



PIRMA

Programa Institucional Regional de Monitoreo de la Cantidad y Calidad del Agua

PROGRAMA INSTITUCIONAL REGIONAL DE MONITOREO DEL AGUA

Corporación Autónoma Regional
del Alto Magdalena

Resumen ejecutivo

PROGRAMA INSTITUCIONAL REGIONAL DE MONITOREO DEL AGUA (PIRMA)

Corporación Autónoma Regional
del Alto Magdalena (CAM)

Resumen ejecutivo

Autores del PIRMA

Martha García Herrán
Ana Karina Campillo
Laura García
Sofía Roa Lozano
Albeiro Figueroa
Jorge Andrés González
Luisa del Pilar Galindo
Omar Jaramillo Rodríguez
Consuelo Helena Onofre Encinales
Ana María Vesga
Nelson Omar Vargas Martínez
Enif Medina

Colaboradores

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
Subdirección de Hidrología, área operativa
Nro. 4 - Neiva
Laboratorio de calidad ambiental
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)
Dirección de Recurso Hídrico
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM)
Subdirección de Regulación y Calidad Ambiental, Subdirección de Control Ambiental, Territoriales centro, norte, sur y occidente.

Ricardo José Lozano Picón
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Fabián Mauricio Caicedo Carrascal
Director Gestión del Recurso Hídrico
Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Yolanda González Hernández
Directora del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Nelson Omar Vargas Martínez
Subdirector de Hidrología
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Camilo Agudelo Perdomo
Director de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2020)

Carlos Alberto Cuéllar Medina
Director de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2014-2019)

Edisney Silva
Subdirectora de Regulación y Control Ambiental
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2020)

Carlos Andrés González Torres
Subdirector de Regulación y Control Ambiental
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (2016-2019)

Juan Carlos Ortiz Cuéllar
Subdirector de Gestión Ambiental
Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena

Diana Rojas Orjuela
Oficina Regional de Programas Globales – América Latina
Embajada de Suiza en Colombia - COSUDE

Reto Grüninger
Jefe de Cooperación para la Ayuda Humanitaria y el Desarrollo
Embajada de Suiza en Colombia - COSUDE

Martha García Herrán
Ana Karina Campillo
Laura García Rivas
Dirección del proyecto
Herencia Hídrica

Coordinación técnica y edición
Martha García Herrán
Laura García Rivas

Edición cartográfica
Omar Jaramillo Rodríguez

Foto de portada
Oscar Moncayo

Diseño y diagramación
Camilo Jiménez

Corrección de estilo
Margarita Mejía U.

Publicación aprobada por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
Octubre de 2020, Bogotá, D. C., Colombia

Distribución gratuita

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales .

Contenido

Introducción

1. Contexto	7
2. Construcción del PIRMA	11
3. Resultados de la formulación del PIRMA	13
3.1. Propósito, líneas estratégicas y plan de acción	13
3.2 Conceptos básicos	14
3.3 Componentes de la formulación del PIRMA	16
3.3.1 Componente estratégico	16
3.3.2 Componente programático	18
3.3.3 Componente tecnológico	40
3.3.4 Componente financiero	42
4. Temas estratégicos para la implementación	45
Referencias bibliográficas	48



Cañon Rio Negro, Rivera, Huila.
Fotografía: Molecula Verde



Introducción

La formulación y las etapas iniciales de implementación del Programa Institucional Regional de Monitoreo de Recurso Hídrico (PIRMA) de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) se adelanta en el marco de un proyecto que ejecuta la Asociación de Profesionales Herencia Hídrica, como aliada de la Embajada de Suiza en Colombia - Ayuda Humanitaria y Desarrollo (COSUDE). Este emprendimiento parte de los compromisos, formalizados con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), para desarrollar un piloto replicable a otras autoridades ambientales que contribuya al fortalecimiento del monitoreo del agua en Colombia.

El PIRMA debe orientar e integrar estrategias y acciones que mejoren la generación de información y conocimiento para la gestión integral del agua en la jurisdicción de la autoridad ambiental, en concordancia con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico y su Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico.

En este sentido —en acuerdo con la CAM y para un lapso de implementación de once años—, el PIRMA busca fortalecer

las capacidades regionales para el monitoreo del recurso hídrico, las redes de monitoreo y los procesos de flujo de información; abarca la transferencia de conocimientos e información a los actores institucionales, académicos, gremiales y a la población en general, para mejorar la gestión integral del agua en el departamento del Huila y la adecuada toma de decisiones.

El PIRMA se ha construido como un ejercicio participativo, facilitado por espacios de trabajo articulado entre profesionales de la CAM, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), el IDEAM y el equipo de la Asociación de Profesionales de Herencia Hídrica (APH2).

La elaboración del PIRMA se llevó a cabo en dos fases: la primera, llamada de *planificación*, en la que se realizó un análisis institucional de la CAM, análisis de actores e identificación de problemas y conflictos. El principal producto de esta fase fue el instrumento de Matriz de Marco Lógico, donde se presentan: el propósito general del PIRMA, cuatro resultados estratégicos y su Plan Operativo con las respectivas actividades y subactividades asociadas. Al mismo tiempo, se definieron directrices y lineamientos para



el Sistema de Seguimiento y Evaluación que se prevé sea liderado por un Comité de Coordinación del Monitoreo del Agua formalizado en el esquema organizacional de la CAM. La segunda fase, llamada *formulación*, comprendió la estructuración de los componentes estratégico, programático, tecnológico y financiero, teniendo como base los resultados de la fase de planificación.

Este documento presenta un resumen ejecutivo del PIRMA que despliega los aspectos más relevantes de sus componentes, partiendo del conocimiento del recurso hídrico en el departamento del Huila. El *componente estratégico* se ocupa de los conceptos básicos del monitoreo, el marco normativo sobre el cual se estructuró, el alcance, los objetos, los objetivos de monitoreo y las líneas estratégicas del PIRMA. El *componente programático* se enfoca en la forma operativa del monitoreo del agua, con énfasis en los elemen-

tos del Sistema de Observación, Medición y Vigilancia (diseño de redes, frecuencia de monitoreo, variables y protocolos, entre otros) y en la gestión de la información proveniente del monitoreo. El *componente tecnológico* permite reconocer sensores y equipos necesarios para el monitoreo de variables hidrológicas, incluidas la transmisión, y las plataformas de gestión y manejo de la información. El *componente financiero* especifica los costos de la implementación de los cuatro resultados esperados del PIRMA, así como las acciones y estrategias propuestas para asegurar los recursos necesarios previstos en la fase de implementación.

Por último, para la fase de implementación, se identifican algunos temas y acciones que, desarrollados, dan amplia garantía para conseguir el propósito y los objetivos del Programa y su articulación con el Programa Nacional de Monitoreo del Recurso Hídrico (PNMRH).



1. Contexto

El Programa Institucional Regional de Monitoreo del Agua para la jurisdicción de la CAM se formula en el marco del proyecto “Fortalecimiento del monitoreo de la cantidad y calidad del agua mediante el desarrollo de un programa institucional regional diseñado con una autoridad ambiental regional y el IDEAM”, con la cooperación técnica de la Embajada Suiza en Colombia a través de la COSUDE.

Referentes

El desarrollo de este proyecto tiene como referente base el PNMRH, programa que se constituye en el marco que orienta e integra estrategias y acciones para mejorar la generación de conocimiento e información para la gestión integral del recurso hídrico en el ámbito nacional y regional, en concordancia con la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH). Este es uno de los programas que integran el Plan Hídrico Nacional 2010-2022, estructurado a partir de cinco grandes ejes temáticos que responden a aspectos clave de la problemática identificada y conforman la base para formular las líneas estratégicas de acción: a) Información y conocimiento: observación medición y vigilancia del agua. b) Investigación e innovación. c) Fortalecimiento de capaci-

dades nacionales y regionales. d) Comunicación y difusión. e) Fortalecimiento institucional y normativo.

Como parte del desarrollo del proyecto, el 15 de marzo de 2019, la CAM y la COSUDE firmaron una carta de compromiso para el diseño e implementación del PIRMA en su área de jurisdicción. El IDEAM — como autoridad máxima en hidrología y meteorología del país y líder nacional en el monitoreo del agua— participa en este proyecto en el marco del Memorando de Entendimiento COSUDE-IDEAM firmado desde el 20 de febrero de 2018.

Funciones misionales de la Corporación del Alto Magdalena

La CAM ejerce la función de máxima autoridad ambiental en el departamento del Huila, de acuerdo con la Ley 99 de 1993 que le asigna como competencia “administrar dentro del área de su jurisdicción el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Ambiente” (Congreso de Colombia, 1993). La Corporación ejerce funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de usos



de agua; de expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones y autorizaciones; y, en coordinación con otras entidades, desarrolla actividades de seguimiento y prevención de desastres.

Para el ejercicio de la autoridad ambiental regional se requieren datos, información y conocimiento que lo soporten; por ello, el adecuado, sistemático y continuo monitoreo integral del agua se constituye en la base fundamental para lograr el cumplimiento de las funciones en la jurisdicción.

En concordancia con lo anterior, en el artículo 9 del Decreto 1323 de 2007 (MAVDT, 2007) y en los artículos 16 y 17 del Decreto 1640 de 2012 (MADS, 2012), se designa el compromiso de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, de manera explícita, a las autoridades ambientales (corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible, unidades ambientales de grandes centros urbanos, Unidad Especial de Parques Naturales) en su área de jurisdicción.

Conforme a lo establecido en el artículo 23 de la Ley 99 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993), la CAM ha desarrollado su propia normatividad, dentro de la cual se destacan funciones que se relacionan con el monitoreo del agua y el recurso hídrico. Estas funciones están distribuidas en dos subdirecciones: la subdirección de Regulación y Calidad Ambiental (de la cual dependen las territoriales del Norte, Occidente, Centro y Sur) y la subdirección de Gestión Ambiental.

Finalmente, siguiendo las directrices del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Corporación debe contribuir con las metas globales de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las nacionales del Plan Nacional de Desarrollo (Departamento Nacional de Planeación, 2019), para lo cual es condición *sine qua non* mantener un monitoreo permanente de los recursos naturales y, de manera particular, del recurso hídrico.

Conocimiento y situación del monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM

La CAM, departamento del Huila, con un área de jurisdicción de 18.136 km², hace parte del área hidrográfica del Magdalena-Cauca, zona hidrográfica del Alto Magdalena. Integra 13 subzonas hidrográficas (subdividas a su vez por la CAM en 564 subcuencas de siguiente nivel), de las cuales comparte con el departamento del Cauca la subzona del río Páez (2105) y con el departamento del Tolima, las subzonas de los ríos Aipe (2113) y Cabrera (2114) (Figura 1).

El Estudio Nacional del Agua (ENA) 2018 actualizó la caracterización y evaluación integral del agua, incluida la región del departamento del Huila a nivel de subzona hidrográfica. En 2016, la CAM elaboró la Evaluación Regional del Agua (ERA) a mayor resolución, con información para las 564 subcuencas del área de jurisdicción de la Corporación.

Las principales corrientes superficiales de esta región corresponden a los ríos Magdalena, Páez, Suaza, Cabrera, Bache, Guarapas, Aipe, Yaguará, Neiva

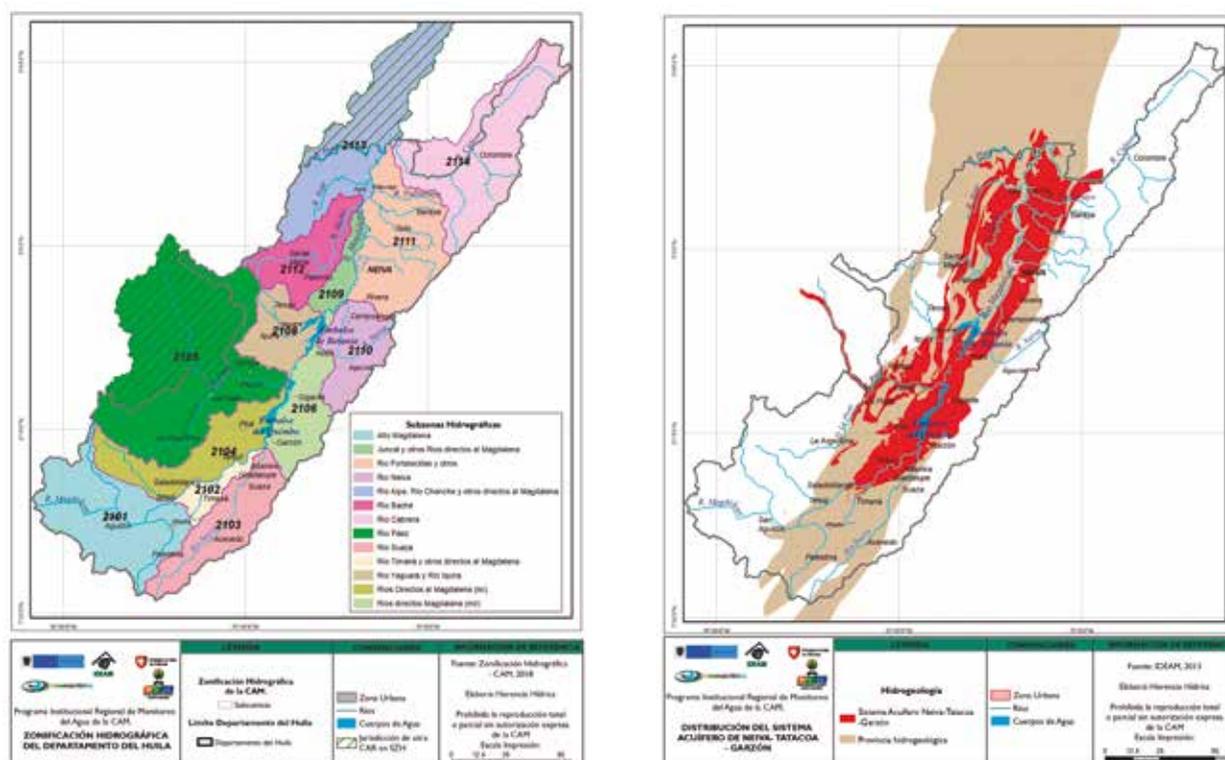


Figura 1. Zonificación hidrográfica (Fuente: CAM, 2018) y sistemas acuíferos del departamento del Huila (Fuente: IDEAM, 2015). Elaboró: Herencia Hídrica.

y Bordones. La oferta hídrica promedio estimada es del orden de $530\text{m}^3/\text{s}$, de los que la subzona del Alto Magdalena (2101) aporta cerca del 21% y, entre las cuencas de los ríos Páez, Cabrera y Suaza contribuyen con el 40% de esta oferta (CAM, 2016a). El recurso hídrico en el departamento presenta una gran presión, con una demanda anual total de $66.482\text{L}/\text{s}$, de los cuales el sector agrícola es el que mayor demanda registra, con $47.284,6\text{L}/\text{s}$ correspondientes al 71% de la demanda total (CAM, 2016a).

