

Hoja de ruta metodológica para el desarrollo de monitoreo comunitario de microcuencas. Caso de estudio: Río Frío

Methodological roadmap for the development of communal monitoring of microbasins. Case study: Río Frío

Alix Estela Yusara Contreras-Gómez¹ ; Hanz Muller-Rueda²

¹Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia, alix.contreras@ustabuca.edu.co

²Universidad Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia, hanz.muller@ustabuca.edu.co

Recibido: 28 de octubre de 2020. Aceptado: 14 de diciembre de 2020

Resumen– El presente documento describe de manera general aspectos relevantes para el establecimiento de un monitoreo comunitario en una cuenca hidrográfica, instaurando la importancia de incluir de manera activa a los principales actores relacionados con el sistema hídrico en aras de un empoderamiento de los territorios y los ecosistemas para su sostenibilidad. Este trabajo contempla una revisión de modelos de monitoreos comunitarios aplicado a cuencas hidrográficas a nivel nacional e internacional, con el objetivo de identificar los elementos fundamentales para el establecimiento de la ruta o pasos para el desarrollo de monitoreo comunitario en microcuencas, tomando como referente el Río Frío. La ruta establecida parte de la conformación de un equipo liderado por la comunidad que habita en el área de influencia directa de la microcuenca y demás partes interesadas como autoridades ambientales, operadores de servicios públicos (acueducto y alcantarillado), comunidad académica (expertos) y organizaciones ambientales, quienes serán encargados de construir el contexto del ecosistema, identificar los problemas, planear y ejecutar los monitoreos y gestionar el conocimiento adquirido para lograr el saneamiento y la sostenibilidad del recurso.

Palabras clave– Monitoreo comunitario; calidad del agua; cuenca hidrográfica; sostenibilidad.

Abstract– This document generally describes relevant aspects for the establishment of community monitoring

in a river basin, establishing the importance of actively including the main actors related to the water system in order to make territories and ecosystems sustainable. This work contemplates a review of community monitoring models applied to hydrographic basins at the national and international level with the objective of identifying the fundamental elements for the establishment of the route or steps for the development of community monitoring in micro-basins, taking Río Frío as a reference. The established route starts from the formation of a team led by the community that lives in the area of direct influence of the micro-basin and other interested parties such as environmental authorities, public service operators (aqueduct and sewerage), academic community (experts), and environmental organizations, who will be in charge of building the ecosystem context, identifying problems, planning and executing monitoring and managing the knowledge acquired to achieve sanitation and sustainability of the resource.

Keywords– Community monitoring; water quality; water basin; sustainability.

1. INTRODUCCIÓN

Una cuenca hidrográfica se identifica como una unidad de territorio donde las aguas fluyen, mediante un sistema natural interconectado, dentro del cual se relacionan varios aspectos biofísicos, económicos y culturales. Esto genera una importancia fundamental entre su correlación con el

entorno y sus comunidades forjando una equidad entre su uso correcto, adecuada calidad y una distribución equitativa, respetando su caudal ecológico; por esta razón se debe tener una visión holística y prospectiva sobre su manejo [1].

Dentro de los factores principales para la conservación de una cuenca hidrográfica se encuentra la calidad del agua, la cual se define como el conjunto de condiciones que se generan dentro de esta para lograr conservar un ecosistema equilibrado y que cumpla con unos estándares establecidos o dicho de otra forma, las características físicas, químicas y biológicas que la definen. [2] Estas cualidades a su vez son importantes para establecer los diferentes usos para los cuales será destinada el agua, como: doméstico, ganadería, agricultura, uso industrial, para la generación de energía, para navegación, para recreación o para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas [3].

A nivel mundial se ha incrementado el uso de modelos de monitoreo comunitario, debido principalmente a los siguientes factores: (1) la necesidad de contar con la información relevante en tiempo oportuno para la toma de decisiones de acuerdo con los cambios ambientales locales; (2) la limitada disponibilidad de datos e información sobre monitoreos por parte de los entes gubernamentales; (3) los recortes de presupuesto a los programas de monitoreo de entidades gubernamentales y la falta de articulación entre estas y, finalmente, (4) el aumento en el reconocimiento de la necesidad de incluir a todas las partes interesadas en los procesos de planeación, manejo y protección de cuencas, sumandos al incremento del interés y deseo de los ciudadanos por contribuir con la protección ambiental [4].

El monitoreo comunitario del agua contribuye al empoderamiento de la comunidad por su entorno y sus recursos. Al ser conocedores de la calidad y estado del agua en sus territorios, objetivos de calidad de la autoridad ambiental y normas aplicables al recurso agua, hace partícipes a las comunidades en la construcción e implementación de estrategias de mejora que establece las autoridades ambientales en sus planes de acción cuatrienales. De allí la importancia de involucrar a un grupo amplio de actores en monitoreo comunitario, que incorpore métodos de análisis e indicadores para el logro de objetivos y metas comunes. Este trabajo colaborativo ayuda a que diferentes actores sean conocedores del estado del recurso, concienciando a las personas del impacto que producen las actividades antrópicas y la importancia de trabajar mancomunadamente en pro del saneamiento de las corrientes hídricas [3].

En el presente documento se ilustrarán diferentes modelos de monitoreo comunitario, buscando identificar el método más apropiado para ser aplicado en la microcuenca hidrográfica Río Frío, la cual se encuentra ubicada entre los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, y confluye en la subcuenca Río de Oro. Presenta una elevación de 3050 m.s.n.m. en el lugar donde nace, llamado La Corcova, además de una longitud total de 30.1 km [5]. Esta microcuenca se divide en tres partes, en las cuales se

realizan medidas “in situ” y “ex situ” para identificar el comportamiento de la calidad del agua, la zona de la parte alta presenta una calidad óptima para consumo humano, razón por la cual el acueducto del municipio de Floridablanca realiza captaciones para el suministro de agua; en la zona intermedia presenta una calidad buena, en esta parte existe una confluencia con la quebrada Mensulí y de algunos asentamientos en la zona; por último, la parte baja presenta una alta carga de materia orgánica generada por su recorrido por el casco urbano de Bucaramanga y Floridablanca, y por el afluente tratado de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales - PTAR Río Frío y los vertidos crudos del “bypass” del alcantarillado Floridablanca y Angelina [6].

Dada la importancia de la microcuenca Río Frío para los florideños y para la Universidad Santo Tomás Seccional Bucaramanga, por tener uno de sus principales campus en cercanías a esta fuente, así como continuar los procesos de investigación que contribuyan a la gestión integral del recurso hídrico y generar nuevos aportes como integrante del Comité Promotor y Científico del Fondo Metropolitano de Agua, el presente trabajo tiene el propósito de crear una hoja de ruta metodológica para el establecimiento de un modelo de monitoreo comunitario que favorezca la salud y bienestar de la microcuenca Río Frío, bajo la metodología que se expone en el siguiente numeral.

