

**MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO**

GUÍA PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO CONTINENTAL SUPERFICIAL

BOGOTÁ, D.C. 2018

MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

LUIS GILBERTO MURILLO URRUTIA

VICEMINISTRO DE POLÍTICAS Y NORMALIZACIÓN AMBIENTAL

WILLER GUEVARA HURTADO

DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

JAIRTON DIEZ DÍAZ

DIRECTOR

EQUIPO TÉCNICO

Claudia Liliana Buitrago Aguirre

Juan Diego González Parra

Hernando Ovalle Serrano

Sergio Andrés Salazar Galán

Profesionales que contribuyeron al proceso:

Nubia Jazmín Brijaldo Flechas, Luis Fernando Castro Hernández, Leonardo García Jaramillo, Esnedy Hernández Atilano, Juan Sebastián Hernández Suárez, Hilda María Palacio Betancur, Claudia Patricia Pineda González, Andrés Felipe Rojas Aguirre.

GRUPO JURÍDICO

Claudia Fernanda Carvajal Miranda

Héctor Abel Castellanos Pérez

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....3

LISTA DE TABLAS3

SIGLAS Y ACRÓNIMOS3

INTRODUCCIÓN4

1 ASPECTOS GENERALES.....4

1.1 ANTECEDENTES.....4

1.2 OBJETIVO DE LA GUÍA5

1.3 ALCANCE.....5

1.4 GENERALIDADES DEL ORDENAMIENTO.....6

1.4.1 Priorización de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento del recurso hídrico.....6

1.4.2 Acciones previas al proceso de ordenamiento7

1.4.3 Fases del proceso de ordenamiento7

2 ACCIONES PREVIAS AL PROCESO DE ORDENAMIENTO8

2.1 LOCALIZACIÓN DEL CUERPO DE AGUA8

2.2 ALISTAMIENTO INSTITUCIONAL.....8

2.2.1 Conformación de la comisión conjunta.....9

2.2.2 Identificación de actores relevantes para el ordenamiento.....9

2.2.3 Recopilación de información de instrumentos existentes.....9

2.2.4 Recopilación de la información de las redes hidrometeorológicas, hidrobiológicas y de calidad hídrica existentes10

2.2.5 Identificación preliminar de usuarios del recurso hídrico y clasificación de los usos actuales10

2.2.6 Revisión de información asociada a conflictos por uso del recurso hídrico.....10

2.2.7 Pre diseño de un plan de monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico.....10

2.2.8 Presupuesto para la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico14

3 PASO A PASO PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO.....14

3.1 FASE 1: DECLARATORIA DEL ORDENAMIENTO DEL CUERPO DE AGUA15

3.2 FASE 2. DIAGNÓSTICO15

3.2.1 Caracterización inicial.....16

3.2.2 Trabajo de campo.....17

3.2.3 Construcción de línea base19

3.3 FASE 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES.....22

3.3.1 Proyección de la demanda de agua23

3.3.2 Modelación de la calidad del agua y simulación de escenarios23

3.3.3 Clasificación del cuerpo de agua e identificación de usos potenciales26

3.3.4 Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico.....27

3.4 FASE 4. ELABORACIÓN DEL PLAN27

3.4.1 Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por uso.....27

3.4.2 Determinación de prohibiciones y condicionamientos.....28

3.4.3 Definición o ajuste de metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes.....28

3.4.4 Articulación de los resultados del PORH con el plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas - POMCA28

3.4.5 Articulación de los resultados del PORH con otros instrumentos.....28

3.4.6 Elaboración del programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico28

3.4.7 Estructuración de proyectos y actividades29

3.4.8 Elaboración de informes.....29

3.4.9 Socialización del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.....29

3.4.10 Adopción del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.....29

4 BIBLIOGRAFÍA.....29

5 ANEXOS.....31

ANEXO 1 – METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN SUGERIDA.....31

ANEXO 2 – METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN EN CAMPO Y TRABAJO DE LABORATORIO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS.....32

ANEXO 3 – ÍNDICES DE CALIDAD ECOLÓGICA.....35

ANEXO 4 – ORIENTACIÓN PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO38

ANEXO 5 – LISTADO DE MAPAS Y SALIDAS CARTOGRÁFICAS.....40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico en la estructura hidrográfica para la planificación de cuencas e instrumentos de planificación del Recurso Hídrico del Decreto 1076 de 2015. Tomada y adaptada de PNGIRH, 2010.5

Figura 2. Alcance espacial del proceso de ordenamiento del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica.6

Figura 3. Esquema del proceso de ordenamiento del recurso hídrico.6

Figura 4. Acciones previas para el inicio del proceso del ordenamiento del recurso hídrico.8

Figura 5. Localización de puntos de monitoreo de acuerdo con el objetivo del monitoreo. (Minambiente-CORNARE, 2015).11

Figura 6. Esquema del proceso de formulación del PORH.15

Figura 7. Desarrollo de la fase de diagnóstico.16

Figura 8. Mapa de clasificación de los usos actuales del agua. Fuente: MADS y CORMACARENA, 2014.21