Usando datos del 2006 al 2013 con respecto al Índice de Calidad del Agua superficial (ICA), en 18 de las 25 estaciones de muestreo sobre el río Magdalena y sus principales afluentes se identifican indicios de

contaminación que se clasifican como en estado de calidad “regular” (*ibid.*). En términos generales, el Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL) para el escenario del año hidrológico seco muestra valores en la categoría “muy alto”; estos corresponden a presiones por vertimientos no tratados, dispuestos en corrientes con caudales bajos para soportar la capacidad de asimilación, dilución y mezcla de contaminantes de las fuentes hídricas. En el año hidrológico medio, la situación cambia un poco; hacia la zona sur de la región se observa una tendencia de ocurrencia de eventos “alta” o “muy alta”, mientras que en la zona norte el escenario presenta un IACAL con condiciones de “bajo” y “moderado” (*ibid.*).



Desde el punto de vista hidrogeológico, el área de jurisdicción corresponde al sistema acuífero Neiva-Tatacoa-Garzón de la provincia hidrogeológica del Valle del Alto Magdalena. En este sistema se identifican tres unidades acuíferas de importancia regional: los acuíferos de los depósitos cuaternarios recientes, el acuífero confinado del Grupo Honda y los acuíferos asociados a la Formación Gigante (CAM, 2016b). Para la ERA, se reportó un inventario de 906 puntos de agua subterránea (447 aljibes, 283 pozos profundos, 63 manantiales y 113 puntos sin información del tipo de punto) que captan de estas tres unidades acuíferas. La mayor demanda se concentra en el sector centro noroccidental y nororiental del departamento. En profundidad, se reconocen unidades acuíferas con potencial hidrogeológico en las secuencias sedimentarias del Paleógeno y el Cretácico que no son aprovechadas en la actualidad.

Redes de monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM

En el área de jurisdicción de la CAM existe una red de 146 estaciones hidrometeorológicas operadas por el IDEAM y 39 operadas por otras entidades. De estas últimas, 16 han sido instaladas y operadas por la CAM. De las estaciones de IDEAM, 16 tienen medición de sedimentos y 14 apoyan el pronóstico y sistema nacional de alertas tempranas.

Para realizar las mediciones de calidad, se tienen 30 estaciones hasta 2018 y 40 estaciones a partir de 2019 a través del convenio CAM-IDEAM. En 2018, la CAM realizó monitoreos en 377 puntos, de los cuales 68 corresponden a monitoreo en 25 ríos y 159 se hacen en 113 quebradas; los 77 res-

tantes son puntos con muestreos en vertimientos y efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En estos puntos de monitoreo se analizan entre 18 y 33 variables fisicoquímicas y microbiológicas, dependiendo del objetivo del monitoreo, con una frecuencia de una vez al año en la mayoría de los casos. Solo se registra monitoreo de variables hidrobiológicas en algunas campañas, sin una continuidad en el tiempo. Además, existen 11 puntos en cada uno de los embalses (Quimbo y Betania) operados por Emgesa.

En lo relacionado con los sistemas de información, la Corporación inició su participación en el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH) en 2007, con información asociada a la gestión de los trámites que permiten llevar la trazabilidad, pero no facilitan el acceso a reportes con atributos propios de usuarios del agua requeridos por el SIRH. En la actualidad, la CAM se encuentra en proceso de desarrollo de una herramienta que permitiría el acceso en tiempo real a 16 estaciones hidrometeorológicas automáticas para consulta y análisis de datos.

En general, se evidencia la necesidad de mejorar la instrumentalización del monitoreo, de aumentar la contratación de perfiles especializados; de mejorar el seguimiento a las infraestructuras del monitoreo; de crear un sistema de información propio de la CAM que responda a sus funciones y necesidades; y de establecer un sistema de gestión de la información de monitoreo con el desarrollo de protocolos, formatos y metodologías que permitan mejorar la confiabilidad en los datos reportados por externos subcontratados.



2. Construcción del PIRMA

El PIRMA espera cubrir las necesidades de monitoreo integral del agua para fortalecer las capacidades regionales y constituirse en el documento rector que establece el quehacer en monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM; pretende orientar e integrar estrategias y acciones que mejoren la generación de información y conocimiento para la gestión integral del agua en concordancia con la PNGIRH y su PNMRH. Además, el PIRMA sienta las bases estructurales para definir una plataforma de información que permita asimilar, almacenar y difundir la información proveniente del monitoreo.

Teniendo en cuenta el contexto mencionado en el proyecto, se identificaron tres fases: la planificación, la formulación del Programa y la implementación (Figura 2). Las fases de planificación, formulación e inicio de la implementación del PIRMA se desarrollaron en un proceso sistemático de construcción colectiva, con la participación de un equipo interdisciplinario de la CAM; el acompañamiento del IDEAM (Subdirección de Hidrología) y del MADS (Dirección de Recurso Hídrico); y con la facilitación de Herencia Hídrica, entidad aliada de la COSUDE como ejecutora del proyecto. Se espera que la imple-

mentación del PIRMA tenga como resultado una base para generar información y conocimiento que contribuya a la gestión integral del agua, de manera que esta sea pertinente, oportuna, eficiente y eficaz.

La *fase de planificación*, desarrollada con la metodología de Marco Lógico, permitió dimensionar la problemática, identificar las necesidades y requerimientos de monitoreo del agua, y la viabilidad de alternativas, entre otros, para que el programa de monitoreo del agua que se formule en la CAM cubra los temas del agua de una manera integral, para toda la jurisdicción de la Corporación, y que aborde las prioridades y necesidades identificadas.

En la fase de planificación, se realizaron visitas de reconocimiento en campo y talleres participativos que permitieron la construcción de documentos y memorias sobre resultados del análisis institucional y el análisis de actores; sobre el análisis de problemas y las alternativas de solución; y sobre áreas clave del resultado y actividades. Al lado de ello, se formularon indicadores de gestión, medios de verificación y supuestos. Estos insumos permitieron construir la Matriz de



Marco Lógico del PIRMA con un horizonte de proyección a 2031, y el Plan Operativo con su cronograma, productos, responsables y aproximación a recursos.

Por último, se establecieron directrices y lineamientos para el Sistema de Seguimiento y Evaluación (SS&E) del PIRMA.

Proceso metodológico construcción PIRMA



Figura 2. Fases y productos de la construcción del PIRMA.



3. Resultados de la formulación del PIRMA

Teniendo como soporte el proceso de planificación y sus productos, se desarrolló la fase de formulación del PIRMA. En este capítulo, se presentan los conceptos básicos sobre los cuales se soporta la construcción de este programa regional y una síntesis de los cuatro componentes que integran el PIRMA formulado, que constituyen el núcleo del programa de monitoreo del agua para la CAM con un horizonte a 2031:

- componente estratégico
- componente programático (incluye el sistema de observación, medición y vigilancia del agua)
- componente tecnológico
- componente financiero.

3.1 Propósito, líneas estratégicas y plan de acción.

Como resultado de la fase de planificación, se obtuvo una Matriz de Marco Lógico que incluye el propósito del PIRMA, así como cuatro resultados esperados y desglosados en actividades y subactivi-

dades, un cronograma y un Plan Operativo integrado.

El propósito del PIRMA, construido de manera participativa, tiene como visión que:

[...] a 2031 la CAM tendrá implementado el PIRMA alineado con el PNMRH y soportado en los procesos y tecnologías del Sistema de Observación Medición y Vigilancia (SOMV) que permita contar con la información oportuna, accesible, confiable y sistematizada para propiciar una adecuada toma de decisiones por parte de los actores sociales, gremiales e institucionales que lo requieran.

De este propósito se desencadenan los cuatro resultados o líneas estratégicas que se espera que la CAM haya desarrollado para 2031, a saber:

a. Esquema organizacional adecuado para el monitoreo integral del agua

El monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM se realiza de manera integral y articulada con actores (institucionales, sectoriales y



sociales), soportado en un esquema organizacional con recursos técnicos, humanos y económicos adecuados.

En este esquema organizacional es imperativo conformar y formalizar un Comité de Coordinación del Monitoreo del Agua en la CAM que tenga un carácter consultivo para asesorar a la Dirección General de la CAM en todos los aspectos relevantes y pertinentes para el fortalecimiento del monitoreo del agua y, a la vez, para coordinar las acciones y estrategias previstas en la Matriz de Marco Lógico, su Plan Operativo asociado, y el Sistema de Seguimiento y Evaluación (SS&E).

b. Sistema de observación, medición y vigilancia del agua operando y articulado con el sistema de información de la CAM y el SIRH

La CAM ha implementado un sistema de observación, medición y vigilancia del agua (SOMV) que cuenta con los procesos y procedimientos que cumplen con los estándares del Sistema Integrado de Gestión (SIG) para generar información suficiente, válida y oportuna que esté disponible en el sistema de información de la CAM y el SIRH.

c. Plan de capacitación, investigación e innovación tecnológica en monitoreo del agua

La CAM tendrá implementado un plan de capacitación, investigación e innovación tecnológica continua en monitoreo integral del agua, soportado en alianzas con entidades (públicas y privadas), institutos de investigación o formación y universidades.

d. Estrategia de comunicación y difusión de resultados de monitoreo integral del agua

La CAM habrá implementado una estrategia de comunicación y difusión de resultados, y acciones de monitoreo integral del agua para usuarios internos, actores involucrados y comunidades.

La Matriz de Marco Lógico así como el Plan Operativo integrado establecen actividades y subactividades asociadas a cada resultado; indican en el cronograma los responsables al interior de la CAM, con quién se realizaría cada actividad, y los recursos tanto técnicos como económicos y humanos que se necesitan para su desarrollo.

3.2 Conceptos básicos

El ciclo del agua constituye el marco de referencia para la formulación y el desarrollo de este PIRMA: sus componentes, su dinámica y procesos —como objeto de observación, medición y vigilancia del agua y del recurso hídrico—, que dan soporte y permiten una Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH).

El ciclo hidrológico (Figura 3) representa las conexiones y el flujo permanente de agua en las diferentes capas de la Tierra (litósfera, atmósfera, hidrósfera, biósfera) y sus cambios de estado están gobernados por leyes físicas. La importancia de este concepto para el PIRMA radica en los flujos de agua entre los diferentes compartimentos terrestres, lo que conlleva a una necesidad de establecer evaluaciones y seguimiento de forma integral.



Figura 3. El ciclo hidrológico.
Fuente: (USGS, 2020)

La expresión del ciclo del agua en las diferentes unidades o sistemas hídricos de una región como la jurisdicción de la CAM —incluidas las afectaciones por actividades sociales y económicas o por variaciones climáticas y ambientales— se constituyen en marco de conceptos que determinan las necesidades de monitorio del agua en sus componentes atmosféricos, superficial y subterráneo, principalmente.

En términos generales, el monitoreo del agua se entiende como un proceso sistemático desarrollado científicamente, de continua supervisión; incluye observaciones, medición directa y remota de variables de cantidad y calidad, y análisis estandarizados de estas variables (Modificado de Vrba y Soblsek, 1988).

Este monitoreo integral soporta la Gestión Integral del Recurso Hídrico entendida como:

[...] un proceso que promueve la gestión y el aprovechamiento coordinado de los recursos hídricos, la tierra y los recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales. (Global Water Partnership, 2011)

Así, estos conceptos están interrelacionados, dado que los balances y procesos dentro del ciclo hidrológico están determinados por las variaciones espaciales y temporales de sus variables, las cuales deben ser objeto de monitoreo permanente y sistemático. El seguimiento de variables permite reconocer la respuesta hidrológica de las masas de agua a las intervenciones antrópicas, variabilidad y cambio climático, y otros factores que afectan sus dinámicas. Este monitoreo orientado a las variables de los diferentes compartimentos y sus flujos permite llevar a cabo una Gestión Integral del Recurso Hídrico.



El monitoreo del agua permite consolidar un patrimonio de conocimiento para determinar el impacto sufrido por los sistemas hídricos debido a actividades de origen antrópico, la necesidad de prevenir la degradación del recurso en el futuro, la eficiencia y eficacia de las acciones y estrategias para su restauración, y las estrategias para su conservación y aprovechamiento sostenible.

Los resultados de la implementación del monitoreo del estado (cantidad, calidad) y dinámica de las aguas superficiales y subterráneas ayudarán a mejorar su planeamiento, desarrollo, protección y manejo, para anticipar o reducir escenarios de afectación, contaminación y deterioro de estas.

3.3 Componentes de la formulación del PIRMA

Tal como se ha venido ilustrando en este documento, la formulación del PIRMA comprende los componentes estratégico, programático, tecnológico y financiero que se describirán a continuación.

3.3.1 Componente estratégico

Este componente define los objetos y objetivos de monitoreo como un paso esencial para el diseño del SOMV. En términos generales, da respuesta a las preguntas básicas:

¿Qué monitorear?

¿Por qué monitorear?

¿Para qué monitorear?

¿Dónde monitorear?

La construcción de este componente se soportó en estrategias participativas adelantadas en las fases de planificación y formulación del PIRMA por medio de talleres realizados en el 2019. De esta forma, se consolidaron insumos generados en desarrollo de actividades, como el análisis institucional, el reconocimiento de campo, la recopilación de información documental y cartográfica, los talleres y las socializaciones realizadas con la CAM.

El monitoreo se centra en las variables que permiten la representación básica de los procesos, la interpretación de sus dinámicas, la cuantificación y evaluación de sus alteraciones en el ciclo hidrológico. Los procesos naturales e interacciones que hacen parte del ciclo del agua son muy complejos y es imposible cubrirlos en su integridad, teniendo en cuenta su variación continua en el tiempo y en el espacio (IaVH, 2018).

Para la representación básica y, por ende, para el monitoreo y seguimiento del ciclo del agua, es necesario contar con un mínimo de variables y elementos en determinados puntos de referenciación en el espacio y en el tiempo (*ibid.*). Respondiendo a la pregunta sobre *qué monitorear*, en resumen, se establece que se monitorean el comportamiento y las dinámicas espaciotemporales de caudales, los niveles, las variables fisicoquímicas e hidrobiológicas, los niveles piezométricos, los iones y flujos de aguas subterráneas, al igual que se monitorea para identificar sustancias de origen antropogénico.

