ambientales. Como actividades puntuales en torno a la ciénaga se encuentra la producción ganadera extensiva y establecida en la región (Jiménez, 2017), la cual consta de varias etapas, la primera es el proceso productivo el cual inicia con la modificación del terreno al desmontar la cobertura natural ribereña, para sembrar pastos mejorados como *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria fasciculata*. Luego, el pastoreo de ganado bovino y bufalino el cual incluye la invasión de playones en temporada seca (La regional.net, 2017), y por último, la inmersión del ganado para regulación de la temperatura y el consumo de agua. Mediante el pisoteo estos generan impactos como compactación del suelo que repercute en la reproducción de especies animales y la germinación de especies vegetales nativas (Medina M., 2016). Por otro lado, en las inmediaciones de la ciénaga, se ha

establecido un extenso monocultivo de palma africana, con especies como *Elaeis guineensis* y *Elaeis oleifera*, principalmente propiedad de la empresa INDUPALMA, que cuenta con una extensión aproximada de 1560,23 hectáreas. Sin embargo, esta actividad genera diversos conflictos e impactos ambientales debido al uso de agroquímicos, que terminan en descarga de lixiviados dado por la pendiente del cultivo inclinada hacia la ciénaga. Esta escorrentía ocasiona presuntamente un aumento en los niveles de nutrientes y acelera los procesos de eutrofización y contaminación del cuerpo de agua (Navarro, 2021). Mediante un permiso de concesión de aguas generado por (Corporación Autónoma Regional del Cesar, 2012) se extraen un caudal de 802 lts de agua diarios para riego durante temporada de sequía de diciembre a junio, generando posibles alteraciones en procesos ecológicos, patrones fisicoquímicos, cantidad y calidad de las condiciones naturales del ecosistema.

Los corregimientos de San Bernardo y Costilla, cercanos a la ciénaga de Sahaya, enfrentan problemas con el tratamiento de aguas residuales domésticas. En Costilla, la red de alcantarillado sanitario y la (PTAR), fueron construidos en el año 2018; Sin embargo, esta se encuentra en abandono al carecer de personal para su operación y monitoreo. En San Bernardo, solo alrededor del 50% de la población tiene acceso al sistema de alcantarillado sanitario y no existe una (PTAR). En su lugar, hay dos lagunas de oxidación en completo abandono, donde son descargadas las aguas de la población, lo que aumenta contaminantes y perturbaciones en este recurso acuático natural (Alcaldía municipal de Pelaya, 2016).

El recurso pesquero en la ciénaga se ha reducido, presuntamente debido al uso de métodos de pesca prohibidos como: trasmallos, chinchorros y uso de creolina, entre otros. El incumplimiento en tallas mínimas de captura, ha contribuido a la disminución de especies de alto valor comercial afectando la economía de la región (Pilón, 2023), provocando que muchos pescadores tradicionales migren a otras ocupaciones laborales. En 2018, mediante la (Agencia Nacional de Tierras, 2018), se autorizó la siembra de cultivos transitorios en terrenos pertenecientes a la ciénaga con el fin de regular y ordenar la explotación agrícola en el territorio. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado un aumento en la población en esta zona de cultivo, lo que genera presiones al recurso natural, una mayor expansión agrícola y usos del suelo en terrenos de la ciénaga, todos los temas descritos anteriormente

causan alteraciones en las condiciones físicas, químicas y en grupos biológicos del ecosistema.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En el contexto de la anterior discusión surge la siguiente pregunta de investigación que rige este proyecto:

¿Cómo se asocia la distribución espacial de los grupos mayores del zooplancton con las variables ambientales según una sectorización basada en las actividades antropogénicas, en la ciénaga de Sahaya – Pelaya Cesar?

3. JUSTIFICACIÓN

La ciénaga de Sahaya es un ecosistema acuático de gran importancia ecológica, económica, ambiental y social. Este ecosistema es fundamental para el bienestar de las comunidades anfibias que dependen de él, poblaciones que viven su vida asociados a la dinámica del agua y se adaptan los ciclos hidrológicos del ecosistema (Martínez-Castillo et al., 2014). Esta ciénaga proporciona bienes y servicios ecosistémicos irremplazables, como zona de amortiguación hídrica, reservorio de agua dulce, fuente de recarga de acuíferos, retención de sedimentos, fertilización de suelos, control de erosión, regulación del clima y otros como la captura de CO_2 que ayudan a mitigar el cambio climático (Jiménez-Segura et al., 2012). Adicionalmente generan bienes y servicios para la economía local de los territorios de Costilla y San Bernardo al ser su principal fuente de alimentos gracias a su activa producción pesquera, agricultura en épocas de sequía y caza, además poseen un valor histórico-cultural vinculado a tradiciones y prácticas ancestrales de las comunidades locales (Rojas et al., 2015).

Dentro de la biodiversidad de este ecosistema, se encuentra el grupo del zooplancton, el cual tiene un papel ecológico esencial al ser el eslabón intermedio en la red trófica, siendo consumidor de organismos autótrofos y a su vez alimento de organismos heterótrofos como estados larvales de peces, participando de manera fundamental en la transferencia de energía y ciclo de nutrientes, como argumenta Prieto G. & Atencio G, (2008), la mayoría de las especies acuáticas superiores en el mundo son zooplanctófagas en sus primeras etapas de vida, aunque sus hábitos alimenticios pueden cambiar en etapas adultas. Además, estas comunidades son reconocidas por su capacidad bioindicadora, lo que permite evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos, debido a que suelen ser abundantes, diversos y tolerantes a perturbaciones (García Chicote, 2015).

Evaluar el efecto y/o las relaciones que se desarrollan entre las variaciones de los factores fisicoquímicos y microbiológicos del agua en la ciénaga de Sahaya, asociado al uso antrópico y el comportamiento de esta comunidad biológica aporta elementos técnico - científicos que

permiten conocer el funcionamiento limnológico del ecosistema y tomar decisiones administrativas coherentes con las necesidades de conservación y desarrollo sostenible. Además, proporciona herramientas para diseñar estrategias de monitoreo sistemático que ayuden en la elaboración de planes, programas o estrategias que promuevan la prevención, minimización, mitigación o compensación de dichas actividades, en pro de mejorar la salud del ecosistema, facilitando la comprensión y sus desafíos en términos de sostenibilidad. Así mismo, subraya la necesidad de replantear la planificación y gestión del territorio en torno a los ecosistemas acuáticos del Cesar. Por último, este ejercicio científico busca fomentar la apropiación social del conocimiento, impulsando el uso racional y responsable de los recursos naturales, a su vez, apoya el camino hacia el cumplimiento de los objetivos de Desarrollo sostenible (ODS), en el marco de los compromisos asumidos por el país en la agenda 2030.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Analizar el comportamiento espacial de la comunidad zooplanctónica y las variables físico, químicas y microbiológicas asociados a una sectorización basada en las actividades antropogénicas, en la ciénaga de Sahaya.

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar las variables ambientales asociadas a una sectorización basada en las actividades antropogénicas en la ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.
- Caracterizar la comunidad de los grupos mayores del zooplancton asociadas a una sectorización basada en las actividades antropogénicas en la ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.
- Determinar la asociación de las caracterizaciones ambiental y biológica según una sectorización basada en las actividades antropogénicas en la ciénaga de Sahaya Pelaya – Cesar.

5. MARCO TEÓRICO

Servicios ecosistémicos de los humedales

Los humedales o ecosistemas cenagosos son emporios de biodiversidad por su oferta de bienes y prestación de servicios, tanto así que, en búsqueda de preservar, conservar y realizar un uso racional de los recursos, mediante la convención Ramsar el cual adopta el territorio colombiano desde 1998. Así mismo esta convención genera la definición del término “humedal” precisa “extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de agua, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros”(RAMSAR, 2016).

Estos ofrecen una serie de contribuciones tanto directas como indirectas que generan condiciones propicias para la producción de bienes y la provisión de servicios ecosistémicos. Los cuales se refieren a los procesos y condiciones naturales que suministran beneficios fundamentales para el bienestar de la vida humana, de esta manera, las ciénagas generan servicios ecosistémicos de aprovisionamiento, como el suministro, purificación del agua, madera, alimentos (tales como frutas, peces), así como fibras y otros recursos. También proporcionan servicios de regulación del clima, mitigación de inundaciones, la polinización y control de enfermedades, entre otros aspectos, la oferta de servicios de apoyo, como la formación del suelo, la facilitación de ciclos bioquímicos y la promoción de procesos como la fotosíntesis. Finalmente, no se debe pasar por alto el valor cultural de los humedales, que abarcan aspectos espirituales y ancestrales, así como la inspiración y la recreación que proporcionan a las comunidades humanas(Caro-Caro & Torres-Mora, 2015).

Además, las ciénagas ofrecen condiciones óptimas para las poblaciones que residen en sus cercanías, especialmente por los bienes y servicios que proporcionan, con énfasis en los aspectos culturales para las comunidades que adquieren expresiones y costumbres vinculadas a los cuerpos de agua dulce, como las ciénagas, desarrollando una cultura anfibia al

interactuar y dedicar gran parte de sus vidas a actividades como la pesca, caza, agricultura y otros oficios autóctonos del lugar(Cortés Ballén, 2018).

En Colombia, las áreas de inundación recurrente por ríos o riachuelos se conocen como "ciénagas". Estas ciénagas suelen tener una profundidad máxima de 6 metros y una altitud inferior a los 1000 metros sobre el nivel del mar. Debido a las condiciones geomorfológicas e hidrológicas, estas ciénagas están directamente conectadas con los ríos en zonas bajas o planos inundables, lo que permite la entrada de agua de forma temporal o permanente. Esto crea condiciones características, como suelos ricos en nutrientes y minerales, que favorecen el establecimiento de organismos acuáticos y la formación de comunidades y poblaciones. Además, los sistemas lenticos, como las ciénagas, desempeñan un papel vital en el medio ambiente. Tienen funciones físicas importantes, como actuar como purificadores de agua al retener material sólido y metales pesados, controlar la erosión, regular los nutrientes, servir como sumideros de carbono y proveer agua para comunidades cercanas. También son hábitats para la fauna y flora silvestre, entre otras funciones esenciales (Aguilera Díaz, 2011).

Colombia conocido por ser un país anfibio debido a su extensión aproximadamente 30.781.149 ha de humedales son ecosistemas que tiene grandes implicaciones en aspectos socioculturales y económicos de los territorios que los poseen (Jaramillo Villa et al., 2015). Los sistemas hídricos cenagosos ofrecen condiciones propicias para establecer comunidades de anfibios, reptiles, mamíferos, peces y aves que usan estos lugares para descansar y encontrar otras zonas de interés, configurándose como un entorno vital para el desarrollo de la diversidad acuática y terrestre. Por otra parte, el entorno cenagoso no solo es el cuerpo de agua sino también la zona alrededor que alberga organismos semiacuáticos que pasan algunas fases de su ciclo de vida en el agua y luego continúan en la zona seca, esta zona llamada ronda hidráulica. Por consiguiente, se precisa que los ecosistemas cenagosos se encuentran amenazados debido a actividades ejecutadas cerca a estas zonas, influyendo directamente en el equilibrio del recurso, algunas actividades son descarga de aguas residuales sin debido manejo, actividad agrícola intensiva en inmediaciones del sistema, uso de productos químicos organoclorados y organofosfatos, deforestación, construcción de infraestructura,

incendios forestales, entre otros medios de conflictos ejecutados regularmente cerca de ciénagas(Cortés Ballén, 2018).

Conexión con el río Magdalena

El río Magdalena es la principal arteria fluvial de Colombia, con 1,538 km, desde sus inicios en el departamento del Huila en la laguna la Magdalena a 3685 m.s.n.m. recorre de sur a norte todo el país llegando a su desembocadura en el mar del océano Atlántico, notable por su alta biodiversidad con el mayor número de especies endémicas del país (158), y elevada prestación de servicios ecosistémicos, además de proporcionar condiciones culturales, sociales y económicas a más del 85% de la población colombiana, se estima que más de 40.000 familias conviven y dependen del río Magdalena. En su inmenso recorrido el río y sus afluentes en sus condiciones hidrológicas generan zonas de inundación en época de aguas altas, abastece con enorme caudal ecosistemas como las ciénagas de excepcional valor ambiental. Una de ellas la ciénaga de Sahaya notable por su gran extensión de 37,89 km el cual presenta los valores más altos hidrométricos de los humedales del sur del Cesar(Ordóñez, 2020).

Zooplankton

El plancton es un conjunto diverso de microorganismos suspendidos en la columna de agua a la deriva de la corriente, fundamental en los ecosistemas. Compuesto por la parte vegetal, el fitoplancton, organismos autótrofos y base de la cadena alimentaria conformado por diferentes grupos de algas como las diatomeas, clorofitas, dinoflagelados, radiofitas, euglenoideos, cianobacterias y microalgas entre otros, La diversidad y estructura del plancton son determinantes para el equilibrio y la salud de los ecosistemas acuáticos(Instituto Humboldt – Fundación Omacha, 2015).

El zooplankton es el componente animal del plancton, compuesto por microorganismos que habitan en la columna de agua y carecen de capacidad de movimientos asociados a nadar contra corriente. Estos organismos divagan con sus cilios y flagelados en la columna de agua,

con movimientos que no impiden ser arrastrados por las corrientes. El zooplancton es heterótrofo, se alimenta selectivamente de fitoplancton y otras formas de plancton. su capacidad de captura e ingestión de alimento además de la capacidad de filtrar alimento de partículas microscópicas y transferir energía a través de la cadena trófica hacia niveles superiores de consumidores lo convierte en elementos determinantes en el funcionamiento de la red trófica. Las tasas de filtración, alimentación, fecundidad y abundancia de las especies de zooplancton están sujetas a la disponibilidad de alimento y a las condiciones del ecosistema (González et al., 2002).

En aguas dulces, el zooplancton está conformado por rotíferos y dos clases de micro crustáceos copépodos y cladóceros, estos grupos incluyen gran variedad de especies con diferentes hábitos y preferencias alimenticias, son los más grandes y complejos en términos de estructura y función, tienen una mayor capacidad de captura e ingestión de alimento provocando un mayor consumo de fitoplancton. Esto a su vez conduce a un aumento en la transferencia de energía en red trófica. Además, estos grupos de zooplancton son más abundantes y diversos en ecosistemas acuáticos continentales, como las ciénagas. Su presencia y composición son indicadores importantes de la productividad en la red trófica, y es importante conocer su abundancia, composición y diversidad, junto con los parámetros ambientales. Es importante destacar que, En los ecosistemas la riqueza y densidad de especies de zooplancton tiende a ser menor en comparación con el fitoplancton(InfoZoa, 2014).

El zooplancton es objeto de estudio para comprender su dinámica, interacciones y transferencia de energía en ecosistemas acuáticos de aguas dulces. Estos microorganismos muestran una alta capacidad de adaptación y crecimiento en aguas dulces, lo que les permite ser resiliente a los cambios de ambientales. Además, el zooplancton desempeña un papel fundamental al posicionarse como el principal depredador del fitoplancton y otras formas de plancton, y también es un recurso hidrobiológico importante como fuente de alimento y energía para especies de peces superiores en la trama trófica, el estudio del zooplancton permite caracterizar los sistemas acuáticos y proporciona información sobre el estado trófico

y la salud de los humedales. Su presencia y composición son indicadores importantes para evaluar la salud y el equilibrio de los ecosistemas acuáticos(Conde-Porcuna et al., 2004).

Grupos mayores del zooplancton.

ROTÍFEROS: son animales acuáticos microscópicos y pluricelulares que forman parte del zooplancton. Con alrededor de unas 1800 especies, son uno de los grupos más amplios. Mayormente habitan en ecosistemas acuáticos continentales, donde regularmente dominan en riqueza y abundancia de especies, se encuentran principalmente en agua dulce, tanto en ambientes lenticos como lóticos, así como en áreas terrestre húmedas como líquenes, musgos y turberas. Aunque la mayoría habita en agua dulce, existe registro de algunas especies de agua salada. Los rotíferos tienen una longitud que va desde 0,05 mm hasta 1,50 mm, con estructura compleja. Viven en la columna de agua de los ecosistemas durante su periodo de vida que suele ser de un par de semanas o menos, aunque en algunos casos puede prolongarse hasta el mes (Zoppi de Roa & Pardo, 2003).

El cuerpo de los rotíferos se compone de tres zonas principales: cabeza, tronco y pies. En la cabeza, se encuentra una estructura llamada corona que contiene cilios que realiza movimientos rotatorios. Esta corona desempeña funciones tanto en la alimentación como en la locomoción, generando corrientes de agua que facilita la captura de alimento. El tronco puede tener forma alargada o de saco y en su interior se ubica el tubo digestivo, que incluye una faringe muscular llamada mastax. Dentro del mastax se encuentran las piezas mandibulares, conocidas como trofi o trofia, que participan en el proceso de alimentación. Además, el trofi es fundamental en el reconocimiento e identificación a nivel de familia, género o especie. La parte posterior del cuerpo es el pie denominado ventral o cola postanal, y está compuesta por anillos cuticulares, cuya función del pie y los dedos es ayudar a la fijación del sustrato. La alimentación de los rotíferos es muy variada, al alimentarse de diminutas partículas en suspensión de detritos orgánicos, bacterias, fitoplancton, invertebrados y materia orgánica predominan en ambientes eutróficos, también mediante la depredación activa y por acecho de otros organismos(Zoppi de Roa & Pardo, 2003).

- a) Espinas anteriores
- b) Abertura bucal
- c) Cabeza
- d) Tronco
- e) Antena lateral
- f) Abertura del pie
- g) Pie
- h) dedos
- i) Espinas posteriores

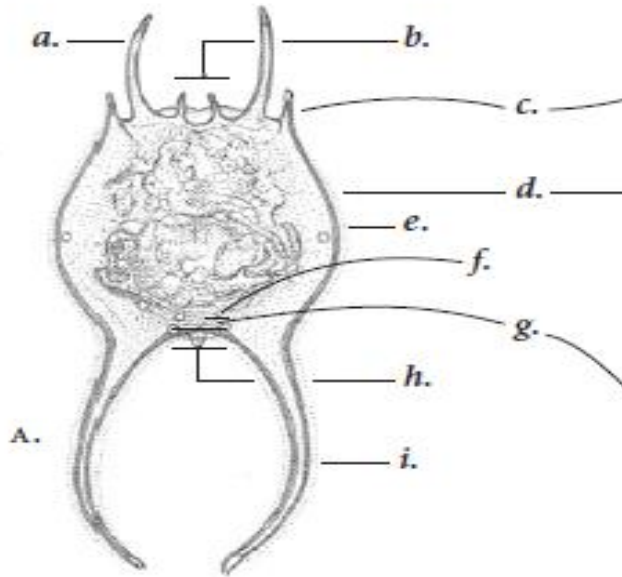


Figura 1. *Brachionus falcatus* (clase Monogononta), forma loricada; (Zoppi de Roa & Pardo, 2003).

En cuanto a la reproducción de los rotíferos varía según la clase a la que pertenecen. En el caso de los monogonontos, presentan diferentes estrategias de reproducción, entre las que se encuentra la partenogénesis cíclica, que involucra tanto una reproducción sexual como asexual. Durante la reproducción asexual, solo participan las hembras, y se producen huevos diploides, lo que resulta en una reproducción clonal. En la reproducción sexual, se producen hembras míticas, llamadas de esta forma por producir huevos haploides a través de la meiosis. Estos huevos dan origen a los machos, quienes inician el proceso de reproducción sexual. La fertilización ocurre en las etapas tempranas de vida de las hembras (Rojo-Cebreros et al., 2012).

Los rotíferos son organismos ampliamente distribuidos en diferentes entornos acuáticos, dulceacuícolas y algunas especies habitan en aguas salobres o saladas. Este grupo ha desarrollado estrategias de adaptación que les permite habitar en muchos ambientes acuáticos. Son capaces de tolerar altas concentraciones de nutrientes, cambios en el pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura, entre otros factores ambientales. En comparación con los cladóceros y copépodos, los rotíferos son organismos que tienen una estructura más compleja y pueden alcanzar un tamaño más grande. Algunas especies de rotíferos, como

Brachionus plicatilis y *Keratella cochlearis*, su capacidad de adaptación, abundancia y su presencia en ecosistemas acuáticos continentales los convierte en organismos comunes e importantes en los ecosistemas (López, 1993).

CLADÓCEROS:

Los cladóceros, cuyo nombre proviene del latín *cladocerus* gr. κλάδος *kládos* significa “rama” y κέρας *kéras* “cuerno”, Estos microorganismos de pequeño tamaño que oscila entre 0,5 y 3,0 mm. viven mayoritariamente en agua dulce y están presentes en variedad de ecosistemas acuáticos del mundo, como lagos, lagunas, humedales, turberas y algunas especies en el océano. Pertenecen al orden Anomopoda, suborden crustáceos braquiópodos, se estima que existen alrededor de unas 400 especies de agua dulce y aproximadamente 9 especies de agua salada. Son comúnmente conocidos como pulgas de agua debido a su capacidad de moverse a saltos sobre la superficie del agua, utilizando sus largas antenas birrámeas o natatorias. Estos organismos son fascinantes en su forma de vida y adaptación al medio acuático. Los cladóceros en cuanto a su morfología varían según la especie, aunque comparten características generales similares (Ramírez, 1981).