Figura 9. Desarrollo de la fase de identificación de usos potenciales.23

Figura 10. Esquemización de la aplicación del factor de asimilación en la escala de tramo. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.24

Figura 11. Esquema de modelación de calidad del agua a escala regional. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.24

Figura 12. Desarrollo de la fase de elaboración del PORH.27

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Codificación de cuerpos de agua objeto de ordenamiento.....8

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos sugeridos para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos.12

Tabla 3. Parámetros sugeridos para el monitoreo de sedimentos de fondo en cuerpos de agua lénticos.13

Tabla 4. Índices bióticos propuestos para la evaluación de la calidad biológica del agua en ecosistemas acuáticos de Colombia.20

Tabla 5. Criterios mínimos a considerar para el planteamiento de escenarios de simulación en cuerpos lóticos.26

Tabla 6. Información asociada a usos, objetivos de calidad y criterios de calidad por uso.28

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ASOJUNTAS	Asociación de Juntas de Acción Comunal
BMWP	Biological Monitoring Working Party
CAM	Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena
CAS	Corporación Autónoma Regional de Santander
CARDER	Corporación Autónoma Regional de Risaralda
CDMB	Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga
CORANTIOQUIA	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
CORMACARENA	Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial de la Macarena
CORTOLIMA	Corporación Autónoma Regional del Tolima
CORPOCESAR	Corporación Autónoma Regional del Cesar
ENA	Estudio Nacional del Agua
ERA	Evaluación Regional del Agua
DBO	Demanda biológica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
IA	Índice de aridez
ICA	Índice de calidad del agua
ICE	Índice de calidad ecológica
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
IRH	Índice de retención y regulación hídrica
IUA	Índice del uso del agua superficial
IVI	Índice de valor de importancia ecológica de la especie
IVH	Índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico
Minambiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
PGAR	Plan de gestión ambiental regional
PMA	Plan de manejo ambiental
PMAA	Plan de manejo ambiental de acuíferos
PNGIRH	Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico
POMCA	Plan de ordenación y manejo de cuenca hidrográfica

PORH	Plan de ordenamiento del recurso hídrico
POT	Plan de ordenamiento territorial
PSMV	Plan de saneamiento y manejo de vertimientos
RURH	Registro de usuarios del recurso hídrico
SIG	Sistema de información geográfica
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SIRH	Sistema Información del Recurso Hídrico
SST	Sólidos suspendidos totales
UAEPNN	Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia

INTRODUCCIÓN

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH es el instrumento planificación que le permite a la Autoridad Ambiental competente, fijar la destinación y uso de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, establece las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos potenciales, además de conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies, en un horizonte mínimo de diez años. Con el fin de orientar el proceso de ordenamiento del recurso hídrico continental superficial, se presenta esta guía que desarrolla los lineamientos básicos que permiten consolidar los respectivos programas, proyectos y actividades y el plan de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico, relacionando el PORH con otros instrumentos para la gestión integral del recurso hídrico.

Los objetivos de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico – PNGIRH¹ orientan los criterios, procedimientos y metodologías que se presentan en esta guía, estableciendo las acciones previas requeridas para iniciar el proceso de ordenamiento del recurso hídrico y los alcances respectivos en cada una de sus fases, en cumplimiento de lo establecido en el artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015: declaratoria de ordenamiento, diagnóstico, identificación de usos potenciales del recurso hídrico y la elaboración del PORH.

La guía está estructurada en tres capítulos y cinco anexos. El primer capítulo aborda aspectos generales que incluyen los antecedentes, los objetivos y el alcance de la guía; en el segundo se presentan las acciones previas; y en el tercero se relaciona el paso a paso para el ordenamiento del recurso hídrico. Los anexos contienen la metodología de priorización sugerida, metodología para la recolección y trabajo de laboratorio de recursos hidrobiológicos, índices de calidad ecológica, orientación para el análisis cualitativo de riesgo, mapas y salidas cartográficas.

1 ASPECTOS GENERALES

1.1 ANTECEDENTES

El Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto – Ley 2811 de 1974, establece los principios, normas generales y regulaciones para la planificación y el manejo de los recursos naturales renovables en el territorio colombiano. Éste incluye las directrices de prevención y control de la contaminación entre las que se destacan²:

- Artículo 134:
“Corresponde al Estado garantizar la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso fuese necesario. Para dichos fines deberá:
 - a) *Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas. A esta clasificación se someterá toda utilización de aguas; (...)*
 - c) *Ejercer control sobre personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, para que cumplan las condiciones de recolección, abastecimiento, conducción y calidad de las aguas; (...)*
 - e) *Determinar, previo análisis físico, químico y biológico, los casos en que debe prohibirse, condicionarse o permitirse el vertimiento de residuos, basuras, desechos y desperdicios en una fuente receptora;*
 - f) *Controlar la calidad del agua, mediante análisis periódicos, para que se mantenga apta para los fines a los que está destinada, de acuerdo con su clasificación; (...)*
 - h) *Someter a control las aguas que se conviertan en focos de contaminación y determinar las actividades que quedan prohibidas, con especificación de área y de tiempo, así como de las medidas para la recuperación de la fuente;*
 - i) *Promover y fomentar la investigación y el análisis permanente de las aguas interiores y de las marinas, para asegurar la preservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies, y para mantener la capacidad oxigenante y reguladora del clima continental.”*
- Artículo 274:
“Corresponde a la administración pública: (...)
 - c) *Adelantar estudio sobre recursos hidrobiológicos marítimos y continentales y promover labores de investigación para lograr el manejo adecuado del recurso hídrico; (...)*

¹1. Oferta: “Conservar los ecosistemas y los procesos hidrológicos de los que depende la oferta de agua para el país”; 2 Demanda: “Caracterizar, cuantificar y optimizar la demanda de agua en el país”; 3 Calidad “Mejorar la calidad y minimizar la contaminación del recurso hídrico”; 4 Riesgo: “Desarrollar la gestión integral de los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad del agua”; 5. Fortalecimiento Institucional: “Generar las condiciones para el fortalecimiento institucional en la gestión integral del recurso hídrico” y; 6. Gobernabilidad: “Consolidar y fortalecer la gobernabilidad para la gestión integral del recurso hídrico”
² Artículos 134 y 274 del Decreto Ley 2811 de 1974.

f) Establecer o reservar áreas especiales de manejo integrado para protección, propagación o cría de especies hidrobiológicas, de acuerdo con estudios técnicos (...).”

Como antecedente del ordenamiento del recurso hídrico se tiene el Decreto 1594 de 1984, el cual expone la línea base para el ordenamiento como instrumento de planificación, enfocado en la preservación de las características naturales del recurso hídrico y su mejoramiento hasta alcanzar la calidad apta para el consumo humano y los demás usos. Dicho enfoque se ha mantenido y profundizado con ocasión de la expedición del Decreto 3930 de 2010, compilado en el Decreto 1076 de 2015.

En marzo de 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Minambiente), expidió la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico, cuyo objetivo general es “Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente”.

En el año 2014, el Minambiente publicó la primera versión de la Guía técnica para la formulación de planes de ordenamiento del recurso hídrico (Minambiente, 2014), cuyos lineamientos fueron aplicados y validados en diferentes ejercicios realizados por la DGIHR, en diversas zonas del país con condiciones contrastantes desde el punto de vista climático, social, morfológico, etc., incluyendo:

- Río Gualí en jurisdicción de CORTOLIMA (Minambiente y HTM-GOTTA ingeniería, 2013)
- Río Chichimite en jurisdicción de CORMACARENA (Minambiente y CORMACARENA, 2013)
- Río César en jurisdicción de CORPOCESAR (Minambiente y CORPOCESAR, 2013)
- Río de Oro en jurisdicción de la CDMB (Minambiente y CDMB, 2013)
- Río Otún en jurisdicción de la CARDER (Minambiente y CARDER, 2014)
- Río Fonce en jurisdicción de la CAS, (Minambiente y CAS, 2013)
- Río Grande en jurisdicción de CORANTIOQUIA (Minambiente y CORANTIOQUIA, 2015)
- Río Neiva en jurisdicción de la CAM (Minambiente y CAM, 2013).

El presente documento complementa la guía publicada inicialmente, a partir de los aprendizajes de los ejercicios de aplicación realizados.

1.2 OBJETIVO DE LA GUÍA

Desarrollar los aspectos mínimos del Ordenamiento del Recurso Hídrico continental superficial, mediante una secuencia de fases, pasos y actividades.

1.3 ALCANCE

En esta guía se presentan los lineamientos para que las Autoridades Ambientales competentes adelanten el ordenamiento del recurso hídrico continental superficial. Para ello, se consideran los aspectos mínimos que se deben abordar para el proceso, incluyendo los avances técnicos que se tienen con respecto a la estimación de la oferta hídrica y la modelación de calidad del agua. A partir de la formulación del PORH, bajo los lineamientos aquí contemplados, las autoridades ambientales competentes podrán establecer las normas de preservación de la calidad del recurso hídrico, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos actuales y potenciales del agua, además de conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies conforme a estipulado en la normativa vigente.

En la Figura 1 se presenta la estructura hidrográfica para la planificación de cuencas y acuíferos, incluyendo los instrumentos de planificación del recurso hídrico, las escalas de trabajo, el objeto principal de cada instrumento, las instancias de coordinación y los mecanismos de participación respectivos, cuando aplica. En dicha figura se incluye el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico como un instrumento a ser aplicado en cuerpos de agua pertenecientes al nivel 3 de la zonificación hidrográfica nacional o niveles subsiguientes.