A la pregunta de *¿por qué monitorear?*, en el ámbito social se responde que por la prevención y preparación ante

fenómenos extremos, por prevención de enfermedades asociadas al recurso hídrico, por mejorar la información y datos para la comunidad científica y por decidir sobre la mejor ubicación de infraestructuras. En el ámbito ambiental, el monitoreo proporciona beneficios relacionados con uso eficiente y ahorro del agua, vigilancia del estado y comportamiento del recurso, gestión de la calidad ambiental y minimización de los contaminantes. Y por último, en el ámbito económico los beneficios están orientados a la prevención de pérdidas de cultivos, aumento de la producción, minimización de los costos y prevención ante fenómenos extremos.

La CAM reconoce los beneficios para el cumplimiento de su misionalidad. Estos beneficios se centran en una gestión del recurso hídrico basada en información oportuna y confiable, en un seguimiento adecuado de los sistemas hídricos con decisiones informadas, en la reducción de escenarios de contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneas, y en la resolución de conflictos ambientales.

La respuesta a la pregunta de *¿para qué monitorear?* se obtiene del ejercicio participativo y de las competencias de la CAM. Así, se monitorea para conocer la disponibilidad y calidad del recurso; para evaluar el estado y la dinámica de las aguas superficial y subterránea como insumos para la toma de decisiones, y para mejorar el control y gestión del recurso hídrico, y la administración y la planificación del agua; también para comprender los servicios ecosistémicos, mitigar los riesgos, generar insumos para los diferentes estudios, para la definición y

aplicación de instrumentos técnicos y económicos de la CAM, para priorizar acciones y recursos financieros; para cumplir metas, otorgar licencias, concesiones de agua y permisos de vertimiento, etc.

Finalmente, a la pregunta de *¿dónde monitorear?* se contesta en detalle en el componente programático mediante el diseño del SOMV; se incluyen los sistemas hídricos que se pretenden monitorear, la ubicación de los puntos, las variables, la frecuencia de monitoreo, etc. En este sentido, es importante mencionar que la red diseñada es una red de referencia regional, por lo que su alcance es diferente de la red de referencia nacional y de las redes con propósitos específicos y redes locales.

Con base en las respuestas a las anteriores preguntas, se formularon tanto el objetivo general del monitoreo del agua de la CAM como los objetivos específicos:

Objetivo general

Soportar la evaluación, planificación y la toma de decisiones de la CAM en temas relacionados con la administración, y con la gestión integral del recurso hídrico a partir de información confiable, oportuna y disponible para los usuarios institucionales, gremiales y sociales.

Objetivos específicos

- Disponer de datos e información de monitoreo del agua para el otorgamiento de permisos, licencias, concesiones, derechos de uso y aprovechamiento del agua y otros instrumentos relacionados con disponibilidad del recurso hídrico.



- Brindar de manera oportuna información validada para el seguimiento, control y vigilancia del estado y dinámica del recurso hídrico en el área de jurisdicción de la CAM.
- Fortalecer los sistemas de alerta temprana relacionados con amenazas hidrológicas (inundación, crecientes súbitas, avenidas torrenciales y sequías) en áreas priorizadas del departamento del Huila.
- Disponer datos e información confiable y oportuna del monitoreo del agua para los usuarios institucionales, gremiales y sociales que la requieran.

3.3.2 Componente programático

El componente programático en el marco del PIRMA-CAM busca dar orientación sobre el Sistema de Observación, Medición y Vigilancia (SOMV) regional en el área de jurisdicción de la CAM y su rol en el flujo completo de la información, incluidas las fases de: recolección de datos en campo, captura, almacenamiento, preanálisis, análisis, divulgación y difusión. El componente está diseñado integralmente con personal de la CAM, y busca consolidarlo como soporte de las actividades de monitoreo en la Corporación. El componente responde a las preguntas:

¿Qué debo monitorear?

¿Cómo debo monitorear?

¿Qué protocolos debo usar?

¿Cómo debo validar los datos recopilados en el monitoreo?

¿Cómo debo disponer los datos?

¿Qué información y cómo debo difundirla?

Teniendo como base las redes existentes y las referencias nacionales e internacionales, se determina qué monitorear; con un análisis adicional de las características ambientales, económicas y sociales de la regional, se identifican variables, frecuencia de monitoreo y mediciones adicionales. De igual manera, se identifican los pasos que se deben seguir para realizar el monitoreo, los protocolos que hay que utilizar y el proceso de validación de los datos para garantizar su calidad.

La disposición de datos provenientes del monitoreo está ligada de manera directa con la integración a sistemas de información de la CAM y su gestión: captura, disposición, almacenamiento y forma de difusión. La disposición y difusión se relacionan con la definición de una estrategia y de los requerimientos básicos de una plataforma, de modo que permita disponer la información para los diferentes actores.

El desarrollo de este componente se llevó a cabo mediante talleres con los funcionarios y contratistas de la CAM, en donde se identificaron los objetivos de monitoreo de cada componente (cantidad y calidad del agua superficial, aguas subterráneas y sistemas de información), para luego definir áreas priorizadas y analizar la ubicación de los puntos existentes de diferentes redes, tanto a nivel nacional como regional y local. En conjunto con la CAM, se identificaron puntos de monitoreo de interés para la consolidación del SOMV. En último término, se realizó la validación en campo de los puntos nuevos priorizados; de esta manera fue posible realizar ajustes y obtener la hoja de ruta, lo que fue socializado con IDEAM y CAM (Figura 4).

El corazón de este componente programático es el diseño del Sistema de Observación, Medición y Vigilancia (SOMV), que es la base para el monitoreo integral del agua en la Corporación. Este SOMV incluye: diseño de la red regional (puntos); áreas de observación y medición en función de los objetivos de monito-

reo (variables, frecuencia, métodos, etc.); mecanismos y protocolos de transmisión; instrumentos y métodos de observación; y tratamiento de datos primarios y su ingreso al sistema de información — incluidos el análisis básico y el control de calidad— (Figura 5).



Figura 4. Proceso metodológico para la construcción del componente programático.



Figura 5. Flujo de la información, y sistema de observación y medición.



Dada la necesidad de información general y del ejercicio de autoridad ambiental, en el marco de este PIRMA se realizó la priorización de áreas de monitoreo del agua superficial, partiendo de la identificación de cuencas de nivel siguiente a la subzona hidrográfica; se llevó a cabo con el propósito de identificar zonas que presentan una o varias condiciones que podrían afectar la disponibilidad del recurso. Para ello, se definieron los siguientes criterios de priorización:

- Criterio de evaluación por cantidad y calidad: se tienen en cuenta las cuencas abastecedoras con reporte de eventos de sequías identificadas en el Estudio Nacional del Agua (IDEAM, 2019) y la presencia de centros poblados de más de 100.000 habitantes donde no hay tratamiento de aguas residuales.
- Frecuencia y afectación de eventos extremos por inundación reportados y consolidados por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- Criterios de desarrollo económico: porcentaje de superficie cubierta por actividades económicas relacionadas con la agricultura y la minería, con base en el Mapa de Coberturas de la Tierra periodo 2010-2012 (IDEAM, 2020) y los títulos mineros otorgados por la Agencia Nacional de Minería (ANM, 2020).

Como se puede observar, esta priorización responde a criterios de impactos antrópicos tanto para cantidad como para calidad de las aguas superficiales. Se ponderaron los criterios antes seña-

lados, dando mayor peso a las cuencas abastecedoras con reporte de eventos de sequías y a los centros poblados de más de 100.000 habitantes que no cuentan con tratamiento de aguas residuales, puesto que son los que tienen mayor incidencia en la disponibilidad de agua tanto en cantidad como en calidad. En este sentido, se priorizaron seis cuencas: quebrada La Guandinoso y otros (21061), quebrada La Yaguilga y otros (21041), río Guarapas y otros (21011), río La Plata (21052), río Las Ceibas y otros (21113), río Yaguará y otros (21081).

A continuación, se presentan las redes de cantidad y calidad del agua superficial y subterránea; se indican el objetivo de cada una de las redes, el proceso metodológico y el resultado de las redes de referencia regional propuestas, así como las variables, frecuencias, equipos y documentación. Cabe resaltar que, para asegurar la sostenibilidad de la implementación de este SOMV, cada una de las redes tiene una hoja de ruta diseñada que permitirá realizar la implementación progresiva, iniciando por los puntos más estratégicos, con el objetivo de tener todas las estaciones o puntos de monitoreo implementados a diciembre de 2027, como establece el Plan Operativo integrado.

Red de cantidad de aguas superficiales

El objetivo del monitoreo de cantidad del agua superficial para la CAM implica “disponer información que permita estimar la oferta y la disponibilidad hídrica en la jurisdicción de la CAM”; y, en cuanto a los objetivos específicos, se proponen los siguientes:

- Generar información para determinar la oferta y disponibilidad del agua superficial.
- Soportar con información oportuna los procesos de otorgamiento de concesiones y licencias ambientales.
- Generar información para el seguimiento de condiciones hidrológicas extremas.

Una vez definidos los objetivos de la red hidrometeorológica de cantidad del agua superficial, en forma participativa con la CAM, se realizaron diferentes diagnósticos del estado actual de las redes existentes de cantidad y análisis de cobertura regional para establecer las necesidades de estaciones complemen-

tarias. Este resultado fue socializado con la CAM y se definieron las estaciones con prioridad a garantizar su operación, lo que permitió definir la hoja de ruta de la implementación (Figura 6).

El análisis de cobertura regional se realizó a partir de un estudio geoestadístico en el que se estimaron las varianzas de las variables: humedad relativa, temperatura y precipitación, con series del periodo “Enero 1980–Diciembre 2010”. Este análisis obtuvo como resultado los porcentajes de déficit de información para cada variable, en los que la humedad relativa mostró un claro déficit en su caracterización. Por su parte, la precipitación presenta una cobertura adecuada sobre la mayor parte de territorio, con algún déficit en los ecosistemas de alta montaña.

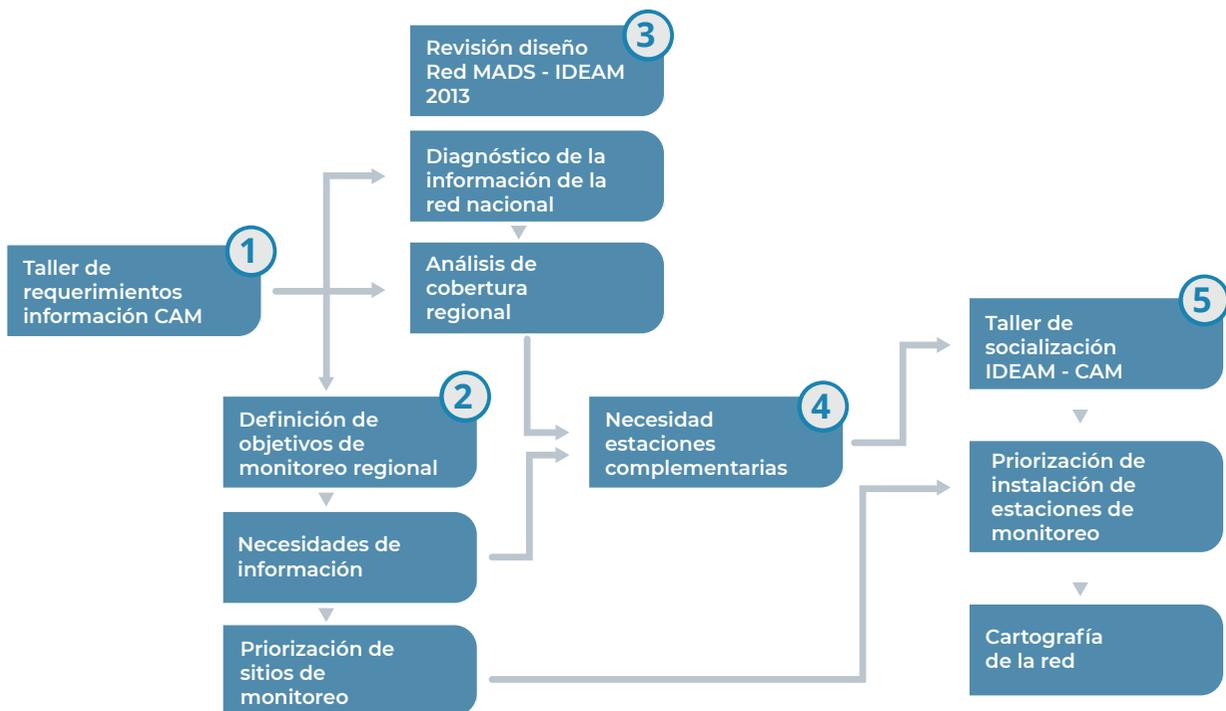


Figura 6. Proceso metodológico para el diseño de la red hidrometeorológica de referencia regional de la CAM



Figura 7. Red hidrometeorológica de referencia regional de la CAM propuesta

Así, la red hidrometeorológica de referencia regional propuesta consta de 125 estaciones climatológicas y de 71 estaciones hidrológicas, con estaciones

existentes de IDEAM y de CAM, así como de 33 estaciones nuevas propuestas que permiten aumentar la cobertura en las zonas necesarias (Figura 7 y Figura 8).

Tabla 1. Número de estaciones hidrológicas y climatológicas automáticas y convencionales propuestas en la red de referencia regional.

Subzonas hidrográficas	Número de estaciones hidrológicas automáticas		Número de estaciones hidrológicas convencionales		Número de estaciones climatológicas automáticas		Número de estaciones climatológicas convencionales		Total estaciones
	CAM	IDEAM	CAM	IDEAM	CAM	IDEAM	CAM	IDEAM	
Alto Magdalena	3	2		3		4		13	25
Juncal y otros ríos directos al Magdalena		1						4	5
Río Aipe, Río Chenche y otros directos al Magdalena	1	1			1			5	8
Río Bache	2	1		2				6	11
Río Cabrera	1	2		1	1	1		8	14
Río Fortalecillas y otros	12	2		2	5	2		16	39
Río Neiva	3	1		1	1	1		5	12
Río Páez	1	2		4	1	2		9	19
Río Suaza	1	2			1			5	9
Río Timaná y otros directos al Magdalena	2	1		1	2			3	9
Río Yaguará y Río Íquira	4	1		4	2			7	18
Ríos directos al Magdalena (mi: margen izquierda)	2					1		9	12
Ríos directos Magdalena (md: margen derecha)	4			1	3			7	15
Total general	36	16		19	17	11		97	196

Las estaciones del IDEAM son 143 entre hidrológicas y climatológicas, mientras que la CAM tiene 53 estaciones para el establecimiento de la red (Tabla 1). Las subzonas con mayor número de estaciones son Río Fortalecillas y otros (39 estaciones),

y Alto Magdalena (25 estaciones); mientras que las subzonas con menos número de estaciones son Juncal y otros ríos directos al Magdalena (5 estaciones), y Río Aipe, Río Chenche y otros directos al Magdalena (8 estaciones).