Morfología

Los cladóceros presentan una serie de características distintivas, en primer lugar, poseen un caparazón quitinoso que protege todos sus órganos y deja libre únicamente la cabeza. Su cuerpo se divide en dos partes, una de ellas la región cefálica, que incluye un yelmo con estructuras defensivas específicas de cada especie. En esta región también se encuentran órganos vitales sensitivos a la luz como el ojo naupliar y en algunas especies el ocelo, parte del sistema nervioso y funciones locomotoras y sensoriales. La alimentación se lleva a cabo mediante estructuras flexibles, como el labro, que protege los apéndices bucales encargados de la masticación y transporte de alimento en compañía con la mandíbula y maxílulas (Sala et al., 2015).

Los cladóceros poseen dos pares de antenas. El primer par es pequeño y tiene una función sensorial. El segundo par de antenas es bifurcado y se utiliza para nadar. Estas segundas antenas se encuentran insertadas en los lados de la cabeza, cubiertas por las fornices que recubren la inserción. En la región postcefálica posee un caparazón quitinoso encargado de proteger y contener órganos vitales como los intestinos, la cámara incubadora, el corazón, sistema nervioso y sistema reproductor y el ano se ubica en extremo o en el dorso del postabdomen (Sala et al., 2015). La reproducción es mediante las hembras que poseen una cámara incubadora en donde se produce la fecundación por partenogénesis, las hembras partenogenéticas producen crías de ambos sexos y puede durar largos periodos de tiempo en ese proceso, la reproducción sexual se realiza ocasionalmente; además de poseer enanismo en algunos machos (Sala et al., 2015).

En cuanto a su alimentación se basa principalmente en fitoplancton y bacterias al flotar en el agua, algunas especies excavan y bajan al fondo para alimentarse de materia orgánica del sedimento, la mayoría de las especies son pelágicas, pero también hay algunas bentónicas, incluyendo aquellas que excavan en el fondo. Las especies planctónicas se alimentan por filtración de partículas suspendidas en el agua, prefieren ambientes oligotróficos, pero algunas especies se adaptan a ambientes eutróficos (Rodríguez-Estrada et al., 2003).

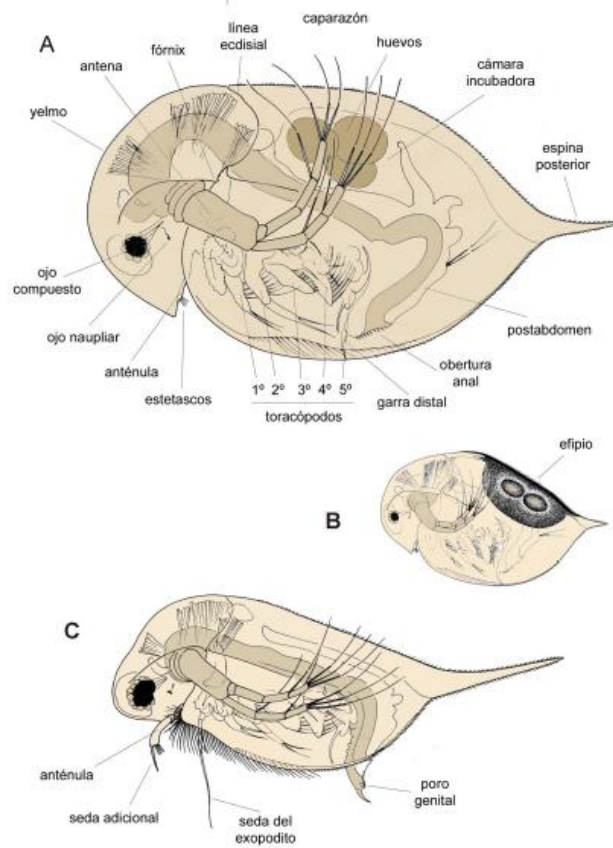


Figura 2. Branchiopoda; orden: ANOMOPODA; (Sala et al., 2015).

Nota: Morfología general de un Anomopoda

- A. Hembra partenogénica
- B. Hembra gametogénica
- C. Macho

Dibujos: Miguel Alfonso y Damiá Jaume/ vol. 7

Serie Fauna Ibérica (MNCN-CSIC).

COPÉPODOS:

El nombre "copépodos" proviene del griego, "cope" que significa remo, y "poda" que significa pata, pertenecen al filo de los Arthropoda, subfilo crustáceo; microcrustáceos ciclopoideos de la clase Maxillopoda y la subclase Copépoda. Son considerados los metazoos más abundantes en los sistemas acuáticos, con alrededor de 11.500 especies en el entorno marino y unas 2.500 especies en aguas continentales (Gaviria & Aranguren, 2007). Los copépodos contribuyen significativamente representando más del 50% de la biomasa del zooplancton en los océanos y aproximadamente el 96% en ecosistemas acuáticos continentales. Los pequeños crustáceos habitan en una amplia variedad de ambientes acuáticos y semiacuáticos, como suelos húmedos forestales, musgos, ciénagas, ríos, estanques, embalses, lagos, charcos y aguas subterráneas (Merayo & González, 2010):

Los copépodos representan gran importancia en la ecología de las aguas, manejan gran cantidad de estadios, viven en la columna de agua. Se mueven a impulsos, golpeando al mismo tiempo los cinco pares de patas delanteras, viven en comunidad con cladóceros y ostrácodos, susceptibles a ser depredados por una gran variedad de animales mayores, su tamaño oscila entre 0,5 mm a 3 mm de longitud en general, aunque en algunos casos las hembras pueden poseer mayor tamaño de 4 a 6 mm (Miracle, 2015). Los copépodos son crustáceos de pequeño tamaño, caracterizados por su morfología segmentada. Su cuerpo está compuesto por múltiples divisiones en su estructura como "anillos" articulados entre sí, conocidas como somitos, los cuales se fusionan para formar las diferentes regiones corporales o tagmas. En cuanto a la conformación del cuerpo de los copépodos, se pueden distinguir tres zonas principales compuestas por 16 somitos. Estas zonas pueden distinguirse 3 tagmas conformado por somitos estas son: el cefalosoma, formado por 6 somitos; el metasoma, compuesto por 4 o 5 somitos; y el urosoma, que consta de 2 a 5 somitos(Ramírez, 1981b).

El **cefalotórax** tiene forma cilíndrica y su longitud varía. Está compuesto por cinco somitos cefálicos y dos somitos torácicos fusionados. En algunas especies, el segundo somito torácico puede estar parcialmente fusionado. Los primeros cinco somitos corresponden al cefalosoma e incluyen dos pares de antenas, un par de mandíbulas, un par de maxílulas y un par de

maxilas. Los somitos torácicos posteriores llevan los maxilípedos en el primero y el segundo somito el primer par de patas natatorio(Gaviria & Aranguren-Riaño, 2019).

Los copépodos presentan anténulas simétricas de gran tamaño. En los poecilostomátidos, los maxilípedos muestran un dimorfismo sexual, ya que los machos utilizan las antenas geniculados para doblarse y abrazar a la hembra y transferirle el espermatóforo, aunque esto solo ocurre en ciertas especies. En los ciclopoidos, los maxilípedos son iguales en ambos sexos y desempeñan funciones locomotoras que son generadas a través del movimiento de las anténulas, que son bastantes desarrolladas en la mayoría de los grupos, también cumplen funciones locomotoras, alimenticias y sensoriales, aunque estas funciones pueden variar según el modo de vida que lleven las especies, ya sea planctónicas, bentónicas, intersticiales, comensales o parásitas. En el rostro presentan un ojo único naupliar en el centro de la región frontal, este único ojo es característico de los copépodos y los ayuda a guiarse hacia la luz, además, debido a su único ojo proporciona el nombre de “ciclopoides” y género *Cyclops*(Gaviria & Aranguren-Riaño, 2019).

Urosoma: es la parte inferior del cuerpo de los copépodos, y está conformado por el sexto somito torácico. En esta región, se encuentra el quinto par de patas, que desempeñan funciones locomotoras y sensoriales. Además, el somito genital, que es el siguiente en la secuencia, está compuesto por el sexto par de patas, las cuales son rudimentarias. El urosoma tienen una función reproductiva específica y una segmentación distinta entre sexos. En las hembras contiene una o dos somitos menos que en los machos, pues estos somitos se fusionan y forman un doble genital en las hembras(Gaviria & Aranguren-Riaño, 2019).

Alimentación: los copépodos mayoritariamente son consumidores de microalgas, excelentes filtradores de micropartículas y predadores de microorganismos a su vez, se alimentan de diatomeas, aunque también consumen cianobacterias, protozoos y clorofitas(Merayo & González, 2010).

Reproducción

En los copépodos planctónicos, se lleva a cabo la reproducción de manera sexuada. Los machos tienen un tamaño inferior al de las hembras y presentan modificaciones en sus patas que les permiten sujetar a la hembra durante el proceso de apareamiento. Las hembras llevan pronunciadas bolsas de huevos a un costado de su cuerpo. En el desarrollo de la vida de los copépodos planctónicos es indirecto y pasa por siete etapas de desarrollo bien diferenciadas, que incluyen nauplios, copepoditos y adultos (Merayo & González, 2010).

Los copépodos son organismos que presentan una estructura más simple en comparación con los rotíferos y cladóceros. Sin embargo, son altamente abundantes en diversos sistemas acuáticos. Estos organismos tienen la capacidad de adaptarse de manera oportuna a diferentes entornos y ecosistemas, ya sean de agua dulce, salada o salobre. Incluso se pueden encontrar en aguas antárticas y están presentes en todos los océanos del mundo. Así mismo, Los copépodos poseen una notable tolerancia a la salinidad, temperatura y otros parámetros ambientales, lo que les permite adaptarse a una amplia variedad de ecosistemas. Además, su capacidad de dejar huellas fósiles evidencia su importancia en la historia de la vida en la Tierra. Es importante destacar que algunos copépodos son parásitos que se adhieren a otros organismos. Esta adaptabilidad y diversidad de los copépodos los convierte en una parte fundamental de los ecosistemas acuáticos (Miracle, 2015).

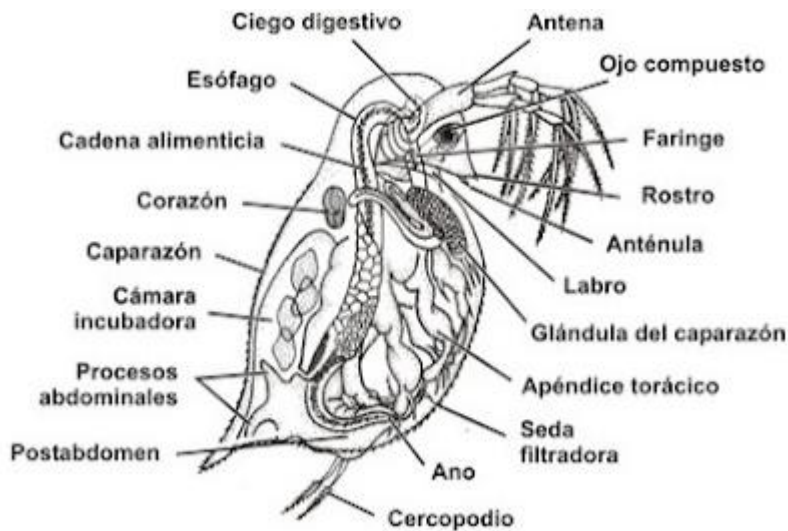


Figura 3. Clase Braquiópodos. Orden Cladóceros; (Manzanares, 2011).

6. MARCO LEGAL

En Colombia se establece una normatividad ampliamente constituida que, reconoce, protege y salvaguarda en torno a la protección de los recursos y servicios que ofrecen los ecosistemas como las ciénagas o humedales para la conservación hidrobiológica, ambiental, económica, recreativa y turística de las regiones.

La normatividad vigente entorno a humedales o ciénagas como Sahaya inicia desde **El código de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente Decreto- Ley 2811 de (1974)**. En Colombia establece que el medio ambiente como patrimonio común, responsabilidad del estado y todas las personas, garantiza la participación del estado y las comunidades en la preservación y manejo para el beneficio y satisfacción público y social, así define alteraciones nocivas del flujo natural de aguas y la disminución de especies y establece la protección de sitios como fuentes de agua contra la descarga de residuos sólidos, según lo dispuesto por la ley, entre otras disposiciones decreto 2811 (1974), durante los años siguientes surgieron nuevos decretos afianzando normativas como el Decreto 1541 de (1978), reglamenta aspectos claves del manejo de recurso hídrico en aguas no marítimas, se enfoca en el dominio, regulación, restricciones y limitaciones del agua, así como el régimen aplicable a ciertas categorías. Además, establece condiciones para la construcción de obras

hidráulicas y la conservación y uso de cauces, incluyendo sanciones para proteger el recurso hídrico en beneficio del desarrollo humano, económico y social decreto 1541 (1978), luego en 1991 generando un gran paso en las leyes colombianas se crea la **Constitución política de Colombia**, (1991). Ley máxima y suprema del país, aún vigente, establece que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, garantizar la participación de la comunidad en decisiones que puedan afectar su entorno, proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar áreas importantes ecológicamente, fomentando la educación para lograr estos fines entre otras disposiciones constitución política de Colombia (1991).

Dos años después en (1993) aparece la **Ley 99** la cual crea el ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible para garantizar la conservación, protección, uso, regulación y aprovechamiento de los recursos naturales, asegurando el desarrollo sostenible y un medio ambiente sano, protección del patrimonio natural. Así mismo se crean las corporaciones autónomas regionales con el fin de continuar el proceso de protección a los recursos naturales y hacer un uso sostenible de estos, menciona que la biodiversidad debe ser protegida por ser patrimonio de la humanidad y aprovechada a través de la sostenibilidad. De igual manera, establece la conservación, preservación, uso y manejo del medio ambiente y de los recursos en zonas marinas y costeras, designa entidades encargadas de investigación y manejo de recursos acuáticos con especial importancia regular la conservación y manejo de ciénagas, pantanos, lagos, lagunas y demás ecosistemas hídricos continentales entre otras disposiciones especiales. Un año después se adopta el “convenio de la diversidad biológica” realizado en Rio de Janeiro 5 de junio de 1992, mediante la **ley 165 de** (1994) en el cual se afirma que la diversidad biológica es plenamente de interés y de total conservación de la humanidad y reafirma fomentar la cooperación de los estados nacionales en los entes gubernamentales para la conservación y preservación. Luego, la **ley 357** (1997) en la cual se dio aprobación a la “convención relativa de los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas” suscrita a la convención Ramsar (1971), posteriormente Principio del formulario el 18 octubre de 1998 entró en vigor en Colombia la **Convención sobre los humedales de importancia internacional principalmente como hábitat de aves acuáticas (Ramsar 1971)**: El cual promueve acciones nacionales para la conservación, gestión y uso

racional de los humedales y recursos de flora y fauna presentes, como las aves acuáticas; el principal objetivo es crear y mantener una red de humedales para la conservación de la diversidad biológica mundial y el mantenimiento de estos para la preservación de los componentes, procesos y beneficios/servicios de sus ecosistemas para las generaciones futuras(RAMSAR, 2005).

En 2001, se crea la política nacional de humedales interiores de Colombia (2001), con el fin de conservar y racionalizar los recursos naturales en Colombia, obtener beneficios ecológicos, económicos, sociales y culturales para el desarrollo nacional, enfocado en preservar, conservar el uso sostenible y rehabilitación de los humedales como entornos naturales de diversidad biológica. Luego en 2004, se crea la Resolución 0157 de (2004) que reglamenta el uso sostenible de los humedales teniendo en cuenta aspecto de la convención Ramsar (1971), estableciendo categorías a los humedales, de igual forma determina otras designaciones como planes de manejo ambiental de prioridad en diferentes jurisdicciones, zonificación ambiental de los humedales, régimen de uso, ecosistemas comunes, plazos, aprobación del plan de manejo y la selección y aprobación de humedales de importancia internacional entre otros aspectos(RAMSAR, 2005).

La Resolución 196 de (2006) establece la guía técnica para la formulación o actualización de los planes de manejo para los humedales en Colombia, todo esto establecido mediante las autoridades ambientales pertenecientes a los territorios donde se encuentre el humedal de igual modo la delimitación de estos.

Posteriormente en la normativa en torno a humedales en 2010 la ley 1382 de (2006) se limitan obras o trabajos sobre la extracción, exploración, producción de actividades mineras en zonas declaradas y delimitadas por la normatividad tales como zonas de reserva forestal, ecosistemas de páramo y los humedales de la Convención Ramsar. Con el fin de fortalecer la normativa en torno a humedales se expide el **Decreto 1640 de 2012**, como instrumento para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos con otras disposiciones,

para el ordenamiento de las cuencas se hará teniendo en cuenta la conservación de áreas de importancia económica, y prelación de protección de humedales (2012).

En este apartado se da a conocer la normatividad que se ha expedido y hoy por hoy, rige la ciénaga de Sahaya conforme a concesiones y autorizaciones acerca de uso y/o protección del recurso hídrico mediante normatividad como en la **Resolución 0720 de 2012** en la que se otorga el beneficio ambiental de aprovechamiento de aguas en la ciénaga de Sahaya a la empresa INDUPALMA, autoriza la licencia para la concesión de aguas mediante captación de aprox. 802 litros por segundo, la ocupación del cauce de la ciénaga por la realización de obras de bocatoma dentro del recurso por un término de diez años Resolución 0720 (2012). posteriormente en proceso administrativo mediante la **resolución 536 de 2012**: otorga “deslindar y delimitar” los terrenos que conforman los playones comunales de la ciénaga de Sahaya, los playones y sabanas son propiedad del estado colombiano y es deber respetar y conservar el recurso hídrico por medio se realiza este procedimiento resolución 536 (2012).

Mediante la **Ley 1753 de 2015** se expide el plan nacional de desarrollo 2014-2018 en el que se estipula protección para humedales en desarrollo de actividades de alto impacto con perjuicio con base en estudios técnicos, socioeconómicos y ambientales ley 1753 (2015). En el **acuerdo 011** de mayo 25 de 2017, adopta el plan de manejo ambiental de los humedales menores del sur del departamento del Cesar en los municipios de Aguachica, Gamarra, La Gloria, Pelaya, San Martín y Tamalameque, localizados en jurisdicción administrativa de Corpocesar acuerdo 011 (2017), mediante la **resolución 589 de 2018** se reglamenta el uso y manejo de la sabana comunal del corregimiento de Costilla, municipio de Pelaya, Cesar para uso de la comunidad en la siembra de cultivos transitorios cerca de la ciénaga de Sahaya Agencia nacional de tierras (2018). En la **Resolución 0272 2020** se autoriza a industria agraria la palma LIDA – INDUPALMA LIMITADA EN LIQUIDACIÓN, la modificación de la resolución No 720 de fecha 17 de julio de 2012, en lo que concierne a la ampliación del periodo anual de aprovechamiento del recurso hídrico, ampliándolo en 4 meses manteniendo el mismo caudal de 802 litros por segundo resolución 0272 (2020).

Los objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) establecidos en 2015, representan un llamado para mejorar la calidad de vida, a través de 17 objetivos en busca erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente y promover el bienestar general, con un horizonte de 15 años para lograr avances significativos. Su enfoque es satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y oportunidades de las generaciones futuras. Dentro de los ODS relacionados con el recurso hídrico, destacan el ODS 6, que busca garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento; el ODS 8, que promueve trabajo decente y crecimiento económico; el ODS 15, que se enfoca en la vida de los ecosistemas terrestres; y el ODS 11, ciudades y comunidades sostenibles, ODS 13 acción por el clima (NACIONES UNIDAS, 2015).

7. ESTADO DEL ARTE

En las últimas décadas, a nivel mundial se ha reconocido un avance y la importancia ecológica de los ecosistemas cenagosos y el papel crucial de las comunidades hidrobiológicas que allí coexisten. En Colombia, los estudios de Limnología encaminados a investigaciones sobre el zooplancton, iniciados en 1950 por Joaquín Molano Campuzano, se intensificaron a partir de 1970, sirvieron como base para el desarrollo de la disciplina en el país. En 1978, se evidencian registros incipientes de investigaciones por Alvarado & Pinilla sobre zooplancton en el lago de la Tota, marcando un comienzo de estudios sobre este grupo de microorganismos en Colombia. (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008). internamente, las comunidades zooplanctónicas ha tomado relevancia como soporte en la estimación de la calidad del agua en cuerpos lenticos.

Cabral et al. (2020) en Brasil, con el objetivo de indagar sobre la composición de la comunidad de zooplancton en 180 lagos poco profundos del noreste de Brasil, clasificándolos según el bioma (Bosque Atlántico o Caatinga), el origen del ecosistema (lagos naturales o artificiales) y el hábitat (pelágico o litoral). Proporcionaron una lista actualizada de especies de zooplancton, identificando 227 especies en total (137 Rotífera, 65 Cladóceras, 25 Copépoda). Las especies más prevalentes en todos los lagos fueron el cladóceros

Ceriodaphnia cornuta, los rotíferos *Brachionus havanaensis* y *Lecane bulla*, y el copépodo *Termocyclops decipiens*. Las especies asociadas con la vegetación acuática fueron más frecuentes en Mata Atlántica y en lagos naturales. Aunque ambos biomas mostraron una riqueza de especies similar, presentaron composiciones comunitarias distintas para todos los grupos de zooplancton, destacando la importancia de Caatinga para la biodiversidad acuática brasileña. El hábitat fue el factor más influyente en la riqueza de especies, con una mayor diversidad en la región litoral en comparación con la pelágica.

En la Patagonia chilena, Norambuena et al. (2022) Icalma y Llanquihue con cuatro replicas por lago. Analizaron las muestras de agua en relación con sus características físicas, químicas y las comunidades zooplanctónicas. Su enfoque radicó en la presencia de *Daphnia pulex*, un crustáceo crucial en la transferencia de energía en la trama trófica. Los resultados revelaron que el lago Llanquihue exhibió niveles más altos de fósforo total, nitrógeno, cobre, hierro, manganeso, sólidos disueltos totales (TDS) y conductividad (CE) en comparación con el lago Icalma. Además, observaron una significativa reducción en las variables ecológicas debido al fósforo total y las otras variables en Llanquihue, lo que provocó cambios en la dominancia de especies en la comunidad de zooplancton, indicando un grado de impacto antropogénico.