2. METODOLOGÍA

Para el establecimiento de la hoja de ruta metodológica, para el monitoreo comunitario de la microcuenca Río Frío, se desarrollaron los pasos señalados en la Fig. 1, que contempla como primera medida el análisis de la necesidad de desarrollo del monitoreo comunitario, la revisión de normas de monitoreo a nivel nacional, la comparación de guías de monitoreo comunitario internacionales, la identificación de elementos prioritarios dentro del monitoreo comunitario, el análisis de experiencias locales de monitoreo, para finalmente definir los pasos metodológicos para el desarrollo de monitoreo comunitario dentro de la microcuenca. Es de resaltar que para que la propuesta sea exitosa se sugiere que su desarrollo esté a cargo de un equipo integrado por habitantes de la comunidad y otras partes interesadas, como: Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga - CDMB (autoridad ambiental), Fondo Metropolitano de Agua, Universidad Santo Tomás; Acueducto Metropolitano de Bucaramanga - AMB (operador del acueducto), Empresa Pública de Alcantarillado de Santander EMPAS S.A E.S.P. - EMPAS (operador del alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales) y organizaciones no gubernamentales con intereses ambientales. El equipo de trabajo debe establecer un código de conducta que incluya: compromiso, claridad, inclusividad, objetividad, respeto, recursos, transparencia, responsabilidad, diplomacia y coordinación [7] garantizado la incorporación de todos los actores relacionados con la corriente de agua, con el fin de obtener información precisa y actualizada sobre las necesidades y expectativas de todas las partes

interesadas, así como de los beneficios y perjuicios causados al recurso hídrico [8].

Fig. 1. ESQUEMA METODOLÓGICO PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA PROPUESTA DE MONITOREO COMUNITARIO



Fuente: Los autores. .

Inicialmente se estableció si existía la necesidad de desarrollar monitoreo comunitario en la microcuenca de Río de Oro. Esta necesidad está determinada por la identificación de algún riesgo específico asociado a la corriente hídrica, como contaminación, inundaciones, sequía, pérdida de biodiversidad, entre otros, para lo cual se revisó los documentos oficiales, como Plan de Ordenamiento de la Subcuenca de Río de Oro y Plan de Acción CDMB 2019-2023.

La revisión de la norma nacional para el monitoreo de aguas se logró consultando las páginas virtuales del Ministerio de Ambiente, Desarrollo Sostenible - MADS, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM y CDMB como entidades oficiales para la regulación de esta temática.

Se identificaron las diferentes guías internacionales para el monitoreo comunitario del agua, estableciendo las metodologías existentes, para finalmente comparar los modelos de monitoreo comunitario, de acuerdo con sus objetivos, diseño del monitoreo y resultados. Para esto se utilizaron base datos como Scopus, Web of Science, Google Académico, entre otras.

El Río Frío ha sido objeto de estudio e investigación previamente por lo que se analizan las experiencias en relación con su monitoreo y se define tomando como base el resultado de los insumos anteriores la hoja de ruta o pasos por seguir para el monitoreo comunitario de esta importante corriente.

3. RESULTADOS

3.1 Identificación de las necesidades de monitoreo comunitario

La necesidad de desarrollar monitoreo comunitario en la microcuenca Río Frío radica en el riesgo de contaminación que presenta la cuenca, principalmente en la parte baja, debido a los vertimientos que realiza la planta de tratamiento de aguas residuales, generados en su mayoría por el municipio de Floridablanca y un porcentaje pequeño de Bucaramanga, ocasionando afectaciones graves al equilibrio ecosistémico y la calidad del recurso hídrico [9], a su vez se determina un factor agravante dentro de la microcuenca y es la escases del recurso hídrico [10]. Estableciendo de esta manera que existe necesidad de monitoreo por dos razones que son, el riesgo de desabastecimiento y el deterioro de la calidad.

3.2 Revisión de normas nacionales para el monitoreo de corrientes hídricas

De acuerdo con la actual normativa colombiana existe el protocolo de monitoreo del agua - IDEAM del año 2018; contiene una orientación hacia los parámetros básicos, materiales, equipos y procedimientos adecuados para llevar a cabo en los diferentes muestreos entre los cuales se encuentra el Monitoreo de Agua Meteorológica, teniendo en cuenta factores como la precipitación, evaporación, evapotranspiración, también está el monitoreo de aguas superficiales, considerando los sedimentos, cantidad (niveles, caudales y observaciones en cuerpos de nieve y hielo) y calidad (físicoquímicos e hidrobiológico) del recurso. Seguido de los monitoreos de aguas subterráneas que determinan cantidad, calidad, isotopía y, por último, los marinos costeros [11].

Además, se establecen lineamientos para la gestión de datos e información, determinando las características que deben presentar los datos y su calidad, definiendo su importancia para alcanzar el objetivo del monitoreo. Dentro del documento se identifica una guía para la gestión integral del recurso hídrico en la cual se enuncian las publicaciones y reglamentaciones que ha generado el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, relacionadas con la planificación, ordenamiento y manejo del recurso hídrico [11]. Es importante destacar que en este documento no se contempla el acompañamiento y participación por parte de las comunidades dentro de los monitoreos, siendo este un hecho importante para establecer una buena relación entre los habitantes de la cuenca y su entorno ambiental.

3.3 Identificación de los elementos fundamentales para la realización de monitoreo comunitario de corrientes hídricas

Los elementos identificados como fundamentales para la realización de monitoreo comunitarios de corrientes hídricas son:

- Contexto de la corriente hídrica: social, geográfico-físico e institucional [12].
- Problema: identificación del problema y de la organización del monitoreo apropiado.
- Monitoreo: parámetros. El monitoreo está a cargo de un grupo de expertos que deben estar acompañados por las partes interesadas: comunidad, autoridades ambientales, organizaciones no gubernamentales; es decir, que la comunidad siempre deberá estar acompañada de expertos que pueden desarrollar e interpretar los resultados.
- Datos: declaración de datos obtenidos; generar base de datos.
- Conocimiento: crear acciones contundentes a favor de la gestión y mejora del recurso hídrico (educación, gestión local, apoyo gubernamental, acciones aplicadas) [13].

A continuación, se explica cada uno de los elementos definidos como fundamentales en el monitoreo comunitario:

Contexto social: se establecen las inquietudes que presentan las partes de interés y la demanda social, se deben determinar los impedimentos potenciales mediante algunas preguntas claves, como: ¿Cuáles son las prioridades para las diferentes partes de interés? ¿Sobre qué están las personas más preocupadas o temerosas? ¿Qué grupos deberían ser incluidos en el programa de monitoreo? ¿Debería el programa apuntar hacia un grupo específico de usuarios, como los usuarios institucionales u organizacionales, o debería estar más orientado hacia los intereses generales de la comunidad? ¿Qué limitaciones institucionales y circunstancias especiales podrían influir para que un programa sea o no factible y cómo sería implementado?, entre otras [12].

La evaluación social debe incluir tres aspectos importantes:

1. Una determinación por parte de la comunidad sobre el recurso hídrico
2. Una valoración entre el monitoreo del agua y cualquier otro problema principal
3. Caracterización de preguntas claves

Los participantes pueden ser personas afectadas o quienes puedan contribuir a dar una solución, sean ciudadanos, representantes de la industria, grupos estudiantiles y demás [12].