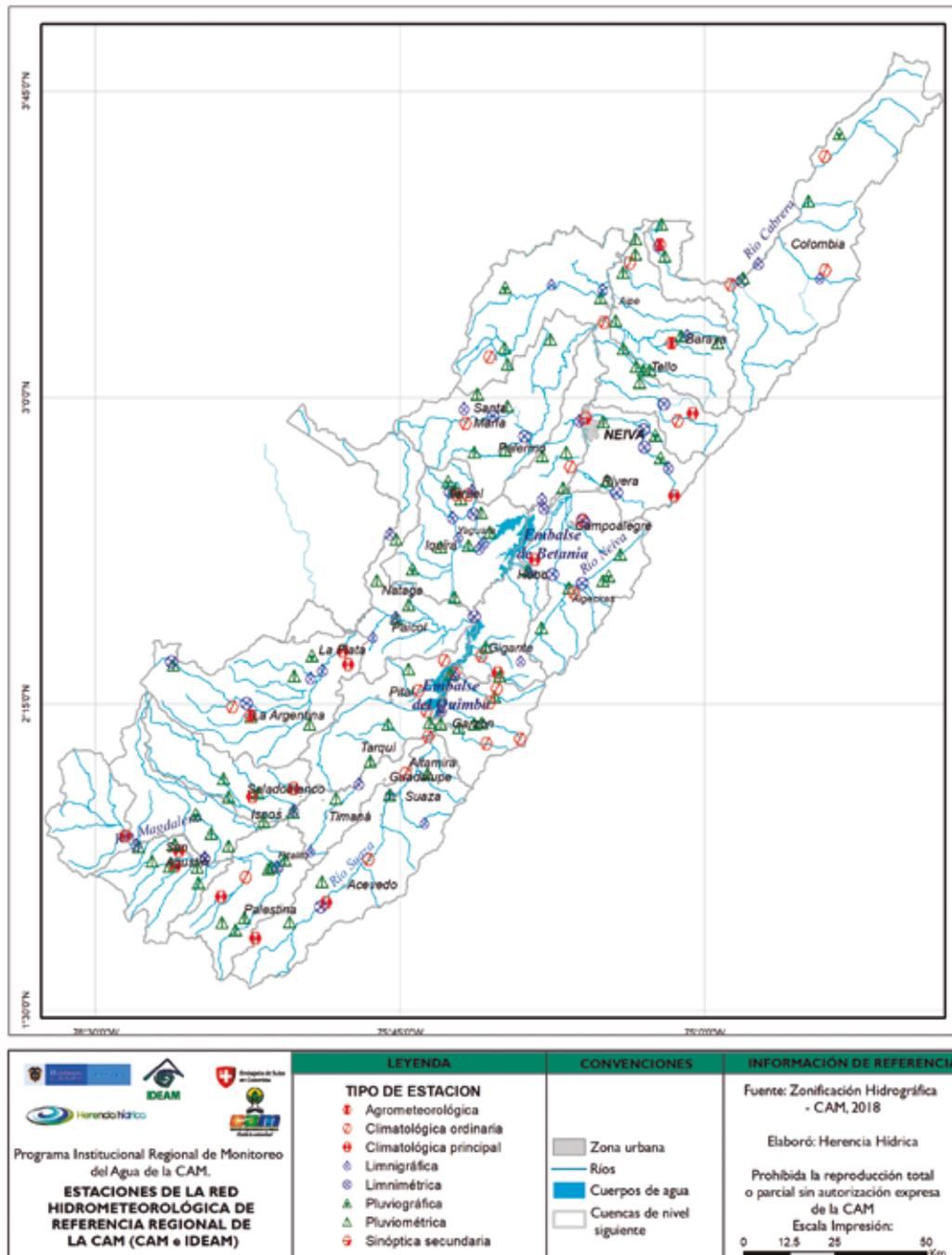


Figura 8. Distribución de las estaciones de la Red hidrometeorológica de referencia regional de la CAM para monitoreo de agua superficial. Fuente: CAM, 2018. Elaboró: Herencia Hídrica.



En estas estaciones se establecen las variables por monitorear y las frecuencias indicadas en la Tabla 2.

Como complemento a las mediciones desarrolladas por parte de los sensores instalados en cada una de las estaciones, es necesario establecer el programa de visitas y levantamiento de información hidrométrica y de las mediciones específicas (aforos líquidos, hidrotopografía, etc.) que se realizan en las corrientes, a fin de establecer la caracterización física de las secciones transversales donde se encuentran emplazadas las estaciones hidrológicas.

En cuanto a la información que será obtenida de las estaciones de la red, el sistema de información y gestión de la CAM debe definir el procedimiento para validación, procesamiento primario, actualización, procesamiento secundario, y extracción y salida de datos.

Adicional al monitoreo que es efectuado a partir de las estaciones, es necesario contar con equipamiento para mediciones en el sitio, en particular en las estaciones hidrológicas, con el fin de contar con un acervo de información de caudales y secciones transversales correspondientes a los sitios donde se encuentran

Tabla 2. Variables y frecuencias de monitoreo de la red de cantidad del agua superficial

Tipo estación	Variable medida	Frecuencia	Unidad de medida
Pluviométrica convencional	Precipitación	24 h	mm
Pluviográfica convencional	Precipitación	Continua	mm
Pluviométrica automática	Precipitación	Configurable < 1 h	mm
Climatológica convencional	Temperatura	7, 13, 19 h	°C
	Recorrido viento	24 h	m
	Brillo solar	24 h	horas sol
	Precipitación	24 h	mm
	Temperatura - humedad	Continua	°C - %
Climatológica automática	Precipitación	Continua	mm
	Temperatura	Configurable < 1 h	°C
	Precipitación	Configurable < 1 h	mm
	Dir. y vel. viento	Configurable < 1 h	m/s
	Humedad	Configurable < 1 h	%
	Presión atmosférica	Configurable < 1 h	hPa
	Radiación global	Configurable < 1 h	W/m ²
Limnimétrica convencional	Nivel	@ 12 h	m
Limnigráfica automática	Nivel	Configurable < 1 h	mt
	Precipitación	Configurable < 1 h	mm

emplazadas las estaciones de monitoreo hidrológico. De esta forma, en el marco del SOMV y en concordancia con lo expresado por parte de los funcionarios de la Corporación, se propone la adquisición de los siguientes equipos de medición que complementen los existentes: un perfilador ADCP, dos niveles topográficos, un GPS, dos computadores portátiles y herramientas varias.

Con el fin de garantizar la sostenibilidad del PIRMA, se establece una hoja de ruta para la implementación de las 33 nuevas estaciones necesarias para completar la red hidrometeorológica de referencia regional, así como para el avance de las diferentes actividades por desarrollar (Figura 9). De esta forma, se busca que la adquisición de las estaciones nuevas sea paulatina, con 15 estaciones en el primer año (7 hidrológicas y 8 climatológicas), 6 en el segundo (5 hidrológicas y 1 climatológica) y 4 estaciones en los siguientes tres años (en 2023 y en 2024, cada año son 2 estaciones hidrológicas y 2 climatológicas; y

en 2025, son 4 estaciones hidrológicas). Esto llevaría a que, para diciembre del 2025, se hayan adquirido todas las estaciones nuevas necesarias (Figura 9).

La Corporación asume los costos derivados de la operación, mantenimiento, mediciones, análisis de información, consolidación y difusión de la información generada en la red hidrometeorológica. Esto supone la conformación de un grupo de trabajo al interior de la entidad, y la adquisición de los equipos y elementos necesarios para su sostenimiento. El personal técnico necesario para la implementación de la red será definido por la CAM.

Para la implementación y puesta en marcha de la red, se recomienda tener en cuenta los siguientes documentos técnicos: Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2017), Protocolo de Monitoreo del Agua (IDEAM, por publicar) y el Protocolo de Monitoreo Hidrológico en Páramos (IaVH, 2018).

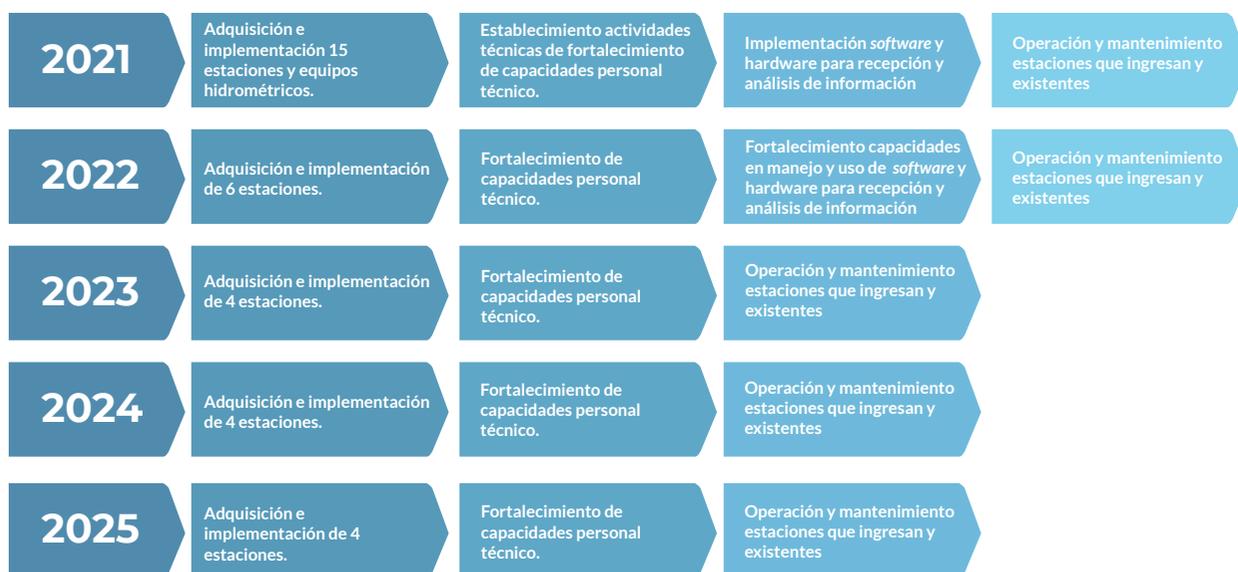


Figura 9. Principales actividades para adelantar en el marco del establecimiento de las nuevas estaciones de monitoreo hidrometeorológico en la CAM



Red de calidad del agua superficial

El objetivo del monitoreo de la calidad del agua superficial consiste en “disponer información que permita evaluar el estado de la calidad de las fuentes hídricas en la jurisdicción de la CAM” a nivel regional. Los objetivos específicos son los siguientes:

- Realizar seguimiento en las cuencas de nivel subsiguiente más impactadas en relación con la calidad del agua en la jurisdicción de la CAM.
- Garantizar la calidad de los datos del componente de calidad del agua obtenidos en el marco del SOMV.
- Generar información válida para la toma de decisiones en el territorio.

El proceso para el diseño de la red de referencia regional de calidad del agua

superficial (Figura 10) se basó en el análisis inicial de la ubicación de los puntos con posibles condiciones de referencia, así como de los puntos identificados como estratégicos para la CAM, para luego realizar la identificación del tipo de punto de monitoreo que se requería para tener una visión global del estado de la calidad del agua en el Huila. Esta información se cruzó con capas de agrosistemas para determinar las afectaciones antrópicas —en especial, en los puntos considerados de referencia— con áreas protegidas y actividades antrópicas, y con la ubicación de centros poblados, así como con las redes nacionales, regionales y locales existentes. Una vez obtenida la primera aproximación a la red de calidad del agua, se realizaron visitas en campo a puntos nuevos, lo que permitió realizar el ajuste de las coordenadas de los puntos y obtener la *red regional de calidad de las aguas* definitiva.

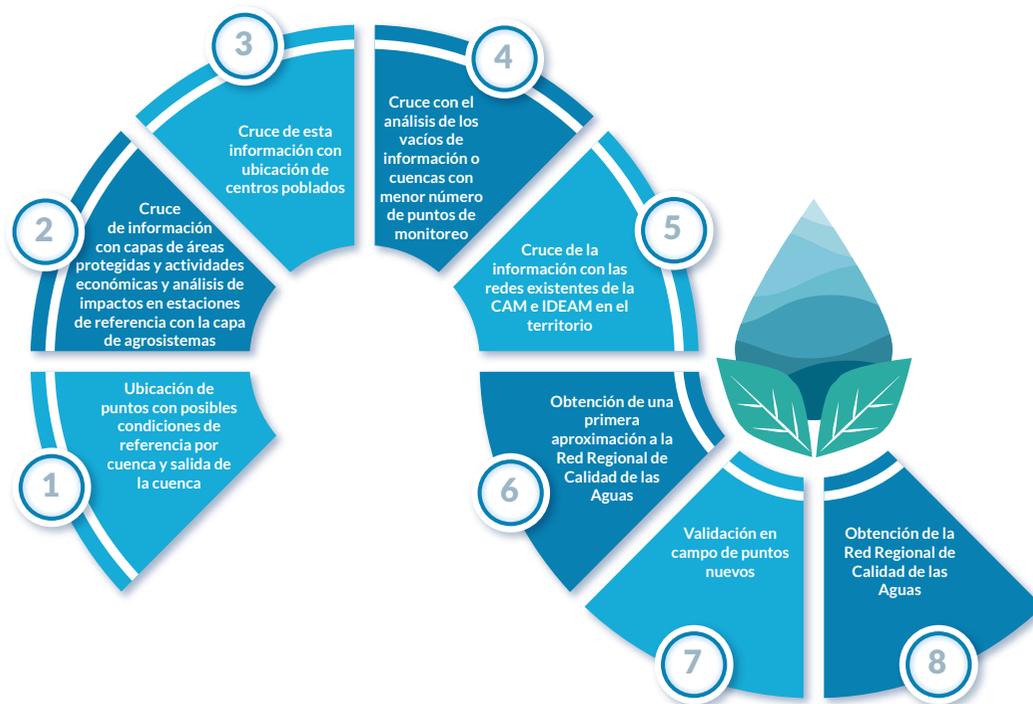


Figura 10. Proceso metodológico para la obtención de la red regional de calidad de las aguas

La red de referencia en calidad del agua en la jurisdicción de la CAM consta de diferentes tipos de puntos de monitoreo, a saber:

- *Puntos con condiciones de referencia (ER)*: en este tipo de estaciones, los puntos de monitoreo no están impactados por actividades antrópicas o no presentan un mínimo impacto. Esto implica que la calidad del agua que se encuentra en el punto es prístina o está próxima a las condiciones naturales.
- *Puntos críticos en calidad de las aguas (EC)*: son puntos que se seleccionan con base en el análisis de la red de drenaje, las vías, las áreas protegidas, los agrosistemas definidos por IDEAM en 2017 y los principales distritos de riego. Además, se tuvo en cuenta la ubicación de los centros poblados, las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y los mata-deros, entre otros.
- *Puntos de importancia estratégica (EI)* para los estudios que tiene que llevar a cabo la CAM.
- *Puntos relacionados con los embalses (EE)* de Betania y El Quimbo, con el fin de determinar el efecto de estos cuerpos lénticos sobre el río Magdalena.
- *Un punto ubicado a la salida del río Magdalena* de la jurisdicción de la CAM (ES) para determinar la calidad a la salida del departamento.

