

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

Monitoreo participativo de la biodiversidad en la Ciénaga de San Silvestre, Barrancabermeja (Santander-Colombia)

Sindy Martinez-Callejas, Angélica Batista Morales, Angélica Diaz Pulido, Yenifer Herrera Varon

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.5609>

Enviado en: 2023-02-20

Postado en: 2023-02-27 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Monitoreo Participativo de la biodiversidad en la Ciénaga de San Silvestre, Barrancabermeja (Santander-Colombia)

Participatory monitoring of biodiversity in the Ciénaga de San Silvestre, Barrancabermeja (Santander-Colombia)

Sindy Jineth Martínez Callejas 1

Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7204-2005>

Angélica Batista Morales 2

Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8457-0830>

Yenifer Herrera Varon 3

Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5361-6445>

Angélica Díaz Pulido

Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt, Bogotá, Cundinamarca, Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4166-4084>

RESUMEN

Entre marzo de 2021 y abril de 2022, investigadoras del Instituto Humboldt de manera conjunta con la comunidad de la vereda Campo Gala y tres asociaciones de pescadores y pescadoras del municipio de Barrancabermeja (Santander-Colombia) en el marco del Convenio Fibras diseñaron e implementaron un esquema de monitoreo participativo impulsado bajo el interés local de conocer ¿cuál es el estado de calidad de la ciénaga y el caño San Silvestre? Este interés surgió considerando que este complejo cenagoso es uno de los más importantes para el municipio de Barrancabermeja y sus alrededores pues en él se alberga la mayor cantidad de biodiversidad y especies de importancia económica y ecológica como el bocachico y el manatí, y de allí se surte el agua para el acueducto de toda la zona.

Para el desarrollo metodológico del esquema de monitoreo participativo se realizaron nueve encuentros participativos de fortalecimiento de capacidades en identificación de problemáticas ambientales, formulación de preguntas de investigación, registro, sistematización y análisis de datos, y procesos de divulgación de la información para la toma de decisiones. En el ejercicio de monitoreo se utilizaron técnicas sencillas de observación y medición de diferentes parámetros fisicoquímicos.

Los resultados obtenidos a partir de los eventos de registro realizados durante siete meses, mostraron que de doce puntos de muestreo al menos ocho son de gran preocupación por baja calidad ambiental especialmente por presencia de metales pesados en zonas de pesca para consumo y venta, estos resultados pueden estar asociados a efectos de ciertas

SciELO Preprints - preprints.scielo.org

actividades económicas como la explotación de hidrocarburos, turismo no sostenible y agroindustria que a la fecha está generando problemas de calidad de agua y daños en la salud pública.

Palabras clave: Monitoreo, agua, biodiversidad, participación comunitaria, ciencia ciudadana

ABSTRACT

Between March 2021 and April 2022, researchers from the Humboldt Institute, together with the community of the Campo Gala village and three fishermen's associations from the municipality of Barrancabermeja (Santander-Colombia), within the framework of the Fibras Agreement, designed and implemented a participatory monitoring promoted under the local interest to know what is the quality status of the swamp and the San Silvestre stream? This interest arose considering that this swampy complex is one of the most important for the municipality of Barrancabermeja and its surroundings, since it is home to the greatest amount of biodiversity and species of economic and ecological importance such as the bocachico and the manatee, and from there supplies water for the aqueduct of the entire area.

For the methodological development of the participatory monitoring scheme, nine participatory meetings were held to strengthen capacities in the identification of environmental problems, formulation of research questions, registration, systematization and analysis of data, and information dissemination processes for decision-making. . In the monitoring exercise, simple observation and measurement techniques of different physicochemical parameters were used.

The results obtained from the registration events carried out during seven months, showed that of twelve sampling points at least eight are of great concern due to low environmental quality, especially due to the presence of heavy metals in fishing areas for consumption and sale, these results They may be associated with the effects of certain economic activities such as the exploitation of hydrocarbons, unsustainable tourism and agro-industry that to date is generating water quality problems and damage to public health.

Keywords: Monitoring, water, biodiversity, community participation, citizen science

Authors' contribution statement

SJMC, ABM, YHV & ADP: conceptualization, methodology, data curation, formal analysis and visualization for "Participatory monitoring of biodiversity in the Ciénaga de San Silvestre, Barrancabermeja (Santander-Colombia)"; SJMC, ADP: supervision; SJMC: writing - original draft preparation; All co-authors: writing - reviewing and editing.

Conflict of interest statement

The authors declare that there is no conflict of interest.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países más biodiversos del mundo, en él se albergan alrededor de 50.000 especies de flora y fauna y el 15% (31 millones de ha) de su territorio nacional es

ocupado por áreas protegidas (MADS, 2019). Es uno de los países con mayor disponibilidad de recursos hídricos a nivel mundial debido a su ubicación en el trópico y que limita con el mar caribe y el pacífico (Castellanos, 2001). Este país cuenta con cerca del 60% de los páramos del mundo y alrededor de 48.473 humedales, la gran mayoría de agua dulce, abarcando el 26% del territorio nacional (Jaramillo et al. 2015).

Estos ecosistemas hídricos se encuentran distribuidos en la Orinoquía, la Amazonía y en la cuenca Magdalena-Cauca. Esta tercera zona cuenta con humedales permanentes, abiertos y con grandes extensiones cenagosas y se convierte en el corazón de la actividad económica del país (Jaramillo et al. 2015). La dependencia económica de estas áreas es tan alta que influye en gran medida en el PIB nacional, según el DANE, el 42% del ganado, el 35% de pasto, el 28% del arroz y el 60% de la pesca que se consume y se usa a nivel nacional proviene de estas áreas (DANE, 2006).

En el Magdalena medio confluyen varios complejos cenagosos debido a la alta presencia de fuentes hídricas de gran caudal como río Magdalena y varios de sus afluentes entre los que se cuentan el Carare, Opón, Sogamoso y Lebrija. En total existe un total de 69 humedales distribuidos entre el municipio de Puerto Wilches, Sabana de Torres, Puerto Parra, Cimitarra y Barrancabermeja (CAS, 2022; Ramírez, 2017).

En el municipio de Barrancabermeja se destaca la Ciénaga de San Silvestre por ser la fuente principal de agua para todo el puerto petrolero más importante del país y por ser el hábitat de dos especies altamente amenazadas para la región el manatí antillano (*Trichechus manatus*) y el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) (Pava et al., 2006; Ardila, 2020). Esta ciénaga históricamente se comunicaba con el plano de inundación del río Sogamoso, sin embargo, en 1978 con la construcción de un dique se eliminó la conexión con el río, generando cambios en sus pulsos de inundación (Pava et al., 2006).

A la fecha la ciénaga está conformada por un sistema de acuíferos unidos por varios caños entre ellos el caño Jeringas, Zarzal, San Silvestre, Rosario y Llanito, siendo este último el que mayor caudal provee (Corzo et al., 2010). Esta ciénaga ha sido el brazo económico de las comunidades rurales que habitan los alrededores de Barrancabermeja durante muchos años pues allí desarrollan actividades ecoturísticas, pesca y la ganadería (Castelblanco, Fragua y Herrera, 2021). Sin embargo en los últimos años, esta ciénaga se ha hecho cada vez más famosa especialmente porque las comunidades campesinas han expuesto su preocupación por cambios en las poblaciones de peces, varamiento de manatíes y cambios en la calidad del agua principalmente por el vertimiento de lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios, algunas actividades pecuarias y las actividades industriales que se desarrollan en los alrededores de la ciénaga llegando al punto de interponer tutelas.