A nivel nacional, en 2005, en el departamento del Atlántico, Colombia, se llevó a cabo una simulación experimental en estques artificiales ubicados en una estación piscícola, expuestos a ráfagas de vientos naturales 4 a 8 m/s. El objetivo del estudio fue determinar el movimiento del agua causado por el viento y, con base en ello, explicar el comportamiento de la distribución horizontal del zooplancton en ecosistemas lenticos. La comunidad de rotíferos estuvo dominada por los géneros *Brachionus*, *Keratella* y *Polyarthra*, lo cual fue consistente con las variables físicas y químicas registradas. El análisis mostro que la dirección del viento es un factor determinante para los patrones de dispersión en los ecosistemas. (Gutiérrez Moreno et al., 2005).

Los estudios que relacionan la comunidad de zooplancton como indicadores de calidad del agua en cuerpos lenticos varían, entre ellos, Guevara et al. (2009) estudiaron la distribución

estacional del zooplancton y los parámetros físicos y químicos en el Embalse del Prado (Tolima, Colombia) durante un ciclo hidrológico completo (febrero de 2000 a enero de 2001). Identificaron patrones estacionales y exploró las relaciones bióticas y abióticas. En su metodología, realizaron recolecciones de zooplancton mensual en la superficie y a 1 metro de profundidad en estaciones estratégicas. En resultados los cladóceros fueron dominantes (48,1%), seguidos por copépoda (32,7%), rotífera (19,1%) y larvas de díptera (0,01%). *Bosmina longirostris* destacó entre los cladóceros con un 69,8% de abundancia. En cuanto a los rotífera, *Brachionus falcatus* fue la especie más abundante (23%). El embalse mantuvo un estado trófico eutrófico, con homogeneidad en las condiciones físicas y químicas tanto espacial como temporal.

Jaramillo-Londoño & Aguirre-Ramírez (2012) analizaron la variación del plancton (fitoplancton y zooplancton) durante la temporada de niveles más bajos de agua en la Ciénaga de Ayapel. Con el objetivo de recopilar muestras integradas en seis estaciones de muestreo durante siete días consecutivos. La ciénaga se caracterizó como un sistema de aguas suaves, alcalinas, turbias, baja profundidad. Con variaciones espaciales y una homogeneidad temporal significativa en sus variables físicas, químicas y biológicas. Ambos conjuntos mostraron homogeneidad temporal y diferencias en el ámbito espacial. Las cianobacterias representaron el 70% de la densidad total del fitoplancton, especialmente *Cylindropermopsis raciborskii* y *Planktolyngbya limnetica*, mientras que el zooplancton estuvo dominado por nauplios y rotíferos del género *Brachionus*.

Gallo-Sánchez et al. (2017) examinaron la estructura y variación temporal de la densidad del zooplancton en la laguna Parque Norte, Medellín, Colombia, con el objetivo de identificar las variables ambientales relacionadas. Entre mayo de 1999 y febrero del 2000, realizaron muestreos semanales de zooplancton y mensuales de las variables ambientales. La comunidad zooplanctónica estuvo mayormente compuesta por tres especies: el copépodo calanoide *Arctodiaptomus dorsalis*, el rotífero *Brachionus plicatilis* y el branquiópodo cladóceros *Moina macrophtalma*. *A. dorsalis* fue la especie más abundante, aunque los valores de dominancia fueron bajos. La dinámica temporal de los estadios de la comunidad

zooplanctónica mostró mayor variabilidad, especialmente en las clases de edad de *M. macrophtalma* y los copepoditos I a V. La densidad variaba según el aumento o disminución de *Botryococcus braunii*, la ocupación de nichos diferentes mitigó la competencia entre especies.

Por otra parte, Criales-Hernández et al. (2023) estudiaron las variaciones temporales del zooplancton de agua dulce en la ciénaga de Paredes entre 2013 y 2014, con el objetivo de analizar la composición, estructura y diversidad de la comunidad, y su relación con las variables ambientales. El estudio mostró un bajo valor de estrés (0,073) a través del análisis de escalamiento multidimensional no métrico, y las variables significativas fueron transparencia, profundidad y conductividad. Los rotíferos fueron el más representativo, quizás por su tolerancia a las fluctuaciones en la columna de agua. *Keratella americana* y *Lecane proiecta* fueron las más abundantes, se identificó quince nuevas especies para el departamento de Santander. La diversidad específica disminuyó en comparación con estudio previos, indicando posibles cambios en las características físicoquímicas del agua.

A nivel regional en (2012) Rangel-ch realizó el estudio en las ciénagas del departamento del Cesar: Zapatosa y ciénagas del sur, biodiversidad y conservación, muestra la importancia ecológica, ambiental y socioeconómica de la ciénaga de la Zapatosa con influencia de río Cesar y el río Magdalena y los humedales menores (Costilla/Sahaya, El Congo, Baquero, Juncal, Doña María, La Musanda) influenciadas por el río Lebrija y el río Magdalena, el estudio clasifica las ciénagas según la conectividad con los ríos o sistemas cerrados y analiza la estructura geológica e hidrológica, así como los procesos de formación de estas, Además, destaca la biodiversidad de flora, fauna y comunidades acuáticas (fitoplancton, zooplancton entre otras), resaltando el papel de los servicios ecosistémicos que presta como regulación del clima, recarga de acuíferos, prevención de inundaciones, pesca y agricultura. También aborda amenazas de la intervención humana como la contaminación y el cambio climático.

En (2014), ONF Andina y la corporación autónoma regional del Cesar realizaron el plan de manejo ambiental de los humedales menores del sur del departamento del Cesar, para las

ciénagas de Baquero y Juncal (Gamarra), El Congo (San Martín), Doña María y Musanda (Aguachica), Morales (La Gloria) y Costilla/Sahaya (Pelaya)., con el objetivo de construir y concertar un manejo adecuado, planificado e integral de los humedales en aras de minimizar los factores que perturban los ecosistemas cenagosos, en el estudio se caracterizaron las aguas naturales entorno a variables fisicoquímicas, así mismo, se caracterizaron las comunidades hidrobiológicas macroinvertebrados, perifiton, fitoplancton, zooplancton e ictioplancton, a su vez se llevó a cabo ordenamiento pesquero en el corregimiento de costilla realizando pacto social por la pesca y así realizaron socializaciones en aras de fortalecer e implementar medidas de recuperación y manejo sostenible del recurso acuático en el departamento.

Por otra parte, Hernández et al. (2016) estudiaron los macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga de Sahaya y en tres afluentes durante 2013, el objetivo de caracterizar las comunidades de macroinvertebrados en la ciénaga de Sahaya y en tres de sus afluentes en 2013, el estudio mostró que la estructura de los organismos fue diferentes en los puntos muestreados en la ciénaga y en los caños asociados, las asociaciones de macroinvertebrados en cuanto a familias fue Caenidae, Naididae y Chironomidae a las variables ambientales, demuestra el uso de macroinvertebrados como indicadores ambientales.

En 2023, (Uribe & Orozco, 2023), en su trabajo de grado, realizaron la evaluación de la calidad del agua a través del índice de calidad ecológica y la estructura del fitoplancton de la ciénaga de Sahaya Pelaya-Cesar, con el objetivo de evaluar la calidad ecológica a través del índice ICE y la estructura del fitoplancton, el estudio mostró la calidad ecológica con valores por debajo de 1, lo cual no genera un estado óptimo para los grupos de fitoplancton evaluados, mostrando baja diversidad ecológica del fitoplancton. Además, destacan la necesidad de gestión en el ecosistema por la influencia de actividades locales en las variables fisicoquímicas sugieren que la ciénaga experimenta variabilidad en la calidad del agua y la influencia de factores como la contaminación y la geología local.

8. METODOLOGIA

8.1 Área de estudio:

La ciénaga de Sahaya hace parte del complejo cenagoso del sur del Cesar, asociado a la dinámica hídrica del río Magdalena, se encuentra situada sobre el margen derecho de éste y pertenece a la jurisdicción del municipio de Pelaya, departamento del Cesar, al nordeste de Colombia. Este ecosistema acuático se destaca por su extenso espejo de agua dulce, localizado en coordenadas Norte $8^{\circ} 42' 55,49''$ Oeste $73^{\circ} 46' 55,65''$ con un área aproximada es $31,4 \text{ km}^2$ y perímetro medio de $37,89 \text{ km}$, el clima de la zona es seco, con temperaturas promedio que oscilan entre 17°C Y 24°C . la altitud mínima de la ciénaga es de 50 m.s.n.m y sus alrededores están conformados principalmente por los corregimientos de Costilla y San Bernardo. El régimen hidrológico típico de lluvias se presenta en dos periodos lluviosos en los meses de abril a junio y agosto a noviembre y un periodo seco que comprende los meses de diciembre a marzo, su abastecimiento de aguas es pluvial (escorrentía), drenajes naturales y cuenca tributaria principalmente del caño San Bernardino, que conecta con el río Magdalena. También recibe aportes hídricos de los caños San Juan, Hato viejo, Sucio, Orisco, y la quebrada raíces desde oriente. Se estima que su profundidad promedio es de aproximadamente $1,80 \text{ m}$ y abarca terrenos de los municipios de Tamalameque, Pelaya y La Gloria Resolución 0720 (2012).

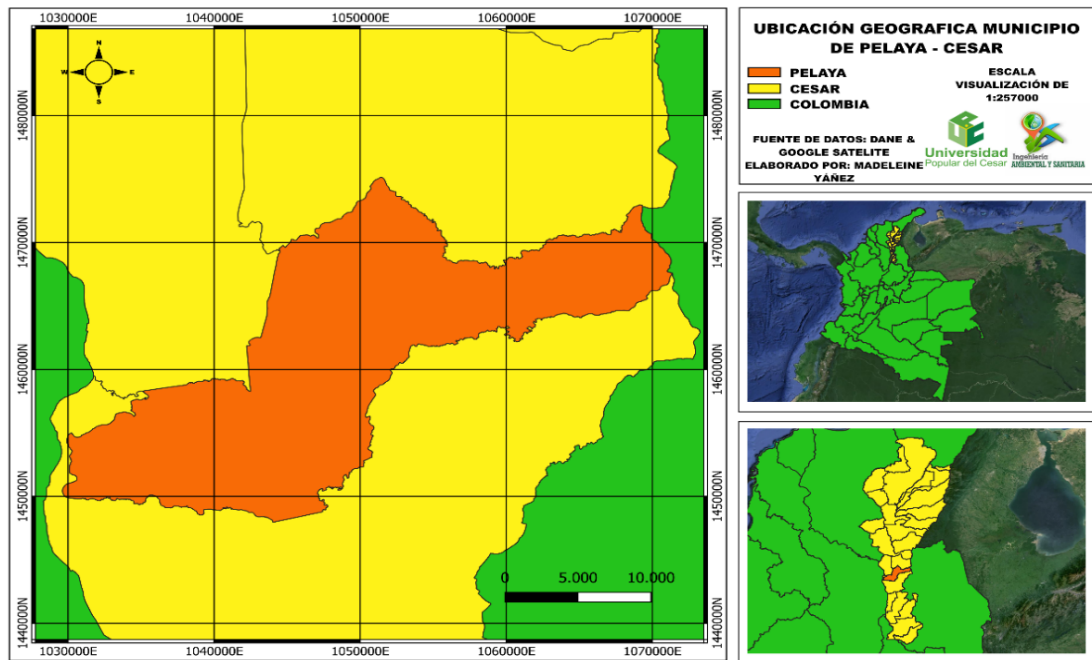


Figura 4. Localización geográfica de la Ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.

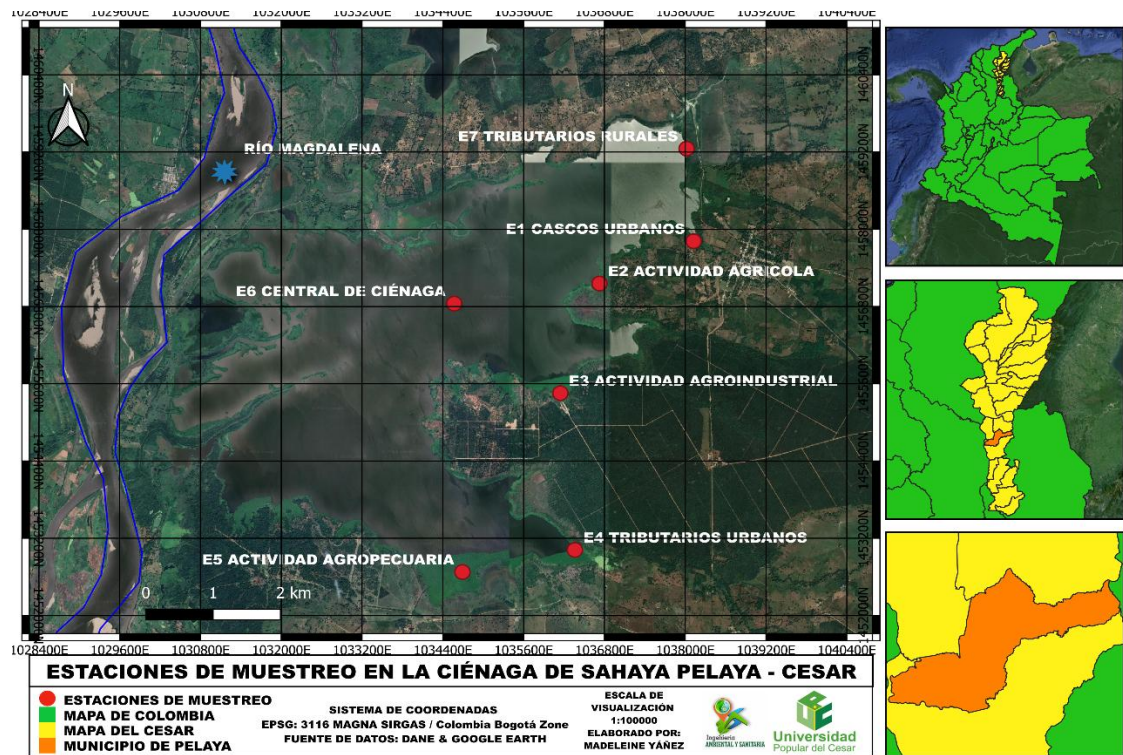


Figura 5. Localización de las estaciones de muestreo en la Ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar.

8.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

8.2.1 Tipo de estudio

El tipo de investigación que se realizó en el desarrollo de este proyecto es de tipo descriptivo-exploratorio con métodos cuantitativos y correlacionales. Se busca describir y explorar los fenómenos (distribución espacial de la comunidad, caracterización ambiental y biológica) y sus asociaciones.

8.2.2 Población

En el presente trabajo la población objetivo de estudio son los grupos mayores de la comunidad zooplanctónica en la ciénaga de Sahaya – Pelaya Cesar.

8.2.3 Muestra del estudio

Corresponde al número de muestras tomadas de zooplancton, variables físicas, químicas y microbiológicas de manera in situ en las 7 estaciones de muestreo seleccionadas y de manera ex situ, para posterior análisis en el laboratorio.

8.2.4 Técnicas de muestreos

En la presente investigación se utilizaron las siguientes técnicas y herramientas para la recolección de información:

- Técnicas de observación directa: Se realizaron observaciones in situ para registrar las condiciones ambientales y la presencia de especies.
- Recolección de muestras: Se tomaron muestras de agua, sedimentos y organismos zooplanctónicos para su posterior análisis.
- Medición de parámetros: Se midió parámetros ambientales como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbiedad entre otros.

- Revisión sistemática de información secundaria: Se revisaron fuentes bibliográficas como artículos científicos, libros, informes técnicos y páginas oficiales gubernamentales y no gubernamentales.
- Conversaciones con pobladores de la zona: Se realizaron entrevistas con líderes y habitantes locales de la zona para obtener información adicional y contextual sobre la zona de estudio.

8.2.5 Selección y ubicación de estaciones de muestreo

Previo al muestreo se realizaron dos salidas de reconocimiento en el corregimiento de Costilla y San Bernardo, para identificar zonas de accesibilidad, características aparentes del agua, vegetación, y sitios estratégicos de las poblaciones, además de dialogar con los locales para considerar sus opiniones. En este ejercicio se identificaron los diferentes sectores según las actividades antrópicas que se desarrollan en torno al ecosistema acuático. Con base en esta información se diseñó una red de siete estaciones de muestreo distribuidos en el espejo de agua de la ciénaga y procurando cubrir toda el área de influencia Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas de las estaciones de muestreo en la ciénaga de Sahaya, Pelaya - Cesar

ESTACIÓN	NORTE	OESTE
E1 cascos urbanos	8°44'8.8"	73°43'51.7"
E2 actividad agrícola	8°43'47.5"	73°44'37.4"
E3 actividad agroindustria	8°42'52.1"	73°44'56.5"
E4 tributarios urbanos	8°41'32.8"	73°44'49.5"
E5 actividad agropecuaria	8°41'21.7"	73°45'44.2"
E6 central de la ciénaga	8°43'37.5"	73°45'48.1"
E7 tributarios rurales	8°44'55.7"	73°43'55.1"

A continuación, se describen los sectores que se definieron y donde se realizaron los dos muestreos:

E1: CASCOS URBANOS, PTAR “EL ACEITERO”.

Este sector se encuentra el corregimiento de Costilla, con una extensión de 3850,2 hectáreas ubicado al final de la vía del municipio de Pelaya, la zona urbana posee unas 423 viviendas. Según Aguas del Cesar (2018) y la Gobernación del Cesar iniciaron la obra de optimización del acueducto, sistema de alcantarillado y construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales con remoción del 90% de su carga contaminante ubicada al oeste del corregimiento de Costilla, llegando a su culminación y entrega. A la fecha actual, no cuenta con personal operativo que ejecute los procesos y esté a cargo del funcionamiento de la PTAR, por lo que no está funcionando. Ocasionando que las aguas sean vertidas en el cuerpo de agua natural en las coordenadas 08° 44' 06,22'' N; 73° 43' 47,06'' W.

E2: ACTIVIDAD AGRICOLA, SABANAS COMUNALES.

Este sector ubicado en jurisdicción del corregimiento de Costilla, lo constituyen playones o sabanas de uso comunal, estas son áreas planas que abarcan 516 hectáreas, cubiertas por pastizales naturales y propensas a inundación en temporada de lluvias. Hasta 2018, estos terrenos se utilizaban para la cría de ganado por propietarios de fincas cercanas. La Agencia Nacional de Tierras asignó uso público e inadjudicable de estas tierras a 41 familias campesinas y pescadores de bajos recursos, tenedoras y encargados de su manejo, con el objetivo de mejorar la calidad de vida y fomentar el desarrollo rural en la zona. Estas familias gestionan actividades agropecuarias en los playones y sabanas, incluyendo cultivos de yuca, maíz, pancoger y palma, además ganadería vacuna y bufalina extensiva, entre otros Resolución 589 (2018).

E3: ACTIVIDAD AGROINDUSTRIAL, INDUPALMA.

En la ciénaga de Costilla/Sahaya, la modificación del suelo está estrechamente vinculada a la expansión de los cultivos agroindustriales de palma africana. Estos cultivos ocupan áreas que anteriormente albergaban vegetación nativa, transformándolas en extensas áreas de

monocultivo. La presencia y gestión de la palma africana no solo impiden la regeneración natural de los relictos de bosque previamente intervenidos, sino que también conllevan a la deforestación mediante la tala de la vegetación autóctona. Este proceso de cambio en el uso del suelo no solo afecta la biodiversidad local, sino que también plantea desafíos significativos para la sostenibilidad ambiental y la salud del ecosistema resolución 0720 (2012).

En el corregimiento de Costilla, se ubica la empresa agraria La Palma Limitada Indupalma Ltda. Esta empresa ocupa áreas de tierra que se extienden desde la hacienda Santa Ana de la Loma hasta El Caucho, limitando directamente con la ciénaga de Sahaya. En dichas zonas, la empresa ha desarrollado extensos monocultivos de palma africana con una densidad de siembra de 128 palmas por hectárea, para un total de 199.709 palmas sembradas en el área resolución 0720 (2012). Es importante destacar que la expansión de Indupalma ha alcanzado incluso los playones, hasta donde ha llegado el monocultivo de Palma africana. Además, se observa la construcción de cercas con postes de madera y concreto en las proximidades y dentro de la fuente hídrica, destinadas a evitar el acceso del ganado bovino y bufalino. Esta medida se implementa para prevenir el consumo de la palma aceitera circundante por parte del ganado, lo cual podría afectar el monocultivo Resolución 536 (2012).

Cabe señalar que Indupalma realiza captación de agua superficial de la ciénaga de Sahaya mediante una bocatoma de captación protegida por un Jarillón, con un sistema de bombeo con 5 motobombas y un canal de aducción mediante un sistema de tuberías que conducen el agua para su riego. Todo esto se efectúa mediante la autorización de concesión de aguas otorgada por la Corporación Autónoma Regional del Cesar (Corpocesar). Esta concesión permite la extracción de una cantidad anual de 10,900,200 m³ durante ocho meses, comprendidos desde diciembre hasta julio, abarcando la temporada seca y la transición de lluvias. El caudal concesionado asciende a 802 litros por minuto, destinados a la irrigación de 1,560,23 hectáreas de cultivo de palma aceitera. Además, cabe resaltar que el cultivo de palma presenta pendiente baja hacia la ciénaga de Sahaya, indicando el flujo de drenaje o escorrentía de las aguas va directamente hasta dicha ciénaga (2020).