La red de referencia regional de calidad del agua superficial propuesta consta de 52 estaciones (Figura 11); de estas, 10 estaciones reflejan condiciones de

referencia, 9 muestran puntos críticos en calidad, 4 están relacionadas con los embalses, 28 son de importancia para estudios CAM y 1 se encuentra en la salida del departamento. Del total de estaciones, 14 son puntos nuevos, 8 coinciden con estaciones de la red nacional del IDEAM y las demás coinciden o son muy cercanas a puntos de monitoreo de la CAM de las diferentes redes específicas.

Las variables mínimas para monitoreo en todos los puntos de la red de calidad del agua propuesta son: pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbiedad, oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno (DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos totales, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, nitratos, nitritos, nitrógeno amoniacal, fósforo total, fosfatos, sulfatos, coliformes totales, coliformes fecales, macroinvertebrados y diatomeas. Además, se determinaron variables adicionales requeridas en puntos donde se encuentran presentes actividades socioeconómicas: pesticidas organoclorados y pesticidas organofosforados en zonas agrícolas identificadas e hidrocarburos totales en áreas de explotación minera.

Con el fin de establecer una línea base ambiental, se determinó una frecuencia de monitoreo de cuatro veces al año en todas las estaciones de la red, con el objetivo de contar con información del periodo seco, periodo de lluvias y los dos periodos de transición. Cuando se hayan realizado estos monitoreos durante dos años consecutivos, la frecuencia de monitoreo podrá ser reevaluada para asegurar la sostenibilidad del monitoreo.

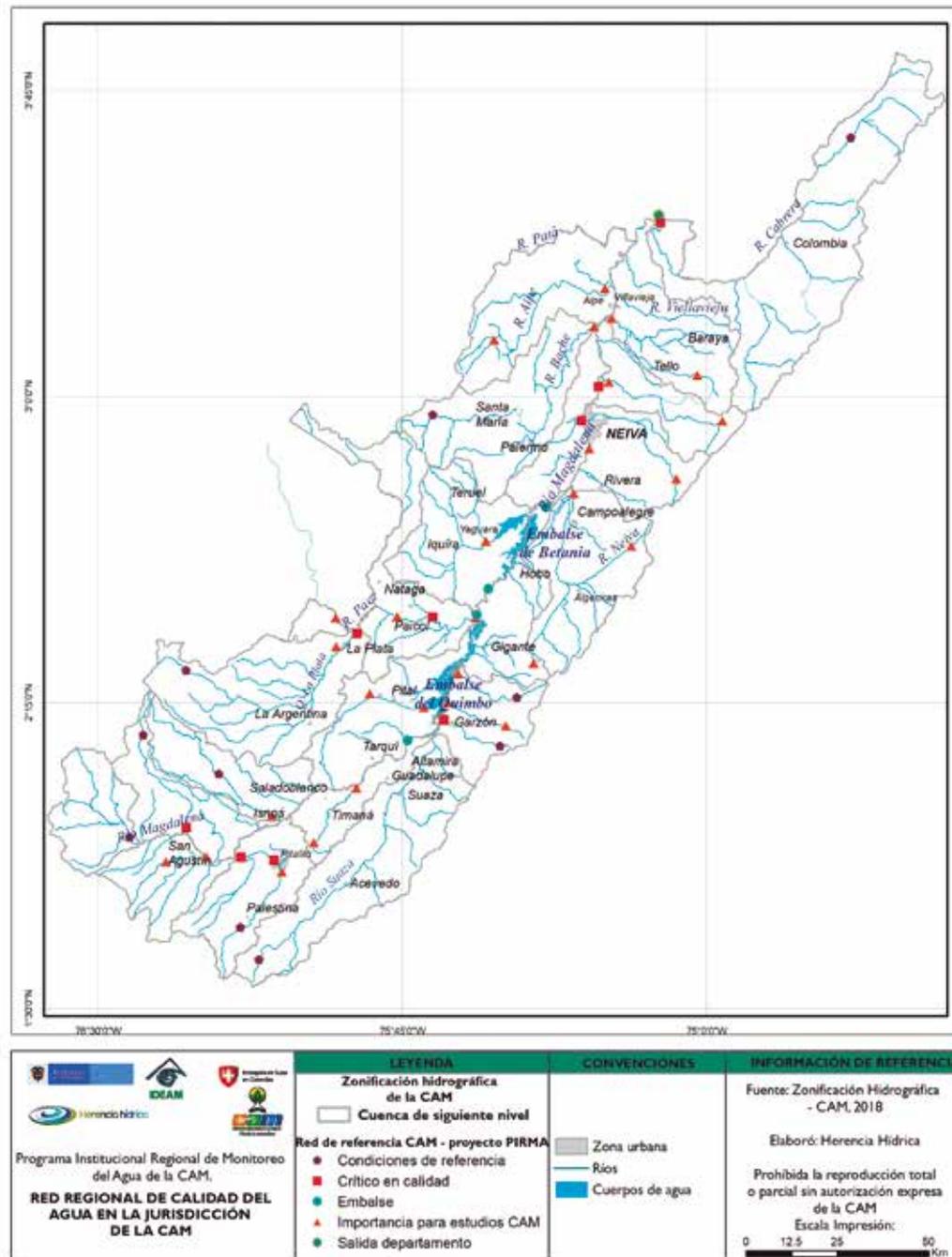


Figura 11. Red regional de calidad del agua en la jurisdicción de la CAM
Fuente: CAM, 2018. Elaboró: Herencia Hídrica.

Dado que la CAM no tiene laboratorio propio, y los monitoreos y análisis de variables se realizan mediante subcontratación de laboratorios acreditados, se considera que la CAM solo tiene necesi-

dad de equipos mínimos de campo para poder realizar seguimiento y control de calidad a dichas contrataciones, es decir, requieren de medidor de pH, oxímetro o implementos para medir el oxígeno

Winkler (medición de oxígeno disuelto), conductímetro y GPS (sistema de posicionamiento global).

Al igual que para la red hidrometeorológica propuesta, se estableció una hoja de ruta de la implementación de los puntos de la red de calidad del agua con el fin de asegurar la sostenibilidad del PIRMA en la implementación. Esta implementación progresiva de puntos consiste en el monitoreo de 17 puntos priorizados en 2020 y el aumento de la red monitoreada en 7 puntos anuales, lo que conlleva a tener para el 2025 el total de los 52 puntos que conforman la red.

Un factor clave identificado durante el análisis institucional y en los diferentes talleres para el seguimiento y evaluación de la calidad de las aguas superficiales fue la necesidad de mejorar la confiabilidad de los datos reportados por terceros. Con el fin de asegurar la calidad de los datos obtenidos del monitoreo se requiere, en primer lugar, de la disponibilidad de formatos, procedimientos, metodologías y protocolos tanto para la fase de campo como para el posterior análisis de laboratorio.

Redes específicas de monitoreo de cantidad y calidad del agua superficial

Las redes específicas o complementarias de monitoreo del agua que surjan en el desarrollo de proyectos para la gestión integrada del recurso hídrico, como por ejemplo, en instrumentos de planificación y administración del recurso hídrico o en el control y vigilancia de vertimientos, entre otros, deberán tener en cuenta

lo definido en el componente estratégico del PIRMA en lo relativo a variables, frecuencias, interoperabilidad y documentación requerida. De esta forma, los datos e información generados pueden ser incorporados y aprovechados en otros procesos, lo que permite optimizar recursos, y mejorar la eficiencia en la generación de conocimiento y gestión de información en la jurisdicción de la CAM.

En relación con la red de alertas tempranas, la red hidrometeorológica regional propuesta por el PIRMA establece la ubicación de algunas estaciones meteorológicas en lugares donde se determinó que existía un histórico de eventos; pero para el desarrollo de esta red de alertas tempranas se recomienda realizar una priorización de las cuencas que son objeto de análisis detallado para fenómenos de inundación y avenidas torrenciales en colaboración con el Centro Nacional de Modelación del IDEAM.

En el caso de la red de producción y transporte de sedimentos, se propone ampliar la red actual con dos estaciones situadas en las subzonas hidrográficas 2106 Directos al Magdalena y 2112 Río Baché, de acuerdo con el documento técnico “Análisis de la red de sedimentos del IDEAM” (Montoya, 2018), realizado en el marco del proceso de elaboración del Estudio Nacional del Agua, en el que se realizó un diagnóstico de la red de medición de sedimentos y se concluyó que el Alto Magdalena tiene buena cobertura.

La evaluación de la contaminación en sedimentos se recomienda continuarla con el monitoreo que ha venido realizando la CAM a través del convenio con IDEAM; según este, se monitorean 12 estaciones



y las variables: mercurio, cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo, zinc, aluminio, hierro y manganeso.

El monitoreo de fuentes abastecedoras —que es de gran importancia para la CAM, pero se encuentra fuera del alcance del PIRMA— debe partir de una priorización de las cuencas abastecedoras y de alianzas estratégicas con los responsables de la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado, para que se definan inversiones para este tipo de monitoreo en el marco de las resoluciones 874 de 2018 y 907 de 2019.

Para los ecosistemas de importancia regional, como los páramos y los humedales, se establece una hoja de ruta para el diseño de las redes específicas a partir del año 2025, cuando las redes de referencia regionales de aguas superficiales estén completamente operativas. Este desfase se propone con el fin de dar sostenibilidad a la implementación del PIRMA.

Para terminar, en la Matriz de Marco Lógico y el Plan Operativo integrado del PIRMA —en su actividad 2.2 “Desarrollar estrategias y mecanismos de monitoreo participativo con resultados integrables en el sistema de información de la CAM”—, junto con las estrategias de comunicación y participación que allí se plantean, se promueven acciones de monitoreo comunitario participativo como una herramienta que incentiva el conocimiento y la apropiación del agua por parte de las comunidades locales; es a partir de la búsqueda de respuestas a las necesidades e incógnitas que tienen los habitantes sobre el agua superficial y

subterránea que se puede hacer una conexión entre comunidades locales y las fuentes hídricas.

Red de referencia regional de cantidad y calidad de aguas subterráneas

El objetivo de esta red comprende el conocer el estado natural y el comportamiento general del agua subterránea de los sistemas acuíferos del área de jurisdicción de la CAM con fines de planificación y gestión ambiental.

Este objetivo se desarrolla a través de los siguientes cinco objetivos específicos:

- Realizar control y seguimiento al estado y dinámica de las aguas subterráneas en el departamento.
- Determinar el comportamiento y las tendencias en cantidad y calidad de las aguas subterráneas.
- Aportar información para los escenarios de vulnerabilidad y riesgo de contaminación de las aguas subterráneas en el departamento.
- Mantener informados a los usuarios y a la comunidad en general sobre el estado, disponibilidad y el aprovechamiento de las aguas subterráneas, con información confiable y oportuna.
- Vincular a los diferentes sectores del departamento en el fortalecimiento e implementación de la red de monitoreo de aguas subterráneas.

Se propone a la Corporación establecer una red primaria o de referencia, con objeto de aportar el conocimiento científico necesario para entender el recurso de agua subterránea en la región. Esta red se puede expandir según sea necesario, y en la medida en que se disponga de recursos y de personal.

EL proceso metodológico para el desarrollo de la red de referencia regional de aguas subterráneas (Figura 12) se basó en la definición de un área de interés para implementar una red

de monitoreo de aguas subterráneas con base en la información disponible; esta corresponde al área definida en el Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (PMAA) en el sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila (Figura 13). Luego, junto con el grupo de aguas subterráneas de la CAM, se definieron los puntos de monitoreo priorizado por municipios y por acuífero. Esto permitió realizar un cruce con los puntos ya existentes y definir los puntos nuevos necesarios.