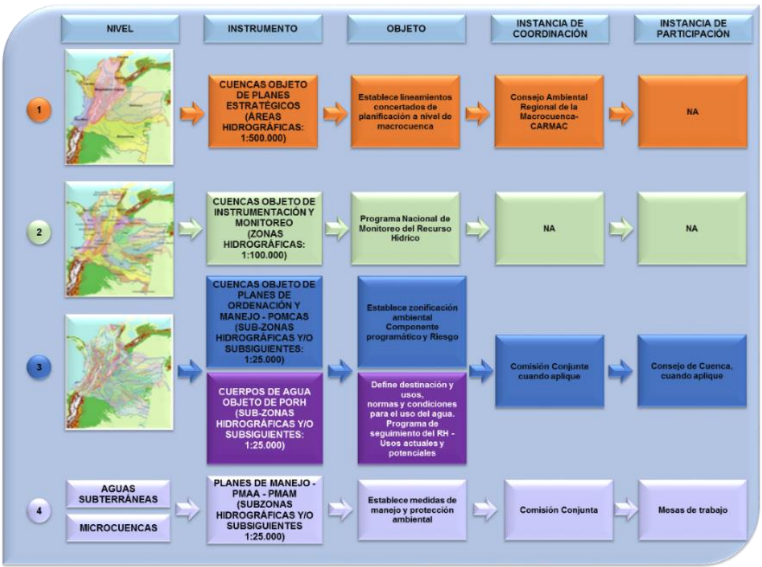


Figura 1. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico en la estructura hidrográfica para la planificación de cuencas e instrumentos de planificación del Recurso Hídrico del Decreto 1076 de 2015. Tomada y adaptada de PNGIRH, 2010.

En el marco de la estructura hidrográfica descrita, el proceso de ordenamiento del recurso hídrico se debe realizar sobre los cuerpos de agua; sin embargo, el análisis debe abordarse a nivel de cuenca hidrográfica. De esta manera, se deben involucrar en el análisis los principales procesos que ocurren a nivel de cuenca, incluyendo los aportes de los afluentes al cuerpo de agua y la posible interacción entre aguas subterráneas y aguas superficiales. La Figura 2 presenta un esquema del alcance descrito.

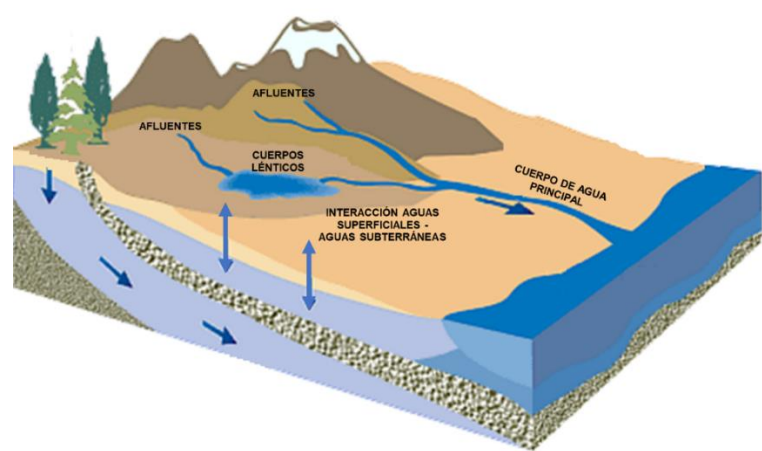


Figura 2. Alcance espacial del proceso de ordenamiento del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica.

1.4 GENERALIDADES DEL ORDENAMIENTO

En esta sección se presentan las generalidades del proceso de ordenamiento del recurso hídrico, describiendo las fases requeridas para el desarrollo del proceso en forma general. Para un mayor detalle de la metodología, requerimientos de información y resultados esperados, los capítulos 2 y 3 presentan la descripción detallada de cada una de las fases requeridas para el desarrollo del proceso.

El proceso de ordenamiento del recurso hídrico se estructura a partir de la priorización de los cuerpos de agua, la realización de acciones previas y el desarrollo de las actividades correspondientes a cada una de las fases definidas en el artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015 (declaratoria de ordenamiento, diagnóstico, identificación de los usos potenciales del recurso, elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico).

Como se esquematiza en la Figura 3, el proceso de ordenamiento es un ciclo de gestión continuo en el cual se van mejorando las condiciones de calidad y uso sostenible del recurso hídrico, a la vez que se realizan acciones de monitoreo, seguimiento y evaluación para la mejora en el conocimiento y toma de decisiones en cada ajuste o actualización del instrumento. Igualmente se incorporan las dinámicas que se van dando en cada ciclo de implementación del instrumento, en términos espaciales, temporales, cuantitativos y cualitativos, así como los cambios en la funcionalidad y prestación de servicios ecosistémicos de los cuerpos de agua. Como lo establece el Parágrafo 3 del artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015 "El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, tendrá un horizonte mínimo de diez (10) años y su ejecución se llevará a cabo para las etapas de corto, mediano y largo plazo. La revisión y/o ajuste del plan deberá realizarse al vencimiento del período previsto para el cumplimiento de los objetivos de calidad y con base en los resultados del programa de seguimiento y monitoreo del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico."