Bajo este escenario y considerando que uno de intereses del convenio FIBRAS¹ y el Instituto Humboldt es desarrollar investigación en las áreas de interés de la empresa para la

¹ **Fibras** es un convenio de cooperación interinstitucional entre el Instituto Humboldt y Ecopetrol su objetivo principal era desarrollar investigación en las áreas de interés de la empresa para la planificación y gestión bajo criterios de desarrollo sostenible de la biodiversidad y sus contribuciones al bienestar en territorios de Huila, Orinoquía y el Magdalena Medio, a partir de información de base científica. Para mayor información ver <http://humboldt.org.co/fibras/>

planificación y gestión bajo criterios de desarrollo sostenible de la biodiversidad y sus contribuciones al bienestar en territorios. El instituto Humboldt propuso desarrollar un ejercicio de monitoreo de la biodiversidad que vinculara a las comunidades locales en un ejercicio que considerara las problemáticas y preocupaciones ambientales de la zona de Barrancabermeja y que a su vez contribuyera en la generación de información útil para la toma de decisiones. De acuerdo con lo anterior, en el presente documento se exponen la metodología y los resultados obtenidos durante la implementación de la estrategia de monitoreo desarrollada entre 2021 y 2022 en el municipio de Barrancabermeja. En el documento se explican las generalidades técnicas sobre el ciclo de monitoreo de la biodiversidad, el tipo de participación en las estrategias y los resultados alcanzados en la creación conjunta de las fases y pasos de monitoreo desarrollados con las comunidades de la vereda Campo Gala.

MARCO TEÓRICO

El monitoreo de la biodiversidad es un proceso que consiste en la generación de información de forma sistemática o continua sobre un ecosistema, especie o acciones que sirven para determinar cuál es el estado o los cambios en las dinámicas de los organismos estudiados o para conocer el progreso e impacto de las actividades desarrolladas sobre un territorio un ejemplo de ello es la restauración ecológica u otras estrategias de conservación (Hart & Martínez 2006). El monitoreo difiere de un proceso de evaluación debido a que este se desarrolla de manera sistemática y periódica en un plazo mayor a un año y sus resultados pueden contribuir a la toma de decisiones a diferentes escalas, es un proceso que puede adaptarse en el tiempo (Evans & Guariguata, 2018).

Respecto al monitoreo participativo este supone el involucramiento y la colaboración de diferentes tipos de actores entre ellos comunidades rurales, urbanas, comunidad científica y no científica que puedan estar interesados en cuestionar y buscar alternativas a un problema ambiental de índole local o específico y que quiera realizar un seguimiento en materia ambiental (Chandler et al. 2017; Irwin, 1998). Para su implementación es importante conocer el contexto territorial donde se va a llevar a cabo el monitoreo, además de reconocer cual es el sentido de desarrollarlo y cómo este se integra a las necesidades locales.

Por otro lado, el monitoreo participativo se diferencia del monitoreo pasivo ya que puede vincular a las personas interesadas en todos los niveles del proceso de formulación de la estrategia de monitoreo, se convierte en una herramienta útil para generar escenarios de participación, construcción y contribuye en la democratización del conocimiento y la ciencia (Kelling et al. 2019). Usualmente quienes participan cuentan con conocimiento del contexto local y tienen gran interés en reforzar su conocimiento sobre el territorio. Asimismo, el monitoreo participativo contribuye al empoderamiento y a la aparición de nuevos liderazgos locales especialmente porque se logra una incorporación y apropiación verdadera de los datos, la interpretación y el uso de la información a la hora de tomar decisiones que puedan afectar el territorio (Guijt, 2007).

El ciclo de monitoreo participativo de la biodiversidad

El monitoreo desde su formulación se conjuga como un proceso que conlleva a la generación de nuevos conocimientos y para su implementación requiere de un nivel de organización y planificación. Arce-Plata et al. (2020) proponen el ciclo de monitoreo participativo como una herramienta útil para estructurar, diseñar y ordenar el proceso de una manera adaptativa y reflexiva.



Figura 1 Ciclo de monitoreo participativo. Fuente: Arce-Plata et al. 2020

El ciclo está compuesto por tres fases: planeación, implementación y evaluación y divulgación. Estas fases están compuestas por ocho pasos. A continuación, se explicarán cada uno de ellos.

El **primer paso** se centra en entender el territorio y el contexto que allí se desarrolla esto permite entender cuáles son las principales necesidades de información o problemáticas del territorio y establecer el propósito y las necesidades que se articulan al monitoreo. El **segundo paso** se basa en proponer escenarios y futuros posibles. Estos escenarios ayudan a identificar cual es el objetivo del monitoreo. El objetivo dará cuenta del estado o la condición final al que se quiere llevar el ecosistema o área priorizada, a partir de la implementación de diversas acciones (Arce-Plata et al. 2020).

En el **tercer paso** se deben generar las preguntas y variables que se van a medir, así como los indicadores que van a permitir realizar un seguimiento al alcance de los objetivos y a los escenarios planteados en el paso dos. Los indicadores son los valores que permiten medir

el progreso hacia el objetivo planteado. En el **cuarto paso** se define el diseño metodológico del monitoreo, para ello se seleccionan los objetos de monitoreo, la escala, el número de eventos y su frecuencia. En este paso es importante generar protocolos estandarizados para la recolección y gestión de la información, además de un plan de análisis y el presupuesto. Posterior a esto se procederá a recolectar datos y generar la información que servirá de insumo para responder la pregunta y medir los indicadores propuestos (Arce-Plata et al. 2020).

En el **quinto paso** se lleva a cabo la sistematización y organización de los datos. Con los datos organizados se podrán verificar los datos, estandarizar la información, evaluar la calidad de los datos, aclarar dudas, comparar los datos con expertos, entre otros aspectos que se consideren relevantes para ser analizados e interpretados posteriormente, este paso debe ser desarrollado de la mano de las comunidades y los investigadores asociados a la estrategia garantizando la transparencia de los datos y los análisis.

En el **paso sexto** se realiza el análisis de los resultados. Los resultados serán evaluados y analizados respecto a los indicadores. Los indicadores reflejan si la pregunta de investigación se puede responder o no y si permiten identificar cambios y tendencias relevantes. El **paso séptimo** hace referencia a evaluar qué tanto se ha avanzado en la estrategia de monitoreo y el alcance de sus objetivos. Asimismo, propone la evaluación de la calidad de los datos, como se están comportando los indicadores y como el proceso realmente incide en la problemática que se está estudiando, es clave señalar que este paso es transversal al proceso y permite adaptar cada uno de los pasos según se requiera en el tiempo (Arce-Plata, 2020). El **paso octavo** propone la publicación y divulgación de los datos de forma abierta y compartida entendiendo que el monitoreo participativo genera espacios de construcción colectiva y participación usando como sustento la información colectada.

