

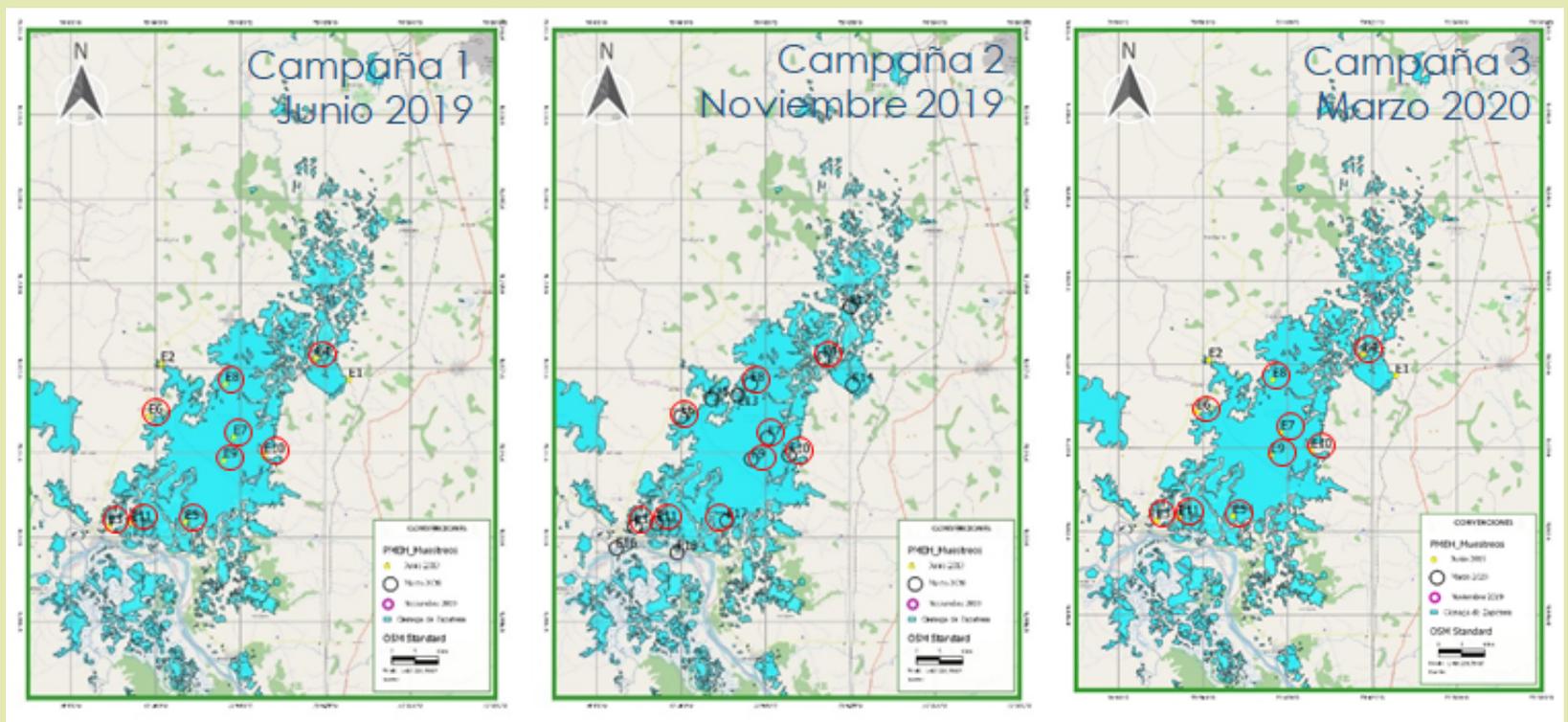
## Muestreo en ecosistemas acuáticos – complejo cenagoso de Zapatosa

Hernández-Castillo, B. E., Díaz-Barrios, M. C., Fuentes-Cabrejo, C. A., Duque-Gardeázabal, N., Poloche-Hernández, J. F., Reyes-Motavita, M. C., Porto-Peralta, L. C., Reina-Mora, Martínez-Rodríguez, M. A., Rondón-Martínez, Y. F., Arias-Patiño, M., Caro, J.F., Garzón-Riveros, J.C., Cuervo, J.F., Obregon-Neira, N.

Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH), componente 2 – Gestión de la Salud de los Ecosistemas; Proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive; Fundación Natura, carrera 21 # 39 – 43, Bogotá D. C., Colombia.

### Introducción

La ciénaga de Zapatosa es el ecosistema acuático de agua dulce más grande del país y cuenta con una alta biodiversidad. Los organismos que habitan sus aguas están influenciados por el ciclo de inundación y sus historias de vida, ajustadas a la variabilidad ambiental. Las comunidades hidrobiológicas cambian en estructura y composición, en función de los periodos hidrológicos. Se realizaron tres campañas en 2019 (junio y noviembre) y 2020 (marzo), para evaluar el estado de las comunidades de microalgas (fitoplancton y perifiton), de zooplancton, de invertebrados (asociados a macrófitas y a fondos blandos), de macrófitas y de peces. También se tomaron muestras de calidad de agua, para evaluar el estado del recurso hídrico, y se hicieron análisis de redundancia (RDA), para encontrar si existe alguna correlación fuerte entre las variables fisicoquímicas del agua y las comunidades hidrobiológicas.