E4: TRIBUTARIO URBANO, CAÑO DAMAS.

Este sector lo constituye el caño Las Damas, este establece una conexión directa con la ciénaga de Sahaya, sirviendo como uno de sus afluentes durante la temporada de recarga hídrica. En este caño, se realizan vertimientos provenientes del municipio de Pelaya y del corregimiento de San Bernardo Resolución 0419 (2016). Regularmente se depositan grandes cantidades de residuos sólidos y animales en estado de descomposición. En ocasiones, estos residuos son incinerados cerca de la ronda hídrica o arrojados en botaderos a cielo abierto en las inmediaciones del caño de las Damas. Finalmente llega al cauce a la Ciénaga Costilla/Sahaya. A pesar de contar con un servicio de recolección de residuos, la baja frecuencia de este servicio contribuye a la persistencia del problema. Todos estos factores contribuyen a afectaciones significativas en la calidad del agua, la biodiversidad (incluyendo especies como anfibios y peces) y la salud del suelo, entre otros aspectos ambientales resolución 0419 (2016).

E5: ACTIVIDAD AGROPECUARIA, HACIENDA TAPIAS.

En este sector ubicado en jurisdicción del municipio de San Bernardo la actividad agropecuaria se destaca por la ganadería de doble propósito actividades económicas principales en la zona, realizadas por propietarios de terrenos cercanos a la ciénaga de Sahaya, como la finca La Sexta Colombia, finca Fermín cruz, hacienda Las Tapias y las sábanas comunales. La ganadería extensiva de bovinos utiliza razas como Cebú, Brahman y cruces como Holstein-Cebú o pardo suizo-Cebú, con el objetivo de producir lácteos y carne. generando cambios significativos en la cobertura del suelo y la flora nativa. La expansión de la frontera agropecuaria, junto con las prácticas de pastoreo y la agricultura, ha dado lugar a la fragmentación de bosque nativo. Este proceso implica la eliminación total de la cobertura vegetal mediante tala rasa o quema, seguida por actividades de mantenimiento como rocerías y fumigaciones con plaguicidas para asegurar una vegetación adecuada para la alimentación del ganado. Con el tiempo, se ha evidenciado un aumento en la siembra de pastos mejorados, que abarcan una extensión de 943,05 hectáreas, y pastos arbolados, que cubren 911,19 hectáreas en la ciénaga de Sahaya. Entre las especies artificiales comúnmente utilizadas en

la zona se encuentran *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria fasciculata* y *Panicum máximum*, *Echinochloa polystachya*) y *Kikuyina (Botriochloa)* (ONF Andina, 2014).

Por otro lado, en la hacienda Tapias, se crían en mayor magnitud búfalos *Bubalus bubalis*, especie exótica introducida en Colombia en la década de los 60, (Agudelo Gómez et al., 2007). Hay que mencionar, que esta especie impacta negativamente el ecosistema debido a su fuerte instinto de supervivencia y su tendencia a frotarse en los árboles, provocando pérdida en la cobertura vegetal. Además, su ingreso a la ciénaga para termoregularse causa compactación del suelo, afectando áreas esenciales para la reproducción de especies como tortugas (galápaga o hicotea), ranas y peces, así el banco de semillas afectando tanto a las especies de germinación rápida como las de germinación tardía (Medina M., 2016).

La presencia de ganado vacuno y bufalino también genera conflictos entre las comunidades que dependen de los recursos de la ciénaga. Estos conflictos incluyen daños a los trasmallos y la destrucción de las zonas de cultivos comunales. Durante la época seca, entre noviembre y marzo, el ganado es introducido en los playones formados por la disminución del nivel de inundación, aprovechando los pastos naturales que crecen en esta temporada. Sin embargo, se establecen cercas alrededor de estas áreas, y con el tiempo, los dueños de los predios se apropian de las áreas de playones sin devolverlas a la ciénaga (La regional.net, 2017).

E6: CENTRAL DE LA CIÉNAGA.

Determinar el punto central de la ciénaga es fundamental, debido que, al encontrarse más alejado de la orilla es posible la dilución de algunos compuestos que llegan a la ciénaga, por esta razón es necesario conocer como inciden las variables ambientales en relación con el microorganismo. Se toma como un punto de referencia más alejado de los impactos de las actividades antrópicas, ajustado a las recomendaciones de los expertos limnólogos.

E7: TRIBUTARIO RURAL, CAÑO RAÍCES Y CAÑO SUCIO.

Desde el oriente de la ciénaga, los caños Caño sucio y Raíces no solo son fuente clave de abastecimiento hídrico. Además, juegan un papel crucial en la dinámica ecológica y socioeconómica de área. Se originan en la serranía del Perijá desde el oriente, descargan

desde la montaña agua que descienden por terrenos escarpados, acumulando minerales y materia orgánica que nutren el ecosistema cenagoso. A su paso por pequeñas veredas y poblaciones rurales, los caños no solo proveen agua para el uso doméstico y agrícola, sino que también son fundamentales para la pesca artesanal, una actividad económica crucial para las comunidades locales (Alcaldía municipal de Pelaya, 2016).

El desarrollo metodológico se efectuó en tres etapas importantes, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y tratamiento de datos.

8.3 Trabajo de campo

8.3.1 Variables ambientales

Fisicoquímico. Se realizaron dos faenas de medición y recolecta en aguas de la ciénaga de Sahaya – Pelaya Cesar, se midieron parámetros *in situ* con dos réplicas en cada una de las siete estaciones de muestreo especificadas anteriormente.

Tabla 2. Variables fisicoquímicas medidas en la ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar

Variable	Unidad	Método
Temperatura	°C	Multiparámetro HANNA HI9829
Ph	Unidades	Multiparámetro HANNA HI9829
Velocidad	m/seg	Multiparámetro HANNA HI9829
Oxígeno disuelto	PPM	Multiparámetro HANNA HI9829
Conductividad eléctrica	µS/cm	Multiparámetro HANNA HI9829
Salinidad	PSU	Multiparámetro HANNA HI9829
Sólidos totales disueltos	PPM	Multiparámetro HANNA HI9829
Turbidez	NTU	Turbidímetro HI98703
Alcalinidad	Mg/l	Test HANNA para alcalinidad.
Profundidad	Centímetros	Cinta métrica

Fuente Los autores



Figura 6. Collage toma de parámetros in situ.

Microbiológicas. Las actividades antrópicas alrededor del cuerpo de agua favorecen la presencia de organismos contaminantes y patógenos. Estos microorganismos, provenientes de diversas fuentes, impactan negativamente la calidad del agua. Posiblemente entre los factores que contribuyen se encuentran las actividades agrícolas, agroindustriales, presencia de plantas de tratamiento de aguas residuales sin operación adecuada generan efluentes de aguas negras no tratadas de los asentamientos humanos, junto a los caños utilizados aguas arriba para diversos fines, terminan contribuyendo a la posible contaminación del agua que, finalmente desemboca por curso natural en la ciénaga.

Por esta razón, se llevó a cabo un estudio microbiológico específico para evaluar la presencia de Coliformes totales y fecales en el agua. La detección de *Escherichia coli*, es un indicador

común de contaminación fecal, ofrece información fundamental sobre la calidad sanitaria del agua y su grado de contaminación microbiológica presente.

En la recolección de las muestras se tomó agua superficial a profundidad media en las estaciones de muestreo definidas, se utilizaron frascos estériles de 250 ml con tapa rosca. Se recolectó la muestra sin añadir ningún tipo de preservante, la cual se cerró inmediatamente para evitar el contacto con el aire y posibles fuentes de contaminación cruzada. Posteriormente, los frascos debidamente rotulados fueron almacenados en neveras de poliestireno con tapa, protegiéndolos de la luz y el calor. La conservación se realizó mediante método de enfriamiento, manteniendo una temperatura de aproximadamente $\leq 4^{\circ}\text{C}$ con el fin de garantizar la integridad y representatividad del análisis microbiológico. Una vez completada la recolección de muestras en campo, estas fueron transportadas al laboratorio de química y áreas afines de la Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica para su análisis microbiológico en las horas posteriores a la recolección (IDEAM, 2007).

Grupos mayores del zooplancton. Los sistemas cenagosos continentales son someros, y presentan una mezcla de la columna de agua, asociada a efectos del viento y flujos de agua, no se requieren muestreos de fondo o de diferentes profundidades (Padisák & Reynolds, 2003), y tampoco en diferentes jornadas (diurna y nocturna). Se recolectaron muestras superficiales (primeros 50 cm), estas son suficientes para tener una representación apropiada de las comunidades zooplanctónicas de estos ecosistemas. Según el cronograma de actividades las jornadas de trabajo de campo del componente biológico se hicieron en simultánea con las mediciones y recolectas de los factores fisicoquímicos y microbiológicos, se realizaron durante los meses de mayo, junio con un periodo de espacio de 15 días entre el muestreo 1 y el muestreo 2, considerando la duración de los ciclos de vida que tienen las comunidades del zooplancton.

Las muestras se recolectaron con balde aforado de 20 l, que se filtró en pasivo con redes cónicas de 1,20 m de longitud, con aro de 30 cm de diámetro y malla de 55 μm , respectivamente, equipadas con colector para análisis cuantitativos. Para valoraciones cualitativas y verificación de especies, se realizaron arrastres con la misma red y flujómetro previamente calibrado para determinar el volumen de agua filtrada; los arrastres se realizaron

a una velocidad promedio de 3 nudos con una duración de tres (3) minutos (estas muestras solo se utilizaron para verificación de especies) (Harris et al., 2000; Smith & Richardson, 1979; UNESCO, 1968).

Las muestras se traspasaron a un recipiente plástico de 250 ml, obteniendo un volumen final de entre 100 y 150 ml. Las muestras se narcotizaron mediante la adición de agua carbonatada (evitar contracción de estructura) y se fijaron con solución transeau (agua destilada, alcohol y formol en proporción 6:3:1 respectivamente) (APHA, 2023).

Los recipientes plásticos con las muestras debidamente rotulados se almacenaron en neveras de poliestireno con tapa para protegerlas de la luz y se transportaron al laboratorio de la Universidad del Atlántico donde se procesaron según las metodologías establecidas en el *standard Methods for the Examination of water and Wastewater*, y en la Metodología General para presentación de Estudios Ambientales y el Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad, en los cuales se plantean una combinación de técnicas para el registro directo e indirecto.



Figura 7. Collage recolecta de muestra biológica zooplancton.

8.4 Trabajo de laboratorio

Fisicoquímico. En instalaciones del Centro de estudios del agua – CEA de la Universidad del Atlántico, en el laboratorio de Análisis Fisicoquímicos del agua – LAFA, se midieron con métodos estandarizados los factores observados en la Tabla 3. Estas muestras se analizaron dentro de las 48 horas posteriores a la recolección para evitar reacciones o cambios representativos. Las muestras se conservaron en condiciones de refrigeración $\leq 4^{\circ}\text{C}$. Para la medición de DQO (demanda química de oxígeno) las muestras se preservaron añadiendo 1 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) por litro de muestra. Todos los procedimientos se realizaron mediante los protocolos estandarizados en el (APHA, 1999; IDEAM & INVEMAR, 2021).

Tabla 3. Factores fisicoquímicos Ex situ medidos en la ciénaga de Sahaya - Pelaya Cesar

Variable	Unidad	Método
DUREZA	Mg/L	SM 2340 C
ACIDEZ	Mg/L	SM 2310 D
COLOR TRIESTIMULAR	(620); (525); (436)	SM ISO 7887: 2011 METODO B
FÓSFORO REACTIVO TOTAL	$P - PO_4$	SM 4500 -P-E
NITRITOS	Mg/L N- NO_3	SM 4500 NO2 B
NITRATOS	Mg/L N- NO_2	SM 4500 NO3 B
DBO5	Mg O_2 /L	SM 5210 B – ASTM D888-18 C
DQO	Mg O_2 /L	SM 5220 D

Fuente: Los autores



Figura 8. Collage medición fosfatos



Figura 9. Collage medición nitritos y nitratos

Microbiológicas. Previo a la salida de campo se realizó la preparación de agar Chromogenic coliforms Agar (Condalab, 2022) en el que es posible el crecimiento de la familia Enterobacteriaceae, bacilos Gram negativos de fácil desarrollo aerobios y anaerobios facultativos para el análisis de *Escherichia coli* y Coliformes totales, que permite el crecimiento de unidades formadoras de colonias, produciendo colonias de color rosado indicador de Coliformes totales y azules para Coliformes fecales.

El método estandarizado utilizado fue filtración por membrana respaldado y admitido por la resolución 2115 (2007), cada muestra utilizando el equipo de filtración, que incluyó bomba de vacío, soportes para embudo, porta filtro y trampa de vacío previamente esterilizados, se procedió a filtrar 100ml de muestra de agua superficial de la ciénaga de Sahaya a través de un filtro membrana nitrocelulosa de 0,45 μm y 47 mm, de la casa comercial Membrane Solutions, en donde se incorporó la muestra. Luego para la siembra, el filtro se colocó en cajas de Petri en el medio de cultivo Chromogenic coliforms. Después de inocular el filtro en la caja Petri, fue volteada e incubada a 37°C por 24 horas. pasadas 24 horas, se observó el crecimiento de *E. coli*, y Coliformes totales, realizando el respectivo conteo mediante un equipo cuenta colonia (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), en el que se evidenciaron las unidades formadoras de colonia, que deben estar en el rango de 30 a 300 unidades formadoras de colonias. Este rango aseguró un conteo representativo y fiable de los microorganismos presentes en la muestra (López Suarez, 2015).



Figura 10. Preparación del Agar

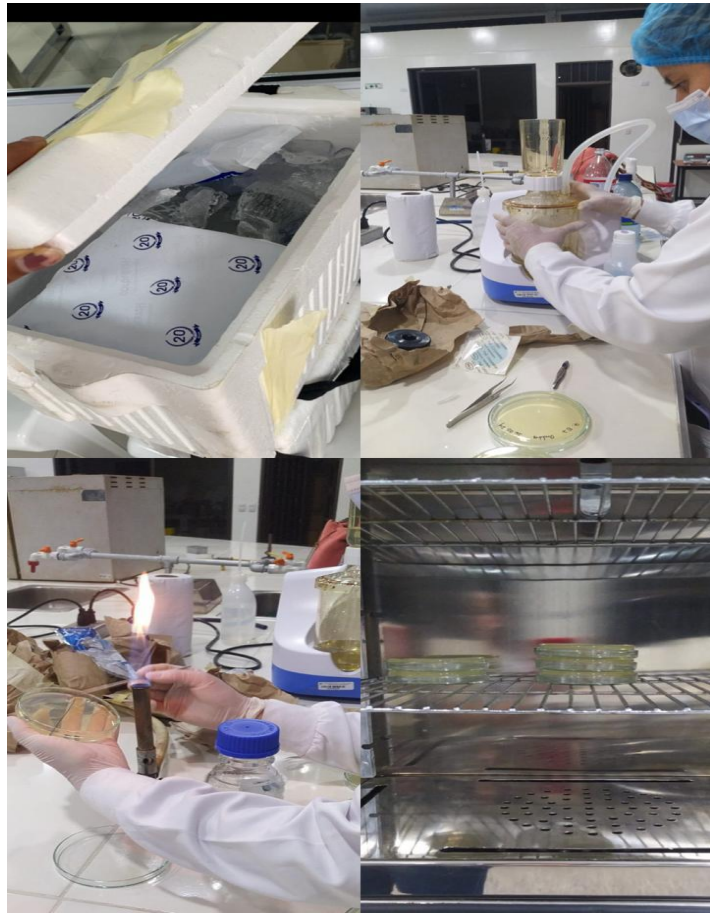


Figura 11. Collage filtración de muestras



Figura 12. Conteo de colonias Coliformes totales y fecales

Grupos mayores del zooplancton. Estas muestras fueron procesadas en el laboratorio del CEA de la Universidad del Atlántico. Inicialmente, se procedió a concentrar las muestras con un tamiz de 55 μm , de esta concentración se analizaron utilizando microscopio óptico compuesto y cámara de conteo Sedgewick Rafter (S-R) de 1 ml. Se cuantificaron en promedio cuatro (4) alícuotas por muestra, garantizando el conteo de mínimo 100 individuos del organismo más abundante y en ocasiones llegando al mismo número del segundo o tercero más abundante (en muestras con pocas abundancias), de esta manera se garantiza el conteo de las morfoespecies menos comunes. Para cada una de las morfoespecies se obtiene un registro fotográfico, preferiblemente con medidas (elemento fundamental para la diagnosis). Las densidades se calcularon con la fórmula individuos observados en la muestra * 1000 / volumen filtrado (l) (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La determinación de las especies se realizó empleando las claves de Paggi (1975), Pennak (1978), Sendacz y Kubo (1982), Reid (1985), Koste y Shiel (1987), Streble y Krauter (1987), Korovchinsky (1992), Reddy (1994), Segers (1995, 2007), Shiel (1995), Elmoor-Loureiro (1997), De Manuel (2000) y Joko (2011).



Figura 13. Collage concentración y conteo de microorganismos.

8.3 Análisis de los datos

En la presente investigación el tipo de estudio realizado es descriptivo-exploratorio con métodos cuantitativos y correlacionales, para el análisis estadístico de los datos, las variables ambientales, se calcularon estadísticas descriptivas como promedios de media y desviaciones estándar, Además, se realizó un análisis de Componentes Principales (ACP) con el objetivo de identificar los principales factores que explica la variabilidad de parámetros (Baselga & Gómez-Rodríguez, 2019).

Los datos en cuanto a la comunidad de zooplancton, se identificaron las asociaciones de especies y estaciones muestreadas aplicando técnicas de ordenación y agrupamiento para explorar la estructura y patrones espacio-temporales de la comunidad, mediante un análisis de Escalamiento Multidimensional No métrico (NMDS), permitió representar las similitudes entre las muestras de zooplancton en un espacio bidimensional, proporcionando una visión clara de las asociaciones entre especies y estaciones muestreadas. Adicionalmente, se generaron Dendrogramas de Bray Curtis, conglomerados (cluster), identificando grupos con composiciones similares determinando diferencias significativas en los niveles de similitud de las estaciones (Clarke & Warwick, 2001).

El estudio fue realizado utilizando el software R versión 4.4.0 y los paquetes especializados *vegan* e *iNEXT* para análisis de las comunidades (R Core Team 2024; Oksanen et al. 2024; Hsieh, Ma, y Chao 2024).

9. RESULTADOS

9.1 Variables ambientales.

Mediante el análisis de la media y la desviación estándar, se interpretaron las tendencias y patrones más determinantes de las variables ambientales (físicoquímicas y microbiológicas) tenidas en cuenta en este estudio en cada sector predefinido. A continuación, en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se describen los resultados obtenidos.

El agua superficial de la ciénaga de Sahaya Pelaya - Cesar, muestra valores moderados en la concentración de oxígeno disuelto con un promedio de 4.25 mg/l, los valores mínimos fueron registrado en el sector E1 cascos urbanos con 1.8 ± 2.5 ppm y el sector más oxigenado fue E7 tributario rural con 6.8 ± 2.7 ppm. La profundidad se distinguió con niveles elevados, con promedios de 148 cm, obteniendo la mayor profundidad el sector E6 central de la ciénaga 250 cm y el mínimo el sector tributario urbano con 77 cm.

Los valores de pH se categorizaron como ligeramente ácidos, el sector cascos urbanos obtuvo los niveles más bajos 6.1 ± 0.1 con baja variabilidad, seguido por tendencias bajas en los sectores E3 actividad agroindustrial 6.5 ± 0.2 , E4 actividad agropecuaria 6.6 ± 0.4 y actividad agrícola 6.6 ± 0.5 . El sector E7 tributario rural evidencia 7.4 ± 1 con baja variabilidad. Las temperaturas en la ciénaga de Sahaya oscilaron entre 28.7 y 35.7°C, presentando el sector tributario rural con mayor temperatura 35.4 ± 0.5 con baja variabilidad, mientras que el sector E1 cascos urbanos obtuvo valores mínimos en esta variable con 30 ± 1.9 °C con variabilidad moderada **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Los valores detectados para la demanda química de oxígeno (DQO), fluctuaron entre 12,03 y 127,2 mg/l, obteniendo los valores más bajos el sector E3 actividad agroindustrial con 23015.5 ± 15540.1 mg/l y en niveles más elevados el sector E6 central de ciénaga con 81.561 ± 64629.6 mg/l. Los valores de nitritos en los sectores muestreados en la ciénaga de Sahaya, oscilaron entre 0.010 y 0.035 mg/L NO₂, el sector E3 actividad agroindustrial presentó los niveles relativamente más bajos, con 11 ± 1.4 mg/L NO₂ con baja variabilidad, por el

contrario, el sector cascos urbanos presenta los niveles más elevados de nitritos 26 ± 12.7 mg/L en todo el ecosistema.

En cuanto a nitratos se evidencian valores < 0.10 mg/L NO_3^- , en la mayoría de los sectores de la ciénaga, el sector E3 actividad agroindustrial presenta 0 ± 0 mg/L NO_3^- , E4 tributario urbano 0 ± 0 mg/L NO_3^- , E1 cascos urbanos 0 ± 0 mg/L NO_3^- , evidencian niveles de nitratos bastante bajos, el sector E5 actividad agropecuaria 0.2 ± 0.2 presenta niveles elevados en la ciénaga en cuanto a nitratos, pero siguen siendo niveles moderados en el ecosistema manejando alta variabilidad. En la ciénaga de Sahaya los niveles de fosfatos estuvieron elevados en el sector de Cascos urbanos con valores de 0.202 mg/L de P-PO_4 evidenciando variaciones en las condiciones del sector debido a las actividades ejercidas, los demás sectores estuvieron por debajo del límite de <0.15 (mg/L P-PO_4 -3).