METODOLOGÍA

La metodología de la estrategia de monitoreo participativo fue planificada siguiendo las fases y pasos propuestas por el ciclo de monitoreo. Para el primer paso del ciclo se realizó un diagnóstico para la identificación de necesidades de monitoreo y posteriormente, entre marzo de 2021 y abril de 2022. Para la implementación de los pasos 2 a 8, la comunidad de Campo Gala participó en ocho encuentros de trabajo y un evento de divulgación, enfocados en fortalecer sus conocimientos y capacidad en el diseño, planificación e implementación de un plan de monitoreo buscando responder preguntas asociadas a problemáticas ambientales de su territorio. A continuación, se describirán cada uno de los encuentros y las metodologías y herramientas usadas en ellos.

Diagnóstico, socialización e identificación de necesidades de monitoreo

Para el desarrollo del ejercicio diagnóstico se diseñó una entrevista semiestructurada aplicada a ocho actores locales (mujeres y hombres adultos) identificados como representantes de las juntas de acción comunal y líderes de asociaciones campesinas y pescadoras. Con estos actores identificados posteriormente se usó la metodología bola de nieve y fueron ellos quienes recomendaron actores locales posiblemente interesados en el ejercicio de monitoreo. Con el diagnóstico se identificó de forma rápida los usos y conocimientos básicos de las comunidades sobre la biodiversidad, los posibles conflictos

ambientales y las acciones y estrategias de conservación llevadas a cabo en dichas zonas a manera de línea base, para posteriormente cruzar la información con fuentes secundarias.

Encuentros de trabajo

Para los encuentros de trabajo se usó la estrategia de bola de nieve durante las entrevistas del diagnóstico y posteriormente se fue desarrollando un ejercicio de convocatoria persona a persona. Aquí la descripción de los encuentros:

Nombre	Descripción
Socialización del convenio y convocatoria de interesados	Objetivos: socializar el convenio, identificar actores interesados en el ejercicio y validación de la información levantada a través de las entrevistas. Métodos: lluvias de ideas y cartografía social
Priorización de especies y áreas de monitoreo	Objetivos: definir los objetos de monitoreo y la pregunta de investigación. Métodos: mesas de discusión, plenarias, cafés de conocimiento, valoración y priorización.
Diseño de formatos de registro de eventos de monitoreo-diseño de libretas de campo	Objetivos: diseñar los formatos de registro de datos y la planificación y gestión de los datos para el posterior análisis. Para este ejercicio se tuvo en cuenta el lenguaje usado por las comunidades sobre los ecosistemas donde habitan, se usó iconografía y espacios para dejar notas sobre los ejercicios de campo.
Entrega y capacitación sobre el manejo del instrumento de registro de monitoreo	Objetivos: capacitar a los participantes en el uso de los formatos de registro de los eventos de monitoreo, y se llevó a cabo un ejercicio piloto de registro en campo apoyado por los investigadores del instituto con el fin de resolver las posibles preguntas o dificultades asociadas al proceso de registro. Métodos: salidas de campo, ejercicios prácticos.
Eventos de monitoreo autónomos	Objetivo: realizar los eventos de monitoreo en cada uno de los puntos de registro establecidos en las reuniones previas Métodos: salidas de campo, ejercicios prácticos.
Visitas de seguimiento	Objetivo: resolver dudas sobre el ejercicio práctico Métodos: salidas de campo y reuniones
Eventos de análisis y evaluación	Objetivo: usar los datos registrados por los participantes y llevarlos a una etapa de análisis. Como herramientas metodológicas para la explicación de la importancia de un buen análisis de datos se usaron recibos de servicios públicos, tablas, gráficas, planos cartesianos y ejercicios de votación los cuales permitieron que todos los participantes pudieran sacar conclusiones sobre sus propios datos.
Encuentro preparatorio de evento de divulgación de resultados	Objetivo: organizar la información, los resultados y buscar la mejor estrategia para socializar el proceso de monitoreo a los diferentes actores involucrados e interesados.
Eventos de socialización	Objetivo: dar a conocer los resultados obtenidos a partir del ejercicio de monitoreo a la comunidad aledaña a la ciénaga de San Silvestre. Métodos: evento tipo feria con posters divulgativos, obras de teatro y espacio musical

RESULTADOS

Participación

Se contó con la participación total de 66 personas durante el año y medio de trabajo. A lo largo de los encuentros el número de personas se fue reduciendo por cambios de vivienda, horarios laborales y desinterés en la actividad de monitoreo. Sin embargo, es clave resaltar que a lo largo del ejercicio de monitoreo se contó con la participación continua de 18 personas en su mayoría mujeres pescadoras o lideresas de la comunidad de la vereda Campo Gala (Figura 2).

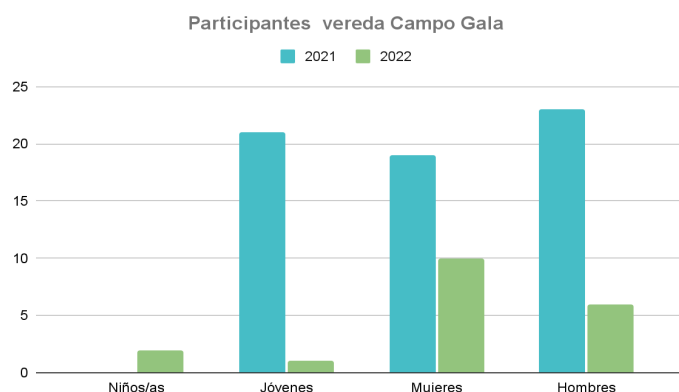


Figura 2 Número de mujeres, hombres y niños participantes de las estrategias de monitoreo en Campo Gala

Metodología

Se desarrollaron un total de 8 encuentros de trabajo que permitieron dar una vuelta completa al ciclo de monitoreo con el fin de entender el problema ambiental priorizado y responder la pregunta de investigación formulada con la comunidad. Cada uno de los encuentros como se mencionó en la metodología corresponde a un paso del ciclo de monitoreo, cumpliendo las fases de planeación, implementación y análisis de los datos y su divulgación, a continuación, se presenta la línea de tiempo de la implementación metodológica (Figura 3).