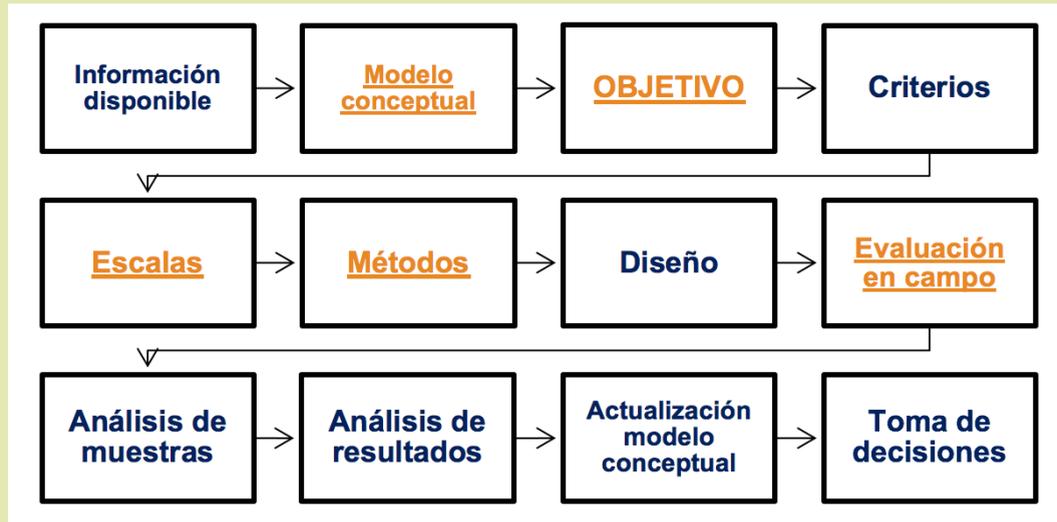


Para generar la información primaria utilizada en los modelos, la Fundación Natura, a través del Programa de Modelamiento Ecohidrológico (PMEH) del componente 2 (Gestión y Salud de los Ecosistemas) del Proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive, eligió un total de dieciocho estaciones en las tres campañas de muestreo, a fin de evaluar las comunidades hidrobiológicas y la calidad del agua en diferentes ambientes, a lo largo del complejo cenagoso de Zapatosa. Es así como se eligieron zonas de aguas abiertas, ubicadas en el espejo principal de agua, donde el recurso hídrico se mantiene, aún en el estiaje; zonas litorales, donde se presenta variabilidad de los niveles de agua en función del pulso de inundación; y zonas lóxicas, como el río Cesar y algunos arroyos, donde se evalúa el aporte de organismos y propiedades fisicoquímicas de los afluentes tributarios a la ciénaga.

# Metodología

## Identificación de los elementos cruciales del muestreo

A partir de un objetivo establecido para responder a una problemática en la ciénaga de Zapatos, se realizó el diseño de muestreo, con el fin de evaluar la calidad del agua y de las comunidades hidrobiológicas que allí se encuentran. Esta recolección de información primaria permite analizar la salud del ecosistema, esencial para la toma de decisiones.



## Métodos de recolección de información en campo

Se evaluaron los medios financieros y logísticos para la realización de la colecta de muestras en el área de estudio. Fue indispensable priorizar aquellas variables fisicoquímicas y bióticas que presenten variabilidad espacio-temporal, dando indicio de algún comportamiento de la salud del ecosistema. Las metodologías de muestreo fueron establecidas bajo un criterio de control y calidad, siguiendo estándares y protocolos.



Alistamiento de materiales para la toma de muestras en campo.



Verificación de los equipos de muestreo en el laboratorio.



Ensayos y calibración de los equipos de muestreo en campo.



Desplazamiento hacia las estaciones de muestreo.



Toma de variables fisicoquímicas in situ.



Monitoreo de las comunidades hidrobiológicas.

## Métodos de análisis en el laboratorio

Se emplearon metodologías de análisis bajo procedimientos de rigor científico usadas por el Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM para las muestras tomadas de parámetros de calidad de agua y de las comunidades hidrobiológicas.



Figura 10



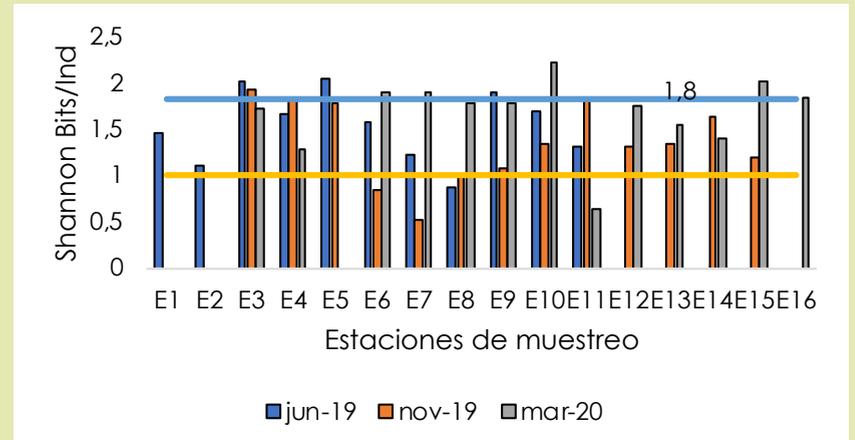
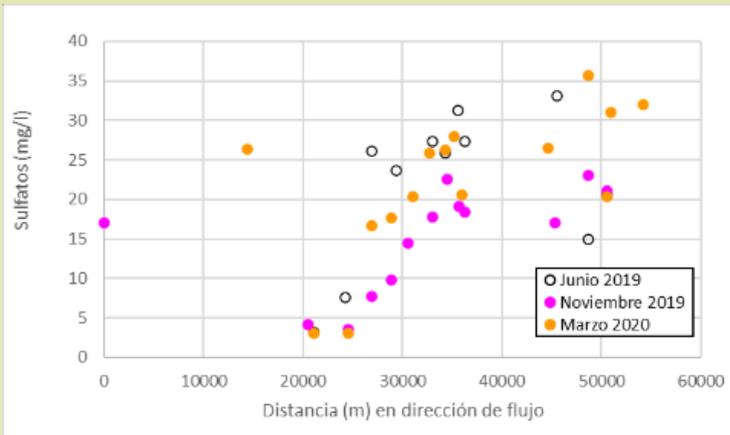
Figura 11