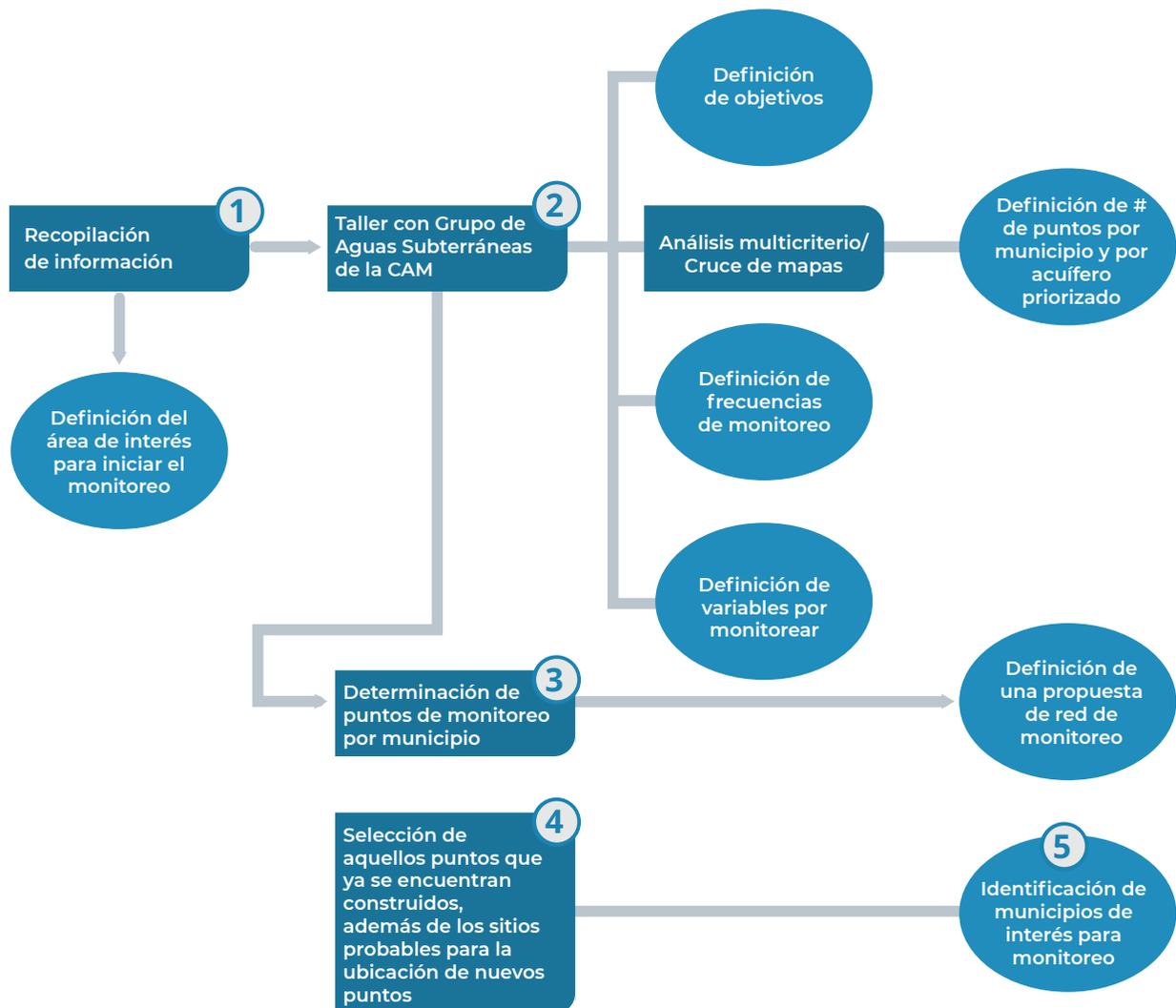


Figura 12. Proceso metodológico para la obtención de la red regional de aguas subterráneas

observación (piezómetros), además de uso y adecuación de pozos abandonados y de extracción. Así, la red de referencia regional de aguas subterráneas propuesta (Figura 14) consta de 41 puntos, entre

los que se incluyen 14 pozos productivos y 3 abandonados, y la construcción de 24 piezómetros, lo que corresponde a 3.043,5 metros lineales de perforación.

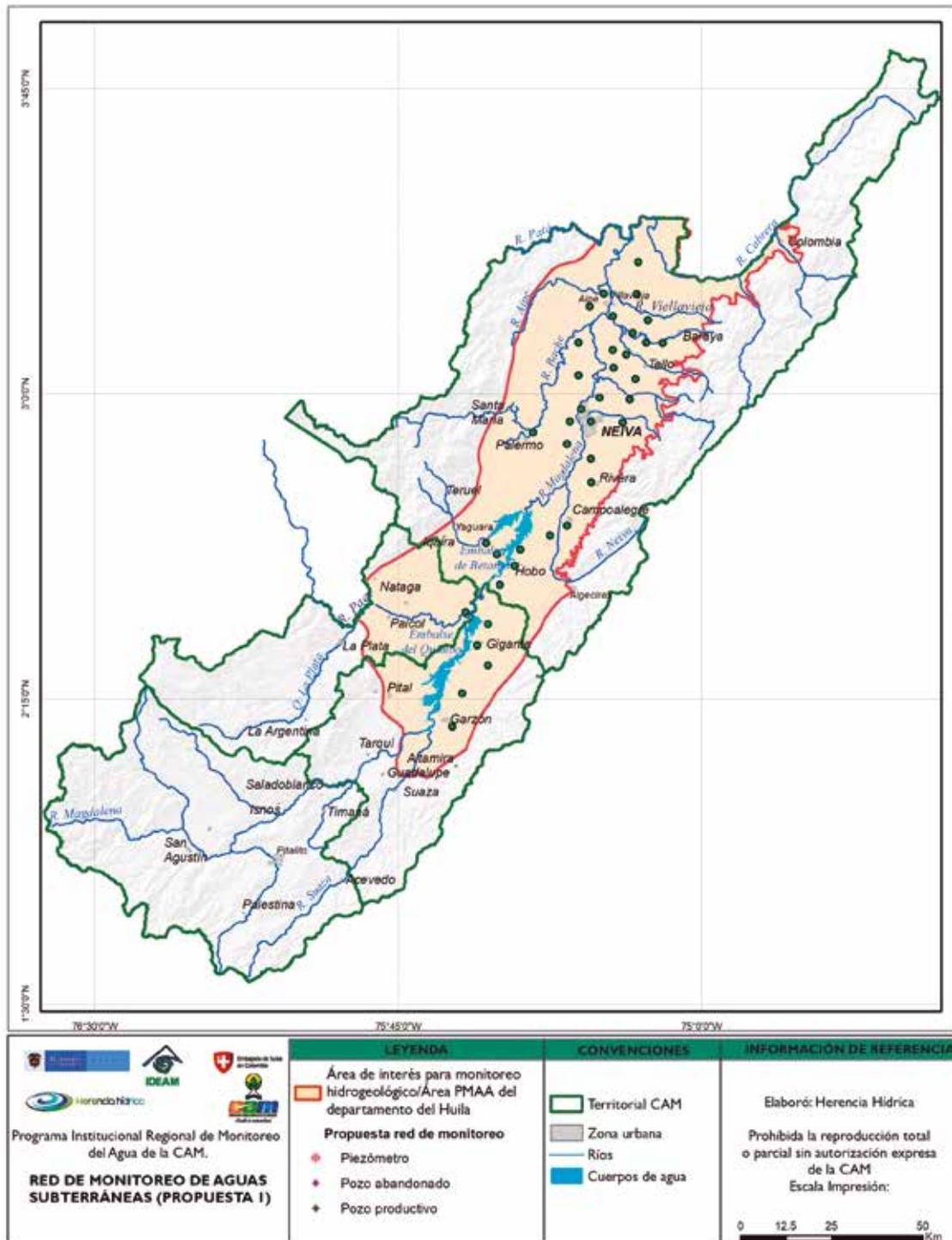


Figura 14. Propuesta de la red de monitoreo de aguas subterráneas de la CAM
Fuente: CAM, 2016b. Elaboró: Herencia Hídrica.



En relación con las variables definidas para el monitoreo de las aguas subterráneas, se estableció una lista de parámetros mínimos que deben ser monitoreados en todos los puntos, a saber: conductividad eléctrica, temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, potencial redox; los iones calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), sodio (Na^+), potasio (K^+), bicarbonato (HCO_3^-), cloro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), fosfato (PO_4^{3-}), amonio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-); carbono orgánico total, coliformes totales y coliformes fecales. Además, se identifican parámetros adicionales que deben ser medidos dependiendo del punto y de las actividades antrópicas que lo afecten (Tabla 3).

En relación con la frecuencia de monitoreo, la medición de niveles piezométricos debe tener una frecuencia de cuatro veces al año, considerando las épocas de sequía y lluvias, para los dos primeros años de monitoreo; después de este tiempo, la frecuencia se disminuirá a dos veces al año. Para la medición de calidad se hará toma de muestras dos veces al año durante los primeros dos años, teniendo en cuenta época de sequía y de

lluvias; más adelante, se podrá realizar el muestreo una vez al año.

La CAM no cuenta con equipos para el monitoreo de aguas subterráneas, por lo que es necesario la adquisición de un equipo mínimo de sondas de medición de niveles piezométricos, sondas multiparamétricas, bombas de succión para monitoreo de calidad: en el mercado se pueden encontrar bombas eléctricas sumergibles, bombas peristálticas, bombas de doble válvula, entre otras, y muestreadores bailer para monitoreo de calidad. Además, se recomienda que después de un año de mediciones se adquieran sensores de medición continua, como los Divers y los Baro-Divers (registradores de datos), que no solo miden niveles de agua, sino que registran datos de temperatura, conductividad eléctrica y presión.

Por último, se señala la necesidad de contar con un Protocolo de Monitoreo para Aguas Subterráneas que siga los lineamientos establecidos en el Protocolo de Monitoreo del Agua (IDEAM, por publicar); y se debe contar con formatos de levantamiento de información en campo,

Tabla 3. Lista de parámetros adicionales para el monitoreo de calidad del agua subterránea

Grupo	Parámetro
Metales pesados	Mercurio (Hg), cadmio (Cd), plomo (Pb), zinc (Zn), cobre (Cu), cromo (Cr), bario (Ba). La elección depende, en particular, de la fuente de contaminación local identificada.
Sustancias orgánicas	Hidrocarburos totales, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos halogenados, fenoles, clorofenoles. La elección depende, en particular, de la fuente de contaminación local identificada
Pesticidas	La elección depende de las costumbres locales, el uso del suelo y las ocurrencias observadas en el agua subterránea

manuales de uso y calibración de equipos, entre otros.

Al igual que para las otras redes de referencia regional, el PIRMA establece una hoja de ruta que asegura la sostenibilidad de la implementación del SOMV

(Figura 15), donde se propone que el número de piezómetro se incremente en forma progresiva hasta llegar al total de los 41 puntos en el 2026. De igual modo, se propone una implementación progresiva en las variables analizadas y en sus frecuencias de monitoreo.

DESCRIPCIÓN	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	TOTAL
1. INSTALACIÓN DE LA RED DE MONITOREO												
Instalación de piezómetros nuevos	4	4	4	4	4	4						24
Matenimiento de pozos en uso	14											14
Rehabilitación de pozos abandonados	3											3
Total de pozos de la red de monitoreo	21	25	29	33	37	41	41	41	41	41	41	41
2. ADQUISICIÓN DE EQUIPOS PARA MONITOREO (uno por territorial)												
Sondas	1	2										3
Multiparamétricos	1	2										3
Bombas		3										3
Bailers		3										3
Computadores	1	2										3
Divers			5	5	5							15
3. CAMPAÑAS DE MONITOREO (Nro. de puntos * frecuencia anual)												
Monitoreo de niveles (pH, conductividad y temperatura) (Nro. de puntos)		21*4	25*4	15*2	16*2	18*2	20*2	20*2	20*2	20*2	20*2	
Monitoreo de calidad (físicoquímicos, microbiológicos) (Nro.de puntos)		21*2	25*2	15*1	16*1	18*1	20*1	20*1	20*1	20*1	20*1	
Monitoreo de sustancias orgánicas (Nro.de puntos)		10*1	5*1		5*1		5*1		5*1		5*1	
4. ACTIVIDADES DE MANTEIMIENTO												
Mantenimiento de la red							13	14	14			41

Puesta en marcha de la red de monitoreo
Adquisición de equipos
Monitoreo de niveles, calidad y sustancia orgánicas

Figura 15. Hoja de ruta para la implementación de la red de aguas subterráneas



En la implementación del PIRMA, se sugiere que la CAM identifique las estaciones y puntos de monitoreo cercanos que puedan establecerse para realizar un monitoreo integral del agua, y que tiendan a: realizar balances hídricos de agua subterránea, evaluar las relaciones río-acuífero y evaluar los posibles impactos del régimen hidrológico en la calidad de las corrientes, entre otros. Luego la CAM estructurará una programación detallada de operación de las diferentes redes, en la cual se establezcan las mediciones y frecuencias de monitoreo, incluidas las visitas a las estaciones y puntos de monitoreo.

Gestión de la información en el marco del PIRMA

El PIRMA busca que la CAM fortalezca los procesos de consolidación, uso y apropiación de información de monitoreo del agua en el Huila, realizando un

monitoreo integral en el que se articulen todas las variables de cantidad y calidad de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas, con datos provenientes de diferentes fuentes como el IDEAM a través de la plataforma de Datos Hidrológicos y Meteorológicos (DHIME), la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y la propia CAM. En el marco del SOMV propuesto en el Programa Nacional del Monitoreo del Recurso Hídrico, y como base estructurante del monitoreo del PIRMA, se hace evidente que los datos e información provenientes del monitoreo se transmitan, se asimilen y se realice un tratamiento primario de datos; luego, estos se deben almacenar en una plataforma de gestión de datos para que, a través de la Plataforma de Información de la CAM (PICAM), sean dispuestos después para difusión a los diferentes actores, ofreciendo así servicios de valor agregado (Figura 16).

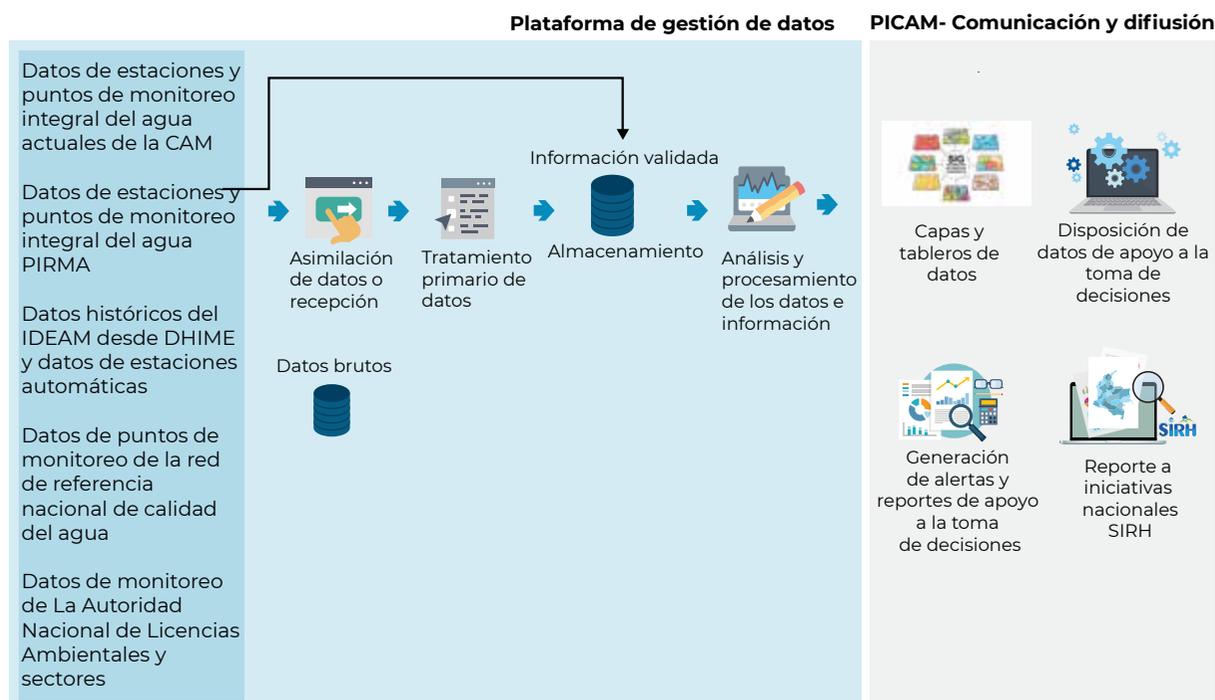


Figura 16. Flujo de los datos e información del monitoreo integral del agua en la CAM

Dentro de las funcionalidades de esta plataforma se debe garantizar que los datos e información de aguas superficiales y subterráneas, tanto de la CAM como de otros sectores, puedan ser integrados a todo el flujo de información. Este aspecto deberá ser desarrollado al interior de la CAM para contar con una recepción robusta de todo tipo de información.