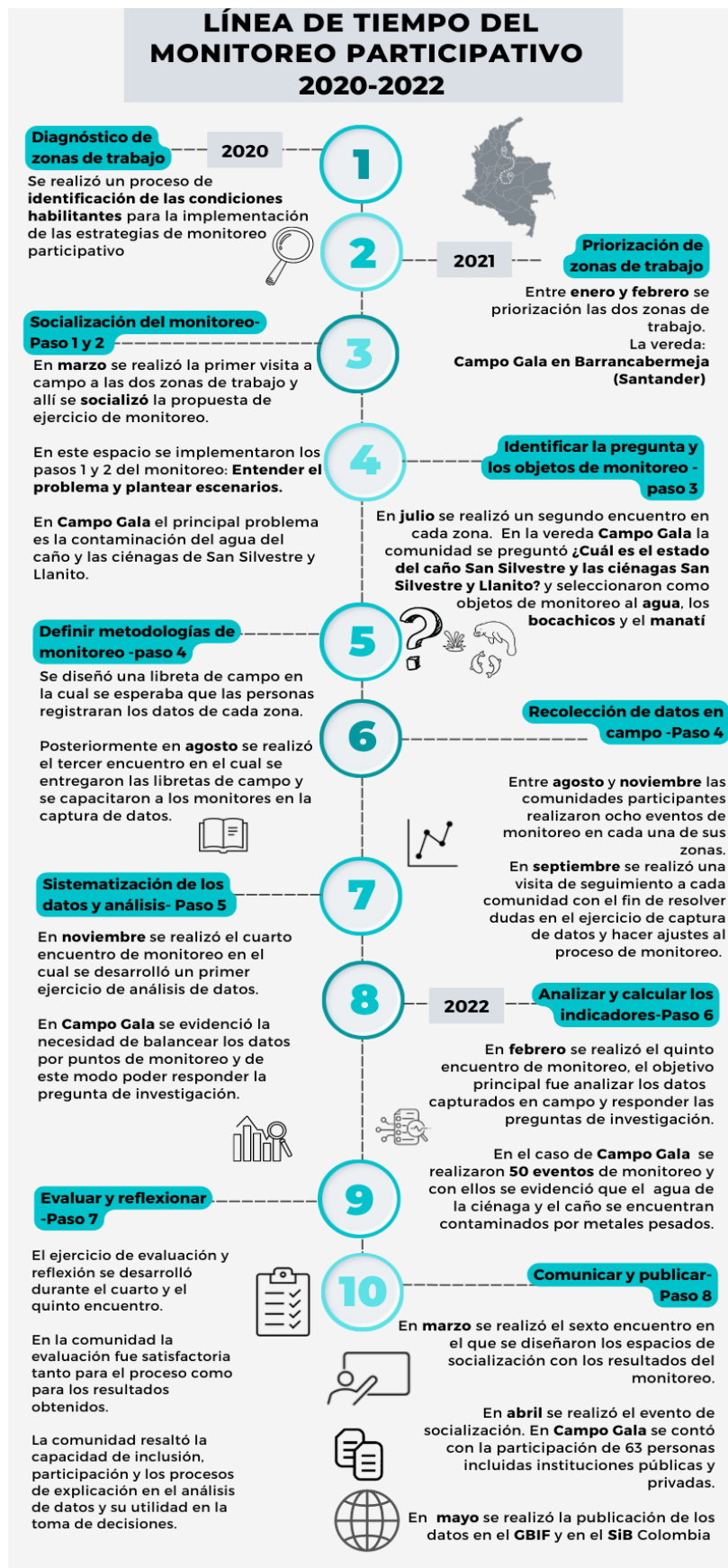


Figura 3 Línea de tiempo monitoreo participativo de la ciénaga de San Silvestre

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS DATOS DEL MONITOREO

- Formulación de la pregunta y selección de objetos de monitoreo

Con relación a la estrategia de monitoreo, desde el primer encuentro las personas que participaron manifestaron que la principal problemática a atender en la zona es la contaminación de las ciénagas, caños y suelos. Con respecto, esto los participantes expresaron un gran temor a la pérdida de sus ecosistemas, consideran que en el futuro las ciénagas estarán secas o tan contaminadas que será imposible beber el agua, encontrar manatíes o comer bocachicos. Ante este escenario la comunidad planteó la necesidad de desarrollar una investigación que permitiera fortalecer el trabajo en comunidad y a tomar acción sobre cómo empezar a recuperar las especies y ecosistemas del territorio.

Establecida esta meta, la comunidad formuló como pregunta de investigación *¿Cuál es el estado del caño San Silvestre y las ciénagas San Silvestre y Llanito?* Para el proceso de formulación se realizó una matriz de priorización de recursos con la comunidad y señalaron que el agua es el recurso más importante, debido a que este provee la vida y el bienestar para toda la cabecera municipal y las veredas, además de ser el garante de las actividades económicas y de sustento como la pesca y el turismo de la zona.

Una vez identificada la pregunta de investigación se procedió a priorizar los organismos que pudieran brindar buena información sobre el estado de la calidad del agua, la comunidad de manera contundente eligió al bocachico, al agua y a los manatíes porque su sola presencia indica el estado de calidad del ecosistema y porque estos tres elementos son de gran importancia para la economía y la cultura local.

Con la elección de objetos de monitoreo, se estableció la estrategia de registro de datos, respondiendo tres preguntas centrales, *¿Dónde?* *¿Cuándo?* y *¿Quiénes?* iban a desarrollar el monitoreo participativo. En respuesta a esto, las comunidades acordaron desarrollar el ejercicio en 12 puntos estratégicos de la ciénaga y el Caño San Silvestre, asimismo, sugirieron desarrollar los eventos de monitoreo cada 15 días y acordaron organizarse en equipos de trabajo de forma voluntaria.