Figura 12

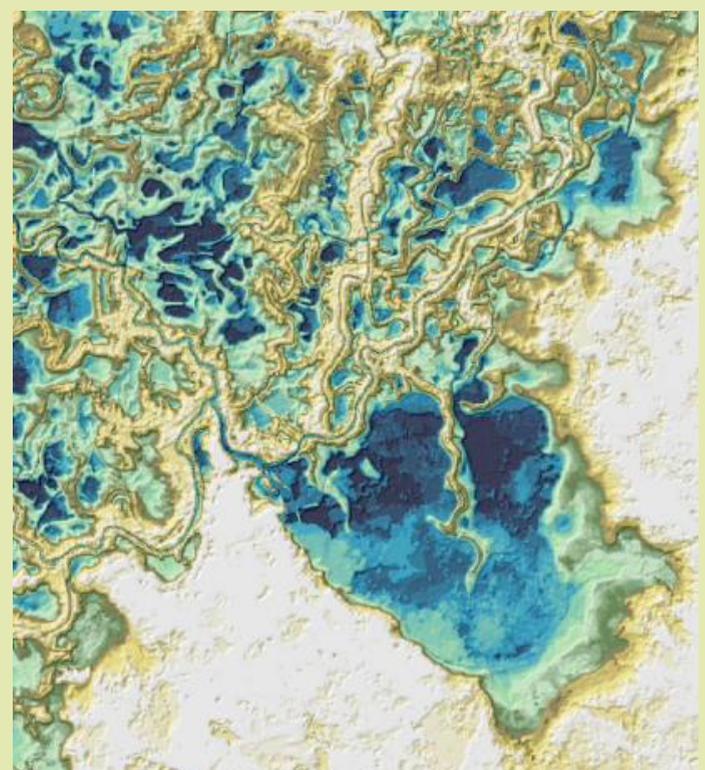
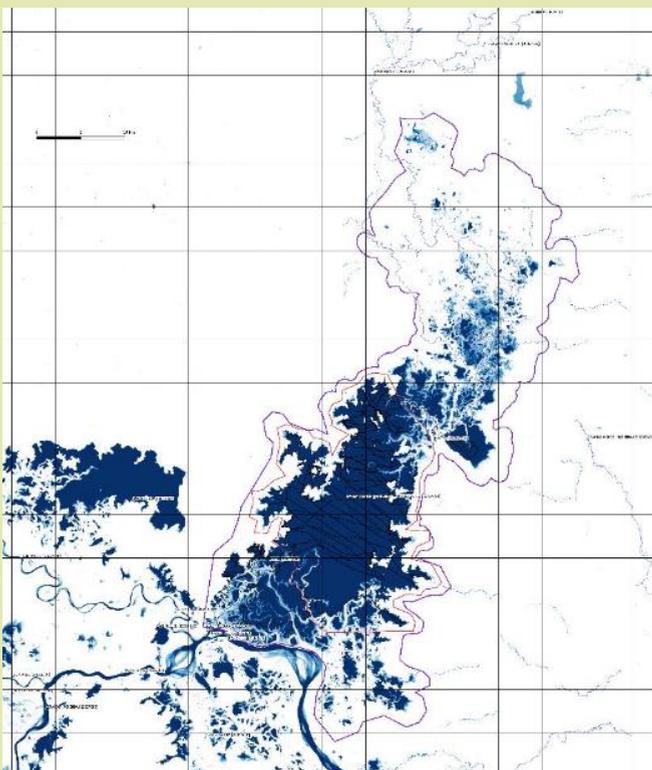
## Procesamiento de la información analizada

Los datos obtenidos de los parámetros de calidad del agua y de las comunidades hidrobiológicas fueron analizados y sometidos a pruebas estadísticas para encontrar correlaciones entre los componentes abióticos y bióticos.



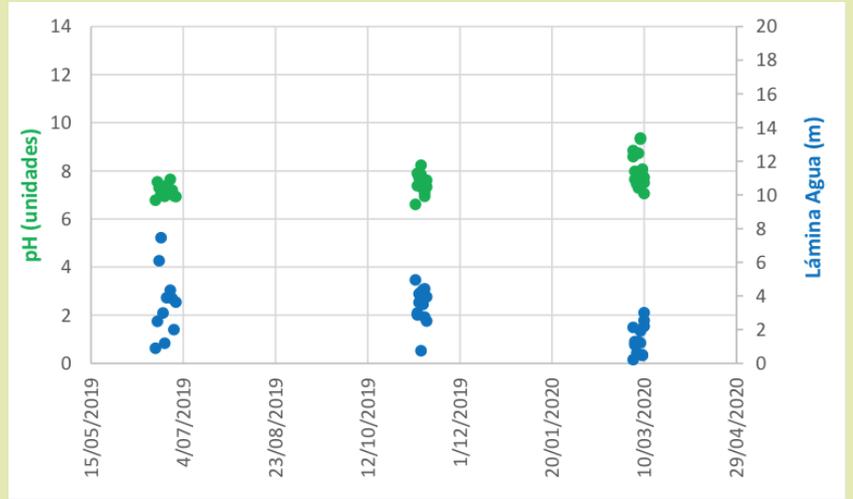
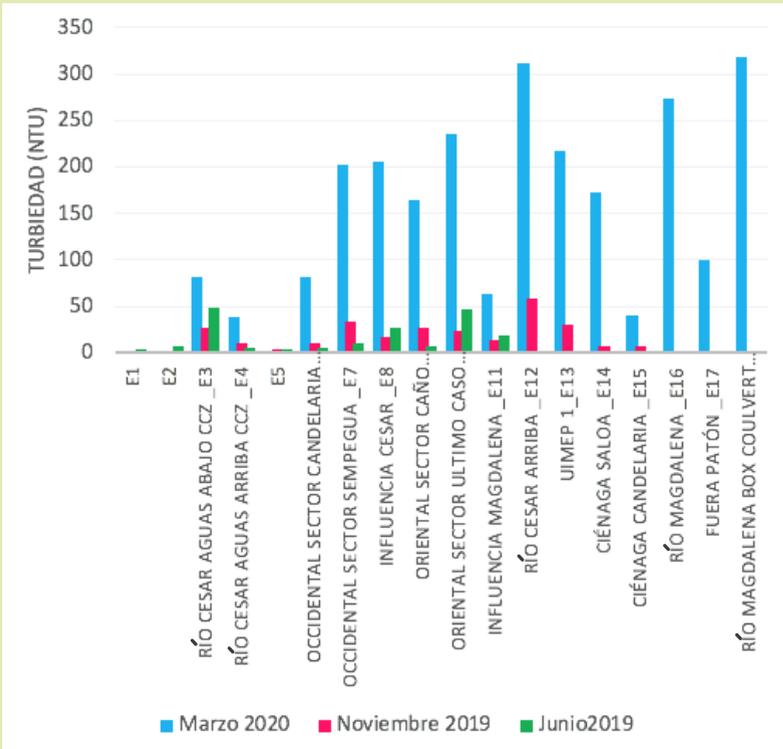
## Objetivo del muestreo