La acidez promedio de los sectores muestreados es de 6.4 mg/l, con máximos valores en E2 sabanas comunales con 8.2 ± 1.4 mg/l con moderada variabilidad y mínimos en el sector tributarios rurales 47 ± 55.2 mg/l, los valores de la alcalinidad fluctuaron entre 36 y 84 mg/l de CaCO_3 con promedio general de 56 mg/l de CaCO_3 , por lo tanto, las aguas se clasifican según la dureza encontrada con promedios de 30.15 mg/l. como aguas blandas con niveles bajos de dureza.

Los niveles de conductividad fluctuaron entre valores de 86 y 185 $\mu\text{S/cm}$, el sector E5 actividad agropecuaria obtuvo los máximos niveles con 149.5 ± 50.2 $\mu\text{S/cm}$, los mínimos valores los obtuvo el sector E4 tributarios urbanos 128 ± 59.4 $\mu\text{S/cm}$. Los niveles en la ciénaga de Sahaya de sólidos disueltos totales se muestran moderadamente similares en los sectores con el nivel más bajo en el sector E3 actividad agroindustrial 67.8 ± 13.9 ppm y el más elevado en el sector E5 actividad agropecuaria 76.8 ± 26.6 ppm.

La turbiedad en los sectores muestreados manejo promedio de 32.2 NTU, con los máximos valores en el sector E7 tributario rural con 60.5 ± 18.5 NTU y los valores mínimos en estos parámetros estuvo en el sector E6 central de la ciénaga 19.7 ± 4.6 NTU.

Las velocidades del cuerpo hídrico registradas corresponden a niveles bastante bajos en general, con los niveles máximos en el sector E3 actividad agroindustrial con 0.2 ± 0 m/seg mientras el sector cascos urbanos maneja el valor mínimo el sector E5 actividad agropecuaria con 0.2 ± 0 m/seg. En cuanto a salinidad es baja en los sectores muestreados con promedios general de 0.06 PSU,

En la ciénaga de Sahaya todos los sectores muestreados poseen valores de Coliformes totales <300 UFC, lo que sugiere una contaminación fecal significativa. Los Coliformes fecales fluctuaron entre sectores E6 central de la ciénaga mostro el nivel mínimo con 4.5 ± 3.5 UFC, mientras el sector cascos urbanos con un máximo de 300 ± 0 UFC.

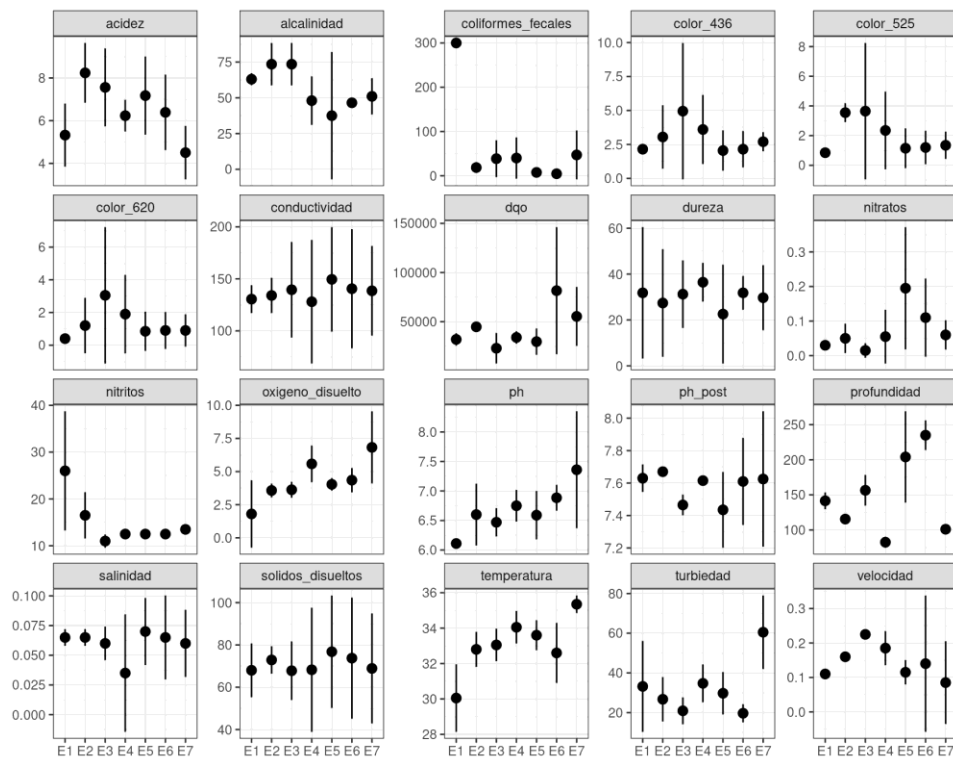


Figura 14. Media y desviación estándar de las variables ambientales en la Ciénaga de Sahaya

Mediante el análisis de componentes principales (ACP) se ordenaron los datos basados en los atributos ambientales, se utilizó una matriz que incorporó los datos de las variables ambientales de los sitios de estudio basados en la sectorización y cómo interactuaron estos sectores. A partir del (ACP) se logró identificar las variables que contribuyen a la variación espacial explicando un 57.7% de la varianza total.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se establece agrupaciones en tres cuadrantes. El cuadrante superior derecho agrupa los sectores E5 actividad agropecuaria, E3 actividad agroindustrial, E2 actividad agrícola y E6 central de ciénaga, asociados a las variables conductividad, sólidos disueltos, acidez y profundidad. En el cuadrante superior izquierdo, los sectores E7 tributarios rurales, E5 actividad agropecuaria, E6 central de la ciénaga y E4 tributarios urbanos están asociados a las variables temperatura, pH, nitratos, oxígeno disuelto y demanda química de oxígeno DQO. En el tercer grupo, ubicado en el cuadrante inferior derecho de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, agrupan los sectores E1 cascos urbanos, E3 actividad agroindustrial, E2 actividad agrícola relacionados con las variables nitritos y Coliformes fecales.

A su vez los órdenes reportados se dividen en dieciséis (16) familias de las cuales diez (10) pertenecen a los rotíferos (*Asplanchnidae*, *Hexarthridae*, *Brachionidae*, *Lecanidae*, *Epiphanidae*, *Trochosphaeridae*, *Testudinellidae*, *Philodinellidae*, *Euchlanidae*, *Synchaetidae*) cuatro (4) al grupo de los cladóceros (*Daphnidae*, *Sididae*, *Moinidae*, *Chydoridae*) y dos (2) al grupo de copépodos (*Calanoidea Cyclopidae*).

En cuanto a los diecisiete (17) géneros registrados en total, se reportaron en el grupo de los rotíferos once (11) **Asplanchna**, **Hexarthra**, **Keratella**, **Epiphane**, **Testudinella**, **Filodina**, **Euchlanis**, **Polyarthra**, los que tuvieron mayor representatividad fueron **Brachionus** (10 morfoespecies), **Lecane** (7 morfoespecies) y **Filinia** (3 morfoespecies). El grupo de los Cladóceros representado por cuatro géneros **Diaphanosoma**, **Mohina**, **Ceriophania** y **Alona** con una (1) morfoespecie cada uno. Y por último el grupo de los Copépodos que estuvieron representados por dos (2) géneros **Cyclopoida**, **Calanoida** con una morfoespecie respectivamente y los estadios de larvas naupliares contabilizados

Tabla 4. Clasificación taxonómica

Reino	Filo	Clase	Sub Clase	Orden	Familia	Especie
					<i>Asplanchnidae</i>	<i>Asplanchna</i> sp.
						<i>Hexarthra</i> sp.

					Hexarthridae			
					Brachionidae			<i>Brachionus Caudatus</i> <i>Brachionus sp1</i> <i>Brachionus patulus</i> <i>Brachionus falcatus</i> <i>Brachionus sp2.</i> <i>Brachionus dolobratus</i> <i>Brachionus forficula</i> <i>Brachionus angularis</i> <i>Brachionus havanaensis</i> <i>Brachionus budapestinensis</i> <i>Keratella sp.</i> <i>Keratella tropica</i>
			Monogononta	Ploima	Lecanidae			<i>Lecane bulla</i> <i>Lecane closteroerca</i> <i>Lecane sp1</i> <i>Lecane sp2</i> <i>Lecane papuana</i> <i>Lecane quadridentatus</i> <i>Lecane leontina</i>
Animalia	Rotífera	Eurotatoria			Epiphanidae			<i>Epithane sp</i> <i>Epithane macrourus</i>
				Flosculariaceae	Filinidae			<i>Filinia longiseta</i> <i>Filinia opoliensis</i> <i>Filinia limnetica</i>
					Testudinellidae			<i>Testudinella patina</i>
				Bdelloidea	Philodinidae			<i>Philodina sp.</i>
					Euchlanidae			<i>Euchlanis sp.</i>
					Synchaetidae			<i>Polyarthra sp.</i>
		Maxillopoda	Copépoda	Cyclopoida	Cyclopidae			<i>Larva naupliar</i> <i>Cyclopoida sp.</i>
				Calanoida	Calanoida			<i>Calanoida</i>
	Arthropoda							
		Branchiopoda	Cladóceras	Anomopoda	Daphniidae			<i>Ceriodapnia</i>
				Ctenopoda	Sididae			<i>Diaphanosoma</i>
					Moinidae			<i>mohina sp.</i>
					Chydoridae			<i>Alona</i>

En términos de la riqueza relativa, la clase Eurotatoria del grupo de los rotíferos es la más destacada, representando el 80.56% del total. Seguida de la clase Branchiopoda del grupo de los cladóceros con un 11.11%, y la clase Maxillopoda del grupo de los copépodos que aportó solo un 8.33%, siendo la de menor aporte (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La abundancia se reporta en términos de sus densidades (ind/l), se contabilizaron para la comunidad zooplanctónica (grupos mayores) un total de 887.07 ind/l, incluyendo morfoespecies y estadios naupliares (en el caso de los copépodos). La abundancia relativa mostró un comportamiento similar con la riqueza, donde la clase Eurotatoria (rotíferos) también domina aportando un 44.45% de las densidades totales, con la diferencia en este caso, donde la clase Maxillopoda (copépodo) aporta un 43.26%, y la clase Branchiopoda (cladóceras) solo contribuye con un 12.29%. del total. El comportamiento de la abundancia por clases fue de la siguiente manera, los rotíferos representados por la Clase Eurotatoria 394.29 ind/l, los copépodos con la clase Maxillopoda 383.77 ind/l, y Branchiopoda 109.01 ind/l, la abundancia a nivel de órdenes, fue de la siguiente manera Orden Ploima 324.45 ind/l, Flosculariaceae 68.16 ind/l, Bdelloidea 1,69 ind/l, Anomopoda 18.67 ind/l, Ctenopoda 90.34 ind/l, Calanoida 109.86 ind/l, Cyclopoida 273.91 ind/l.

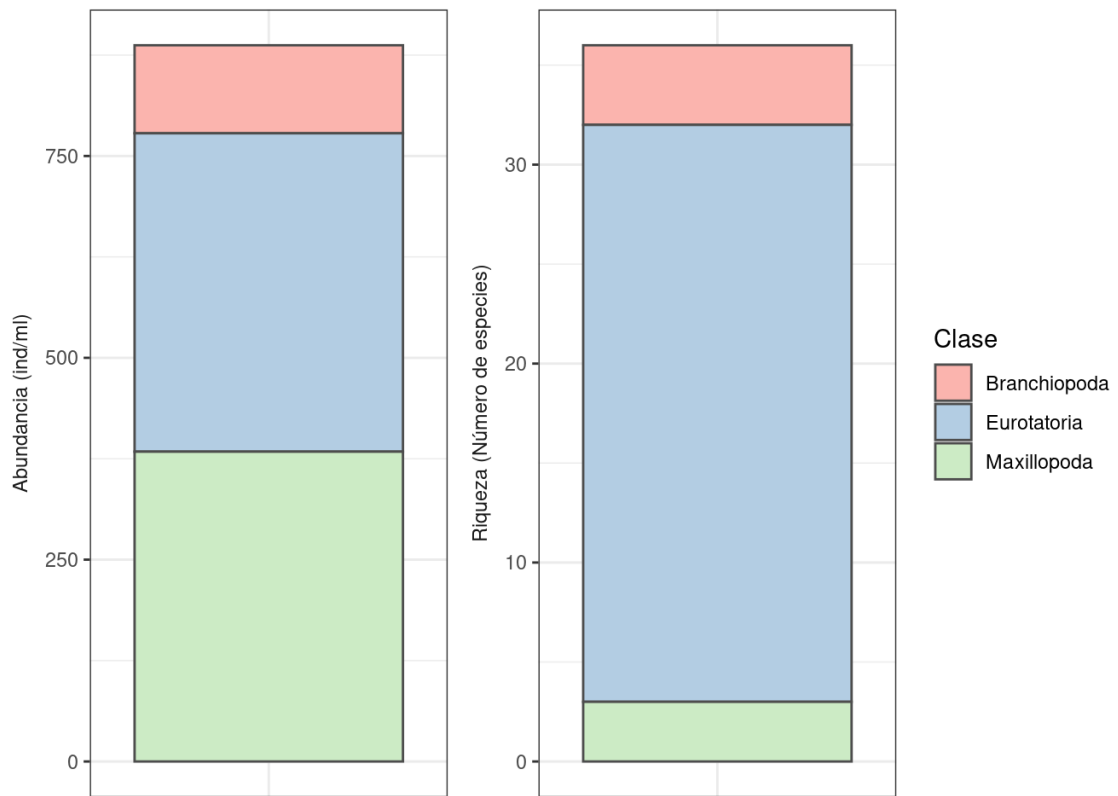


Figura 16. Abundancia y riqueza según clase taxonómica.

Haciendo un análisis de la distribución espacial de los grupos mayores del Zooplancton se encontró lo siguiente en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Clase Eurotatoria:

- Se observa mediante la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**, el orden Ploima con alta representación en el sector El casco urbanos, presentó elevada riqueza relativa de especies con 18.56% y baja abundancia relativa con 4.25%. En contraste, el sector E7 tributario Rural tiene la misma riqueza (18.56%), pero destaca mayor abundancia relativa 67.56%. Por lo contrario, los valores más bajos en riqueza relativa está en los sectores actividad agropecuaria y agrícola (9.28% y 16.49%) con abundancias relativas (7.33% y 2.00%).
- El orden Bdelloidea mostró una riqueza relativa de 20% en los sectores actividad agrícola, actividad agropecuaria, central de la ciénaga, tributario rural y urbano. En términos de abundancia relativa, el sector tributario rural dominó con un 47.34%, mientras en menor medida el sector actividad agroindustrial un 7.69%. Los sectores de actividad agropecuaria y casco urbanos no registraron especies en este orden **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- El orden Flosculariaceae en los sectores de actividad agropecuaria, casco urbanos, central de ciénaga, y tributario rural presenta porcentaje de riqueza relativa de 16 %, mientras los sectores de actividad agrícola, actividad agroindustrial, y tributario urbano un 12%. En cuanto a abundancia, el sector de tributario rural destacó 75.11%, mientras que el sector agrícola mostró la menor abundancia con 1.03% **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Clase Branchiopoda:

- Orden Anomopoda: El sector cascos urbanos presenta la mayor riqueza relativa de especies con 21.43%, mientras que el sector actividad agroindustrial tiene un 7.14%. La mayor abundancia relativa se observó en el sector tributario rural, con 27,84 %, y la menor abundancia relativa en el sector central de la ciénaga, con 3.16% **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- Orden Ctenopoda: presenta igual riqueza relativa en los siete sectores muestreados representados con 14.29%, en abundancia, el sector actividad agropecuaria dominó con un 46.97%, mientras el sector cascos urbanos con 2.99%.

Clase Maxillopoda:

- Orden Calanoida: en cuanto a riqueza relativa los sectores de la ciénaga presentan el mismo porcentaje 14.29%. La mayor abundancia relativa en el sector central de la ciénaga con 31.24% y la menor abundancia en el sector cascos urbanos con 1.27% **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**
- Orden Cyclopoida: presenta igual valor de riqueza relativa en los siete sectores de la ciénaga con un 14.29%. La abundancia relativa se encuentra distribuida en el sector tributario rural con 36.22%, y el menor dato en el sector actividad agrícola 4.14% (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

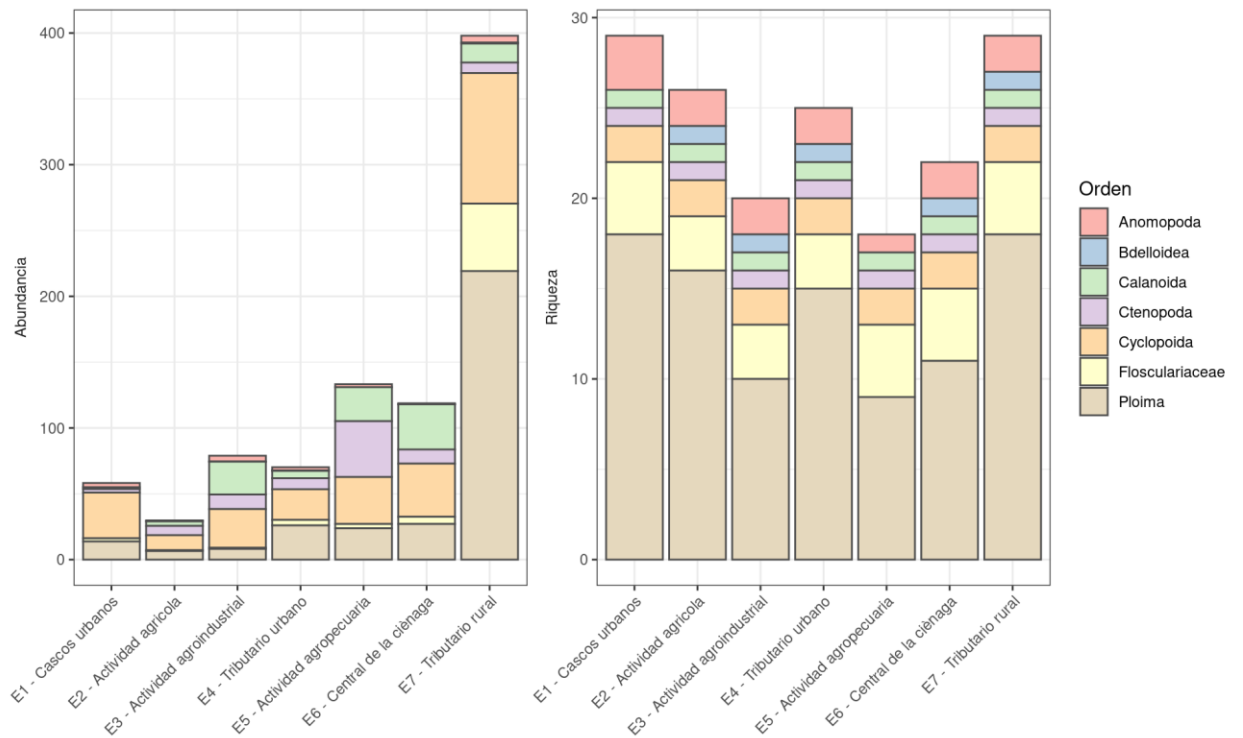


Figura 17. Clasificación según orden taxonómico y sectorización.

El número efectivo de especies de Hill ofrece evaluar de manera integral la diversidad en los diferentes sectores de la ciénaga, considerando especies totales, comunes y dominantes.

Según lo observado en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el sector de actividad agrícola presenta especies dominantes y comunes con números menores a 10. Sin embargo, el número total de especies es alto, aproximadamente 25, esto sugiere que, aunque existen pocas especies dominantes y comunes, la comunidad en su conjunto es rica en especies, reflejando una estructura diversa. En contraste, el sector actividad agroindustrial muestra la menor diversidad, con una distribución equitativamente baja entre especies dominantes y comunes y un número efectivo de 20 reflejando una moderada diversidad de especies totales.

El sector actividad agropecuaria tiene el número más bajo de especies totales de todos los sectores, con solo 17 especies, reflejando baja diversidad. Los cascos urbanos, a pesar de baja dominancia, destacan con una alta diversidad, con un número efectivo cercano a 30

posesionándose por encima de otros sectores. La zona central de la ciénaga maneja bajas especies dominantes y un poco más especies comunes acercándose a 10, posee un número de 23 especies efectivas, superando a varios sectores.

Finalmente, el sector tributario urbano destaca por su alta riqueza en especies dominantes y comunes, y el tributario rural de la ciénaga alberga el número mayor de especies dominantes y comunes en el ecosistema, superando otros sectores. Con riqueza muy significativa en especies, su número efectivo se aproxima a 30, lo que es positivo para el ecosistema y lo posiciona como el sector con más riqueza de especies.