De la misma manera, el **contexto geográfico-físico** debe incluir las características del proyecto como su naturaleza, complejidad, estudios de la línea base del proyecto, ciclos de vida y áreas de influencia directa, al igual que características regionales como el estado del recurso hídrico, información disponible para definir las necesidades y el

alcance, vulnerabilidad ambiental, magnitud de los problemas existentes y marco normativo aplicable [12]. Esta información podrá ser compilada de documentos institucionales, como planes de ordenamiento de cuencas, planes de ordenamiento territorial, informes de autoridades ambientales, publicaciones académicas, entre otros, cotejada con los saberes de las poblaciones ubicadas en cercanías con la corriente e inspecciones "in situ" por parte de los expertos académicos.

El **contexto institucional** lo determina el entorno normativo aplicable al recurso hídrico (calidad de agua, objetivos de calidad, metas por tasa retributiva, tasa por uso, cambio climático, biodiversidad) y los actores institucionales que obtengan servicios ecosistémicos de la corriente en estudio y también las organizaciones que podrían acompañar las actividades de monitoreo o que podrían aportar en el proceso. En este contexto se definen las pautas por seguir para la construcción del programa de monitoreo comunitario, incluso la intensión y preocupación por incluir parámetros de monitoreo que no son exigidos por la normatividad actual, pero son importancia mundial como contaminantes emergentes [12].

La definición del **problema** es importante porque es la razón principal para realizar el monitoreo, teniendo claro los conflictos que se presentan dentro de la cuenca y el uso del recurso hídrico (teniendo en cuenta conflictos armados, barreras geográficas o de acceso a puntos, lucha por terrenos, problemas entre usuarios de agua, entre otros), que permitan establecer los parámetros y puntos adecuados para la formulación del programa de monitoreo. Esto determina también el grupo de expertos (de preferencia incluir a la comunidad académica del área de influencia) que deben estar involucrados, que será un grupo interdisciplinario con la comunidad como líder del proceso [14].

El presupuesto requerido para la ejecución del programa de monitoreo comunitario está relacionado con el grado de detalle que se quiera, también con personal de expertos requerido, equipos de campo y de laboratorio usados para el análisis de las diferentes variables, así como del número de puntos y campañas realizadas al año. Es importante que cualquiera que sea la solución para el monitoreo de agua siempre estén la comunidad y academia o expertos presentes en el proceso, debido a que de esta manera se reducen los errores operativos de las mediciones a la vez que se involucran a los habitantes, lo que repercute en un proceso de educación ambiental que podrá ir evolucionando a una cultura ambiental [15].

Los actores principales dentro de la gestión del recurso hídrico deben entender que el manejo del agua es una disciplina compleja, que inicia con la generación de interés por su cuidado y mantenimiento, el aporte de conocimientos técnicos y científicos de parte de profesionales expertos en la materia, que conllevan la construcción de proyectos colaborativos para el control y vigilancia del recurso, con información actualizada para la toma de decisiones. Tam-

bién es importante involucrar la tecnología para publicar y divulgar la información referente al monitoreo y todas sus actividades, por esta razón las aplicaciones móviles, el uso de las redes sociales y emisoras de radio comunitarias, se convierten en una herramienta importante en el éxito de este tipo de proyectos [16].

El **monitoreo** se puede catalogar por niveles según su grado de profundización de diagnóstico o estudio de la corriente hídrica. Se establecen 3 niveles que van aumentando su complejidad y madurez del modelo en el tiempo.

Fig. 2. NIVELES EN EL MODELO DE MONITOREO COMUNITARIO



Fuente: Los autores. .

Los parámetros que se sugieren supervisar en los diferentes niveles de monitoreo comunitario se especifican en la tabla I, junto con el personal requerido o apoyo de entidades externas para cada caso. Sin embargo, la sugerencia es que cualquiera que sea el nivel esté acompañado de la comunidad vecina a la cuenca, comunidad académica y autoridades ambientales.

Dada la complejidad de los procesos de monitoreo de calidad de agua es de suma importancia que, desde el inicio del proyecto se capacite a la comunidad para que comprenda cada una de las variables en los diferentes niveles, esto de la mano de la comunidad académica y grupo de expertos involucrados en la realización de las campañas de muestreo. Otro aspecto importante, puede ser el hacer al menos 2 campañas de monitoreo que correspondan a épocas climáticas diferentes en el año. De esta manera se garantiza participación de la comunidad y variabilidad de la calidad del agua en relación con el clima. [17]

Uno de los monitoreos que puede ser fácilmente acompañado por la comunidad es el de macroinvertebrados. En método cualitativo se realiza la identificación, clasificación y conteo de las familias de macroinvertebrados con el propósito de establecer la calidad del recurso en función al cálculo del índice Biological Monitoring Working Party-BMWP. El monitoreo de macroinvertebrado incluye cuatro etapas fundamentales: preparación, monitoreo, recuento de especies y cálculo del indicador. La preparación corresponde a la planeación del monitoreo que conlleva la formación de la comunidad por parte del equipo técnico y la definición de puntos o secciones de monitoreo por parte de los expertos. La siguiente etapa es la operación del monitoreo, que corresponde a la toma de muestras y observación de las condiciones de las zonas de muestreo; características organolépticas del agua y condiciones físicas del cauce y su entorno. Finalmente, en las dos últimas etapas solo intervienen los expertos, se realiza el recuento de especies y posteriormente el cálculo del BMWP, bioindicador cuya valoración se determinada de acuerdo con la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación [18].

Los **datos** como elemento dentro del plan de monitoreo son importantes para determinar el comportamiento de la fuente y permite a las partes interesadas, participantes del plan, establecer acciones acordes con la realidad del ecosistema acuático.

El **conocimiento** como elemento final está relacionado directamente con el aprendizaje por parte de la comunidad y los actores principales de la microcuenca, a su vez se convierte en una estrategia de educación ambiental que, de la mano de expertos, logrará mejores comportamientos por parte de los usuarios y mejora en las condiciones de la corriente hídrica para la conservación y la sostenibilidad de esta [19].