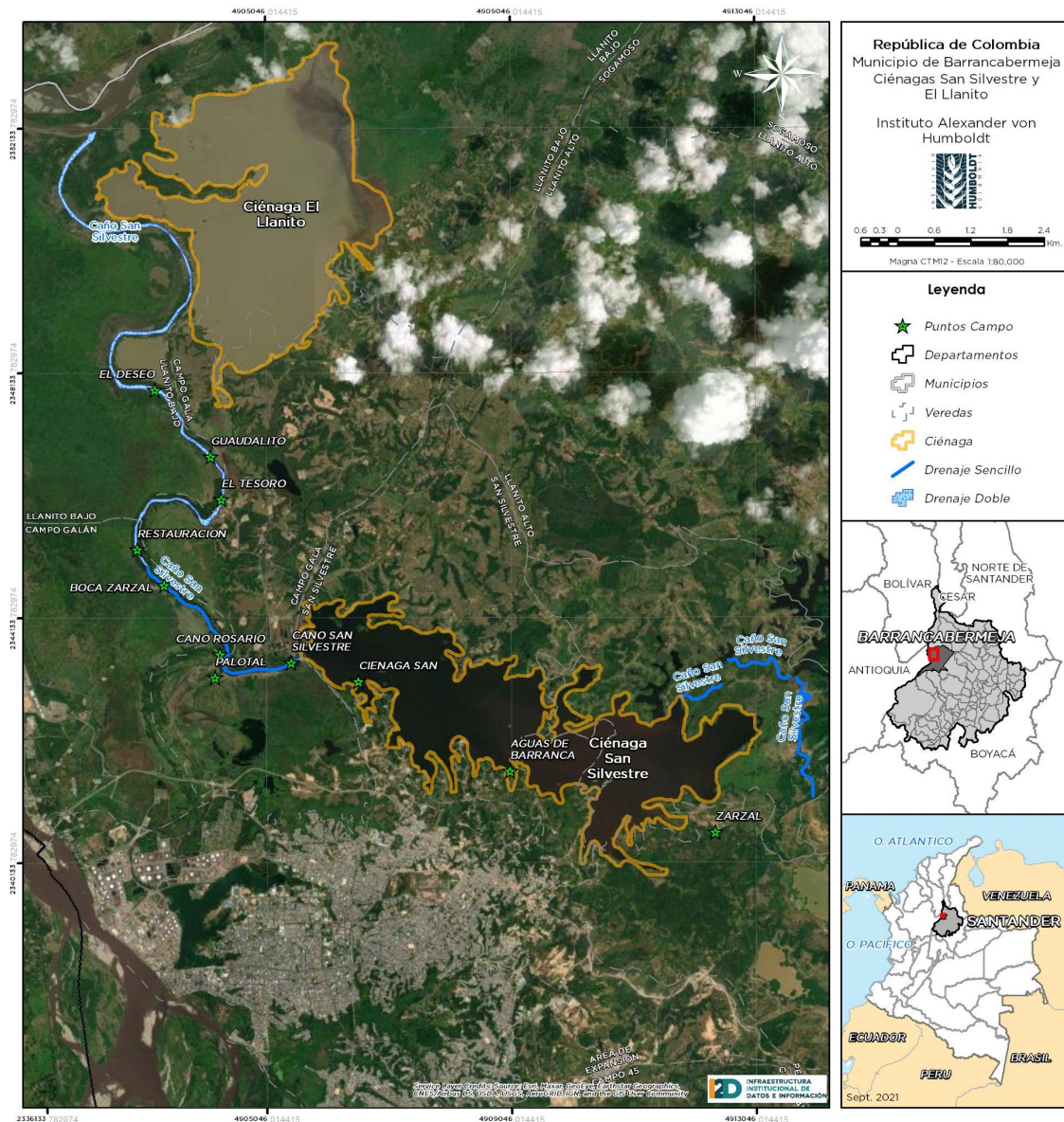


Figura 4 Mapa de puntos de monitoreo. Elaboración: Instituto Humboldt

- Formatos para Captura de datos e implementación del monitoreo en campo

Una vez definida la pregunta, el instituto se encargó de diseñar los formatos de registro de monitoreo integrando las preguntas y dudas que las comunidades tenían sobre cada uno de los objetos. Es clave señalar que este ejercicio de diseño tuvo en cuenta el tipo de población participante y sus habilidades lecto-escriturales. Como resultado del ejercicio de diseño se obtuvo una Guía de campo integrada por tres formatos de campo, uno para cada objeto de monitoreo (Figura 5).

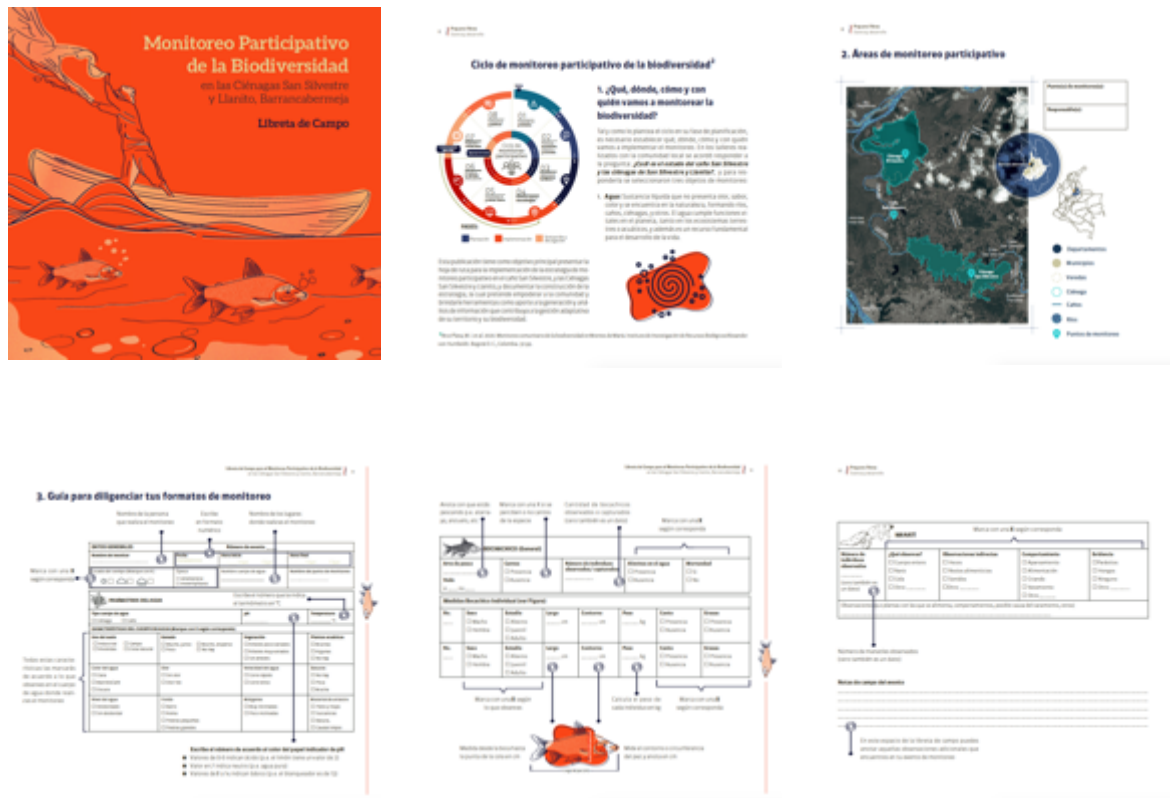


Figura 5 Portada y contenido de la libreta de campo diseñada para el registro de datos de monitoreo de la comunidad de Campo Gala

Con las guías de campo impresas, se realizó un encuentro con dos jornadas de trabajo, una teórica y una práctica con el fin de afianzar los conocimientos en monitoreo, su implementación y su ejecución en campo. Esta primera jornada se enfocó en explicar a los participantes cómo se debía llevar a cabo el diligenciamiento de las libretas de campo y el uso de los materiales entregados en un Kit (Figura 6).

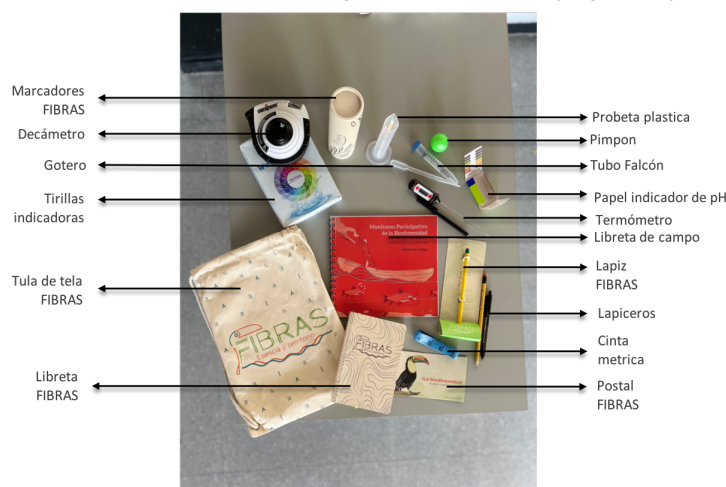


Figura 6 Kit de monitoreo participativo entregado a los monitores.