Figura 3. Esquema del proceso de ordenamiento del recurso hídrico.

1.4.1 Priorización de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento del recurso hídrico.

La Autoridad Ambiental competente priorizará los cuerpos de agua objeto de ordenamiento del recurso hídrico considerando, como mínimo, los criterios establecidos en el artículo 2.2.3.3.1.5., del Decreto 1076 de 2015:

1. "Cuerpos de agua objeto de ordenamiento definidos en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.
2. Cuerpos de agua donde la autoridad ambiental esté adelantando el proceso para el establecimiento de las metas de reducción de que trata el Capítulo 7 "Tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua" o la norma que lo modifique o sustituya.
3. Cuerpos de agua en donde se estén adelantando procesos de reglamentación del uso de las aguas o en donde estos se encuentren establecidos.
4. Cuerpos de agua en donde se estén adelantando procesos de reglamentación de vertimientos o en donde estos se encuentren establecidos.
5. Cuerpos de agua que sean declarados como de reserva o agotados, según lo dispuesto por el capítulo 2 del presente título o la norma que lo modifique, adicione, o sustituya.

6. *Cuerpos de agua en los que exista conflicto por el uso del recurso.*
7. *Cuerpos de agua que abastezcan poblaciones mayores a 2.500 habitantes.*
8. *Cuerpos de agua que presenten índices de escasez, de medio a alto y/o que presenten evidencias de deterioro de la calidad del recurso que impidan su utilización.*
9. *Cuerpos de agua cuya calidad permita la presencia y el desarrollo de especies hidrobiológicas importantes para la conservación y/o el desarrollo socioeconómico”.*

Para facilitar la aplicación de los criterios de priorización el Anexo 1 presenta una metodología sugerida, basada en Uniandes (2002) y Rojas (2011).

1.4.2 Acciones previas al proceso de ordenamiento

Para abordar el proceso de ordenamiento del recurso hídrico³, es necesario que las Autoridades Ambientales competentes se preparen institucionalmente para el desarrollo del proceso, mediante la realización de las siguientes acciones:

- Localizar los cuerpos de agua en la zonificación hidrográfica para verificar si estos pertenecen a cuencas hidrográficas compartidas por jurisdicciones de otras Autoridades Ambientales competentes.
- Alistamiento institucional, que incluye:
 - Identificación de actores, entre ellos las comunidades étnicas.
 - Conformar comisión conjunta, en el caso que los cuerpos de agua pertenezcan a cuencas hidrográficas compartidas.
 - Revisar la información disponible de otros instrumentos o estudios que aporten al desarrollo de la fase de diagnóstico.
 - Analizar la capacidad institucional para identificar los recursos requeridos para el desarrollo del proceso.
 - Pre-diseño del plan de monitoreo.
 - Presupuesto para la elaboración del PORH.

1.4.3 Fases del proceso de ordenamiento

Una vez realizadas las acciones previas, se inicia el proceso de ordenamiento, mediante las siguientes fases⁴:

"1. Declaratoria de ordenamiento. Una vez establecida la prioridad y gradualidad de ordenamiento del cuerpo de agua de que se trate, la autoridad ambiental competente mediante resolución, declarará en ordenamiento el cuerpo de agua y definirá el cronograma de trabajo, de acuerdo con las demás fases previstas en el presente artículo.

2. Diagnóstico. Fase en la cual se caracteriza la situación ambiental actual del cuerpo de agua, involucrando variables físicas, químicas y bióticas y aspectos antrópicos que influyen en la calidad y la cantidad del recurso.

Implica por lo menos la revisión, organización, clasificación y utilización de la información existente, los resultados de los programas de monitoreo de calidad y cantidad del agua en caso de que existan, los censos de usuarios, el inventario de obras hidráulicas, la oferta y demanda del agua, el establecimiento del perfil de calidad actual del cuerpo de agua, la determinación de los problemas sociales derivados del uso del recurso y otros aspectos que la autoridad ambiental competente considere pertinentes.

3. Identificación de los usos potenciales del recurso. A partir de los resultados del diagnóstico, se deben identificar los usos potenciales del recurso en función de sus condiciones naturales y los conflictos existentes o potenciales.

Para tal efecto se deben aplicar los modelos de simulación de la calidad del agua para varios escenarios probables, los cuales deben tener como propósito la mejor condición natural factible para el recurso. Los escenarios empleados en la simulación, deben incluir los aspectos ambientales, sociales, culturales y económicos, así como la gradualidad de las actividades a realizar, para garantizar la sostenibilidad del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

4. Elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico. La autoridad ambiental competente, con fundamento en la información obtenida del diagnóstico y de la identificación de los usos potenciales del cuerpo de agua, elaborará un documento que contenga como mínimo:

- a) La clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento;*
- b) El inventario de usuarios;*
- c) El uso o usos a asignar;*
- d) Los criterios de calidad para cada uso;*
- e) Los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo;*
- f) Las metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes de que trata el Capítulo 5 del Título 9, Parte 2, Libro 2 del presente Decreto o la norma que lo modifique, adicione o sustituya;*
- g) La articulación con el Plan de Ordenación de Cuencas Hidrográficas en caso de existir y,*
- h) El programa de seguimiento y monitoreo del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.*

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico será adoptado mediante resolución.