Tabla I.
PARÁMETROS DEL MUESTREO Y PERSONAL SUGERIDO

Parámetros Físicos	Parámetros Químicos	Parámetros Biológicos	Personal o Entidades
Nivel 1. General, cualitativo y simple de medir			
Estabilidad en la ribera	pH	Macroinvertebrados-Cualitativos y cobertura vegetal de las riberas	<ul style="list-style-type: none"> - Habitantes vecinos a la cuenca. - Comunidad académica. - Expertos: Biólogo, ecólogo o afines. - Autoridad ambiental
Temperatura	Oxígeno disuelto	Algas y plantas	
Nivel 2. Más complejo y requiere equipo especializado de campo			
Turbidez	pH	Macroinvertebrados-Cualitativos	<ul style="list-style-type: none"> - Habitantes vecinos a la cuenca. - Comunidad académica. - Expertos: ingeniero ambiental, biólogo y químico ambiental o afines. - Autoridad ambiental y presencia de la alcaldía o municipalidad.
Caudal	Oxígeno disuelto	Hábitat (Caracterización cualitativa de especies de flora y fauna en el río y su ronda de protección)	
--	Conductividad	Bacterias y otros microorganismos.	
	Demanda bioquímica de oxígeno-DBO5		
	Demanda química de oxígeno-DQO		
--	Fósforo	--	
--	Nitrógeno	--	
Nivel 3. Complejo y necesidad de laboratorio externo			
Estabilidad en la ribera	--	Macroinvertebrados-Cualitativos y cobertura vegetal de las riberas	<ul style="list-style-type: none"> - Habitantes con interés en la cuenca. - Comunidad académica. - Expertos: ingeniero ambiental, químico ambiental, biólogo, microbiólogo y afines. - Autoridad ambiental y demás autoridades territoriales a nivel local y nacional.
Temperatura	--	Algas y plantas	
Turbidez	pH	Macroinvertebrados-Cualitativos	
Caudal	Oxígeno disuelto	Hábitat (Caracterización cuantitativa de especies de flora y fauna en el río y su ronda de protección)	
--	Nutrientes: nitrógeno y fósforo	Macroinvertebrados (definir en lo posible el género)	
--	Conductividad	Bacterias y otros microorganismos.	
Distribución tamaño de partícula del sedimento suspendido	Metales en el agua y sedimentos.	--	
Distribución del tamaño de partícula del sedimento en el lecho	Hidrocarburos y contaminantes emergentes que se definen de acuerdo con al tipo de contaminación presentada en la corriente y a las posibilidades de análisis (Microplásticos, hormonas, antibióticos, cafeína, entre otros).	--	
--	Demanda bioquímica de oxígeno-DBO5	--	
--	Demanda química de oxígeno-DQO	--	

Fuente: adaptado de [12].

3.4 Comparación de modelos nacionales e internacionales para el monitoreo comunitario de corrientes hídricas

Se llevó a cabo una revisión de los modelos teóricos y prácticos sobre los monitoreos comunitarios, estableciendo una guía de lo realizado a nivel nacional e internacional, logrando identificar las técnicas que mayor eficiencia han tenido, los conceptos claves para desarrollar mejor la comunicación con la comunidad y la solución a las problemáticas en cada uno de los casos; esta base es una identificación de aspectos importantes, teniendo en cuenta que es un tema que está más desarrollado en otros países y que funciona con una organización y planificación efectiva.

Modelos teóricos de participación ciudadana para la calidad del agua en monitoreos comunitarios

Vigilancia comunitaria: Se hace una capacitación a la comunidad para observar los cambios que se presentan o se pueden presentar en el cauce, definiendo cuales podrían ser las afectaciones en la cuenca. Para esto se establecen observaciones en puntos estratégicos, en las que se evalúan los cambios en las condiciones de aguas arriba, con respecto a aguas abajo del punto observado. Los participantes de la comunidad recogerán los datos cualitativos para establecer las condiciones en diferentes puntos a lo largo del cauce. Uno de los beneficios del modelo está en que no requiere tecnología, no demanda personal calificado y su implementación es de bajo costo, pero su mayor dificultad es que ofrece poca información para la toma de decisiones. Otra dificultad para el sostenimiento del modelo en el tiempo es mantener los mismos voluntarios, se sugiere el establecimiento de cargos o roles dentro de la comunidad que garanticen un grupo base dentro de este modelo, así como trabajar en la educación ambiental permanente de la comunidad [12].

Comité de monitoreo: Requiere de un esfuerzo cooperativo e interinstitucional, integrando los monitoreos realizados por la empresa privada, la sociedad civil y el Gobierno. Los participantes de la comunidad y el personal técnico recogen muestras en lugares estratégicos y los analizan. Logrando crear una base de datos conjunta que se interpreta por todos los participantes para determinar los resultados, conclusiones y recomendaciones, estos a su vez serán socializarlos a toda la comunidad. Se tendrá una participación directa mediante la selección de puntos problemáticos y en las estrategias para disminuir los impactos, los cuales deberán ser discutidos y puestos en marcha por parte de quienes estén involucrados. Los beneficios de este modelo se enfocan por su alta credibilidad, transparencia e independencia, disminuyendo las discusiones entre entidades que realizan monitoreos dentro de la cuenca, generando una confianza por parte de la comunidad. Aun así, tiene desafíos en su implementación por su alta demanda de técnicos y expertos que deben participar en conjunto

para hacer una adecuada interpretación sin generar conflicto entre instituciones [12].

Experto técnico independiente: En este modelo se contratan expertos independientes con el objetivo de realizar el monitoreo, quienes hacen visitas a campo cada cierto tiempo de acuerdo con lo que se establezca. Los expertos también levantan información relacionada con las partes interesadas, empresas que se encuentran involucradas con la cuenca, también comunidades, autoridades ambientales, entre otros. Esto es importante para determinar las problemáticas de la cuenca hidrográfica. El avance de este modelo contempla reportes anuales, por lo cual es fundamental que los expertos sean imparciales, de manera que se forje una relación de transparencia y confianza, que permita finalmente a las autoridades ambientales la exigencia de acción pertinentes por parte de las empresas, en pro de mejorar la calidad del agua. La comunidad tendrá una participación importante y será el actor principal dentro del modelo que está apoyado en expertos. Los beneficios de este modelo se enfocan en la obtención de información profesional de expertos, que estarán monitoreando geográficamente la cuenca, desarrollando un alto grado de credibilidad, con contacto directo y permanente con la comunidad. Este modelo es apropiado cuando se busca investigar un problema potencial o evaluar la efectividad de las mejoras desarrolladas dentro de la cuenca. La presentación de informes puede ser trimestral, semestral o anual, siempre y cuando sean publicados y socializados con las comunidades de la cuenca [12].

Monitoreos de Global Water Watch-GWW: Este modelo se constituye por la relevancia que tiene hacia la generación de datos, los cuales pueden ser de utilidad para la comunidad y las acciones que se forjen para iniciar una campaña sostenible del recurso hídrico, tiene en cuenta los procesos socio-ambientales dentro de la cuenca, está validado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-EPA US y presenta también formación a las comunidades mediante capacitaciones, certificados, almacenamiento de la información generada y un seguimiento de los procedimientos que se desarrollan con las comunidades [20].

Se fundamenta en buscar las necesidades que tiene la comunidad para identificar el monitoreo por desarrollar, de la información recolectada se determinan cuáles son los motivos de las afectaciones y se realizan actividades sobre educación ambiental, protección de la cuenca, restauración de los factores fundamentales que intervienen dentro del equilibrio ecosistémico y una gestión adecuada en torno a la política de la zona, siendo esta una herramienta importante para desplegar una acción de trabajo interdisciplinaria con los actores principales de la cuenca y su comunidad. Se desarrollan capacitaciones sobre los monitoreos a las características físicas, químicas y biológicas del recurso hídrico, aportando una visión completa del territorio de sus relaciones con los servicios ecosistémicos que presta el recurso hídrico y promoviendo la iniciativa de posibles soluciones que identifique la comunidad [20].