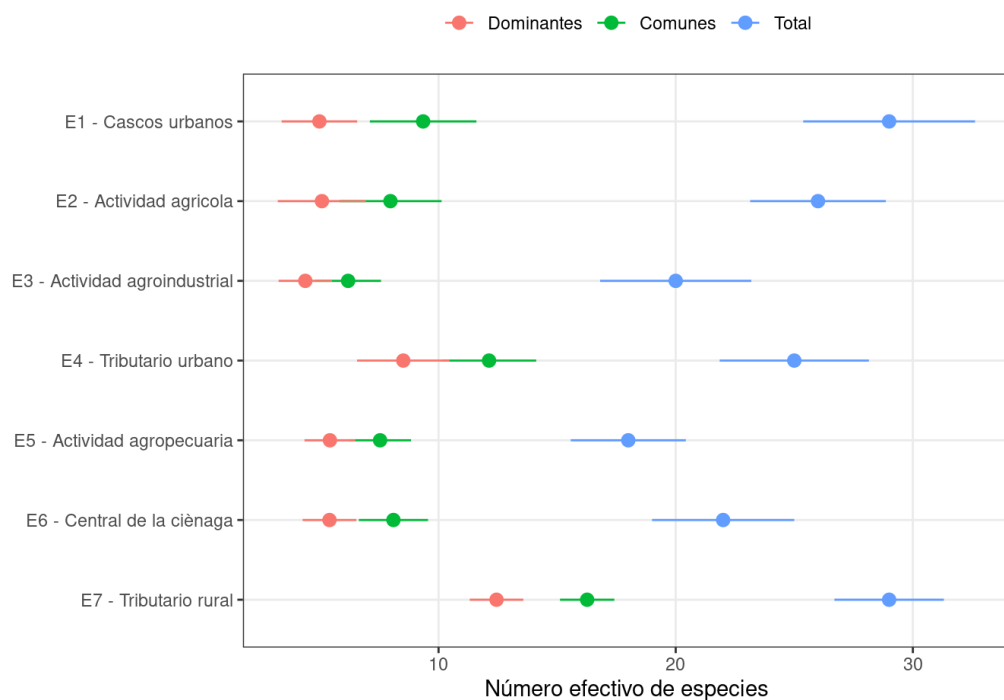


Figura 18. Número efectivo de especies según el método de número de series de Hill.

Con el fin de identificar el comportamiento de la comunidad zooplanctónica en los sectores muestreados, se aplicó el análisis de escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS) utilizando las distancias de Bray-Curtis, representando las similitudes entre las muestras de zooplancton en un espacio bidimensional. Adicionalmente, se realizó un análisis de conglomerados (cluster) para identificar grupos de muestras con riquezas de zooplancton similares.

En el cuadrante superior derecho de la (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), se observa el sector de actividad agropecuaria con agrupamientos o similitudes de las especies *Brachionus dolobratu*s, *Brachionus budapestinensis*. En el mismo cuadrante, se agrupan especies al sector central de la ciénaga como *Filinia longiseta*, *Filinia opoliensis*, *Cyclopoida sp*, *Hexarthra sp*, *Calanoida sp* y las larvas de nauplios de copépodos.

En el cuadrante inferior derecho (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el sector actividad agroindustrial lejos del agrupamiento de especies, agrupa a *Calanoida sp*, *Philodina sp* y larvas nauplios copépodos morfotipos dominantes en la comunidad.

En el cuadrante superior izquierdo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), el sector tributario rural agrupa variedad de especies, evidenciando riqueza y abundancia. Entre ellas destacan *Brachionus angularis*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus caudatus*, *Lecane sp2*, *Leontina*, *Lecane papuana*, *Polyarthra*, *Euchlanis sp*. En el mismo cuadrante, el sector cascos urbanos comparte similitudes con especies como *Moina sp*, *Lecane quadridentatus*, *Lecane sp1*, *Brachionus sp2*, *Brachionus sp1*, *Asplanchna sp*.

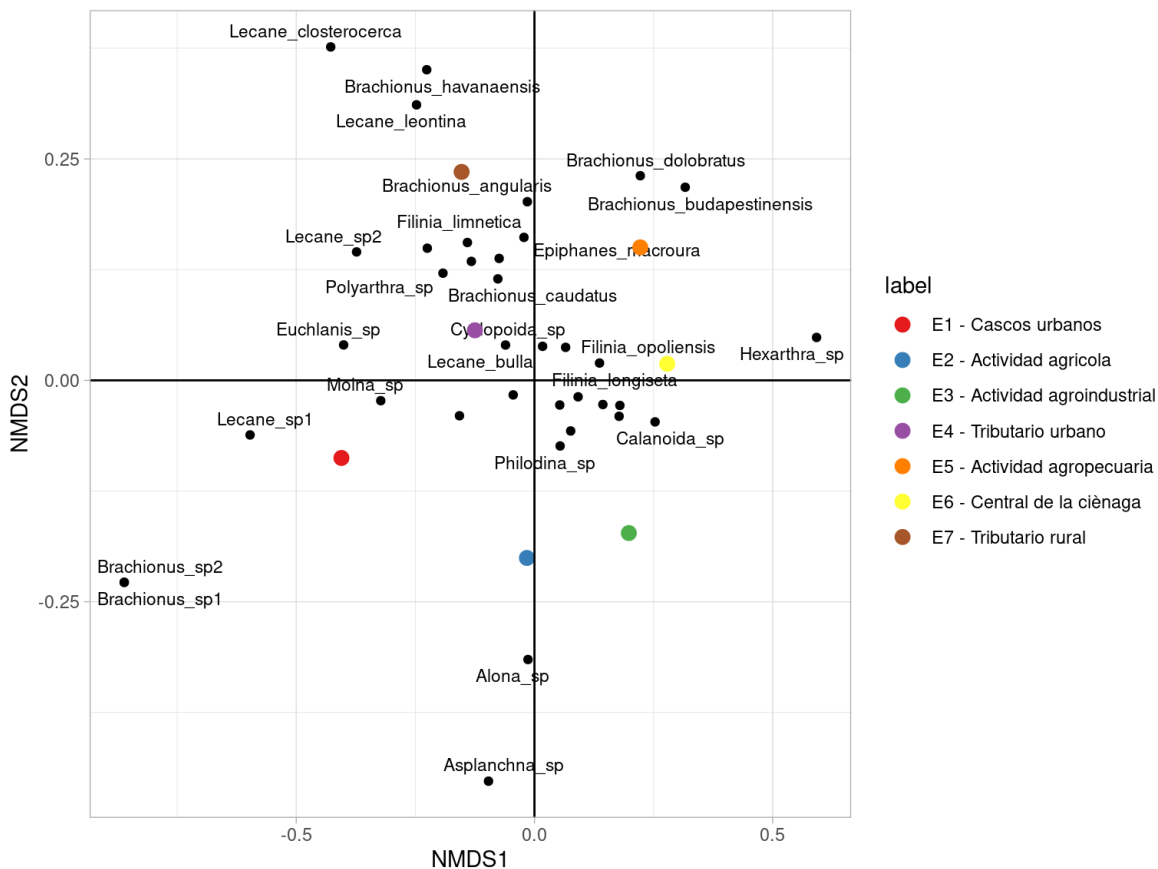


Figura 19. Diagrama de ordenación de las especies y sectores en la ciénaga de Sahaya según el método NMDS con matriz de distancias de Bray-Curtis

En el dendrogramas se evidencia la formación de dos conglomerados, con porcentaje de disimilitud del 40% y un índice cofenético de 0.93, lo que indica la fiabilidad de la representación gráfica de las relaciones entre los sectores basadas en la diversidad. La relativa similitud entre todos los sectores (las uniones por debajo del 0.40 o 40% de disimilaridad) sugieren que existe un grado significativo de conectividad ecológica entre estos diferentes ambientes.

El sector cascos y tributario urbano se agrupan en el primer conglomerado de izquierda a derecha **Figura 20**, mostrando disimilitudes \leq a 0.40, estos dos sectores de la ciénaga al igual que el primer conglomerado comparten el mismo tipo de influencia antrópica con descarga de aguas residuales.

Los sectores actividad agroindustrial, central de la ciénaga y actividad agropecuaria conforman el segundo conglomerado de izquierda a derecha en la Figura 20 con disimilitudes más bajas \leq de 0.30, estos sectores comparten características similares, posiblemente debido al carácter de las actividades que se desarrollan en estas zonas.

La actividad agrícola muestra disimilaridad con los otros sectores de la ciénaga, con valores entre 0.50 y 0.87, su aislamiento indica diferente influencia, relacionada probablemente con el desarrollo de una agricultura a baja escala, sin mayor industrialización y en su mayoría productos de pan coger, posiblemente para subsistencia de las familias que habitan el entorno.

El sector de tributario rural presenta porcentaje de disimilaridad \geq 0.70, con valores de riqueza y diversidad altos, relacionados posiblemente con su lejanía entre sectores antrópicos. Este sector presenta mayor diversidad de especies, que posiblemente se evidencian debido a condiciones con poca perturbación.

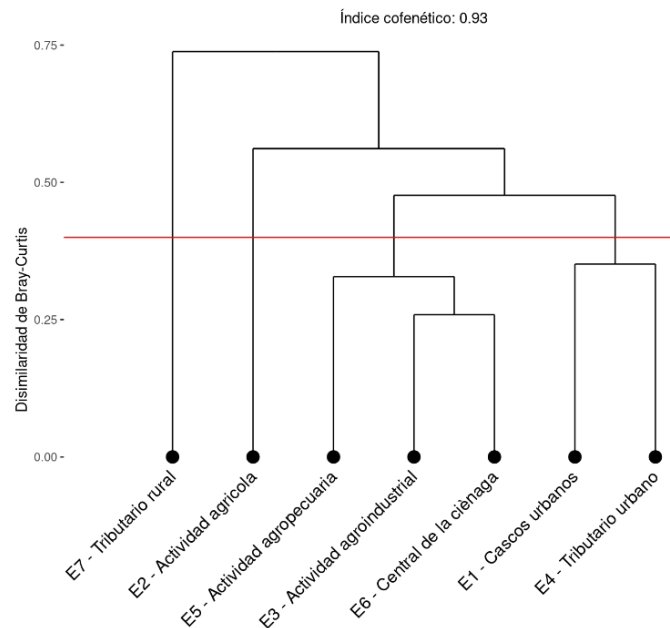


Figura 20. Dendrogramas de disimilaridad de Bray-Curtis entre los sectores de la ciénaga de Sahaya según las especies y sus abundancias.

10. DISCUSIONES

Variables ambientales.

A continuación, se discute el comportamiento de las variables ambientales en el ecosistema acuático ciénaga de Sahaya, el oxígeno disuelto es un factor fundamental para la vida de los ecosistemas acuáticos, Según el decreto 1594 de (1984) y la resolución 1096 del (2000), el nivel mínimo de oxígeno disuelto para aguas cálidas es de (4 mg/L), necesario para garantizar la conservación y desarrollo de organismos acuáticos. En los sectores E1, E2, E3, el nivel de oxígeno disuelto es inferior a este umbral, no cumpliendo con lo establecido, mientras que los sectores E4, E5, E6 y E7 cumplen con el criterio. Estudios realizados por (Rangel-Ch, 2012), indicaron que las ciénagas del sur del Cesar se caracterizan por presentar subsaturación de Oxígeno disuelto (<100%) opuesto a lo evidenciado actualmente, En (2012) la ciénaga de la Zapatosa, se registró un promedio de 7.45 mg/l, lo que indica niveles de saturación. Sin embargo, en la caracterización realizada por (ONF Andina, 2014) y (Hernández et al., 2016) reportaron niveles dentro los límites. Esto sugiere similitud con algunos sectores muestreados en la ciénaga de Sahaya. Del mismo modo, para la temperatura, se establecen límites máximos permisibles \geq a 40°C, cumpliendo el criterio en todas las estaciones muestreadas. Estos resultados comparados con el estudio realizado por (ONF Andina, 2014), (Rangel-Ch, 2012), (Hernández et al., 2016) donde se evidencia valores menores a los obtenidos, indicando aumento de la temperatura en la ciénaga.

El decreto 1594 de (1984) establece valores de pH de 5 a 9 unidades para aguas cálidas; los valores registrados cumplen con lo establecido. Los niveles de pH fueron menores a los reportados por (Rangel-Ch, 2012), (ONF Andina, 2014), (Hernández et al., 2016). La acidez fluctuó entre 3 y 7 mg/l, mientras la alcalinidad fue moderada, con valores promedio entre 42 y 84 mg/l de CaCO₃.

Según la resolución 631 de (2016), establece parámetros para el vertimiento en fuentes hídricas estableciendo límite permisible para sólidos disueltos (SST) de 100 ppm, los sectores muestreados variaron entre 47 y 95 ppm cumplen con el criterio. Los resultados de las

estaciones son inferiores a los reportados por (ONF Andina, 2014). Aunque (Rangel-Ch, 2012) no presenta datos cuantitativos, señala que “Las ciénagas se caracterizaron durante los muestreos realizados por una transparencia muy baja, la cual estuvo asociada negativamente con la variación en la concentración de (TDS)”, suponiendo que la diferencia se puede deber a las épocas muestreadas.

Por otro lado, la conductividad es un parámetro importante en los sistemas acuáticos, la diversidades de especies corresponden a menudo con bajas conductividades (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008), los valores habituales de conductividad son menores de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en aguas continentales de bajo contenido iónico, mientras que aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, por lo anterior, ninguno de los puntos muestreados cumplen con los dos intervalos, en tanto, en (ONF Andina, 2014) los valores variaron entre 86 y 185 $\mu\text{S}/\text{cm}$, considerados valores de medios a bajos, encontrándose actualmente entre los mismos valores. Así mismo, La profundidad del agua varió entre 77 y 250 cm, aumentando en comparación con las profundidades de 194 cm registradas por (Rangel-Ch, 2012).

La turbiedad, según la resolución 1096 del (2000) establece en su artículo 105, que los procesos mínimos de tratamiento según la calidad de agua superficial, considerando un máximo permitido entre 2 y 40 NTU, para fuentes de calidad de agua regulares. El artículo 106, que se aplica a en función de la calidad de agua de una fuente deficiente, establece niveles de turbiedad permitidos entre 40 – 150 NTU. Los datos obtenidos en el presente estudio cumplen con el parámetro del artículo 105, y, en cierta medida, con el artículo 106, ya que, las mediciones de turbiedad varían entre 16 y 49 NTU. El estudio realizado por (Hernández et al., 2016), muestra valores por encima de los obtenidos actualmente.

Es importante destacar que, los sectores E3, E5 y E6, se caracterizaron por presentar valores elevados de conductividad, asociado a la presencia de nutrientes y sales disueltas. Estos resultados son coherentes con los altos niveles de sólidos disueltos totales (TDS), como se muestra en la Figura 14. Los sectores mencionados obedecen a conductas fisicoquímicas

similares, con alta conductividad, niveles significativos de sólidos disueltos totales y mayores profundidades, lo que facilita la sedimentación y, en consecuencia, se observa baja turbidez. En contraste, el sector tributario rural presenta los niveles más altos en sólidos disueltos y elevada conductividad, pero bajas profundidades, no cumpliendo con la relación se evidencia alta turbiedad. Estas condiciones probablemente se deben a la convergencia de los caños Raíces y Sucio, que arrastran partículas suspendidas, sedimentos, materia orgánica y contaminantes, reduciendo la penetración de la luz solar en el agua. Por otro lado, los sectores E4, E2 y E1, igualmente, no presentan esta misma condición.

La salinidad en los sectores muestreados osciló entre 0.04 y 0.08 mg/L. Estos valores son comparables con los reportados por (ONF Andina, 2014), que fluctuaron entre 0,007 a 0,0086 g/L, y por (Rangel-Ch, 2012), cuyos registros variaron entre 0,004 hasta 0,01 g/L, clasificándose como medio a bajos. En cuanto a los fosfatos, se encontraron niveles elevados únicamente en la estación cascos urbanos, alcanzando 0.202 mg/l P-PO₄, mientras que en el resto de los puntos no superaron el umbral de < 0.15 mg/l P-PO₄. Estos valores son bajos y coinciden con los reportados en estudios previos por (Rangel-Ch, 2012) y (ONF Andina, 2014). En términos de nutrientes los nitritos oscilaron entre 0.010 y 0.035 mg/l (N-NO₂⁻), con concentraciones elevadas solo en el sector de cascos urbanos, superando los valores registrados por (ONF Andina, 2014; Rangel-Ch, 2012), lo que evidencia un incremento en nitritos. De acuerdo con el decreto 1594 de (1984), el límite admisible para fuentes superficiales destinadas para potabilización y posterior el valor es de 1.0 mg/L, los niveles registrados cumplen con la normativa.

Los nitratos fluctuaron entre 0 y 0.32 mg/l (N-NO₃⁻), comparados con los estudios de (Rangel-Ch, 2012) en la ciénaga de la Zapatosa y otros humedales menores, estos valores elevados. Sin embargo, se mantienen dentro del límite establecido en el artículo 38 del decreto 1594 de (1984), que admite 10.0 mg/L, para consumo humano y uso doméstico.

La demanda química de oxígeno (DQO) mostró niveles elevados en todos los puntos muestreados, superando los valores obtenidos por (ONF Andina, 2014), en los humedales menores del sur del Cesar, aunque ligeramente inferiores a los registrados por (Rangel-Ch,

2012) en la ciénaga de la Zapatosa. Estos resultados reflejan la calidad del agua y permite identificar áreas para futuras intervenciones ambientales.

En el presente estudio, la dureza del agua fluctuó entre 3 y 9 mg/l, resultados comparables con los registrados por (ONF Andina, 2014), en su análisis de los humedales menores del sur del Cesar, que incluyó la ciénaga de Sahaya. En el mencionado estudio, las aguas fueron clasificadas como blandas a moderadamente duras. Sin embargo, los valores registrados en esta investigación sugieren que actualmente las aguas podrían clasificarse como blandas, al presentar niveles ligeramente inferiores.

En la presente investigación, los análisis de Coliformes totales en todos los puntos de muestreo revelaron valores elevados, incumpliendo los requisitos establecidos el decreto 1594 de (1984) por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Este decreto define los parámetros para el uso de aguas superficiales en diferentes contextos. Según los artículos 38 y 39, los resultados no cumplen con los criterios de calidad admisibles para el consumo humano y uso doméstico, agrícola y pecuario.

Así mismo, los artículos 40 y 41 establece parámetros para actividades recreativas con contacto primario, los cuales tampoco se satisfacen. Estos hallazgos coinciden con los resultados reportados por (ONF Andina, 2014), (Rangel-Ch, 2012), confirmando los hallazgos. (resolución 2115 artículo 11 párrafo 2). Ninguna muestra de agua para consumo humano debe contener E. Coli en 100 cm³ de agua, independientemente del método de análisis utilizado.

La presencia de coliformes fecales en las aguas, las hace no recomendables para consumo humano y doméstico, para uso agrícola y pecuario, lo mismo que para uso recreativo. Lo que pone en riesgo la gran potencialidad de las ciénagas de fortalecimiento e implementación de proyectos ecoturísticos

Grupos mayores del zooplancton.

En términos generales, el Phylum rotífera presenta registros elevados de riqueza y abundancia. Este grupo ha sido identificado como dominante en el caribe colombiano, y en ecosistemas lenticos como ciénagas, y humedales continentales. Así lo registran los estudios realizados por (Carranza-Castillo et al., 2021a), (Gallo-Sánchez et al., 2009b), (Prasca et al., 2020), (Criales-Hernandez et al., 2021), (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008), (Rangel-Ch, 2012). Lo anterior, este mismo comportamiento se observó en la ciénaga de Sahaya, donde el Phylum Rotífera reporta valores altos de riqueza y abundancia representado por las clases (Monogonta y Eurotatoria) en relación con los otros grupos analizados, estos resultados son coherentes con los estudios reportados por (Rangel-Ch, 2012); (ONF Andina, 2014).

Considerando los resultados obtenidos en ambos análisis (riqueza-abundancia), la clase Eurotatoria del grupo de los rotíferos dominó tanto en riqueza como en abundancia. Su presencia es esencial para mantener la calidad del agua y prevenir el exceso de algas lo que afecta a toda la red trófica superior. Además, su capacidad para formar quistes les permite sobrevivir en condiciones adversas, lo que les confiere una ventaja competitiva en estos ecosistemas, a esto le sumamos su alta tasa de reproducción y su capacidad de adaptarse rápidamente a cambios en el ambiente, lo que les permite colonizar nuevos hábitats y mantener su población estable incluso en condiciones fluctuantes, estos organismos se consideran claves al contribuir significativamente en la estabilidad y la salud de estos ambiente(Carranza-Castillo et al., 2021b). En este punto de la discusión, se resalta la dominancia de los géneros **Brachionus**, **Lecane** y **Filinia**, los cuales son de hábitos planctónicos y que registran una amplia distribución a nivel mundial incluyendo el caribe colombiano, el caso de **Brachionus** y **Lecane** presentan altas tasas de crecimiento, capacidad para formar quistes en condiciones adversas y rápida adaptabilidad lo que contribuye a su dominancia, **Filinia** por su parte es menos común, pero reconocido por su capacidad para sobrevivir en ambientes fluctuantes en cuanto a calidad de agua y la disponibilidad de recursos alimenticios(García Ponce, 1997), (Toscano & Severino, 2013).

El Phylum Arthropoda, dividido en estudio en las clases (Maxillopoda y Branchiopoda), la clase Maxillopoda del grupo de los copépodos, presentó bajas riquezas, pero altas abundancia, lo que sugiere que estas especies podrían ser particularmente prolíficas, son una parte esencial del zooplancton al actuar como intermediarios en la cadena alimenticia, son presa de peces y otros organismos, su alta densidad asegura una fuente constante de alimento para niveles tróficos superiores. En ecosistemas acuáticos continentales los copépodos han desarrollado adaptaciones que les permiten sobrevivir y reproducirse eficientemente, contribuyendo al control de poblaciones de bacterias y algas, lo que puede mejorar la calidad del agua y prevenir procesos de eutrofización. Este patrón de bajas riquezas y altas densidades puede reflejar la capacidad del ecosistema para mantener un equilibrio dinámico a pesar de las limitaciones de recursos (Daza et al., 2023; INVEMAR, 2022; Mercado-Salas & Suárez-Morales, 2011).