Compilar los datos que permitan responder las preguntas de manejo, a través de los modelos ecohidrológicos, que sean concluyentes de la salud de los ecosistemas y que permitan análisis robustos.



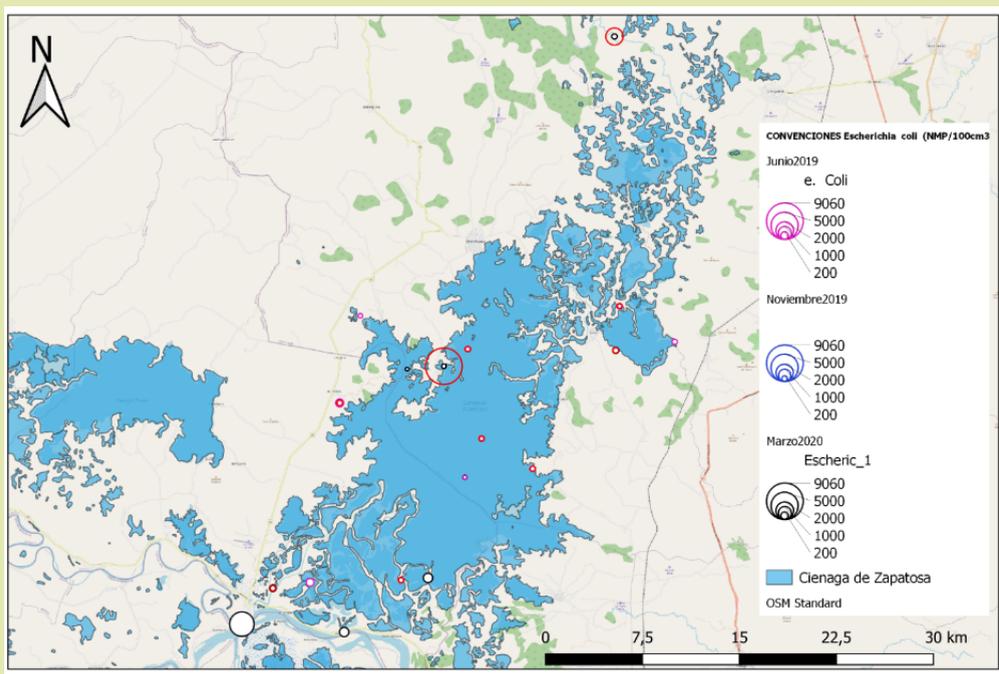
## Resultados físicoquímicos

El pH y turbiedad presentan una mayor variabilidad en el estiaje, comparado con los niveles máximos de agua en la ciénaga. Por el contrario, existe una mayor variación de la lámina de agua en los niveles máximos. Estas características en las propiedades químicas y físicas de la ciénaga indican que hay heterogeneidad en el paisaje.



No se encontraron límites detectables para los resultados analizados de metales pesados y pesticidas en las tres campañas realizadas por el PMEH. Sólo se encontró un valor detectable de atrazina en la estación del río Magdalena box couvert (E16).

	Junio 2019	Noviembre 2019	Marzo 2020
<b>Pesticidas</b>			
Organoclorados	<LD	<LD	Atrazina E16 (30 mg/l)
Organofosforados	<LD	<LD	
<b>Metales Pesados</b>			
Mercurio	<LD	<LD	
Aluminio	0,601 (E10)		4,05 (E12)
Cobre	<LD	<LD	<LD
Manganeso		0.679 (E4)	0,29 (E12)
Plomo	<LD	<LD	<LD
Cadmio	<LD	<LD	<LD
Cromo	<LD	<LD	<LD
Hierro	0,782 (E10)	2,76 (E12)	7,74 (E14)
Niquel	<LD	<LD	<LD
Zinc	<LD	<LD	<LD

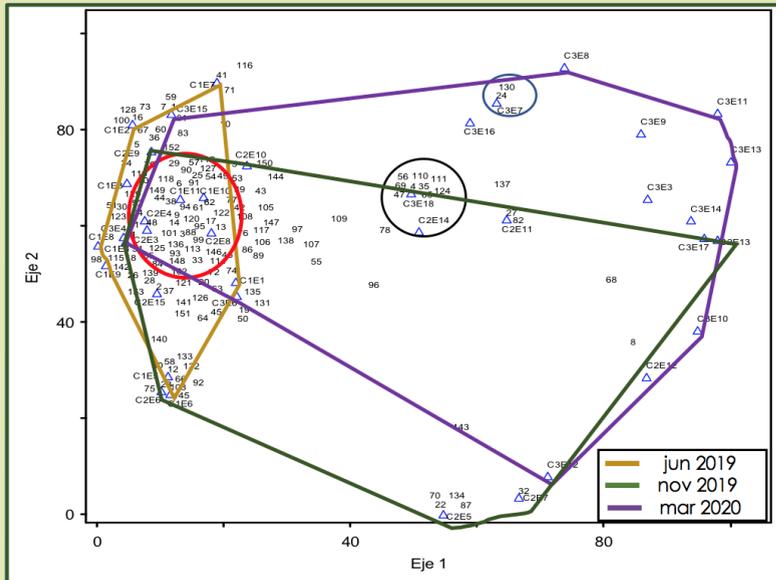


Se encontró variabilidad en los análisis de las muestras de Escherichia coli a lo largo de las estaciones y las campañas. El agua no es apta para el consumo humano por su contaminación con material fecal.