En todo caso, el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico deberá definir la conveniencia de adelantar la reglamentación del uso de las aguas, de conformidad con lo establecido en el artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015, y la reglamentación de vertimientos (...) o de administrar el cuerpo de agua a través de concesiones de agua y permisos de vertimiento. Así mismo, dará lugar al ajuste de la reglamentación del uso de las aguas, de la reglamentación de vertimientos, de las concesiones, de los permisos de

³ De acuerdo con las fases definidas el artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015.

⁴ Tomado del artículo 2.2.3.3.1.8., del Decreto 1076 de 2015.

vertimiento, de los planes de cumplimiento y de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos y de las metas de reducción, según el caso. "

2 ACCIONES PREVIAS AL PROCESO DE ORDENAMIENTO

Para el inicio de la formulación o ajuste del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH, la Autoridad Ambiental competente debe realizar las acciones que se muestran en la Figura 4 y que son desarrolladas en los siguientes numerales.

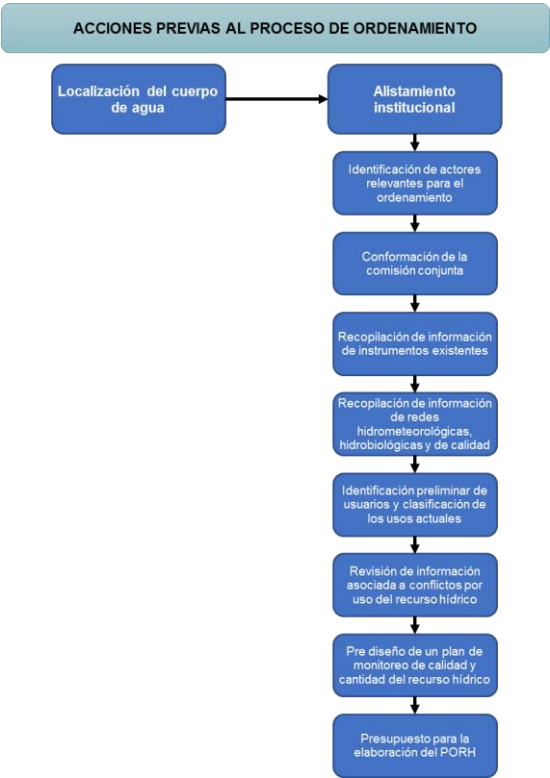


Figura 4. Acciones previas para el inicio del proceso del ordenamiento del recurso hídrico.

2.1 LOCALIZACIÓN DEL CUERPO DE AGUA

Ubicar el cuerpo de agua objeto de ordenamiento y la red de drenaje aferente en cartografía oficial a escala 1:25.000, como mínimo, y delimitar la cuenca respectiva.

Cuando el cuerpo de agua objeto de ordenamiento no se encuentre codificado, se deberá armonizar la codificación del mismo, de acuerdo con la establecida en el mapa de zonificación hidrográfica nacional del IDEAM (2013), a nivel de subzona hidrográfica y continuar (si procede) con la codificación para los niveles subsiguientes. Para el logro de esta actividad, se debe diligenciar la información tal como se relaciona en la Tabla 1.

Tabla 1. Codificación de cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

Área hidrográfica	C ó d i g o	Zona hidrográfica	C ó d i g o	Sub-zona hidrográfica	C ó d i g o	Nivel subsiguiente	C ó d i g o	Microcuenca	C ó d i g o	Cuerpo de agua	C ó d i g o

La delimitación del área de trabajo del cuerpo de agua en ordenamiento deberá representarse en un mapa de acuerdo con las escalas de trabajo establecidas para los niveles de la estructura hidrográfica para la planificación y manejo del recurso hídrico.

La red de drenaje se estructurará hasta el nivel que sea identificable en la escala de trabajo. Como mínimo se deberán considerar los niveles subsiguientes y microcuencas abastecedoras de acueductos municipales, centros poblados y sistemas de abastecimiento. Para este último se considera como criterio de representatividad un número de usuarios igual o mayor a 50.

La información cartográfica deberá partir de las planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC, las cuales se deberán complementar con otra información cartográfica disponible, fotografías aéreas y/o información de sensores remotos con que cuente la Autoridad Ambiental competente.

En el caso de que la Autoridad Ambiental competente disponga de un modelo de elevación digital adecuado para la escala de trabajo definida, podrá utilizarlo para la delimitación de las áreas de drenaje.

2.2 ALISTAMIENTO INSTITUCIONAL

Previamente al proceso de ordenamiento, la Autoridad Ambiental competente deberá abordar acciones que permitan la recopilación, revisión y consolidación de información disponible. Posterior al análisis de su pertinencia se define el cronograma de trabajo, el presupuesto y el equipo técnico requerido.