En último lugar, los Cladóceros con la clase Branchiopoda mostraron una representación baja tanto en riqueza como en abundancia, la cual puede atribuirse a varios factores ecológicos y ambientales, dentro de las que se resaltan; la competencia fuerte con otros microcrustáceos especialmente los copépodos que este ejercicio dominan en abundancia mostrando mayores capacidades de adaptación, fluctuaciones en la calidad del agua y la disponibilidad de recursos alimenticios (condiciones típicas de los ecosistemas acuáticos continentales del caribe colombiano), la alta densidad de predadores al ser la presa de peces y otros organismos, y por último la falta de nichos ecológicos específicos que favorezcan su proliferación en estos ecosistemas influye de manera importante en los valores de riqueza (Fajardo, 2008; Torres-Bejarano, 2013).

Los resultados en cuanto a riqueza con predominio de rotíferos, alta abundancia de copépodos pero bajas riquezas y bajas riquezas de cladóceros coinciden con los reportados por (ONF Andina, 2014), Pero difieren con los datos reportados por (Rangel-Ch, 2012), en el estudio realizado a los humedales menores del sur del departamento del Cesar, donde los cladóceros estuvieron por encima de los copépodos.

Relación entre los sectores muestreados y organismos zooplanctónicos

El sector E1, cascos urbanos, presenta características como niveles de pH ácido, bajos niveles de oxígeno disuelto, alta concentración de materia orgánica, nitritos y fosfatos elevados y una alta presencia de Coliformes fecales y totales. sugiriendo la influencia de aguas residuales con contenido de ácidos orgánicos e inorgánicos. Estas condiciones se relacionan con la presencia de *Moina* sp, asociada a hábitats ricos en nutrientes con propensos a eutrofización, actúa como consumidor activo tanto de fitoplancton como de zooplancton, siendo común en ambientes con alta concentración de materia orgánica. Así mismo, se asocian especies como *Lecane quadridentatus*, *Lecane sp1*, *Brachionus sp2*, *Brachionus sp1*, conocidas por su capacidad de adaptación a condiciones ambientales adversas y su tolerancia a cambios fisicoquímicos. También se registraron nauplios de Copépodos, lo que sugiere procesos de adaptación a las condiciones presentes en el sector. Muestra un ambiente antrópico que favorece las condiciones adaptables para los organismos oportunistas y resiliente a condiciones del ecosistema (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023; Red de Información Ambiental de Andalucía, 2007).

El sector E2, actividad agrícola, presenta similitudes con especies como *Asplanchna* sp y *Alona* sp, conocidas por habitar en aguas dulce tropicales y por su capacidad de tolerar temperaturas de hasta 35 °C y un rango de pH de 1 a 9, tolerantes a condiciones extremas (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023). Estas especies suelen preferir ambientes con tendencia a la eutrofización, adaptándose a condiciones bajas de oxígeno, el sector posiblemente genera desechos ricos en sales y nutrientes, resultado del uso de fertilizantes, que a través de la escorrentía llegan a la ciénaga, lo que podría explicar las concentraciones de sólidos disueltos y elevada conductividad. Aunque los Coliformes fecales fueron valores relativamente bajos, los Coliformes totales presentaron índices muy altos, lo que sugiere una contaminación fecal significativa en el área posiblemente por la influencia de ganado bovino y bufalino (IDEAM, 2007).

El sector E3 actividad agroindustrial, alberga organismos como *Calanoida* sp., conocidos por habitar una amplia variedad de ambientes acuáticos y tolerar diversas condiciones ambientales. También se asocia especies como *Philodina* sp y larvas nauplios copépodos, este grupo de organismos posee adaptación ante los factores ambientales que les permiten tener una amplia distribución en variados ambientes acuáticos, al soportar altas concentraciones de nutrientes, cambios en el pH, sedimentos y salinidad (Red de Información Ambiental de Andalucía, 2007). En razón del tipo de actividad que se realiza en el sector, el uso de fertilizantes, además del alto contenido de material orgánico. Aunque los niveles de sólidos disueltos totales, que incluyen sales y pequeñas cantidades de materia orgánica disuelta, no indica un aporte significativo de estos elementos. Debido a la elevada materia orgánica y DQO. Se podría indicar que, hay presencia de contaminación orgánica y probablemente esté relacionado con las actividades agroindustriales y el uso de fertilizantes en la zona.

El sector E4 tributario urbano, está asociado a especies como *Cyclopoida* sp., *Lecane bulla*, *Euchlanis*, especies comunes de aguas dulceacuícolas y se destacan por su abundancia y tolerancia a cambios en las condiciones ambientales. Estas especies son capaces de adaptarse a un rango de pH cercanos a 6 y muestran una notable resistencia a las variaciones fisicoquímicas del agua (Red de Información Ambiental de Andalucía, 2007).

El sector E5 actividad agropecuaria, obtuvo niveles elevados en conductividad, sólidos disueltos, turbiedad y nitratos y los parámetros microbiológicos Coliformes totales y fecales presentan asociación con especies como *Brachionus dolobratius*, relacionada con aguas en condiciones de elevados nutrientes, presencia de sólidos disueltos, turbiedad, niveles adecuados de oxígeno disuelto, concordante con los resultados obtenidos, posiblemente debido a descarga de fertilizantes, que aumentan la presencia de nitrógeno y fósforo (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023, p. 66 Iriondo, M.H., Paggi, J.C., Parma, M, J. (2007), la especie *Brachionus budapestinensis*, es una especie común en zonas tropicales de aguas cálidas caracterizada como ser termófila y perteneciente a aguas lenticas (Red de Información Ambiental de Andalucía, 2007), condiciones que posee el sector, la presencia del género

Brachionus es registrado como presunto indicador de contaminación orgánica y eutrofización, de moderada a alta, tolerantes a un amplio rango de condiciones ambientales particularmente salinidad y temperatura (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023). Generado posiblemente por desequilibrios en el ecosistema.

El sector E6, ubicado en el sector central de la ciénaga, alberga especies como *Filinia longiseta*, común en ecosistemas dulceacuícolas eutróficos con variaciones de oxígeno disuelto entre 6 y 11 mg/L, esta especie se alimenta de bacterias y detritos, es un indicador de eutrofia (Basińska et al., 2010), también se identificó *Filinia opoliensis*, regularmente presente en aguas dulces tropicales habita en entornos con alta concentración bacteriana y es utilizada como indicador de eutrofización debido a su comportamiento filtrador.

Así mismo, se observó *Cyclopoida sp.*, un poco más dispersa, conocida por su capacidad de establecerse en diversos sistemas acuáticos, y *Hexarthra sp.*, una especie cosmopolita que habita en sistemas lenticos, especialmente en aguas con alta mineralización. Las larvas de nauplios de copépodos, *Calanoida sp.*, característica por habitar en variedad de ambientes acuáticos desde sistemas lenticos como lóticos, son organismos importantes en el flujo de materia y energía en las redes tróficas abundantes en la mayoría de ecosistemas y tolerantes condiciones ambientales (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023), el ambiente en este sector tendría influencia de turbiedad lo que sugiere presencia de partículas suspendidas, como sedimentos y materia orgánica, lo que podría reducir la penetración de luz y afectar la producción primaria. Los Coliformes fecales registraron una baja presencia, indicando una ligera contaminación fecal, posiblemente por escorrentías locales. Sin embargo, la DQO fue elevada sugiriendo una significativa carga orgánica, posiblemente vinculada a sedimentos ricos en materia orgánica o factores estacionales.

El sector E7 tributario rural, presenta mayor riqueza y abundancia en comparación con los otros sectores, destaca las especies *Brachionus angularis*, *Brachionus havanaensis* y *Brachionus caudatus*, típicas de aguas templada y tropicales, predominantes en ambientes mesotróficos y eutróficos, asociadas a altos niveles de materia orgánica y tolerantes a concentraciones de contaminantes y factores ecológicos adversos. Otras especies, como

Lecane sp2, *Leontina* Toleran pH de 6 a 9 unidades, tolerantes a perturbaciones. *Lecane papuana* habita en aguas dulces tropicales tolera temperatura de hasta los 33 °C y puede vivir en diversos nichos, desde macrófitas, sedimentos o litorales, soportando niveles de conductividad. *Polyarthra*, especie común en aguas dulces, activa filtradora de materia orgánica en suspensión y toleran un amplio rango de temperatura, pH, salinidad, oxígeno disuelto y conductividad. *Euchlanis sp.*, cosmopolita en sistemas de aguas dulces y marinos, hábiles predadores de los fondos bénticos son utilizados en estudios de ecotoxicología y ecología debido a su capacidad de adaptarse a diversas condiciones fisicoquímicas (Poloche-Hernández, J.F et al., 2023; Red de Información Ambiental de Andalucía, 2007).

11. CONCLUSIONES

Con base en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados, la ciénaga evidencia niveles bajos de nutrientes, aguas moderadamente oxigenadas, temperaturas elevadas, profundidades variables, salinidad baja, turbiedades altas y pH ligeramente ácido. Además, se evidencio que todos los sectores de la ciénaga presentan Coliformes fecales, y Coliformes totales que superan las 300 UFC, lo que presume contaminación fecal. De acuerdo con criterios establecidos en el decreto 1594 de (1984), se concluye que las aguas no son aptas para consumo humano, uso doméstico, riego agrícola y tampoco de contacto directo o actividades recreativas, lo que sugiere que el ecosistema posee aguas contaminadas y procesos de degradación.

El sector El Casco urbanos, muestra condiciones bajas de oxígeno, aguas ácidas, alto contenido de Coliformes fecales y totales, nitritos elevados, sólidos disueltos elevados y poca profundidad, los sectores E2 actividad agrícola, E3 actividad agroindustrial y E5 actividad agropecuaria, E4 tributario urbano muestran condiciones asociadas a ligera acidez, elevada conductividad y moderados sólidos disueltos con altas profundidades y los sectores central de la ciénaga y tributarios rurales poseen aguas oxigenadas, temperaturas elevadas y contenido de nitratos moderados.

En cuanto a la composición de los grupos mayores de zooplancton, los rotíferos presentan una riqueza relativa del 80.56%, seguidos por los cladóceros con un 11.11% y copépodos 8.33%. En términos de abundancia relativa, los rotíferos también lideran con un 44.45%, seguido por los copépodos con un 43.26%, y con un menor porcentaje los cladóceros con 12.29%. Estos resultados indican que los rotíferos son el grupo dominante en la ciénaga de Sahaya, tanto en riqueza como en abundancia. El análisis sugiere que cada sector de la ciénaga está influenciado por condiciones particulares derivadas de las actividades humanas que se desarrollan en su entorno y que podrían estar influenciando la calidad del agua.

Con base en los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede inferir que el cuerpo de agua presenta fluctuaciones en sus variables ambientales, presuntamente por las actividades antrópicas que actualmente se ejercen a su alrededor, la diversidad de especies varía notablemente entre sectores, teniendo los rotíferos y copépodos mayor riqueza y abundancia en el sector tributario rural y central de ciénaga, mientras los cladóceros manejan mayor riqueza en el sector cascos urbanos y abundancia en el sector actividad agropecuaria. Los demás sectores manejan niveles bajos en riqueza y abundancia de los organismos. Además, en la mayoría de los sectores predominan géneros oportunistas con alta capacidad de adaptación a las fluctuaciones ambientales. En cuanto a la abundancia, se podría indicar que esta no es equitativa entre las estaciones, evidenciando que algunas especies proliferan con tendencias altas en densidades de individuo/ml y otras se mantienen con tendencias bajas en las mismas densidades.

Los organismos zooplanctónicos encontrados en las estaciones muestreadas se caracterizan por tener amplia tolerancia a condiciones ambientales como la contaminación orgánica, tendencia a la eutrofización, pH ácido, alta alcalinidad, baja concentración de oxígeno disuelto, y elevada demanda química de oxígeno (DQO). Asociados a las características encontradas en los sectores.

12. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos se recomienda a los entes territoriales encargados de los recursos naturales en la región, programar la estandarización de metodologías y diseño de monitoreos o seguimientos sistemáticos para evaluar los recursos hidrobiológicos, para así generar comparaciones espacio temporales que brinden herramientas o datos sólidos con rigor científico para la toma de decisiones en cuanto al uso de los recursos naturales de la ciénaga de Sahaya en Pelaya – Cesar. Fomentando la investigación científica en el sistema natural para mejorar la comprensión del ecosistema acuático. Asimismo, utilizar la herramienta de sectorización establecida y el uso de los organismos zooplanctónicos para obtener indicios de variaciones en el ecosistema.

Recomendamos la implementación de estrategias que promuevan el desarrollo sostenible de la región, con el fin de mejorar las condiciones del ecosistema acuático, minimizando impactos y promoviendo la conservación y preservación de los recursos hidrobiológicos y arbóreos. Así mismo, sugerimos capacitaciones para la implementación de prácticas silvopastoriles y elaboración de abono orgánico, generación de talleres sobre prácticas sostenibles para la comunidad, con un enfoque especial en la población del sector agrícola en las sábanas comunales, que son comunidades vulnerables y depende de sus propios recursos para llevar a cabo sus actividades de cultivo.

Recomendamos a los entes gubernamentales y a las empresas locales del sector, como Indupalma Lita S.A.S y terratenientes, entre otros, implementar medidas de manejo ambiental en sus áreas productivas como reforestación con especies nativas, repoblación de especies ícticas, la adopción de sistemas silvopastoriles y agroforestales, y la ejecución de planes contra la desertificación. Además, es necesario incorporar prácticas de compensación ambiental para mitigar los impactos y la alteración del equilibrio de la ciénaga. También sugerimos que estas personas e entidades asuman una mayor responsabilidad social empresarial, lo que podría tener un impacto positivo en la comunidad de pescadores y en los residentes de las áreas cercanas a la ciénaga, como las poblaciones de San Bernardo, Costilla y pueblo nuevo entre otras.

13. LITERATURA CITADA

- Acosta, A., Londoño, A., Villalba, D., Martínez, D., Soler-Tovar, D., Mayor, G., Jiménez, D., & Acero, V. (2010). *[Preliminary Effect of Calcareous Phosphate in Eggshell in Laying Hens in Fusagasuga, Cundinamarca]*.
- Corporación autónoma regional del Cesar, Resolución 589. <https://www.corpocesar.gov.co/files/acuerdo-011-25-05-2017-CD.pdf>.
- Aguas del Cesar S.A E.S.P. (8 de agosto de 2018). Boletín N° 20 -Gobernador Ovalle y Aguas del Cesar inauguraron acueducto y alcantarillado del corregimiento Costilla. <https://aguasdelcesar.gov.co/boletin-no-20-gobernador-ovalle-y-aguas-del-cesar-inauguraron-acueducto-y-alcantarillado-del-corregimiento-costilla/>
- Agudelo Gómez, D. A., Cerón Muñoz, M. F., & Hurtado Lugo, A. (2007). El búfalo como animal productor de carne: Producción y mejoramiento genético. *[Revista Lasallista de Investigación, 4(2), 43-49]*.
- Aguilera Díaz, M. M. (2011). *[La economía de las ciénagas del caribe colombiano]: Vol. II (2.ª ed.)*. CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango. https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/lbr_economia_cienagas.pdf.
- Aguirre, N. J., Palacio, J. A., & Ríos, E. L. (2013). *[Physical chemistry water variation of the swamp El Eneal, Sanguaré natural reserve municipality of San Onofre-Sucre, Colombia]*. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 46, 39-45*. <https://doi.org/10.17533/udea.redin.17927>
- Alcaldía de Bogotá. (2000), noviembre 17). Resolución 1096. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38541>
- Alcaldía municipal de Pelaya. (2016). *Esquema de Ordenamiento Territorial 2020*.
- Alcaldía Municipal de Pelaya—Cesar. <https://pelayacesar.micolombiadigital.gov.co/planes/esquema-de-ordenamiento-territorial-2020>
- Análisis dimensional en ecología—*[ScienceDirect. (s. f.)]*. Recuperado 25 de agosto de 2024, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444538680500034?via%3Dihub>

- Anne, C., T. C., H., & K.H, M. (s. f.). *Anne Chao's Website*. Recuperado 25 de agosto de 2024, de <https://sites.google.com/view/chao-lab-website/home>
- APHA. (1999). *Standard Methods 20th edition*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- Banco de la república. (2021). *Colombia, territorio y megadiversidad*. En *Enciclopedia | La Red Cultural del Banco de la República*. https://enciclopedia.banrepcultural.org/index.php?title=Colombia,_territorio_y_megadiversidad
- Baselga, A., & Gómez-Rodríguez, C. (2019). [Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?] 26: 39-45.
- Cahe, E., & Prada, J. de. (2022). [Evolución de la expansión urbana y riesgos para la agricultura de proximidad en el sur de Córdoba, Argentina]. *EURE*, 48(144), 1-21.
- Cámara de comercio Aguachica. (2019). [informe de estudios económicos]. https://camaraaguachica.org.co/files/ley-transparencia/obligacion-reporte/estudios-investigaciones-otros/concepto-economico/ESTUDIOS_ECONOMICOS_2019.pdf
- Caro-Caro, C. I., & Torres-Mora, M. A. (2015). [Servicios ecosistémicos como soporte para la gestión de sistemas socioecológicos: Aplicación en agroecosistemas]. *ORINOQUIA*, 19(2), 237-252.
- Carranza-Castillo, H., Gordillo-Guerra, J. G., Reinoso-Flórez, G., Carranza-Castillo, H., Gordillo-Guerra, J. G., & Reinoso-Flórez, G. (2021). [Rotíferos, copépodos y branquiópodos presentes en un humedal del departamento del Tolima], Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(175), 421-431. <https://doi.org/10.18257/raccefyfyn.1336>
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). [Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation]. Natural Environment Research Council. Plymouth Marine Laboratory.: Vol. 2 Edition.
- Condalab. (2022). *Agar Cromogénico Coliformes (CCA) ISO*. <https://www.condalab.com/aguas/1314-15203-agar-cromogenico-coliformes-cca-iso.html>

- Conde-Porcuna, J. M., Ramos-Rodríguez, E., & Morales-Baquero, R. (2004). [El zooplancton como integrante de la estructura trófica de los ecosistemas lénticos: Ecosistemas]. 13(2), Article 2. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/204>
- Congreso de la república de Colombia. (22 de diciembre 1993). Ley 99. <https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/ley-99-de-1993/>
- Congreso de la república de Colombia. (9 noviembre 1994). Ley 165. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37807>
- Congreso de la república de Colombia. (21 de enero 1997). Ley 357. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=344>
- Corporación Autónoma Regional del Cesar. (17 de julio 2012). Resolución 0720. <https://www.corpocesar.gov.co/files/res0720.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Cesar -Corpocesar-. (19 de mayo 2016). Resolución 0419. <https://www.corpocesar.gov.co/files/acuerdo-011-25-05-2017-CD.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Cesar -Corpocesar-. (25 de mayo 2017). Acuerdo 011. <https://www.corpocesar.gov.co/files/acuerdo-011-25-05-2017-CD.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Cesar -Corpocesar-. (septiembre 23 2020). Resolución 0272. <https://www.corpocesar.gov.co/files/resolucion-0272-23-09-2020-DG.pdf>
- Cortés Ballén, L. A. (2018). [Aproximación al paisaje de los humedales urbanos de Bogotá dentro de la estructura ecológica principal de la ciudad]. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía, 27(1), 118-130. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.60584>
- Daza, G. A. G., Velandia, F. J. P., & Silva, L. J. A. (2023). [distribución y abundancia de copépodos en puerto bolívar (caribe colombiano) en dos periodos climáticos del 2020]. Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/36044/2/GilGina_2023_DistribucionAbundanciaCopepodos.pdf
- Decreto 1541. (1978). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1250>
- Decreto 1640. (2012). https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=49987

- Departamento Nacional de Planeación. (2021). [*Rutas especializadas para la formulación de los Planes de Desarrollo Territoriales “Plan de Ordenamiento Territorial Municipal y Distrital”*].
- Fajardo, E. A. S. (2008). [*Diversidad alfa y beta de microcrustáceos planctónicos (copépodos y cladóceros) en las dimensiones longitudinal, lateral y temporal del sistema de lagos yahuarcaca amazonia colombiana*].
- Gallo-Sánchez, L. J., Aguirre-Ramírez, N. J., Palacio-Baena, J. A., & Ramírez, J. J. (2009). [*Zooplankton (rotifera y microcrustacea) y su relación con los cambios del nivel del agua en la ciénaga de Ayapel, córdoba, Colombia*].
- García Chicote, J. (2015). [*El zooplankton como indicador de la calidad del agua en embalses: Un estudio en el ámbito de actuación de la Confederación Hidrográfica del Júcar*] [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat de València <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=101453>
- García Ponce, H. M. (1997). [*Composición del zooplankton en los diferentes ecosistemas acuáticos de Nicaragua*]. Ponencia/Presentación en Jornada, Congreso (Artículo). <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2543/>
- Gaspari, F. J., Senisterra, G. E., & Marlats, R. M. (2007). [*Relación precipitación—Escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. Cuenca modal del sistema serrano de La Ventana*], Argentina. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*.
- Gaviria, S., & Aranguren, N. (2007). [*Especies de vida libre de la subclase Copepoda (Arthropoda, Crustacea) en aguas continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander von Humboldt» Colombia, 8(1), 53-68.*
- Gaviria, S., & Aranguren-Riaño, N. (2019). [*Continental copepods (Crustacea: Hexanauplia) of Colombia: revisión and additions to the inventory*]. *Biota Colombiana, 20(1), Article 1.* <https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a04>
- González, E. J., Ortaz, M., Matos, M. L., Mendoza, J., Peñaherrera, C., & Carrillo, V. (2002). [*Zooplankton de dos embalses neotropicales con distintos estados tróficos*]. *Interciencia, 27(10), 551-558.*