Posterior a esta transmisión, los datos recolectados deben ser objeto de un tratamiento primario por parte de los técnicos de la CAM. Este tratamiento primario, de acuerdo con las indicaciones de la Organización Mundial Meteorológica, comprende etapas del proceso necesarias para preparar los datos con el fin de almacenarlos o archivarlos de modo que puedan ser utilizados a corto y/o a largo plazo (OMM, 2017).

La CAM tendrá que elaborar su propia documentación con los procesos y procedimientos del tratamiento primario de los datos e información, conforme a los documentos relacionados en este PIRMA; también deberá contar con un catálogo de estaciones (como parte del sistema de almacenamiento de información de mediciones de cantidad del agua) que permita conocer en dónde están ubicadas las estaciones, las variables que miden y su estado, con base en el protocolo publicado por la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD e IDEAM, 2018)

Plataforma de comunicación y difusión de información de monitoreo integral del agua de la CAM: PICAM

Una vez que los datos validados estén almacenados, se procede a incorporar-

los en una plataforma de comunicación y difusión de la información, accesible a los equipos técnicos de la Corporación y a otros usuarios interesados en los resultados del monitoreo del agua del Huila, PICAM; esta plataforma debe estar articulada con los procedimientos internos de la que recibe los datos. La PICAM se encargará de orientar la gestión del agua, de generar alertas para activar tareas de control y vigilancia, y de facilitar la difusión de la información a los diferentes actores.

Con la información dispuesta de modo correcto, la plataforma de comunicación y difusión de la información de la CAM se deberá aprovechar para configurar alertas que sirvan de insumo en sus procedimientos para el accionar de los equipos y den atención oportuna a situaciones no deseables del agua en el territorio. Dichas alertas pueden estar configuradas en el sistema a través de un árbol de decisión en el que estén parametrizadas las prioridades de atención de la Corporación, las regiones de interés y los umbrales de cargas contaminantes en relación con los máximos permitidos por norma, entre otros.

Además, la PICAM deberá permitir el acceso de información a los usuarios de acuerdo con su perfil y necesidades, diferenciando, por ejemplo, tomadores de decisiones, comunidad académica y científica, sectores productivos y público en general.

Para el desarrollo de PICAM, es necesario primero gestionar el Sistema de Información de la CAM, para luego comenzar con la hoja de ruta establecida (Tabla 4), la cual propone una preparación



en 2021 para comenzar con la vinculación de profesionales en tecnologías de la información. Más adelante, se irían

desarrollando en forma paulatina los tableros de datos requeridos.

Tabla 4. Etapas de implementación de PICAM

Año	Actividad
2020	Realizar mesas de trabajo con los técnicos de la CAM para reconocer sus necesidades de acceso a información.
	Realizar el levantamiento de requerimientos funcionales de PICAM.
2021	Gestionar permisos y capacitaciones con IDEAM para conocer los canales de acceso y de intercambio de datos con el laboratorio de calidad, datos hidrometeorológicos del DHIME y con el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH).
	Vinculación de profesionales en tecnologías de la información que asesoren a la CAM en el diseño de la PICAM y avancen en la definición del alcance deseado mediante un proceso de especificación de requerimientos.
2022	Realizar la estructuración de información proveniente de diferentes fuentes, incluida aquella disponible en expedientes.
	Iniciar las tareas de desarrollo de <i>software</i> para el consumo de datos.
	Adquisición y configuración del módulo de tratamiento primario de datos.
2023	Adquisición de herramienta para la integración de datos y construcción de tableros de datos.
	Desarrollo de <i>software</i> para el consumo de datos y diseño de tableros de datos para consultar el comportamiento de variables hidrometeorológicas, variables de monitoreo subterráneo, calidad del agua, etc.
	Realizar tareas de desarrollo de <i>software</i> para el consumo de datos y diseño de tableros de datos para consultar monitoreo de eventos hidrometeorológicos extremos, para pronósticos.
2024	Realizar el lanzamiento de PICAM para el uso de los equipos de trabajo de la CAM.
	Capacitar a los equipos técnicos sobre su uso.
2025-2031	Diseño de tableros de datos.
	Mantenimiento de servicios de interoperabilidad y consulta de datos.

Se recomienda tener en cuenta que el éxito en el uso y apropiación de un sistema de información se logra cuando los usuarios son involucrados en su análisis y diseño, razón por la cual es necesario continuar el proceso participativo de identificación de requerimientos, en donde se plasmen los deseos y necesidades de registro y consulta de información de los grupos de trabajo de la CAM, de forma que cuando se entregue PICAM, esta sea aceptada por los usuarios.

Comunicación y difusión

La CAM tiene presencia en diferentes medios de comunicación, entre los cuales el monitoreo del recurso hídrico deberá empezar a ser más visible. Para ello, el PIRMA debe contar con una estrategia de comunicación orientada a compartir los resultados de la implementación del monitoreo, y las acciones de seguimiento y control generadas en

forma oportuna gracias al uso de la información. Así, la CAM podrá asegurar que la comunidad en general y los diferentes actores entiendan la dimensión de los esfuerzos de la Corporación por preservar las condiciones del agua para la región.

La Matriz de Marco Lógico del PIRMA establece que para diciembre de 2021 se habrá desarrollado una estrategia de comunicación y difusión del PIRMA, la cual definirá las acciones, contenidos divulgativos y canales de acuerdo con diferentes públicos objetivo, alianzas internas y externas establecidas para compartir el uso de sus canales de difusión y usuarios que reciben los mensajes. La estrategia deberá reflejar, de forma clara y precisa, la visión y objetivos del PIRMA. El gráfico a continuación muestra los aspectos básicos que es preciso desarrollar para la formulación de la estrategia de comunicación y difusión (Figura 17).

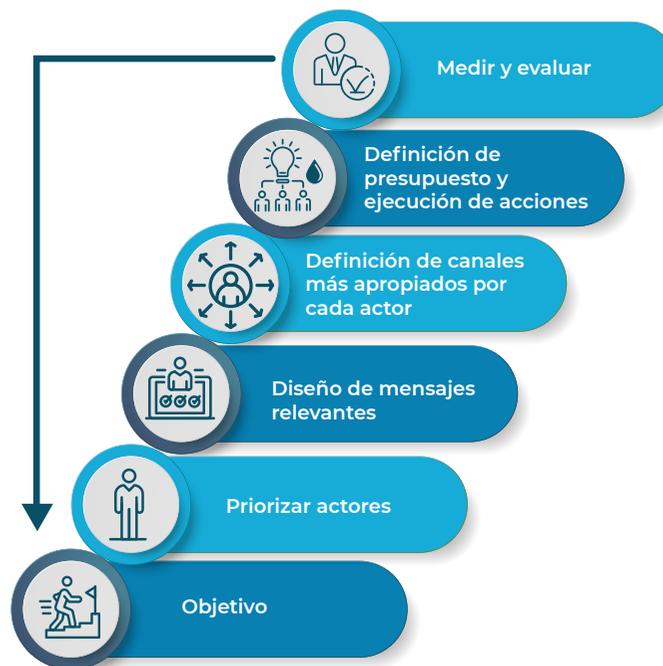


Figura 17. Diseño de las estrategias de comunicación y difusión del PIRMA



En la definición de la estrategia de comunicación y difusión, deberá tenerse en cuenta la plataforma PICAM, la cual es una herramienta que permite la entrega de datos a los diferentes usuarios, dependiendo de su perfil. Al igual que para los demás componentes, se establece una hoja de ruta para la implementación de la estrategia de comunicación y difusión, en la que en 2021 y 2022 se realiza el diseño de la estrategia, y se comienza a implementar en 2024 (Tabla 5).

Como se establece en la Matriz de Marco Lógico, la estrategia de comunicación y difusión será diseñada en 2021, para luego realizar su implementación considerando que es un proceso sometido a mejora continua.

3.3.3 Componente tecnológico

El componente tecnológico en el marco del PIRMA busca orientar sobre los equipos y tecnologías necesarios para asegurar la adquisición, el almacenamiento y

la transmisión de datos hidrometeorológicos de las estaciones automáticas. Este componente comprende el equipamiento de las estaciones hidrometeorológicas definidas en el componente programático, desde la instalación de las estaciones hasta los sistemas de transmisión y recepción. Asimismo, relaciona los equipos complementarios para el monitoreo hidrológico, la infraestructura de la red y presenta alternativas de última tecnología para mejorar el monitoreo de calidad del agua.

De acuerdo con el tipo de estación, bien sea hidrológica o climatológica, los sensores que hacen la medición de la variable o variables seleccionadas para el monitoreo, en cada punto, son diferentes. No obstante, los componentes que corresponden a los sistemas de almacenamiento, alimentación y transmisión son de las mismas características; lo anterior, en el marco de una recomendación básica para el mantenimiento y operación de redes de estaciones automáticas, que es desarrollar la red lo

Tabla 5. Hoja de ruta para el diseño e implementación de la estrategia de comunicación y difusión del PIRMA

Año	Actividad
2021	Realizar el diagnóstico de capacidades para la comunicación y necesidades de usuarios.
	Elaborar documento de estrategia de comunicación de acuerdo con los públicos objetivo.
2022-2023	Iniciar la elaboración de herramientas e instrumentos de comunicación y difusión de monitoreo del agua con actores involucrados.
	Continuar la elaboración de instrumentos de comunicación y difusión de monitoreo del agua para actores involucrados.
2024-2031	Aplicar herramientas e instrumentos de comunicación y difusión.
	Evaluar en forma periódica el nivel de satisfacción de los usuarios por la implementación de acciones y estrategias de comunicación.

más uniforme posible a fin de hacerla modular. Esto se traduce en la posibilidad de hacer intercambios de equipos dentro de la red, independiente del tipo de estación que se encuentra en campo; de este modo se facilita la operación y se hace más sencilla, de tal forma que las diferencias entre las estaciones, desde el punto de vista del instrumental, esté en los sensores. Así, se incluyen en el PIRMA las especificaciones técnicas recomendadas para los equipos que se vayan a incorporar en la red.

La incorporación de equipos de similares características, con el acompañamiento del IDEAM, garantizará a futuro la correcta incorporación de la información generada en la red de estaciones dentro de los procesos informáticos de recepción y visualización de la información. En la figura 18, se muestran los principales componentes de las estaciones, ya sean hidrológicas o meteorológicas.

En este contexto, se detallan las características para almacenamiento de datos, sistemas de transmisión, sistema de alimentación, sistema de protección contra descargas atmosféricas y sobretensiones, y se dan algunas recomendaciones.

De igual manera, en este capítulo se sugieren los pasos que se deben seguir para definir la infraestructura, y se hace una síntesis de las principales fases para la instalación de equipos y para garantizar su funcionalidad en estaciones hidrológicas y meteorológicas.

Respecto a la evaluación de la calidad de las aguas superficiales, este componente sugiere nuevas tecnologías que podrían mejorar el monitoreo, como el uso de drones para la toma de muestras, las imágenes satelitales, las estaciones automáticas de medición y la identificación taxonómica de parámetros hidrobiológicos

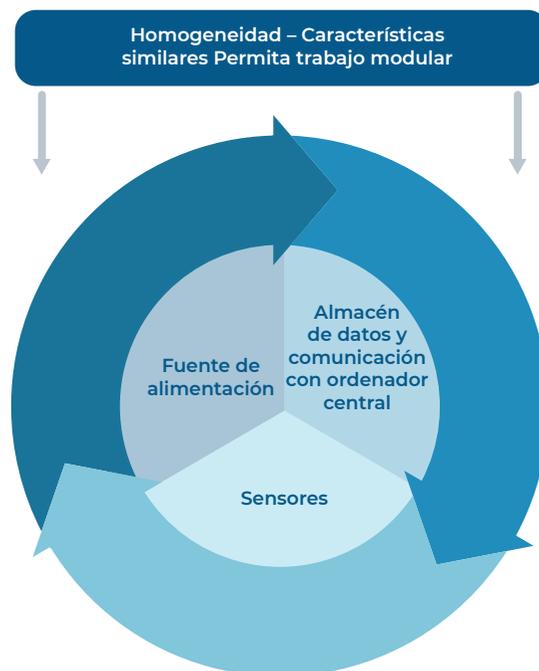


Figura 18. Principales componentes de estaciones hidrológicas y meteorológicas



mediante análisis de ADN. Todas ellas se contemplan como opciones que deben ser abordadas en el Plan de Investigación relativo al resultado 3 de la Matriz de Marco Lógico.

3.3.4 Componente financiero

El componente financiero evalúa el costo de implementación del PIRMA de acuerdo con la estructuración por resultados

establecida en la Matriz de Marco Lógico. Además, presenta este presupuesto de forma anualizada, de conformidad con la hoja de ruta, el cronograma y la priorización de acciones —con énfasis en el SOMV— establecidas en la fase de planificación y en el componente programático del PIRMA.

El componente se estructuró teniendo como referencia el Programa Nacional

Tabla 6. Costos estimados del PIRMA 2020-2031

Resultados estratégicos	Costo estimado (\$)	Porcentaje (%)
R1 A diciembre del 2031, el monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM se realiza de manera integral y articulada con actores (institucionales, sectoriales y sociales), soportado en un esquema organizacional con recursos técnicos, humanos y económicos adecuados.	340.000.000	1
R2 A diciembre del 2031, la CAM ha implementado un sistema de observación medición y vigilancia del agua (SOMV) que cuenta con los procesos y procedimientos que cumplen con los estándares del sistema integrado de gestión (SIG), para generar información suficiente, válida y oportuna que esté disponible en el sistema de información de la CAM y el SIRH.	26.917.766.107	88
R3 A diciembre del 2031, la CAM tendrá implementado un plan de capacitación, investigación e innovación tecnológica continua en monitoreo integral del agua, soportado en alianzas con entidades (públicas y privadas), institutos de investigación o formación y universidades.	1.530.000.000	5
R4 Adiciembre del 2031, la CAM habrá implementado una estrategia de comunicación y difusión de resultados y acciones de monitoreo integral del agua para usuarios internos, actores involucrados y comunidades.	1.796.400.000	6
Costo total estimado del PIRMA	30.584.166.107	100

de Monitoreo, y se organiza en tres partes, a saber: costos del PIRMA, alternativas a fuentes de financiación actuales y estrategias para alianzas.