Figura 20

# Resultados hidrobiológicos

## Fitoplancton

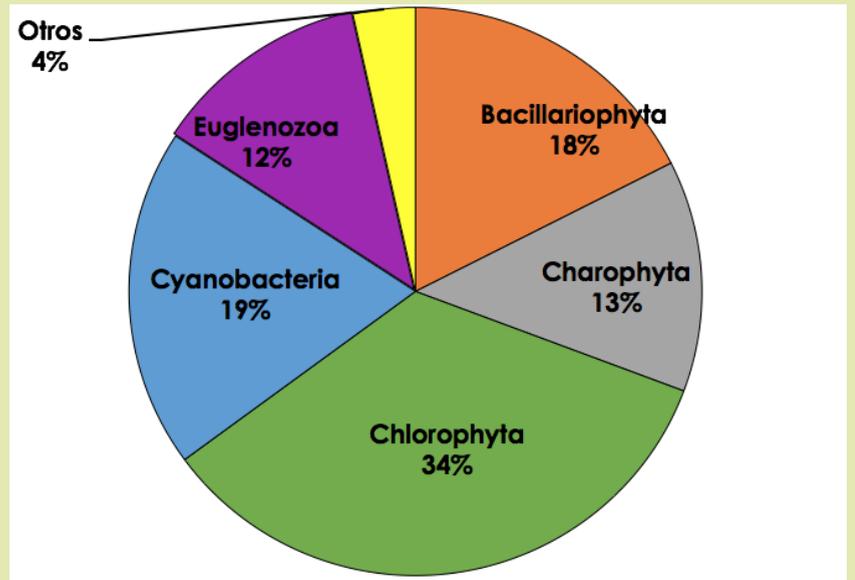


Son microorganismos fotosintetizadores que viven suspendidos en la columna de agua; los cuales realizan la producción primaria, utilizando la energía del Sol, el dióxido de carbono y nutrientes (C, N, P) disueltos en este medio.

Son la base que sustenta las redes tróficas en los ecosistemas acuáticos.

Presentan ciclos de vida cortos, siendo usados como bioindicadores.

Los factores que afectan su distribución son la radiación solar, profundidad, sedimentos, corrientes, nutrientes y



**153 morfotipos encontrados**, con mayor riqueza en las clorofíceas; seguidas de las cianobacterias y las diatomeas (bacilariofíceas).

No se encontró dominancia significativa por parte de algún morfotipo fitoplanctónico a lo largo de las tres campañas, pero sí se registraron mayores índices de dominancia en la mayoría de las estaciones de aguas altas, para noviembre de 2019. Hay morfotipos abundantes y comunes como *Aulacoseira* y *Planktothrix*; mientras que otras son raras en la comunidad como *Cymbella* y *Hantzschia*. Las estaciones de muestreo de marzo de 2020 difieren significativamente en estructura y composición del fitoplancton, indicando heterogeneidad espacial.

## Ficoperifiton



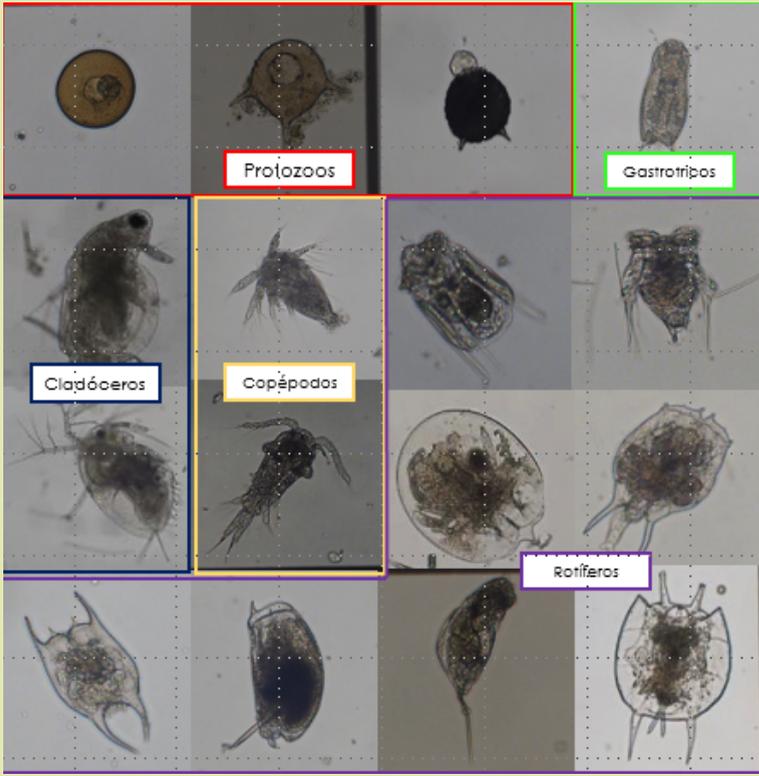
- Es la comunidad de microalgas que viven adheridas a un sustrato sólido sumergido. Estos organismos necesitan de un tiempo para establecerse en el hábitat.