Para el desarrollo del monitoreo se usa un laboratorio portátil especial para monitoreo comunitario, que fue previamente validado por la EPA US, el cual permite la determinación de las características físicas y químicas del agua en el sitio de monitoreo. La aplicación del modelo y el uso del laboratorio requiere de capacitaciones especializadas con componente teórico práctico y evaluación de desempeño de la comunidad capacitada [21].

Monitoreo comunitario ambiental para América Latina: El recurso hídrico para las comunidades rurales en América Latina es fundamental para el desarrollo de sus culturas, por este motivo se enfoca un programa para el monitoreo comunitario ambiental orientado a los acueductos campesinos, estableciendo un seguimiento y control de las cuencas para darle un uso sustentable, entendiendo la relación que tienen las microcuencas y los acueductos; además, la interacción que tienen las actividades productivas y el uso de agroquímicos para los cultivos que pueden afectar la calidad del recurso hídrico. Dentro de su estructura se establece la medición de parámetros físicos, como caudal, olor, sabor, turbidez y químicos: mercurio, metales pesados, hidrocarburos aromáticos y microbiológicos: coliformes to-

tales, *E. coli*, entre otros. Igualmente, la identificación del paisaje como factor fundamental y los niveles de riesgo de acuerdo con lo establecido por el Índice de Riesgo de la Calidad del Agua-IRCA [22].

Se fijan las problemáticas que tiene la comunidad para dar solución a problemas específicos, y se hace una educación sobre la gestión ambiental y la relación entre los procesos productivos como la ganadería y agricultura que intervienen dentro de las cuencas, esto para ayudar a la comunidad a mejorar su calidad del agua, además se tiene un acompañamiento constante por parte de los habitantes para que ellos sean los responsables de mantener la continuidad del proyecto [22].

Modelos aplicados de participación ciudadana para la calidad del agua en monitoreos comunitarios

En la tabla II se condensa la revisión de modelos aplicados a nivel nacional e internacional, teniendo en cuenta describir el nombre de modelo, los objetivos, su diseño y los resultados obtenidos.

Tabla II.
REVISIÓN DE MODELOS APLICADOS NACIONALES E INTERNACIONALES

Modelo de monitoreo comunitario	Objetivos del monitoreo	Diseño del monitoreo	Resultados
Programa para crear una red de monitoreo comunitario en el lago Winnipeg [23]	<ul style="list-style-type: none"> • Generar datos creíbles para los parámetros clave en la cuenca. • Aprovechar la infraestructura de investigación de campo existente. • Evaluar su compatibilidad con otros conjuntos de datos a largo plazo en la provincia. • Asegurarse de que la interpretación de los datos se comparta con las partes interesadas. 	El personal capacitado recolecta y procesa muestras de agua en el campo, que luego se envían a un laboratorio centralizado para análisis de fósforo e interpretación de datos	Producir un conjunto de datos pequeño pero creíble y relevante que documente la carga de fósforo durante el deshielo primaveral en diez sitios de muestreo en Agro-Manitoba.
Programa de administración automotriz de muestras Vancouver [24]	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el impacto de la polución del agua lluvia. • Proporcionar una línea base para aguas lluvia cerca de negocios automotrices. • Incrementar la conciencia de los propietarios de los negocios automotrices. • Promover la administración por parte de los grupos relacionados en las cuencas. 	Promover el estudio del agua por parte de voluntarios para resolver problemas de contaminación de la industria automotriz.	Voluntarios explicaron los resultados a los dueños de negocios y las mejores prácticas para el manejo de contaminantes. Artículos en periódicos locales para resaltar las acciones realizadas por las compañías con impacto positivo sobre la calidad del agua.
Programa "Adopta un Río" en la Bahía Bedeque [25]	<ul style="list-style-type: none"> • Educar a la comunidad, principalmente a los niños, acerca de las problemáticas ambientales en las cuencas. • Establecer una línea base de información básica sobre la cuenca. • Validar actividades de restauración en la cuenca. 	El departamento de educación local provee apoyo financiero para el entrenamiento de los profesores y adquirir el equipo necesario. Más de 20 escuelas para niños entre 10 y 15 años hacen parte de la recolección de información sobre macroinvertebrados, pH, oxígeno disuelto, nitratos, turbiedad, y <i>E. coli</i> .	Alcance a la comunidad y la educación cerca de 2350 estudiantes desde 2008 Creación de un plan de restauración y manejo. Base de datos sobre línea base de la calidad del agua.
Programa de monitoreo del agua, Sociedad de Administración del Lago Quamichan [26]	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar los problemas de nutrientes en el lago • Educar a la comunidad • Establecer plan de manejo para mejorar la calidad del agua del lago • Validar actividades de restauración. 	El Ministerio de Medio Ambiente provee entrenamiento, asistencia en el diseño y equipos. Monitoreo trimestral de oxígeno, temperatura, color.	Comprometer a la comunidad que rodea el lago para compartir información y presentar una petición al gobierno local. El sistema de alcantarillado local fue extendido. Restauración del lago mediante un sistema de burbujeo de aire.