2.2.1 Conformación de la comisión conjunta

Cuando el cuerpo de agua se encuentra en jurisdicción de dos o más Autoridades Ambientales competentes. En este caso, se deberá conformar la Comisión Conjunta, conforme a lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015.

2.2.2 Identificación de actores relevantes para el ordenamiento

Los actores relevantes se definirán como aquellos usuarios que captan y/o vierten al cuerpo de agua de interés y todos aquellos que capten de los tributarios principales al cuerpo de agua en el área de drenaje, por el impacto en cantidad y/o calidad que se generan sobre éste. En el caso que exista un censo de usuarios en un tiempo no anterior a dos años, deberá ser incorporado en la identificación.

Además de los actores relevantes, el equipo de trabajo deberá identificar los actores representativos, que se definen como actores interesados en el ordenamiento localizados en cuerpos de agua que tributan a los cuerpos de agua priorizados. Para la identificación de los actores interesados en el ordenamiento, deberá considerar, entre otras, las siguientes fuentes de información:

- Visita de campo de reconocimiento.
- Entrevistas con presidentes de ASOJUNTAS o quien haga sus veces.
- Consejo de Cuenca cuando exista.
- Oficinas de planeación, medio ambiente, desarrollo agropecuario o quien haga sus veces en las entidades territoriales.

La información de los actores se organizará en una base de datos que contenga como mínimo su georreferenciación, los datos básicos de los usuarios, tipo de actividad económica y el tipo de autorización ambiental (concesión, permiso de vertimiento y/o PSMV).

2.2.3 Recopilación de información de instrumentos existentes

Se debe realizar una identificación, revisión, organización y clasificación de información derivada de insumos e instrumentos de planificación, administración, evaluación y seguimiento del recurso hídrico existente y que incluyan el cuerpo de agua objeto de ordenamiento. Dentro de dicha información se debe considerar, entre otra:

- Información de oferta.
- Información de demanda.
- Información de calidad del agua.
- Objetivos de calidad.
- Inventario de puntos de agua subterránea.
- Inventario de obras hidráulicas.
- Sistema de Información del Recurso Hídrico - SIRH.
- Censos de usuarios de recurso hídrico.
- Registro de eventos que puedan asociarse al desabastecimiento de agua, a la contaminación y a los eventos hidrometeorológicos extremos (máximos y mínimos).
- Cobertura y usos de la tierra.
- Zonificación ambiental.
- Tendencias y proyecciones de variables hidroclimáticas por efecto del cambio climático

La anterior información se puede encontrar, entre otros, en los siguientes instrumentos, cuando estén disponibles:

- Planes estratégicos de Macrocuenas
- Planes de ordenación y manejo de la cuenca POMCA
- Planes de manejo ambiental de acuíferos PMAA
- Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico anteriores
- Planes de manejo del Sistema de Parques Nacionales Naturales
- Planes de manejo de humedales
- Planes de manejo de páramos
- Planes de manejo de bosques secos
- Planes de manejo integral de manglares
- Planes de ordenamiento forestal
- Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA)
- Planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV)

Igualmente, se deberán consultar y recopilar como mínimo los siguientes insumos, cuando existan:

- Evaluaciones Regionales del Agua - ERA.
- Programas de monitoreo del recurso hídrico (calidad y cantidad del agua, que incluyan parámetros microbiológicos e hidrobiológicos).
- Planes de Ordenamiento territorial y Planes de Desarrollo.
- Comunicaciones nacionales de cambio climático del IDEAM

- Planes Integrales de cambio climático

Se recomienda incluir en el análisis información generada durante los últimos cinco años. En caso de que existan acuíferos someros en la cuenca hidrográfica del cuerpo de agua en proceso de ordenamiento, se deberá hacer especial énfasis en la búsqueda de la información que permita establecer la posible interconexión hidráulica de estos acuíferos con la fuente superficial receptora de vertimientos. Para lo anterior se podrá consultar y analizar información, como la siguiente:

- Estudios hidrogeológicos regionales o locales, que involucren programas sistemáticos de monitoreo de niveles de agua subterránea.
- Interpretación de información secundaria que incluya la caracterización geológica, geomorfológica, hidrológica, hidrogeológica, la red de monitoreo de niveles, estudios hidrogeoquímicos e isotópicos o la aplicación de trazadores.
- Estudios de exploración geofísica, datos de captaciones de aguas subterráneas y análisis de estadísticos multivariados.

Con el objeto de optimizar las inversiones en los procesos de planificación que adelanta o haya adelantado la Autoridad Ambiental competente, se deberá obtener un diagnóstico de la información temática disponible y, derivado de ello, la faltante para adelantar el proceso de caracterización.