- Al igual que el fitoplancton, su distribución en el sistema es afectado por la radiación solar, sedimentos, nutrientes, propiedades fisicoquímicas del agua, profundidad, tipo de sustrato y por el tiempo para establecerse.

- Las clorofíceas es el grupo con mayor riqueza de esta comunidad. Existe variación espaciotemporal en función a la disponibilidad de sustratos en las tres campañas, siendo más alta en los niveles máximos de la ciénaga.

- Esta comunidad presentó una alta correlación con valores altos de conductividad eléctrica, fósforo total y nitrato en el medio acuático.

# Zooplankton



- Son los microorganismos heterótrofos que viven suspendidos en la columna de agua. Transfieren materia y energía entre el mundo microscópico y el macroscópico, a través de redes alimentarias.

- Capturan y acumulan gran parte del carbono proveniente del fitoplancton (productividad primaria).

- Presentan ciclos de vida cortos, siendo usados como bioindicadores.

- Su distribución en la ciénaga es afectada por factores como sedimentos, corrientes, calidad del agua, disponibilidad de fitoplancton y parches de vegetación acuática.

Se reportaron **80 morfotipos**, siendo los rotíferos el grupo representativo en la comunidad. Hay variación espaciotemporal del zooplankton a lo largo de las tres campañas, siendo muy distinta en el estiaje.

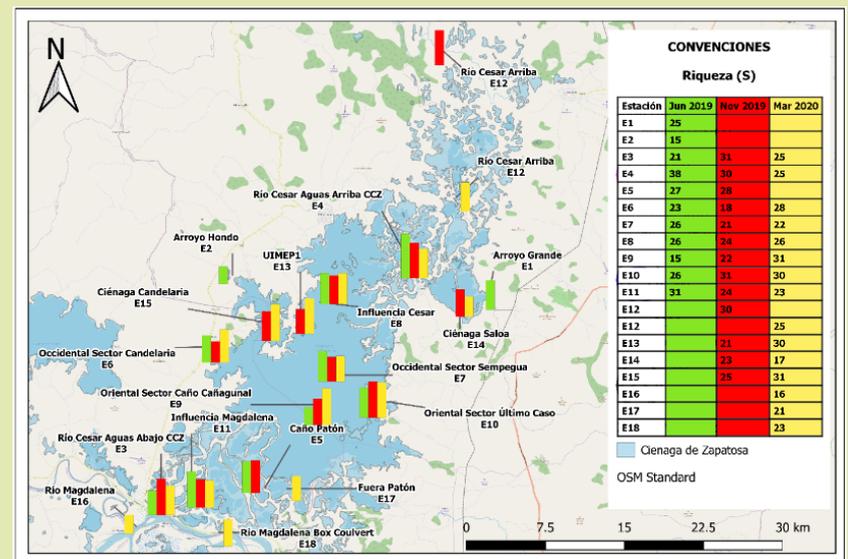
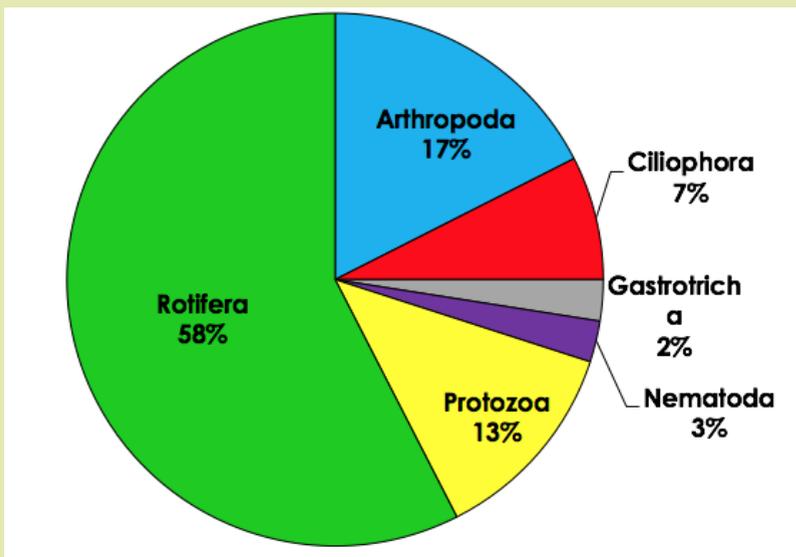
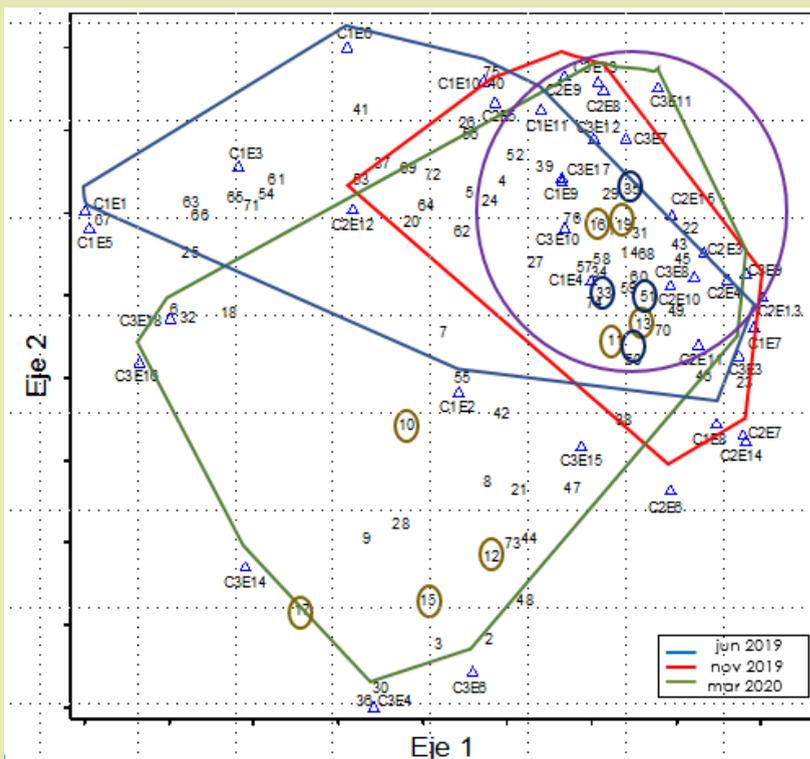