Modelo de monitoreo comunitario	Objetivos del monitoreo	Diseño del monitoreo	Resultados
Programa Wet-Pro-TM entrenamiento y conjunto de herramientas (Universidad San Mary) [27]	<ul style="list-style-type: none"> • Línea base de información acerca del estado de la cuenca a largo plazo. • Incrementar la conciencia de las problemáticas del estado del agua en lo superficial y subterráneo mediante compromiso y educación públicos. 	Programa de certificación basado en la universidad (diseñado para los múltiples actores que intervienen) Modelo de entrenamiento entre pares. Un equipo de trabajo de verano utiliza la sonda YSI para medir nitratos, pH, oxígeno disuelto, entre otros. Las pruebas de laboratorio son enviadas a un laboratorio provincial.	La información recolectada a largo plazo es almacenada en una base de datos central. Interés por parte del gobierno en la información recogida. Puesta en marcha de actividades de restauración. Entrenamiento de otros grupos en monitoreo y toma de muestras de calidad de agua.
Modelo de monitoreo participativo en las comunidades nativas de la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Cordillera Azul, Perú. [28]	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitar a la comunidad para la toma de decisiones sobre cómo responder a los impactos ocasionados por las actividades extractivas que presenta la zona de estudio y su relación con los problemas sociales y económico. 	Se desarrolla directamente por la comunidad en búsqueda de alternativas para dar solución e inclusión por parte de los habitantes, puesto que mantienen fuertes conflictos con la industria maderera y se ven vulnerados sus derechos fundamentales y ambientales. Contaron el apoyo directo del Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Protegidas-CIMA y especialistas. Realizaron dos tipos de monitoreo uno biológico y otro social, con temas de interés propuestos por la comunidad.	Con los resultados obtenidos se identifican las zonas de mayor amenaza, las cuales deben ser intervenidas con proyectos para mejorar su estado y gestionar la ayuda por parte de las poblaciones cercanas para fomentar la participación.
Implementación de monitoreo participativo comunitario en la calidad del agua en zona rural de México [19]	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer prácticas con la comunidad para contribuir a la gestión ambiental y la formación de conciencia y sostenibilidad de la cuenca. • Mantener el sistema de monitoreo de cinco pasos: manejo de datos, aprendizaje social, toma de decisiones, acción directa y vinculación. 	La comunidad tuvo una participación directa en el desarrollo total del proyecto. Esta se dividió en tres grupos: monitores principales, periféricos y, por último, la población observadora. En el progreso del monitoreo se identificaron puntos críticos que generaban problemas de contaminación en la cuenca y esto permitió el desarrollo de acciones por parte de las instituciones sociales, en vía de solucionar y mejorar la calidad del agua en la cuenca.	Estas acciones generaron inclusión de los temas ambientales dentro de los factores fundamentales de la comunidad y produjeron una toma de decisiones. Dentro de las dificultades que presentaron fue la poca información que se tiene en las zonas rurales y además se debe efectuar una capacitación a los habitantes para que den una continuidad en el proyecto, como gestores de observación en cambios del recurso hídrico.
Programa de monitoreo en Colombia para la cuenca hidrográfica del río Guadalajara, de Guadalajara de Buga, Valle del Cauca [29]	<ul style="list-style-type: none"> • Plantear soluciones a la problemática que presenta la cuenca por fuertes intervenciones antrópicas y alto riesgo para la comunidad. 	Se establece la población objetivo, siendo los habitantes de la parte alta de la cuenca y los actores interesados para integrar los puntos de vista que se tiene dentro de la cuenca y se buscó la financiación mediante la alianza entre las Organizaciones Gubernamentales y no Gubernamentales-ONG, fundamental por ser una unión entre instituciones interesadas en apoyar el desarrollo social. tiene una duración aproximada de dos años y debe cumplir con todas las indicaciones establecidas por parte de los organismos que financian el proyecto.	Durante el progreso del proyecto se creó un grupo coordinador, integrado por técnicos, guardabosques y personal de la alcaldía, con esto se busca hacer una unión con la comunidad y que se establezcan intenciones para el desarrollo del propósito en la cuenca, a su vez se identificaron las fincas que podían ayudar con la gestión y el cuidado del recurso para unirlos al proyecto
Programa Red Canadiense de Biomonitorio Acuático [30]	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar a largo plazo el estado de la cuenca y tendencias a través de la colaboración interinstitucional. • Complementar el programa de monitoreo de la calidad del agua por parte del gobierno. • Identificar problemas y actividades para su restauración. 	El Dpto. Ambiental de Canadá provee un programa de certificación en biomonitorio, entrenamiento riguroso, una base de datos central y herramientas de análisis. En el otoño, un grupo de colaboradores recolectan macroinvertebrados (identificando género/especie) y muestras de calidad del agua enviadas al Dpto. Ambiental de Canadá.	La información depositada en la base de datos nacional es usada para realizar un reporte anual. Puesta en marcha de actividades de restauración.

Modelo de monitoreo comunitario	Objetivos del monitoreo	Diseño del monitoreo	Resultados
Programa Comunitario de Monitoreo Acuático (Asociación de Cuencas Shediac Bay) [31]	<ul style="list-style-type: none"> •Incrementar la conciencia comunitaria de la ecología estuarina. •Recolectar información base de especies estuarinas. •Evaluar la composición de las especies estuarinas. 	El departamento de pesca y océanos y la coalición del golfo sur de Saint Lawrence en conjunto lanzan el programa durante tres meses en verano, los voluntarios ayudan a evaluar las especies y recolectan muestras de agua en seis sitios una vez al mes.	<p>La información obtenida permitió la comprensión de la importancia ecológica por parte de los que toman las decisiones acerca de las especies estuarinas.</p> <p>La información recolectada sobre especies estuarinas estuvo a cargo de investigadores, por esto el modelo tiene una base científica como fortaleza.</p> <p>Involucró voluntarios en 25 sitios de recolección de muestras.</p>
Programa de monitoreo de la calidad del agua a largo plazo (Programa de Clasificación del Agua New Brunswick) [32]	<ul style="list-style-type: none"> •Mejorar el entendimiento y la conciencia sobre la salud de la cuenca. •Validar los esfuerzos de restauración de la cuenca y determinar con precisión las áreas afectadas. •Recolección y almacenamiento a largo plazo de una línea de información base. •Informar la regulación de clasificación del agua. 	El monitoreo comunitario se realiza mediante colecta muestras durante 6 meses al año, con medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.	Resultados incluyen reportes de calidad de agua de la bahía y la puesta en marcha de actividades de restauración con informes anuales.

Fuente: Adaptado de: [19], [23-32].

3.5 Análisis de experiencias locales en el monitoreo de corrientes hídricas

La Universidad Santo Tomás de Bucaramanga ha estado comprometida con el desarrollo de proyectos académicos relacionados con el estudio de las condiciones ambientales de microcuenca del Río Frío, ubicada en el municipio de Floridablanca departamento de Santander. Estos han sido ejecutados por la Facultad de Química Ambiental, mediante la determinación de índices fisicoquímicos y biológicos en varios puntos críticos de la corriente hídrica durante varios años de estudio.

El primer proyecto generado por la Facultad de Química Ambiental estuvo enfocado en estimar los índices de contaminación del Río Frío, mediante la evaluación en 5 puntos a lo largo de la microcuenca. En los monitoreos se evaluaron parámetros como pH, conductividad, oxígeno disuelto, macroinvertebrados e índices de contaminación. Los resultados determinaron que la microcuenca presenta una buena calidad en su parte alta, pero esta se ve afectada a su paso por el casco urbano del municipio de Floridablanca, aumentando considerablemente la contaminación después del vertimiento del efluente de la PTAR de la ciudad [33].

El segundo proyecto de la Facultad de Química sobre el Río Frío tuvo una duración de cuatro años, este como continuidad del proyecto anterior y logró determinar el grado de afectación del recurso hídrico a lo largo de este tiempo. Se usó el modelo de monitoreo de macroinvertebrados. El método usado fue "Kick Sampling" y para determinar el grado de afectación se utilizó el índice biológico BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party, modificado para Colombia), también se usó el Índice de Contaminación por Mineralización - ICOMI y el Índice de Contaminación por Materia