- Gutiérrez Moreno, L. C., Heredia Gómez, O. P., & Atencio Fontalvo, L. C. (2005). [Aporte al conocimiento sobre la variación horizontal de los rotíferos planctónicos en ecosistemas lenticos someros del caribe colombiano a través de experimentos de simulación]. *1(1)*, 10.
- Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skioldal, H. R., & Huntley, M. (2000). *ICES Zooplankton Methodology manual*.
- Hernández, J. L., Guzmán-Soto, C. J., & Tamaris-Turizo, C. E. (2016). [Macroinvertebrados acuáticos de la ciénaga de Sahaya y en tres de sus afluentes (Cesar, Colombia)]. *Intropica*, *11*, 11. <https://doi.org/10.21676/23897864.1857>
- IDEAM. (2007a). *Coliformes totales y E. coli por el método de filtración por membrana en agar Chromocult (03; pp. 1-17)*.
- IDEAM. (2007b). [Determinación de *Escherichia coli* y coliformes totales en agua por el método de filtración por membrana en agar Chromocult. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales]. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174#:~:text=La%20filtraci%C3%B3n%20por%20membrana%20es,agua%20haciendo%20que%20se%20filtre>.
- IDEAM, & INVEMAR. (2021). [Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua]. Bogotá, D.C., Colombia, 631.
- InfoZoa. (2014). [Zooplankton. Boletín de Zoología], *3*, 24.
- Instituto Colombiano de Desarrollo Rural INCODER, Dirección territorial del Cesar. (2012, noviembre 26). Resolución 536. <https://www.corpocesar.gov.co/files/acuerdo-011-25-05-2017-CD.pdf>
- Instituto Humboldt – Fundación Omacha. (2015). [Caracterización biológica y ecológica de las comunidades de plantas acuáticas, plantas terrestres y macroinvertebrados, y caracterización físico-química de aguas de la ventana de estudio de la ciénaga de Zapatos]. (p. 128). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - Fondo Adaptación. <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9546/14-13-014-237PS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- INVEMAR. (2022). [Detalles de: Variación horizontal y vertical de la comunidad oceánica de copépodos en el Caribe colombiano]. <https://centrodocumentacion.invemar.org.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=21855>
- Jaramillo Villa, Ú., Cortés Duque, J., & Flórez Ayala, C. (2015). [Colombia Anfibia. Un país de humedales]. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.: Vol. I. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/9290>
- Jiménez, C. M. (2017, junio 14). [Invasión de búfalos, una amenaza para la ciénaga de Sahaya]. El pilón. <https://elpilon.com.co/invasion-bufalos-una-amenaza-la-cienaga-sahaya/>
- Jiménez-Segura, L. F., Carvajal-Quintero, J. D., & Aguirre, N. (2012). [Las ciénagas como hábitat para los peces: Estudio de caso en la ciénaga de Ayapel (Córdoba), Colombia]. *Actualidades Biológicas*, 32(92), 53-64. <https://doi.org/10.17533/udea.acbi.331490>
- La regional.net. (2017a, octubre 26). [Empresario se apodera de playones comunales y ciénaga de Sahaya: Comunidad]. *LaRegional.net | Noticias, Análisis y Opinión*. <https://www.laregional.net/empresario-se-apodera-de-playones-comunales-y-cienaga-de-sahaya-comunidad/>
- La regional.net. (26 de octubre 2017). *Empresario se apodera de playones comunales y ciénaga de Sahaya: Comunidad* -. *LaRegional.net | Noticias, Análisis y Opinión*. <https://www.laregional.net/empresario-se-apodera-de-playones-comunales-y-cienaga-de-sahaya-comunidad/>
- Ley 1382. (2006). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38863>
- Ley 1753. (2015). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>
- López, C. (1993). [Nuevos Rotíferos para aguas continentales de Venezuela]. *R~U. Hydrobiol. trop.* 26 (1), 65-70.
- López, I. L. O., Rodríguez, S. N., & Arancibia, C. S. C. (2020). [Estado actual de eutrofización utilizando el modelo matemático del índice de estado trófico (IET) en la laguna de Paca de la provincia de Jauja. *Prospectiva Universitaria*], 17(1), Article 1. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1391>
- López Suarez, K. (2015). [Validación del método de filtración por membrana para análisis microbiológico de Coliformes totales y *Escherichia coli* en aguas marinas]. *Bol. Cient.*, 215-220.

- Manzanares, V. M. V. (2011, octubre 12). *The Environmentalist Journal: [FILO NEMÁTODOS. FILO ARTRÓPODOS: SUBFILO QUELICERADOS, SUBFILO CRUSTÁCEOS]. The Environmentalist Journal.*
<https://theenvironmentalistjournal.blogspot.com/2011/10/practica-3-filo-nematodos-filo.html>
- Marciales-Caro, L. J., Díaz-Olarte, J. J., Cruz-Casallas, P. E., & Medina-Robles, V. M. (2012). *[Evaluación de la composición del plancton en cuatro lagunas de rebalse del río Metica] (Puerto López, Meta, Colombia). ORINOQUIA, 16, 203-216.*
- Marín, L. M. R., Lopera, A. E. A., & Valdés, C. Y. P. (2023). *[Cultura material del hábitat anfibio: Un caso de estudio en Bocas del Atrato en Colombia]. Módulo arquitectura - CUC, 30, 71-98.* <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.03>
- Martínez-Castillo, J., Martínez-Lopez, A. G., Padrón-Hernández, W., Rodríguez-Bernal, O. F., Chiquito-Coyotl, O., Escarola-Rosas, M. A., Hernández-Lara, J. M., Elvira-Hernández, E. A., Méndez, G. A., & Tinoco-Magaña, J. C. (2014). *[Alternativas actuales del manejo de lixiviados]. Avances en Química, 9(1), 37-47.*
- Medina M., C. (2016). *[Effects of soil compaction by trampling of animals in soil productivity. Remediations. Revista Colombiana de Ciencia Animal] - RECIA, 8(1), 88-93.*
<https://doi.org/10.24188/recia.v8.n1.2016.229>
- Merayo, S., & González, E. J. (2010). *[Variaciones de abundancia y biomasa del zooplancton en un embalse tropical oligo-mesotrófico del norte de Venezuela]. Revista de Biología Tropical, 58(2), 603-619.*
- Mercado-Salas, N. F., & Suárez-Morales, E. (2011). *[Morfología, diversidad y distribución de los Cyclopoida (Copepoda) de zonas áridas del centro-norte de México]. I. Cyclopinae. Hidrobiológica, 21(1), 1-25.*
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (2012). Resolución 536.
<https://verdadabierta.com/wp-content/uploads/2018/04/Resolucio%CC%81n-Incoder-deslinda-y-delimitacio%CC%81n-de-Sahaya.pdf>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo integral. (2004). Resolución 0157.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/resolucion-0157-de-2004.pdf>

- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2006). Resolución 196. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Resolucion-196-de-2006.pdf>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2015). Decreto 1076. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (2016, enero 1). Resolución 631. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70346>
- Miracle, M. R. (2015). [Orden Cyclopoida]. 95, 1-19.
- Morales Salinas, N. (2011). *Naferedivarmoralessalinas.2011.pdf* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/19984/naferedivarmoralessalinas.2011.pdf?sequence=1>
- Naciones Unidas. (2015). [Objetivos y metas de desarrollo sostenible]. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- Navarro, Y. (2021). *Sahaya: [La inmensidad de una ciénaga que lucha por sobrevivir [Periodismo]. Consejo de redacción]*. <https://consejoderedaccion.org/sello-cdr/investigacion/sahaya-la-inmensidad-de-una-cienaga-que-lucha-por-sobrevivir/>
- Objetivos de Desarrollo Sostenible. (2024). UNDP. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Oliva-Martínez, M. G., Godínez-Ortega, J. L., & Zúñiga-Ramos, C. A. (2014). [Biodiversidad del fitoplancton de aguas continentales en México]. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, S54-S61. <https://doi.org/10.7550/rmb.32706>
- ONF Andina. (2014). [Plan de manejo ambiental de humedales menores del sur del departamento del Cesar] (p. 331). ONFA, ONFI, CORPOCESAR.
- Ordóñez, J. I. (2020, octubre 20). *Río Magdalena, patrimonio de la humanidad [Periódico Universidad Nacional de Colombia]. MEDIO AMBIENTE*. <https://www.periodico.unal.edu.co/articulos/rio-magdalena-patrimonio-de-la-humanidad>
- Padisák, J., & Reynolds, C. (2003). *Shallow lakes: The absolute, the relative, the functional and the pragmatic*. *Hydrobiologia* 506/509, 1-11.
- Pilón, R. E. (2023, abril 5). *Pescadores de San Bernardo se desplazaron al cultivo de palma por contaminación en ciénaga de Sahaya*. *El Pílon | Noticias de Valledupar, El Vallenato y El*

- Caribe Colombiano. <https://elpilon.com.co/pescadores-de-san-bernardo-se-desplazaron-al-cultivo-de-palma-por-contaminacion-en-cienaga-de-sahaya/>
- Plan de manejo ambiental de los humedales menores del sur del departamento del Cesar. (2014).
- Poloche-Hernández, J.F, Reyes-Motavita, M., Díaz Barrios, M.C, & Hernández Castillo, B. (2023). Biodiversidad acuática del Sitio demostrativo de Ecohidrología PHI-UNESCO DRMI-Sitio Ramsar Complejo Cenagoso de Zapatosa (Fichas de organismos. Biodiversidad acuática del Sitio Demostrativo de Ecohidrología PHI-UNESCO, DRMI-Sitio Ramsar Complejo Cenagoso Zapatosa, 3. Fundación Natura, Ideam., Vol. 3). <https://natura.org.co/wp-content/uploads/2023/06/Catalogo-03-Zooplanton.pdf>
- Pradana Pérez, J. Á., & García, J. (2019). Criterios de calidad y gestión del agua potable. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://elibro-net.bdigital.sena.edu.co/es/ereader/senavirtual/111749>
- Prieto G., M., & Atencio G., V. (2008). Zooplanton en la larvicultura de peces neotropicales. Revista MVZ Córdoba, 13(2). <https://doi.org/10.21897/rmvz.401>
- R: El Proyecto R para el cálculo estadístico. (s. f.). Recuperado 25 de agosto de 2024, de <https://www.r-project.org/>
- Ramírez, F. C. (1981). Cladóceras. https://www.cmarz.org/resources/Ramirez/Ramirez_1981_AtlasCladocera_389.pdf
- RAMSAR. (2005). 9ª Reunión de la Conferencia de las Partes Contratantes en la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) “Los humedales y el agua: ¡mantienen la vida, nos dan el sustento!” 23.
- RAMSAR. (2016). Manual de la convención de RAMSAR 5 edición, 2016. Introducción a la convención sobre los humedales. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/handbook1_5ed_introductiontoconvention_s_final.pdf
- Rangel Ch., J. O., Universidad Nacional de Colombia, Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, & Universidad Nacional de Colombia (Eds.). (2010). Colombia: Diversidad biótica. 9: Ciénagas de Córdoba: biodiversidad, ecología y manejo ambiental / J. Orlando Rangel Ch. (ed.) (1. ed). Univ. Nacional de Colombia [u.a.].

- Rangel-Ch, J. O. (2012). *Las ciénagas del departamento del Cesar: Zapatosa y Ciénagas del Sur-Biodiversidad y Conservación*. Rangel-Churio, j.o. et al. 2012. *Colombia Diversidad Biótica. Publicación Especial No. 7. Las ciénagas del departamento del Cesar: Zapatosa y Ciénagas del Sur-Biodiversidad y Conservación*. 66 pp. Editorial Universidad Nacional de Colombia., 07, 77.
- Red de Información Ambiental de Andalucía. (2007). *Atlas de organismos planctónicos en los humedales de Andalucía*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/rediam/contenidos_ordenacion/PDF/Atlas_Org_Planctonicos_1.pdf
- República de Colombia. (1974). Decreto 2811. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551>
- República de Colombia. (1984). Decreto 1594. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=18617>
- República de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125#246>
- República de Colombia, ministerio del medio ambiente, & consejo nacional ambiental. (2001). *política nacional para humedales interiores de Colombia*.
- Resolución 2115. (2007). <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/2115%20-%202007.pdf>
- Rodríguez, J. P., Senhadji-Navarro, K. K., & Ochoa, M. A. R. (2017). *Estado ecológico de algunos humedales colombianos en los últimos 15 años: Una evaluación prospectiva*. *Colombia forestal*, 20(2), Article 2. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.2.a07>
- Rodríguez-Estrada, J., Villaseñor-Córdova, R., & Martínez-Jerónimo, F. (2003). *Efecto de la temperatura y tipo de alimento en el cultivo de Moina micrura (Kurz, 1874) (Anomopoda: Moinidae) en condiciones de laboratorio*. *Hidrobiológica*, 13(3), 239-245.
- Rojas, C., Sepúlveda-Zúñiga, E., Barbosa, O., Rojas, O., & Martínez, C. (2015). *Patrones de urbanización en la biodiversidad de humedales urbanos en Concepción metropolitano*. *Revista de geografía Norte Grande*, 61, 181-204. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022015000200010>

- Rojo-Cebreros, A. H., Román-Reyes, J. C., Rodríguez-Montes de Oca, G. A., Nieves-Soto, M., Piña-Valdez, P., & Medina-Jasso, M. A. (2012). Balance energético del rotífero *Brachionus rotundiformis* Tschugunoff 1921, alimentado con cuatro especies de microalgas. *Universidad y ciencia*, 28(3), 231-244.
- Roldán Pérez, G., & Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología neotropical* (2. ed). Ed. Univ. de Antioquia [u.a.].
- Sala, J., García de Lomas, J., & Alonso, M. (2015). Orden Anomopoda. *Ibero Diversidad Entomológica @ccesible*, 1-11.
- Sánchez, E. P. S., Núñez, D., L, R. O. C., H, M. A. T., & M, E. V. H. (2017). Simulación y Conteo de Unidades Formadoras de Colonias. *ReCIBE. Revista electrónica de Computación, Informática, Biomédica y Electrónica*, 6(1), 97-111.
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). *Reusó de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión*.
- Smith, P., & Richardson, S. (1979). *Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos; FAO. (Documento técnico de pesca. 2; p. 175: 1-107)*.
- Suárez, M. F., Ayala, D., Nelson, M. J., & Reid, J. W. (1984). Hallazgo de *mesocyclops aspericornis* (Daday) (Copepoda: Cyclopidae) depredador de larvas de *aedes aegypti* en Anapoima Colombia (1). *Biomédica*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v4i2.1885>
- Suárez-Morales, E., Gutiérrez-Aguirre, M. A., & Mendoza, F. (2011). The Afro-Asian cyclopoid *Mesocyclops aspericornis* (Crustacea: Copepoda) in eastern México with comments on the distribution of exotic copepods. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(1). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.1.449>
- Torres-Bejarano, A. M. (2013). *Ecología trófica y dinámica del zooplancton en dos lagos de inundación de la amazonia colombiana*.
- Toscano, E., & Severino, R. (2013). *Brachionidae (Rotífera: Monogononta) de la albufera El Paraíso y el reporte de Brachionus ibéricos en el Perú*. *Revista Peruana de Biología*, 20(2), 177-180.
- Uribe, O., & Orozco, A. (2023). *Trabajo de grado para optar el título de ingenieros ambientales y sanitarios mediante el trabajo evaluación de la calidad del agua a través del índice de*

calidad ecológica y la estructura del fitoplancton de la ciénaga de Sahaya Pelaya Cesar. Universidad Popular del Cesar, Cesar.

UNESCO. (1968). *[Zooplankton Sampling Monographs on Oceanographic Methodology. 2, 174.*

Universidad Nacional de Colombia] (2006). La importancia ecológica de las ciénagas del canal del dique y la determinación de su estado limnológico. 105.

Vegano: Paquete de ecología comunitaria. (s. f.). [Software]. Recuperado 25 de agosto de 2024, de <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>

WWF-Colombia. (2018). Glosario ambiental: [Ecosistemas acuáticos, todo un mundo por descubrir]. <https://www.wwf.org.co/?335350/Glosario-ambiental-ecosistemas-acuaticos-todo-un-mundo-por-descubrir>

Yengle Ruiz, C. (2012). [aplicacion de análisis de componentes principales acp dialnet—Buscar con Google]. https://www.google.com/search?q=aplicacion+de+analisis+de+componentes+principales+acp+dialnet&sca_esv=708ca891a389fdf3&sca_upv=1&rlz=1C1GEWG_esCO1092CO1092&ei=3mHiZt-5OrSKwbkPsbK2mAQ

Zoppi de Roa, E., & Pardo, M. J. (2003). Biodiversidad en Venezuela Tomos I y I Rotíferos [Captura de pantalla]. <https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/publicaciones/libros/biodiversidad-en-venezuela/>

14. ANEXOS

Anexo 1. Registro fotográfico de especies de zooplancton, obtenidas en el presente estudio por el autor



Alona sp.



Asphancensa sp.



Brachionus Angularis



Brachionus sp1



Brachionus caudatus



Brachionus falcatus



Brachionus forficatus



Brachionus patulus



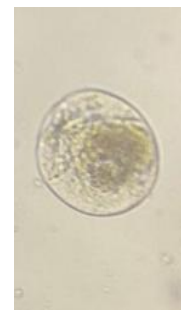
Larvas de copépedo



Epiphanes sp.



Lecane Bulla



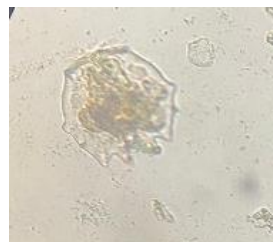
Testudinella patina



Lecane closterocerca



Calanoide



Brachiones dolobratus



Keratella tropica

Anexo 2. Media y variación estándar de las estaciones.

Nombre	actividad agrícola	actividad agroindustrial	Agropec uaria	cascos urbanos	central ciénaga	tributarios rurales	tributarios urbanos
Profundidad	115.5 ± 6.4	156.5 ± 21.9	204 ± 65.1	141.5 ± 12	235 ± 21.2	101 ± 1.4	82.5 ± 7.8
Turbiedad	26.7 ± 11.2	20.9 ± 6.8	29.8 ± 10.7	33.2 ± 22.9	19.7 ± 4.6	60.5 ± 18.5	34.8 ± 9.5
Temperatura	32.8 ± 1	33 ± 0.9	33.6 ± 0.8	30 ± 1.9	32.6 ± 1.7	35.4 ± 0.5	34 ± 0.9
pH	6.6 ± 0.5	6.5 ± 0.2	6.6 ± 0.4	6.1 ± 0.1	6.9 ± 0.2	7.4 ± 1	6.8 ± 0.3
Velocidad	0.2 ± NA	0.2 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0.1	NA	0.1 ± 0.2	0.1 ± 0.1
Alcalinidad	73.5 ± 14.8	73.5 ± 14.8	37.5 ± 44.5	63 ± 4.2	46.5 ± 2.1	51 ± 12.7	48 ± 17
oxígeno disuelto	3.6 ± 0.5	3.6 ± 0.6	4 ± 0.5	1.8 ± 2.5	4.3 ± 0.9	6.8 ± 2.7	5.6 ± 1.4
conductividad	134 ± 17	139.5 ± 46	149.5 ± 50.2	130.5 ± 13.4	140.5 ± 57.3	138.5 ± 43.1	128 ± 59.4
solidos disueltos	72.9 ± 6.5	67.8 ± 13.9	76.8 ± 26.6	68 ± 12.7	73.8 ± 28.6	68.9 ± 26	68.2 ± 29.3
Salinidad	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0.1 ± 0	0 ± 0
Dureza	27.4 ± 23.5	31.3 ± 14.7	22.6 ± 21.6	31.8 ± 28.6	31.8 ± 7.4	29.7 ± 14.2	36.5 ± 8.5
Nitritos	16.5 ± 4.9	11 ± 1.4	12.5 ± 0.7	26 ± 12.7	12.5 ± 0.7	13.5 ± 0.7	12.5 ± 0.7
Nitratos	0 ± 0	0 ± 0	0.2 ± 0.2	0 ± 0	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0	0.1 ± 0.1
Coliformes_fecales	18.5 ± 12	38.5 ± 41.7	7.5 ± 9.2	300 ± 0	4.5 ± 3.5	47 ± 55.2	40 ± 46.7
Acidez	8.2 ± 1.4	7.6 ± 1.8	7.2 ± 1.8	5.3 ± 1.5	6.4 ± 1.8	4.5 ± 1.3	6.2 ± 0.7
Ph_post	7.7 ± 0	7.5 ± 0.1	7.4 ± 0.2	7.6 ± 0.1	7.6 ± 0.3	7.6 ± 0.4	7.6 ± 0
color_620	1.2 ± 1.7	3 ± 4.2	0.8 ± 1.2	0.4 ± 0.1	0.9 ± 1.1	0.9 ± 1	1.9 ± 2.4
color_525	3.5 ± 0.6	3.7 ± 4.6	1.2 ± 1.3	0.9 ± 0.1	1.2 ± 1.1	1.4 ± 0.9	2.4 ± 2.6
color_436	3 ± 2.3	5 ± 5	2 ± 1.5	2.1 ± 0.4	2.1 ± 1.3	2.7 ± 0.7	3.6 ± 2.5
Dqo	44785 ± 1576.8	23015.5 ± 15540.1	29729.5 ± 13408.9	31980.5 ± 6339.2	81561 ± 64629.6	55402 ± 29999.7	33971 ± 6358.3