Figura 27



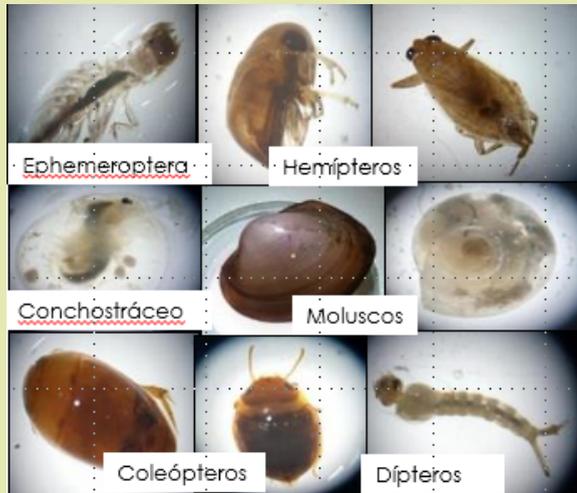
- Para la comunidad de zooplankton el periodo de estiaje difiere significativamente en estructura y composición, con respecto a los niveles máximos.

- Los morfotipos del género *Brachionus* son organismos oportunistas que aprovechan los cambios en la calidad del agua en el estiaje para aumentar sus densidades poblacionales, dado que tienen un amplio rango de tolerancia a las condiciones ambientales.

- Presentan estrategia reproductiva r y plasticidad trófica, lo que les permite aprovechar la materia orgánica en el estiaje y el fitoplancton en aguas altas.

- Hay una alta presencia de larvas nauplio por el solapamiento de las cohortes, debido a la alta depredación de los copépodos adultos, siendo un mecanismo de respuesta frente a su alto consumo.

## Macroinvertebrados asociados a fondos blandos (MAFB)

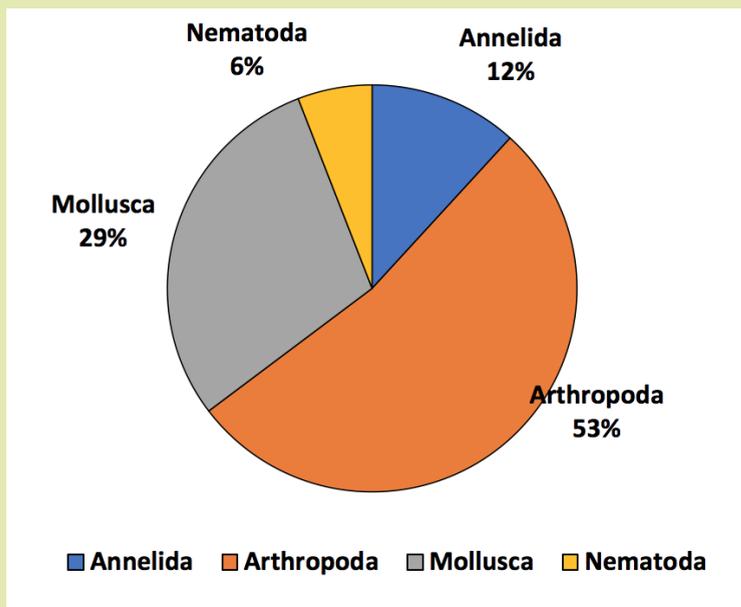


- Son los organismos invertebrados que se encuentran asociados al fondo de los cuerpos de aguas, enterrados en la arena o el fango, con adaptaciones morfológicas para vivir en sus hábitats.
- Son de hábitos carnívoros o detritívoros.
- Los factores que afectan su distribución son la calidad del agua, el tipo de sustrato, la contaminación y la disponibilidad de alimento.

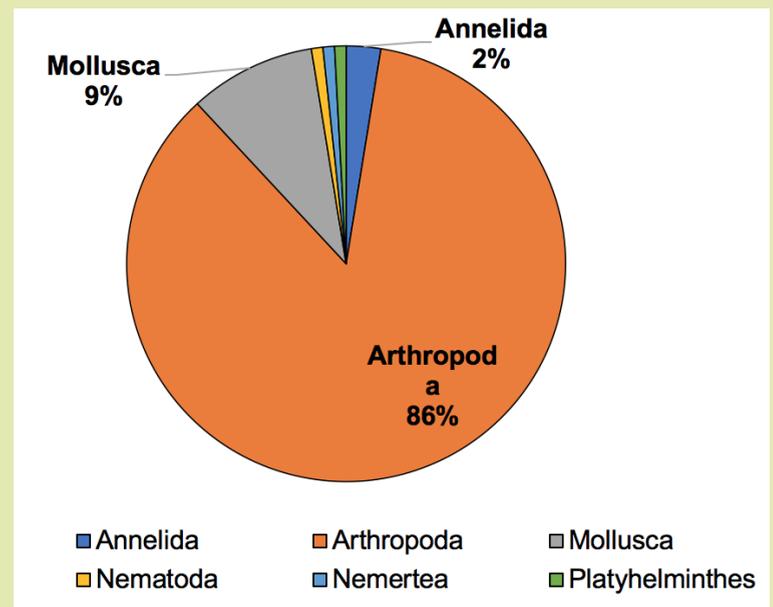
## Macroinvertebrados asociados a macrófitas (MAM)



- Son los organismos invertebrados que viven en, o parte de su ciclo de vida se asocia a, los parches de vegetación acuática de los sistemas hídricos.
- Pueden nadar activamente en la superficie o en la columna de agua.
- Herbívoros, carnívoros, detritívoros.
- Son importantes en las redes tróficas, al servir de alimento a varias especies de peces.