En la segunda jornada se realizó una práctica de campo, esta se llevó a cabo en las zonas de monitoreo priorizadas por la comunidad. Para la ejecución de este ejercicio, se aconsejó a los participantes distribuir las tareas de registro de datos, en estos términos una persona se encargó de medir el pH, otra temperatura y otra los parámetros físico químicos, mientras los demás integrantes del equipo iban registrando los datos físicos como estado del clima, caudal, vegetación, color y olor del agua (Figura 7).

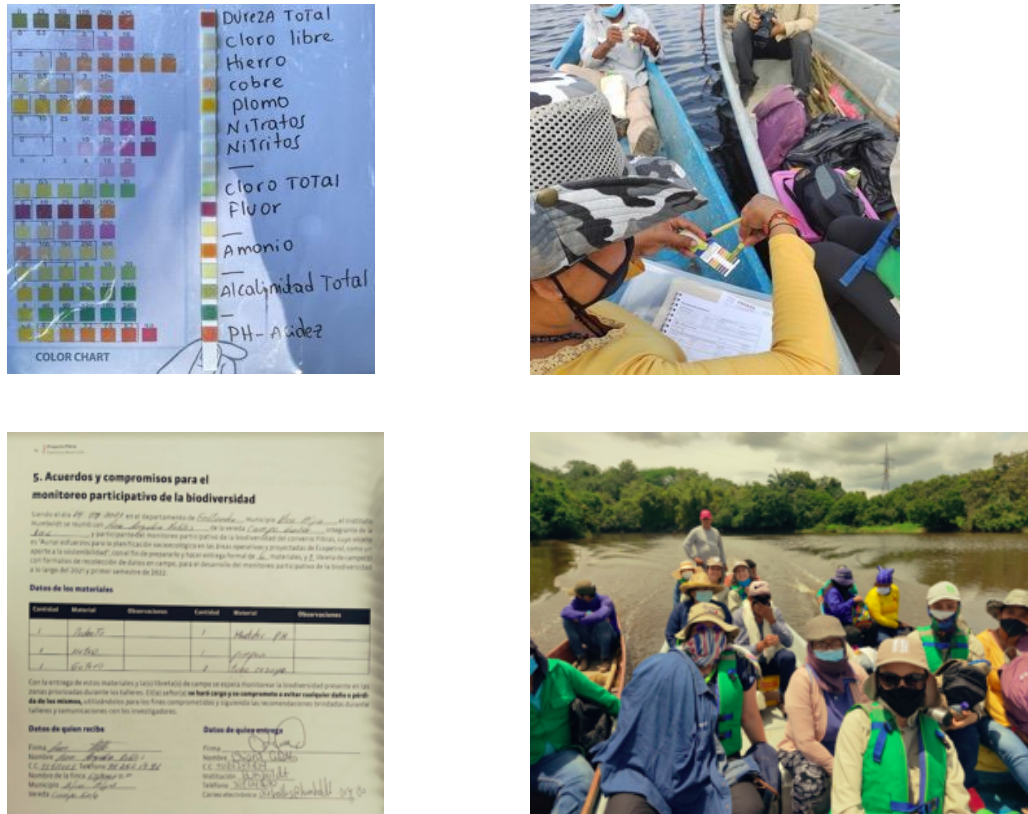


Figura 7 Registro fotográfico de práctica de monitoreo

Posterior a este ejercicio los monitores se encargaron de realizar los eventos de monitoreo cada 15 días según su disponibilidad. Como resultado de esto, entre septiembre y marzo se realizaron un total de 50 eventos de monitoreo, sin embargo, de los 50 solo en uno se evidenció la presencia de manatí y en cuatro eventos se logró realizar una faena de pesca que les permitiera realizar el monitoreo de los bocachicos.

ANÁLISIS DE LOS DATOS

Debido a que los datos de bocachico y manatí fueron muy reducidos el ejercicio de análisis de los datos se enfocó en los datos capturados para el agua, al respecto la comunidad consideró que, tanto para bocachico como para manatí, el monitoreo requiere de una inversión de tiempo por lo que aconsejaron que debería desarrollarse de manera independiente.

Para el proceso de análisis de los datos asociados al agua se realizó un proceso de clasificación de los diferentes usos del agua en los 12 puntos de monitoreo establecidos por ellos (Figura 8), una vez categorizados se podría proceder a analizar los datos según su uso, utilizando la resolución 2115 de 2007, la cual establece los parámetros físico-químicos permitidos para el agua de consumo.

Parámetro fisicoquímico	Descripción	Unidad	Uso humano /doméstico requiere potabilización Resolución 2115 de 2007	Uso recreativo	Fauna y Flora - zonas cálidas	Uso Agrícola	Uso Pecuario	Alerta sanitaria
Dureza total	Es la concentración de minerales, ya sea calcio y magnesio.	mg/l	0 - 25	25 - 100	25 - 100	25 - 100	25 - 100	250-425
Cloro libre	Se encuentra en la naturaleza, pero puede acumularse en cuerpos de agua donde hay refineras.	mg/l	0 - 3	0 - 3	0 - 3		-	
Cloro total		mg/l	0 - 3	0 - 3	0 - 3		-	
Hierro	Están presentes en la naturaleza, sin embargo, se encuentran en grandes cantidades en zonas con minería.	mg/l	0 - 0.3	0 - 5	0 - 5	5.0	-	
Cobre		mg/l	0 - 1.0	0 - 1	0 - 1	0.2	0.5	
Plomo		mg/l	0.05	0 - 1	0 - 1	5.0	0.1	
Nitratos	Son procesos biológicos del nitrógeno. En zonas de inundación con presencia de hojas en el fondo o en zonas con ganado pueden encontrarse en grandes cantidades.	mg/l	0 - 10	0 - 10			100.0	
Nitritos		mg/l	0 - 1	0 - 1			10.0	
Fluor	Es la carga de flúor en el agua, se encuentra en el medio natural, pero en zonas de minería puede encontrarse en mayor cantidad.	mg/l	0	0 - 1		1.0	0-1	
Alcalinidad	Es la medida que puede neutralizar la acidez del agua, por ejemplo, se siente un olor y sabor a remedio	mg/l	40 - 120	40 - 180			200	
ph	Parámetro para conocer el nivel de acidez o alcalinidad en el agua	mg/l	6.4 - 8.2	5.0 - 9.0	4.5 - 9.0	4.5 - 9.0	6.5-9.0	

Figura 8 categorización de parámetros fisicoquímicos y usos del agua

Análisis de aguas de consumo

Para las aguas de consumo se recordó que el único punto de monitoreo dentro de esta categoría fue la bocatoma. Este punto registró alta dureza siempre y presentó trazas de cobre en algunas de las muestras tomadas (Figura 9), con relación a los resultados, la mayor preocupación de los participantes era la calidad del agua que se está llevando a la planta de tratamiento para consumo humano, con respecto a eso se realizó un análisis microbiológico y fisicoquímico de aguas de nivel domiciliario para verificar su calidad.

En total se analizaron ocho muestras de agua, dos de ellas captadas directamente de la ciénaga. Como resultado se evidenció que la calidad del agua que llega a cada casa es apta para consumo y cumple con los estándares propuestos por la normativa, sin embargo, el agua pierde estos estándares debido a la mala disposición que se le da por parte de los usuarios (Tabla 2). Con este resultado se realizó un taller sobre TANDAS (Tratamiento de Aguas a Nivel Domiciliario) buscando mejorar este aspecto.