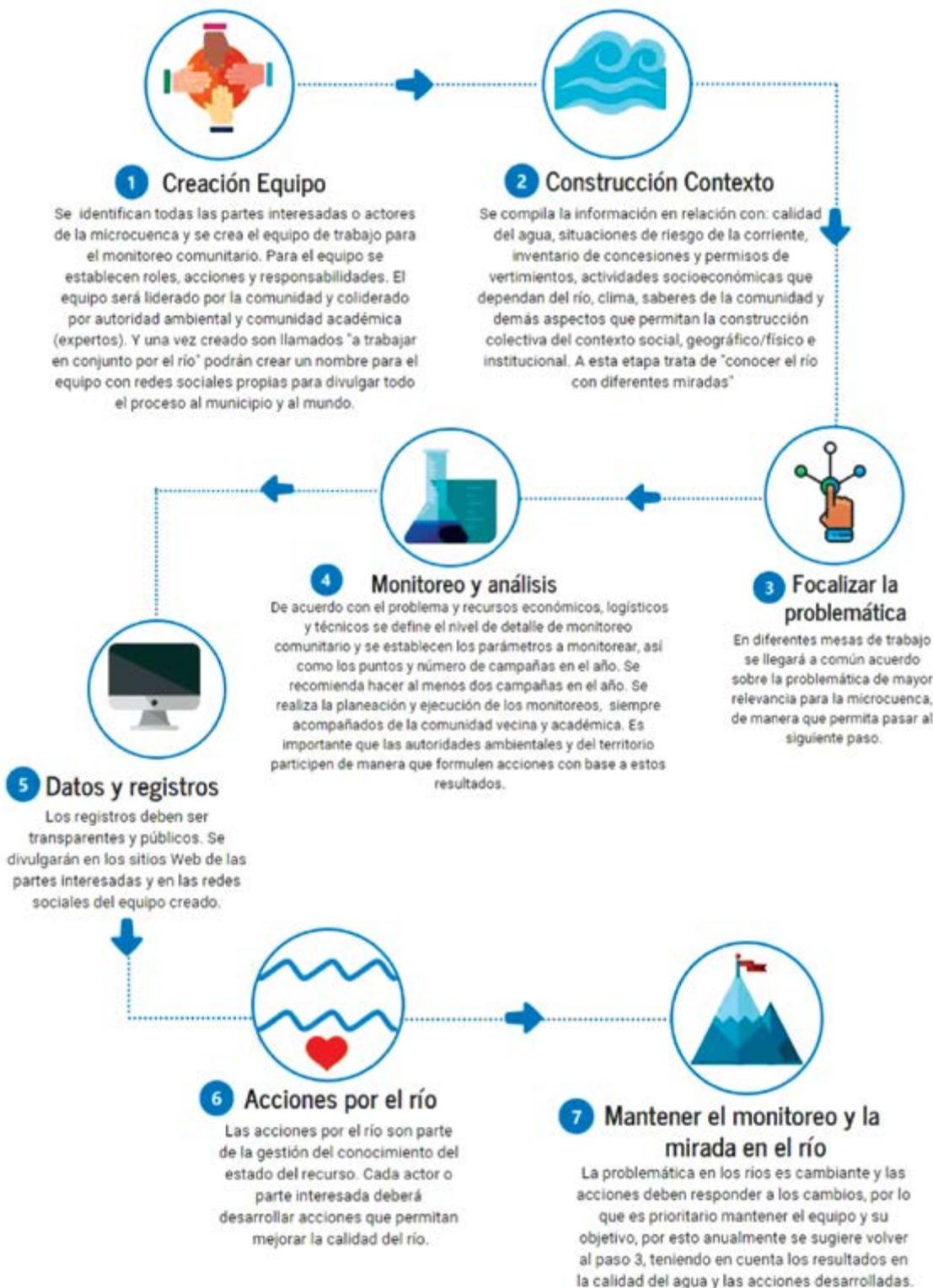
Orgánica - ICOMO. El resultado principal fue el mismo que en el primer proyecto, la identificación del fuerte impacto ambiental dentro de la microcuenca en su desembocadura al río de Oro, con graves procesos de deterioro por su vulnerabilidad ante las amenazas antrópicas asociadas al aumento poblacional de Floridablanca y por la contaminación que genera el efluente de PTAR municipal [34].

Otra experiencia es la propuesta de monitoreo comunitario como acción al conflicto socioambiental en el páramo de Santurbán, ubicado en el departamento de Santander, ecosistema con alto grado de sensibilidad ante los potenciales desarrollos de actividades económicas agropecuarias y mineras. Debido a las diferencias que se presentan entre los actores principales del páramo, municipio aledaños y otros municipios beneficiarios del agua, se evidencia la importancia de llevar a cabo una construcción social con base en un monitoreo ciudadano, que tenga en cuenta la provisión del recurso hídrico como el principal servicio ecosistémico, la vinculación del mayor grupo de interesados dentro de su construcción, ejecución y mantenimiento, para el desarrollo de un plan de estrategias conjunto [35].

3.6 Propuesta hoja de ruta metodológica para el monitoreo comunitario de la microcuenca Río Frío

La condición crítica del Río Frío en relación con el deterioro de su calidad a través del paso de los años, se considera el punto de partida para la presente propuesta, que ve estratégico el desarrollo de un modelo comunitario participativo para la microcuenca, con miras a prevenir futuros conflictos por el uso del recurso hídrico y por la pérdida de este ecosistema de importancia para todos los florideños. En la Fig. 3 se propone la hoja de ruta o pasos para su constitución.

Fig. 3. HOJA DE RUTA METODOLÓGICA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE MONITOREO COMUNITARIO



Fuente: Los autores.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los referentes de monitoreo comunitario de aguas analizados establecen una base clara sobre la implementación de estos programas como fuente de educación ambiental y control de los factores sociales dentro de la cuenca, involucrando las comunidades a participar en las decisiones para la adecuada gestión del recurso hídrico.

La microcuenca Río Frío es muy importante por ser la única abastecedora de agua potable para el municipio de Floridablanca (Santander) y por prestar el servicio de recepción de las aguas servidas posterior a su tratamiento para este mismo municipio. Esto genera un alto grado de afectación porque el ecosistema presenta déficit de agua y alta contaminación en la parte baja de la microcuenca, además de amenazas por inundación de acuerdo con estudios de la CDMB y situaciones presentadas en los últimos años en la zona [36]. En consecuencia, se recomienda para pequeñas microcuencas con conflictos ambientales como Río Frío, un modelo de monitoreo comunitario basado en expertos, sugeridos como academia ubicada dentro del área de interés para que además se involucre como actor dentro de las acciones que permitan la mejora de la gestión del recurso. Este proceso debe incluir otras partes interesadas como actores institucionales con beneficios o servicios ecosistémicos de la microcuenca, autoridades ambientales y gubernamentales y grupos con intereses ambientales.

El presente estudio determina como relevante para un desarrollo óptimo del monitoreo comunitario de la microcuenca Río Frío, contemplar los siguientes aspectos: 1. identificación de los factores sociales, económicos y geográficos como estudio de la zona, 2. definición de los actores principales dentro de la microcuenca y levantamiento del contexto institucional, 3. conformación y liderazgo del proceso por parte de un grupo interdisciplinario que cuente con representante de la comunidad, 4. focalización de la problemática y propósito del monitoreo, 5. planeación y ejecución de los monitoreos, 6. manejo eficiente de la información, 7. divulgación de resultados en redes sociales y medios radiales comunitarios, 8. desarrollo de acciones de mejora en la gestión de recurso y, finalmente, 9. sostenimiento de la iniciativa en el tiempo.

La financiación del proyecto de monitoreo comunitario debe estar fundamentada principalmente por fondos para el desarrollo ambiental y social administrados por los actores gubernamentales, con apoyo de las instituciones que obtienen beneficios de la microcuenca y colaboración de la academia y comunidad vecina.