- Las tres campañas difieren significativamente en estructura y composición de la comunidad de invertebrados asociados a fondos blandos.
- Hay mayor densidad de organismos en el estiaje, por la alta presencia de materia vegetal proveniente de las macrófitas.
- Los naídidos, los dípteros, ostrácodos y hemípteros tienen correlación con bajos valores de conductividad eléctrica. Valores ligeramente ácidos de pH influyen en la distribución de los ostrácodos.



- Las comunidades de invertebrados asociados a macrófitas son semejantes en los niveles de aguas altas, y difieren en el estiaje.
- Los coleópteros, culícidos y libelúlidos se relacionan con mayores temperaturas del agua; en tanto que la densidad de ostrácodos, ácaros y coleópteros aumenta cuando disminuye la turbiedad en el sistema.

## Macrófitas

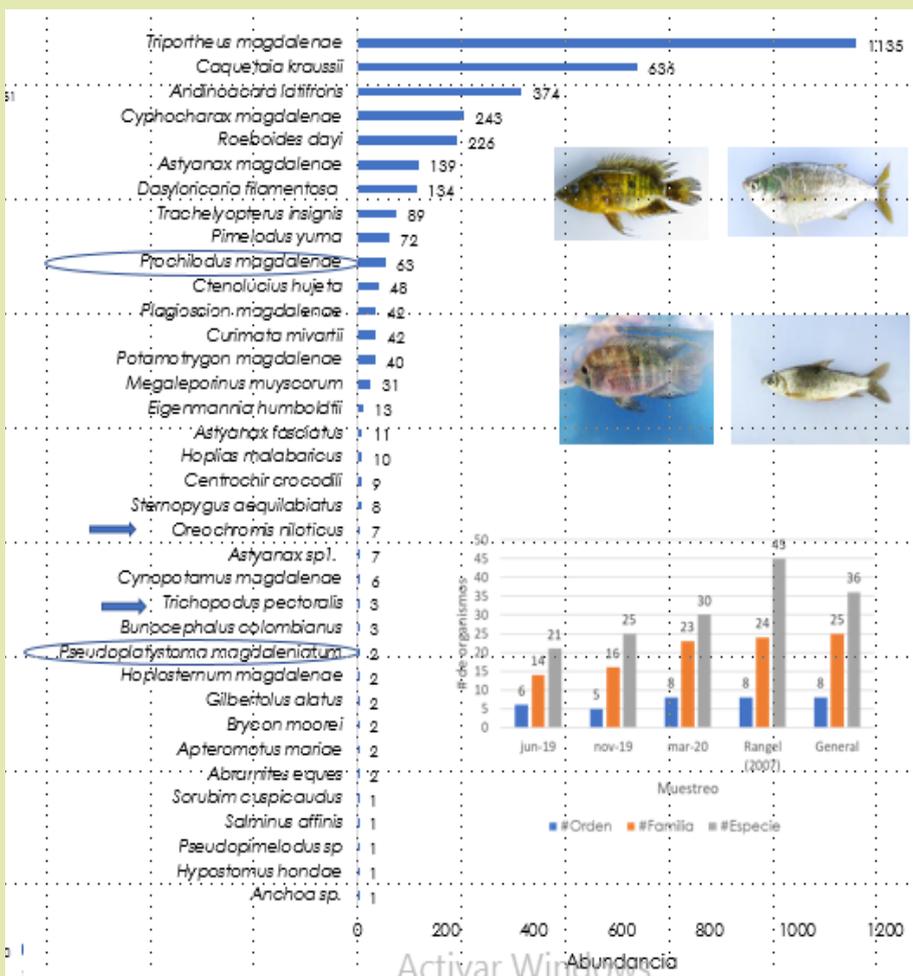


Son los organismos fotosintetizadores que presentan un sistema vascular para el transporte de sustancias, desde la raíz, hasta el tallo y las hojas. Sus ciclos de vida están estrechamente relacionados con el sistema hídrico. Presentan estructuras de adaptación para vivir en los cuerpos de agua.

Crean hábitats para el desarrollo de otras comunidades hidrobiológicas. Permiten la entrada de energía al sistema a través de la producción primaria.

Se reportaron 17 morfotipos de macrófitas en la ciénaga de Zapatosa. Su cobertura es mayor en los niveles máximos, donde se dan las condiciones necesarias de conectividad para aumentar sus densidades poblacionales. Son importantes para la dinámica del ecosistema cenagoso, ya que en aguas altas crean nichos ecológicos que son parovechados por otros organismos, mientras en el estiaje proporcionan alimento para los detritívoros, al aumentar la materia vegetal en descomposición.

## Peces



Se reportaron 36 especies de peces en las tres campañas de muestreo realizados en la ciénaga de Zapatosa, de las cuales la arena (*Triporthus magdaleneae*) y la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*) fueron las más abundantes. Existe heterogeneidad en el paisaje, dado que las abundancias cambian en función de los periodos hidrológicos, siendo más altas en noviembre de 2019. El ictioplancton aprovecha la presencia de macrófitas para protegerse de los predadores y en busca de alimento. En algunos ejemplares capturados se encontraron parasitados en sus ojos y boca. Las especies como el bagre rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*) y el bocachico (*Prochilodus magdaleneae*) presentaron bajas densidades, debido a que son capturadas con frecuencia por artes como la atarraya y redes de enmalle.

## Agradecimientos

Proyecto GEF Magdalena-Cauca Vive; componente 2: Salud y Gestión de los Ecosistemas; al Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM por prestar sus instalaciones para coordinar los muestreos y procesamiento de análisis de las muestras.