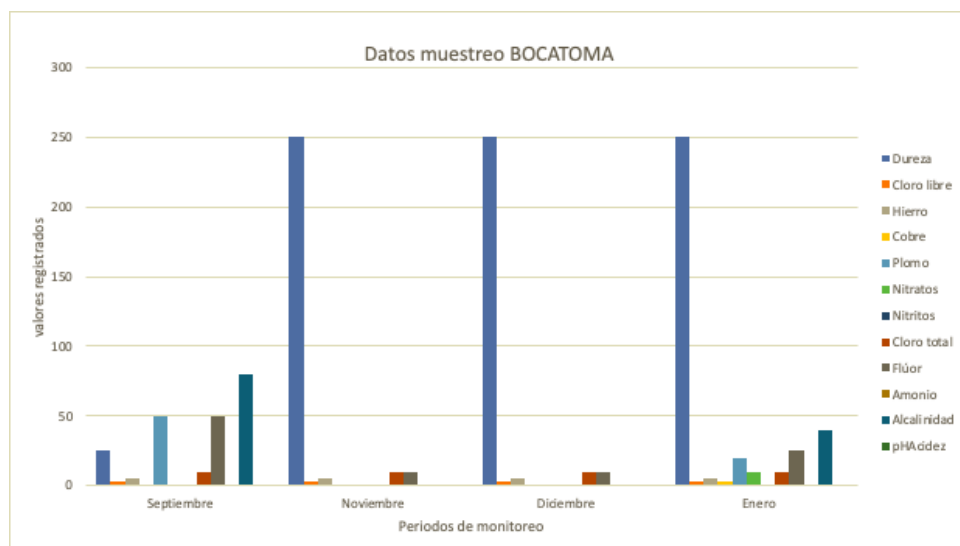


Figura 9 Resultados del monitoreo del punto de Bocatoma

Tabla 1 Resultados obtenidos de los análisis físico-químicos

Característica de análisis: Análisis físico-Químico											
Parámetro	Unidades	2115-2007	622 de 2020	Muestras							
				M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de Turbiedad-UNT	2 UNT (Valor Máximo Aceptable)	2 UNT (Valor Máximo Aceptable)	1,50	14,8	1,95	19,9	-	0,81	2,09	1,37
Color	Unidades Platino Cobalto – UPC	15 UPC (Valor Máximo Aceptable)	15 UPC (Valor Máximo Aceptable)	0	70	0	120	-	0	0	3,5
pH	Potencial de Hidrógeno	6.5 – 9.0	6.5 – 9.0	6,44	7,07	7,14	7,61	-	5,50	8,33	6,02

Análisis de aguas de uso recreativo, agrícola y fauna

En el encuentro número ocho se realizó el análisis de los datos y se elaboraron las gráficas de los puntos de monitoreo con mayor número de eventos, garantizando obtener mejor información sobre la calidad del agua de la ciénaga y el caño. Los participantes consideraron prioritario para el análisis tres parámetros específicos: el plomo, el cobre y el hierro. De acuerdo con esto se elaboraron las gráficas según los datos arrojados por las tirillas medidoras (Figura 10).



Figura 10 gráficos de metales pesados analizados para cada punto de monitoreo.

La información obtenida a través de estas gráficas, evidenciaron que los periodos de lluvia en el mes de octubre generaron cambios drásticos en los niveles de cobre, plomo y hierro. En comparación con la tabla de límites permisibles para uso recreativo, agropecuario y para fauna y flora todos los metales pesados superan dichos límites en al menos uno de los periodos muestreados, aspecto que generó una gran preocupación en las personas.

Los participantes consideran que si no hay un ejercicio de limpieza y responsabilidad por parte de las instituciones responsables tanto la ciénaga como los caños en un futuro no muy lejano dejarán de tener presencia de peces, animales y plantas. El punto de monitoreo de mayor preocupación para todos los participantes fue Caño Rosario, a pesar de que ya

tenían algunos indicios sobre el estado de la calidad del agua, consideraron que con estos resultados se tienen mayores insumos para poder desarrollar acciones individuales y colectivas, como por ejemplo evitar pescar dentro del caño o realizar recorridos turísticos que puedan acarrear posibles accidentes con personas dentro del agua.

El segundo punto de monitoreo con mayor preocupación fue Palotal, como ya se había evidenciado en el encuentro pasado. Los datos reportados nuevamente por las tirillas en este punto evidenciaron valores altos para los metales pesados, según los participantes esto puede deberse a que en la zona se están realizando descargas de material industrial. Consideran que si no se alerta la pérdida de peces en esa zona puede ser desastrosa ya que allí a través de las pequeñas islas y pastos flotantes es donde se reproducen los bocachicos.

Los participantes destacaron que la mayoría de los datos registrados para pH en los puntos de monitoreo indican que las aguas de la ciénaga y del caño tienen una tendencia a ser ácidas, pero no en un nivel de preocupación mayor con excepción del Caño Rosario que fue el único punto a lo largo de los siete meses de muestreo que registró variabilidad en pH durante los primeros meses de registro.

Por otro lado, la mayoría de las muestras recolectadas en todos los puntos de monitoreo indican que hay una alta presencia de flúor y este puede representar un grado de alteración a la calidad del agua. Una alerta temprana que arrojó el ejercicio de análisis fue la presencia de metales pesados en varios de los puntos, pero en especial en la zona de Palotal y el Tesoro, zonas en las que la mayoría de los participantes desarrollan sus actividades de pesca.

Con los resultados de los análisis se elaboró un mapa con alertas tempranas brindadas por los indicios obtenidos a partir del ejercicio de monitoreo (Figura 11).