La información resultante de los monitoreos comunitarios deberá ser de dominio público. Se sugiere la creación de bases de datos, que sean alimentadas por los técnicos con la veeduría de la población, de manera que el registro de variables físicas, químicas, biológicas y características del paisaje, permitan la toma de decisiones y la puesta en

marcha de planes a favor de la conservación, mantenimiento y mejora del recurso hídrico.

5. REFERENCIAS

- [1] P. Maya, H. Cardona y D. A. Martínez, «Guía para monitoreo comunitario del agua,» *Censat*, pp. 1-44, 2020.
- [2] Ministerio de Medio Ambiente, «Libro blanco del Agua en España,» 2000, pp. 196-200.
- [3] Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), «Guía de monitoreo participativo de la calidad de agua,» 2018.
- [4] G. Whitelaw, H. Vaughan, B. Craig y D. Atkinson, «Establishing the Canadian Community Monitoring Network,» *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 88, p. 409-418, 2003, DOI:<https://doi.org/10.1023/A:1025545813057>
- [5] E. Gómez y C. López, «Estimación de la recarga mensual en la parte alta de la cuenca del Río Frío por medio de un modelo hidrológico distribuido,» *Universidad Industrial de Santander*, pp. 1-129, 2005.
- [6] J. V. Gutiérrez, «Evaluación de la cinética de oxidación y remoción de materia orgánica en la autopurificación de un río de montaña,» *DYNA*, pp. 1-11, 2015, DOI: <https://doi.org/10.15446/dyna.v82n191.44557>
- [7] M. Carrillo, B. Fernández, B. Jungemann y C. Ludena, «Diseño de un sistema de monitoreo comunitario de los impactos sociales y ambientales de La Isabelica, estado Carabobo,» 2008.
- [8] Banco Interamericano de Desarrollo, «La gestión de las cuencas hidrográficas para asegurar los servicios ecosistémicos en las laderas del neotrópico,» 2015.
- [9] Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, «Plan de ordenamiento y manejo ambiental Subcuenca Río de Oro,» Bucaramanga, 2007, p. 15.
- [10] Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, «Plan de acción, el agua nos une hacia la sostenibilidad 2020-2023,» Bucaramanga, 2020.
- [11] IDEAM, «Protocolo monitoreo del agua,» 2018.
- [12] Oficina del Asesor en Cumplimiento / Ombudsman, «Monitoreo Participativo del Agua, Guía para Prevenir y Manejar el Conflicto,» 2008.
- [13] M. Perevochtchikova, N. Hernández, V. Santos y G. Sandoval, «Monitoreo comunitario participativo de la calidad del agua: caso Ajusco, México,» 2016.
- [14] K. Stepenuck y L. Green, «Individual-and community-level impacts of volunteer environmental monitoring: A synthesis of peer-reviewed literature,» 2015, DOI:<http://dx.doi.org/10.5751/ES-07329-200319>
- [15] D. Walker, N. Forsythe, P. Geoff y G. John, «Filling the observational void: Scientific value and quantitative validation of hydrometeorological data from a community-based monitoring programme,» 2016, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.062>
- [16] D. Walker, M. Smigaj y M. Tani, «The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities,» 2020, DOI: <https://doi.org/10.1002/wat2.1488>
- [17] D. R. T. C. Christine M. Hahn-vonHessberg, D. Toro, A. Quintero, G. Duque, -Quintero y L. Uribe, «Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, Universidad de

- Caldas, municipio de Palestina, Colombia,» *Boletín Científico Centro de Museos de Historia Natural*, 2016.
- [18] Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana, Manual de monitoreo comunitario de la calidad del agua con bioindicadores, 2017.
- [19] A. Burgos, R. Páez, E. Carmona y R. Hilda, A systems approach to modeling Community-Based Environmental Monitoring: a case of participatory water quality monitoring in rural Mexico, Springer, 2013, DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-013-3333-x>
- [20] A. Flores, M. Ramos, S. Ruiz, R. Manson, E. Aranda y W. Deutsch, Monitoreo comunitario del agua: retos y aprendizaje desde la perspectiva de global Water Watch-México, Global Water Watch-México, 2013.
- [21] D. Flores, Cómo vigilar la calidad del agua en Los Andes, 2017.
- [22] Enda América Latina-Colombia, Monitoreo comunitario ambiental para acueductos comunitarios campesinos, Acción para el Medio Ambiente y Desarrollo, América Latina, 2017.
- [23] Environment and Climate Change Canada, «Evaluation of the Lake Winnipeg Basin Initiative,» 2017.
- [24] Automotive Materials Stewardship, «Industry Stewardship Plan for Automotive Materials,» 2016.
- [25] M. Graham, J. Taylor, V. Gillespie, N. Dithale y K. Mahood, «A Revised Adopt-a-River Programme: Stakeholder Input on the Institutional and Financial Frameworks with a Focus on an Implementation Strategy,» 2016, DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.11506.25286>
- [26] A. Buckland, «A Case Study Approach to Understanding Community-Based Water Monitoring Uptake in Governmental Decision-Making,» 2015.
- [27] A. Nicks, «Keys to Success: A Case Study Approach to Understanding Community-Based Water Monitoring Uptake in Governmental Decision-Making,» 2015.
- [28] Parque Nacional Cordillera Azul, «Plan Maestro del Parque Nacional Cordillera Azul,» 2014.
- [29] G. Granada, «Programa de monitoreo ambiental comunitario en la cuenca hidrográfica del río Guadalajara,» *Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*, 2013, DOI: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25673>
- [30] Ministry of Environment Science & Information Branch Watershed and Aquifer Science Section for the Resources Information Standards Committee, «The Canadian Aquatic Biomonitoring,» *the Resources Information Standards Committee*, 2009.
- [31] J. Weldon, S. Courtenay y D. Garbary, «The Community Aquatic Monitoring Program (CAMP) for Measuring Marine Environmental Health in Coastal Waters of the southern Gulf of St. Lawrence: 2007 Overview,» 2009.
- [32] Department of the Environment and Local Government, «Guide To New Brunswick's Water Classification Regulation,» 2002.
- [33] R. Restrepo, J. Puentes, A. Serrano, G. Navarro y P. Gómez, «Estimativos de índices de contaminación en el Río Frío,» 2008, pp. 62-66.
- [34] R. Restrepo, «Application of physico-chemical indexes and BMWP / Col. to establish the impact of urbanization on Río Frío (Bucaramanga, Colombia),» *Floridablanca, Colombia*, 2018, DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC23-1.aopc>
- [35] J. C. Cárdenas y J. F. Ortiz, «Acción colectiva para abordar conflictos socio-ambientales El caso Santurbán,» p. 28, 2018, DOI: <http://hdl.handle.net/1992/41028>
- [36] Alcaldía de Floridablanca, «Plan de Ordenamiento Territorial,» vol. *Gestión del Riesgo*, 2018.
- [37] Vanguardia, «Una cruzada para salvar al Río Frío,» 12 agosto, 2014.