En la tabla 6, se sintetizan los resultados estratégicos, los costos estimados y el porcentaje que representa cada uno con respecto al costo total del PIRMA.

Como se puede observar, la mayor parte del presupuesto de implementación del PIRMA a 2031 es el desarrollo SOMV, incluidos los costos de adquisición de equipos y estaciones, mantenimiento y operación de las estaciones, y equipo técnico necesario.

Además, este presupuesto se anualiza con el fin de dar mayor soporte para la inclusión del PIRMA en los presupuestos y planes de acción de la CAM (Tabla 7).

El PIRMA —como documento rector que orienta e integra estrategias y acciones para mejorar la generación de información y conocimiento para la gestión integral del agua en la jurisdicción de la CAM, como autoridad ambiental regional— estará financiado, en principio, por la Corporación a través de sus principales fuentes de financiación materializadas en los planes de acción y asignaciones presupuestales correspondientes.

Sin embargo, dada la importancia e interés en los resultados del monitoreo del agua para diferentes actores de la región, y para el país, es relevante explorar

diferentes alternativas de recursos para fortalecer el desarrollo del Programa. Algunas fuentes de financiación potenciales identificadas son:

- **Ámbito regional:** actores de importancia y que tengan un particular interés en el monitoreo del agua en el Huila, y en algunos temas, zonas o aspectos del PIRMA.
- **Ámbito nacional:** el **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)**. La implementación del PIRMA de la CAM puede tener apoyo para el desarrollo de los proyectos y el fortalecimiento del monitoreo integral del agua en la jurisdicción a través de los fondos sobre los cuales el Ministerio tiene alguna gobernabilidad. El MADS, además de orientar las prioridades de asignación del presupuesto nacional de inversión del Sistema Nacional Ambiental, tiene influencia sobre el Fondo Nacional Ambiental (FONAM), el Fondo de Compensación Ambiental y el Sistema General de Regalías. Este último es otra fuente potencial de financiación.
- **Ámbito internacional:** la posibilidad de obtener recursos para proyectos que apoyen la implementación del PIRMA de la CAM se puede lograr a través de la **Agencia Presidencial de Cooperación Internacional (APC) de Colombia**, que trabaja tanto con fuentes bilaterales como multilaterales.

Tabla 7. Porcentaje del presupuesto anualizado por cada actividad asociada a los cuatro resultados de la Matriz de Marco Lógico del PIRMA.

Resultados/Actividades	Porcentaje del presupuesto anualizado por actividades												
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
RESULTADO 1. A diciembre del 2031, el monitoreo del agua en la jurisdicción de la CAM se realiza de manera integral y articulada con actores (institucionales, sectoriales y sociales) soportado en un esquema organizacional con recursos técnicos, humanos y económicos adecuados.													
Actividad 1.1. Realizar acciones y estrategias del PIRMA en la jurisdicción de la CAM, soportadas en un esquema organizacional coordinado por un equipo técnico de trabajo efectivo, especializado y multidisciplinario.	0,6	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Actividad 1.2. Implementar acciones y alianzas estratégicas con actores institucionales, sectoriales y sociales para el monitoreo del agua.	0,6	0,6	0,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
RESULTADO 2. Para diciembre del 2031, la CAM ha implementado un sistema de observación medición y vigilancia del agua (SOMV) que cuenta con los procesos y procedimientos que cumplen con los estándares del sistema integrado de gestión (SIG), para generar información suficiente, válida y oportuna que esté disponible en el sistema de información de la CAM y el SIRH.													
Actividad 2.1 Diseñar el SOMV para el área de jurisdicción de la CAM, con recursos técnicos y procedimientos formalizados que soportan el monitoreo integral del agua.	40,5	16,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Actividad 2.2 Desarrollar estrategias y mecanismos de monitoreo participativo, con resultados integrables en el sistema de información de la CAM.	5,9	2,5	2,1	3,2	3,0	3,0	3,4	3,3	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2
Actividad 2.3 Cumplir con las metas de instalación de infraestructura y programación de operación y mantenimiento para el monitoreo del agua definidas en el componente programático del PIRMA.	52,4	65,7	91,4	119,9	85,7	85,5	83,7	81,2	80,3	80,3	80,3	80,3	83,1
RESULTADO 3. A diciembre del 2031, la CAM tendrá implementado un plan de capacitación, investigación e innovación tecnológica continua en monitoreo integral del agua, soportado en alianzas con entidades (públicas y privadas), institutos de investigación o formación y universidades.													
Actividad 3.1 Desarrollar un plan de capacitación en monitoreo integral del agua con acciones y productos de corto, mediano y largo plazo para la CAM.	0,0	4,7	1,7	2,6	2,4	2,5	2,8	2,7	3,4	3,4	3,4	3,4	0,0
Actividad 3.2 Desarrollar un plan de investigación e innovación tecnológica en monitoreo integral del agua con acciones de corto, mediano y largo plazo.	0,0	2,9	1,5	2,2	2,1	2,1	2,4	2,3	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0
RESULTADO 4. A diciembre del 2031, la CAM habrá implementado una estrategia de comunicación y difusión de resultados y acciones de monitoreo integral del agua para usuarios internos, actores involucrados y comunidades.													
Actividad 4.1 Diseñar estrategias de comunicación y difusión de resultados, acciones y productos de monitoreo integral del agua.	0,0	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Actividad 4.2 Implementar acciones y estrategias de comunicación y difusión de resultados y de acciones de monitoreo del agua para actores internos y externos de la CAM.	0,0	0,5	0,9	1,4	6,3	6,4	7,2	6,9	8,7	8,7	8,7	8,7	9,0
TOTAL (en millones de pesos)	845	3940	4054	2675	2872	2827	2521	2603	2079	2079	2079	2079	2009

4. Temas estratégicos para la implementación

En el marco de los resultados y acciones propuestas en el PIRMA formulado, para la fase de implementación se identifican algunos temas y acciones que, con su desarrollo y en gran medida, dan garantía para conseguir el propósito y objetivos del Programa y su articulación con el PNMRH.

Se da particular relevancia a lograr que el monitoreo se constituya en soporte esencial en los procesos e instrumentos de planificación y gestión, en el cumplimiento de las funciones de la Corporación como autoridad ambiental regional y parte del Sistema Nacional Ambiental SINA. Así mismo, se considera un tema estratégico conseguir que los datos e información generados a partir del monitoreo en el marco del SOMV ingresen a un sistema de información con protocolos y estándares de calidad, para su uso oportuno y eficiente en la toma de decisiones, y en la evaluación, seguimiento y gestión integral del agua en su jurisdicción.

La implementación se enfocará en:

- **Conformar un comité de coordinación de monitoreo integral del agua al interior de la CAM.**

El éxito del PIRMA depende de la conformación y formalización de un co-

mité de coordinación de monitoreo integral del agua en la CAM, que se constituya en instancia consultiva del Comité Directivo de la Corporación, responsable además de la implementación del Sistema de Seguimiento y Evaluación (SS&E) y del fortalecimiento de alianzas estratégicas.

- **Fortalecer el conocimiento, la participación, la internalización al interior de la CAM y, de igual manera, el compromiso a diferentes niveles y con los actores estratégicos.**

Las actividades por desarrollar precisan de un esfuerzo institucional en la difusión e internalización de los contenidos del PIRMA y de sus productos asociados, con el fin de generar un compromiso participativo para su implementación. Así mismo, es necesario adelantar las alianzas estratégicas con los actores clave identificados en el proceso de formulación del Programa (gremiales, institucionales y sociales), con el fin de fortalecer el monitoreo del agua y la implementación de actividades del PIRMA. Este fortalecimiento se beneficiaría si se diseñan proyectos en temas específicos, y además se gestionan con actores y se identifican fuentes de financiación tanto nacionales como internacionales.



les. La implementación de acciones y alianzas estratégicas es considerada como uno de los pilares para robustecer la gobernabilidad de la CAM en el territorio y la articulación institucional con actores a nivel nacional y regional.

- **Implementar el Sistema de Seguimiento y Evaluación (SS&E) de resultados y actividades del PIRMA.**

Para medir la eficiencia y efectividad del proceso de ejecución del PIRMA, identificar logros y debilidades, y recomendar medidas correctivas para optimizar los resultados deseados, se definió un documento marco inicial con un modelo para el SS&E del Programa; se sugiere que la fase de implementación definida se revise y ajuste. Igualmente, es necesario que se construyan los instrumentos, herramientas y formatos, incluido el desarrollo de un aplicativo para sistematizar y reportar resultados, para que se ponga en marcha con el liderazgo del Comité de Coordinación del Monitoreo del Agua de la CAM.

- **Fortalecer la capacidad institucional.**

El fortalecimiento de la capacidad institucional de la CAM tiene como soporte básico: la conformación de un equipo efectivo de trabajo en torno al monitoreo integral del agua, con perfiles, roles y responsabilidades acordes con los lineamientos y directrices consignados en el PIRMA; la implementación de las acciones de corto, mediano y largo plazo para el desarrollo del Sistema de Observación, Medición y Vigilancia del agua

diseñado e identificar alternativas para su financiación; y definir y desarrollar potencialidades del sistema de alerta temprana para la prevención de riesgos. Estas actividades deben ir acompañadas del diseño y ejecución del plan de capacitación e investigación, y de la estrategia de comunicación y difusión.

- **Desarrollar y fortalecer la gestión de la información generada a partir del SOMV.**

El PIRMA busca que la CAM realice el fortalecimiento de los procesos de consolidación, uso y apropiación de información de monitoreo del agua en el Huila mediante un monitoreo integral en el que se articulen todas las variables de cantidad y calidad de las fuentes hídricas superficiales y subterráneas. Para alcanzar el propósito de fortalecer los procesos de consolidación, uso y apropiación de información de monitoreo del agua en el Huila es necesario garantizar el flujo completo de datos e información (Figura 16); para ello, es necesario que los datos e información provenientes del monitoreo se transmitan y asimilen, se realice un tratamiento primario de los datos, luego se almacenen, se analicen y se procesen en una **plataforma de gestión de datos**, para que estén disponibles y sean comunicados y difundidos a los diferentes actores, ofreciendo servicios de valor agregado a través de la **PICAM**.

El fortalecimiento de la gestión de la información al interior de la CAM implica: 1) el desarrollo y aplicación de

protocolos y estándares para el monitoreo regional, teniendo como referente los del IDEAM, la OMM, la UNESCO y el Servicio Geológico de Estados Unidos, entre otros; 2) el diseño y la implementación de una plataforma de gestión de datos que garantice interoperabilidad con el SIRH y el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC); 3) el desarrollo del portafolio de productos y servicios por generar a partir del monitoreo integral del agua; y 4) la difusión de información y productos que se generen, incluidos los de sistemas de alerta temprana para la prevención de riesgos.

La plataforma de información de la CAM incluye el desarrollo de los módulos requeridos en el sistema de

información para asimilar y procesar la información proveniente del monitoreo integral del agua. En la primera fase de esta actividad, se identificaron las expectativas y necesidades de gestión de información en la CAM, las cuales se concretaron en un documento base de análisis de requerimientos tanto funcionales como no funcionales para la puesta en marcha de la plataforma de información (plataforma de gestión de datos y PICAM).

Finalmente, y teniendo como referencia el documento del PIRMA y los soportes del proceso, la CAM construirá una hoja de ruta de corto, mediano y largo plazo, y definirá la estrategia de implementación del Programa.



Referencias bibliográficas

- ANM (Agencia Nacional de Minería). (2019). Títulos mineros. Consultado el 10 de diciembre de 2019. <http://www.anm.gov.co/>
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena). (2016a). Evaluación Regional del Agua Superficial, departamento del Huila. [trabajo no publicado]. Neiva: CAM.
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena). (2016b). Plan de Manejo Ambiental de Acuíferos (PMAA) en el Sector Centro, Noroccidental y Nororiental de la Cuenca del Río Magdalena en el Departamento del Huila. [trabajo no publicado]. Neiva: CAM.
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena) (2018). Base de datos geográficos [base de datos]. Neiva: CAM.
- Congreso de Colombia. (1993, 22 de diciembre). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial Nro. 41.146.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. <http://www.dnp.gov.co>
- Global Water Partnership (GWP). (2011, 21 de diciembre). ¿Qué es el GIRH? <http://www.gwp.org>
- laVH (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt"). (2018). Protocolo de monitoreo hidrológico en páramos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <https://bit.ly/310QanO>
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: IDEAM.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). (2020). Mapa de coberturas de la tierra periodo 2010-2012. Consultado el 13 de octubre de 2020. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-nacionales>.
- IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales). [Por publicar]. Protocolo de Monitoreo del Agua. Bogotá.
- MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible). (2012, 2 de agosto). Decreto 1640 de 2012. Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial Nro. 48.510. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MAVDT (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial). (2007, 19 de abril). Decreto 1323. Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH. <https://bit.ly/312cFch>
- Montoya, J. J. (2018). Elaborar el componente de sedimentos para el ENA 2018 y el documento de análisis de la red. Contrato de prestación de servicios profesionales Nro. 115-2018. Bogotá: IDEAM.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). (2011). Guía de prácticas hidrológicas. OMM, Vol. 1, Nro. 168 (6.º ed.). Ginebra, Suiza.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). (2017). Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. OMM, Nro. 488 (actualización). Ginebra, Suiza.
- UNGRD e IDEAM. (2018). Protocolo "Integración de la red pública y privada de estaciones hidrometeorológicas". Bogotá: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD).
- USGS (Servicio Geológico de Estados Unidos). (2020). The USGS Water Science School - The Water Cycle. [imagen de archivo]. <https://www.usgs.gov/media/images/water-cycle-natural-water-cycle>
- Vrba, J. y Soblsek, P. (1988). Groundwater monitoring. En: Geology and the Environment, an International Manual in Three Volumes. UNESCO.
-



ISBN: 978-958-53135-0-7



9 789585 313507