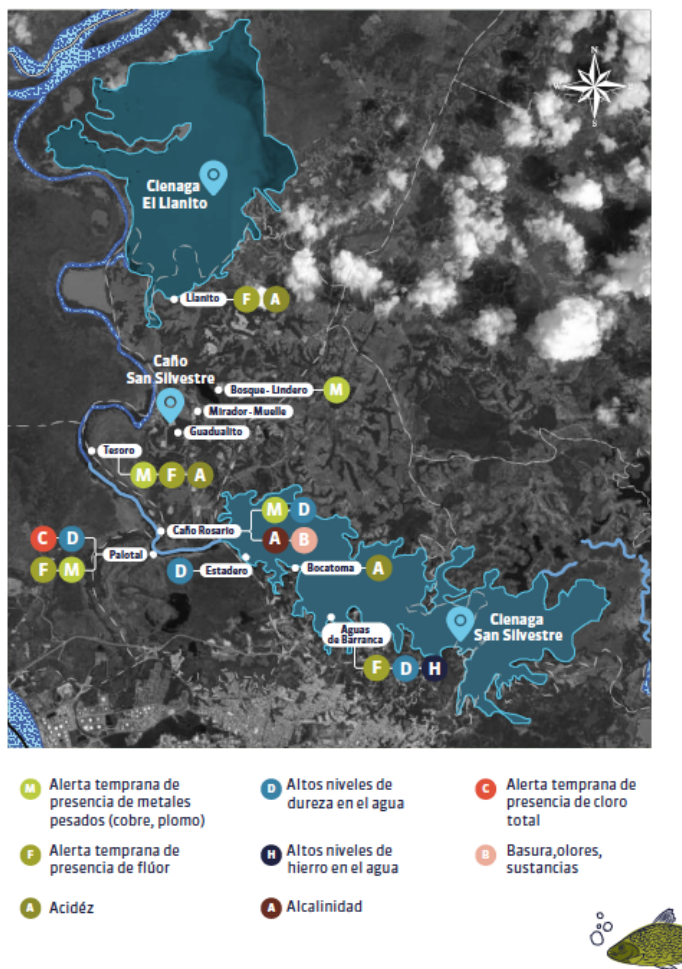


Figura 11 Mapa de alertas tempranas

CONCLUSIONES

El ejercicio desarrollado en la comunidad de Campo Gala a lo largo de un año de trabajo permitió generar algunas recomendaciones a destacar para la continuidad del ejercicio de monitoreo o el desarrollo de nuevas preguntas de investigación que promuevan nuevas estrategias de seguimiento que permitan evaluar el estado de la biodiversidad en el Magdalena.

La comunidad de Campo Gala al inicio del proceso de monitoreo expuso una fuerte preocupación sobre el estado de calidad de sus recursos naturales, si bien en el ejercicio de monitoreo se hizo especial énfasis en el agua, la comunidad considera que el bosque es un recurso altamente escaso en el territorio al igual de la agricultura y el suelo, pues por la historia ambiental de la zona Campo Gala muestra un fuerte proceso de erosión de suelos y pérdida de coberturas boscosas por el cambio en el uso del suelo de agrícola a industrial y viceversa.

Además de las preocupaciones asociadas al estado de calidad de sus recursos, la comunidad se mostró al inicio muy escéptica frente a la posibilidad de desarrollar un ejercicio de investigación o proyecto colaborativo. Principalmente manifestaron que en muchas ocasiones se han sentido aislados o ignorados en procesos de investigación y los resultados nunca son vistos ni socializados en comunidad. Sin embargo, con el transcurso del proceso de monitoreo esa percepción cambió y consideran que ejercicios como el desarrollado en el marco del convenio FIBRAS les brinda un poco de esperanza en los procesos de conservación que puedan llegar al territorio. Teniendo en cuenta esto, se recomienda para futuros procesos tener en cuenta las actividades e investigaciones ya desarrolladas en este territorio para poder darles continuidad o adaptarlas según se requiera y siempre y cuando se considere a la comunidad como actor clave en el ejercicio de investigación.

En cuanto a participación las asociaciones de pescadores jugaron un papel fundamental en el ejercicio de monitoreo, pues fueron las que expusieron la necesidad de investigar el estado de salud de los recursos hídricos de la zona. Las asociaciones adicionalmente fueron las que dinamizaron los eventos de monitoreo y facilitaron la comunicación entre la comunidad y el Instituto. Teniendo en cuenta esto se recomienda involucrar a las asociaciones de las zonas en procesos futuros de monitoreo o investigación que se desarrollen en territorio, considerando que su liderazgo puede facilitar la entrada a territorio y la identificación de posibles conflictos, falencias o necesidades territoriales.

Se recomienda a la empresa tener en cuenta los resultados arrojados por los análisis físicoquímicos que, si bien son indicios, permiten generar alertas tempranas sobre la situación de los ecosistemas acuáticos muestreados y trabajados. Especialmente se recomienda tener en cuenta los puntos de Palotal y Tesoro, pues los datos arrojados son de gran preocupación para toda la comunidad ya que estos dos puntos superan los límites permisibles de metales pesados según la normativa legal vigente.

Respecto a actividades diferentes al ejercicio de monitoreo se recomienda integrar actividades de fortalecimiento en restauración, manejo de residuos industriales y generación de campañas de alertas tempranas. Esto teniendo en cuenta que varias de las asociaciones de pescadores ya se encuentran llevando a cabo varias de las actividades mencionadas, pero tienen muchas preguntas alrededor de estos temas.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de Campo Gala y a las asociaciones Fedepesan, Asopesadiva y Copez pues sin su interés y preocupación por la biodiversidad acuática de la región no hubiera sido posible desarrollar este ejercicio participativo que integra el conocimiento local y los intereses científicos. Al Instituto Humboldt y a Ecopetrol por el apoyo en el desarrollo del proyecto y facilitación de su ejecución.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arce-Plata, M. I. et al (2020). Monitoreo comunitario de la biodiversidad en Montes de María. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 32 pp.
2. Ardila, J., & Simanca, Y. (2014). Diseño de una red de monitoreo de la calidad del agua de la Ciénaga San Silvestre del municipio de Barrancabermeja. Colombia.
3. Castelblanco, A. M., Fragua Pedroza, M., & Herrera López, S. D. (2021). Estudio de factibilidad técnica y económica para la implementación de un sistema de riego para un cultivo de limón en la hacienda Magallanes del municipio de Barrancabermeja. 2021.
4. Castellanos, C. A. (2001). Los ecosistemas de humedales en Colombia. *Revista Luna Azul* (online), 13, 1-de.
5. Chandler, M., See, L., Copas, K., Bonde, A. M.Z., López, B. C., Danielsen, F., Legind, J. K., Masinde, S., Miller-Rushing, A. J., Newman, G., Rosemartin, A., Turak, E., 2017. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biological Conservation*, 213, 280-294.
6. Corporación Autónoma Regional de Santander-CAS. 2022. Cuerpos de agua identificados en municipios de Santander. Disponible en: https://cas.gov.co/images/magdalena/Cuerpos_Agua_Identificados_Municipios_Santander.pdf
7. DANE. 2005. Censo General 2005 (IPM, NBI, NBI per-cápita, población, Servicios públicos, Salud, Calidad de la vivienda).
8. Evans, K., & Guariguata, M. R. 2016. Participatory monitoring in tropical forest management: a review of tools, concepts and lessons learned. CIFOR: Center for International Forestry Research.
9. Hart, J. K., & Martinez, K. (2006). Environmental sensor networks: A revolution in the earth system science?. *Earth-Science Reviews*, 78(3-4), 177-191. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2006.05.001>
10. Jaramillo, U., Cortés-Duque, J. y Flórez, C. (eds.). 2015. Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 140 pp.
11. Kelling, S., Johnston, A., Bonn, A., Fink, D., Ruiz-Gutierrez, V., Bonney, R., ... & Guralnick, R. (2019). Using semi structured surveys to improve citizen science data for monitoring biodiversity. *BioScience*, 69(3), 170-179. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz010>
12. Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible-MADS. 2019. Colombia, el segundo país más biodiverso del mundo, celebra el Día Mundial de la Biodiversidad. www.minambiente.gov.co
13. Ramírez Carreño, W. (2017). Estado de la sostenibilidad territorial del área de la subcuenca de la quebrada La Gómez, en el municipio de Sabana de Torres, Magdalena Medio Santandereano

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.