2.2.4 Recopilación de la información de las redes hidrometeorológicas, hidrobiológicas y de calidad hídrica existentes

Esta actividad está orientada a identificar y localizar las estaciones hidrológicas, climatológicas y de calidad de agua (físicoquímicas, microbiológicas y del recurso hidrobiológico⁵) existentes sobre la cuenca del cuerpo de agua objeto de ordenamiento e inventariar la información disponible. Se deben tener en consideración las redes nacionales, regionales y locales de observación y medición y en especial las que hayan sido utilizadas previamente por la Autoridad Ambiental competente en otros estudios para la evaluación y control de la calidad del agua. Dicha información, si existe, servirá como punto de partida para la consolidación del pre diseño del plan de monitoreo descrito en el numeral 2.2.7.

Se deberá realizar un inventario de la información existente, en el que se incluya como como mínimo lo siguiente:

- Fecha inicial y final de registro o muestreo
- Tipo de estación
- Variables medidas
- Escala temporal del registro
- Sitios de muestreo
- Entidad o persona encargada de la toma de la muestra y del análisis de laboratorio (si es posible indicar si el laboratorio es acreditado)

Esta información será útil para establecer una continuidad en el monitoreo, y de esta forma hacer seguimiento a la evolución temporal de la calidad del recurso hídrico en diferentes sitios del cuerpo de agua, en fases posteriores.

2.2.5 Identificación preliminar de usuarios del recurso hídrico y clasificación de los usos actuales

A partir de los actores identificados en el numeral 2.2.2, se deben identificar los usuarios (concesiones y permisos de vertimientos) y usos existentes del recurso hídrico superficial según el artículo 2.2.3.3.2.1 “Usos del agua” del Decreto 1076 de 2015, con el fin de consolidar información de captaciones y vertimientos, como insumo para el diseño de la red de monitoreo (numeral 2.2.7), en lo que respecta a localización de puntos de muestreo y selección de los parámetros objeto de monitoreo.

La información para la clasificación de los usos actuales podrá ser obtenida, entre otras fuentes, a partir de:

- Mapas de cobertura y uso del suelo a escala 1:25.000, si existen.
- Fotografías aéreas y/o imágenes de sensores remotos, si existen
- Planes de Ordenamiento Territorial.

Los resultados deberán ser consolidados en un mapa preliminar donde se georreferencien los usuarios y usos actuales del recurso.

2.2.6 Revisión de información asociada a conflictos por uso del recurso hídrico

Para el análisis de los conflictos derivados del uso del recurso hídrico sobre los cuerpos de agua involucrados en el ordenamiento, se deberá tener en cuenta, entre otras fuentes, la base de datos o registro de peticiones, quejas y reclamos consolidados de los últimos cinco años y disponible en la Autoridad Ambiental competente. Asimismo, se deberán considerar los casos en los que la comunidad ha ejercido oposición, en el marco del artículo 2.2.3.2.9.7., del Decreto 1076 de 2015.

2.2.7 Pre diseño de un plan de monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico

Con el fin de determinar las condiciones actuales de calidad y cantidad en el cuerpo de agua objeto de ordenamiento (fase de diagnóstico) y caracterizar la variación espacial y temporal de la velocidad y profundidad del agua y de las demás propiedades geométricas en cada tramo o sector de análisis, es necesario realizar un plan de monitoreo de calidad y cantidad de recurso hídrico.

⁵ Una definición globalmente aceptada de recursos hidrobiológicos es: especie hidrobiológica es una especie u organismo en cualquier fase de su desarrollo, que tenga en el agua su medio más normal o más frecuente de vida (Gutiérrez, 2010).

En este numeral se establece la macro localización de las estaciones o puntos de muestreo, se define el número de campañas a efectuar y se determinan los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos e hidrobiológicos a medir. Dichas estaciones se localizarán sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, sobre sus tributarios, otros cuerpos y vertimientos que puedan estar generando problemáticas por uso calidad.

El pre diseño será insumo para efectuar el presupuesto para la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico. El pre-diseño del plan de monitoreo será el resultado de la evaluación de las consideraciones mencionadas, para lo cual se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos.

2.2.7.1 Macro-localización de los puntos de monitoreo

La localización de los puntos de monitoreo deberá ser definida de forma que se represente de adecuadamente el cambio de la calidad y cantidad a lo largo del cuerpo de agua principal. Para ello, se deben seleccionar los puntos que permitan identificar el efecto de aportes de carga contaminante de tributarios y vertimientos puntuales y difusos, debidos a cambios en el uso del agua y del suelo. En particular, se deben incluir puntos geo-referenciados de monitoreo que permitan caracterizar la descarga de aguas residuales domésticas y no domésticas.

Para la macro-localización de los puntos de monitoreo se deberán tener en cuenta las redes de monitoreo existentes en el cuerpo de agua, las cuales fueron identificadas como parte de la recopilación de información descrita en el numeral 2.2.4 del presente documento. Adicionalmente se recomienda revisar el protocolo de monitoreo de aguas continentales del IDEAM, especialmente en lo que respecta al diseño de la red. La Figura 5 presenta algunos ejemplos de localización de puntos de monitoreo, con el fin de representar el cambio en las condiciones de calidad del agua en una red de drenaje.

Cuando se trate de un cuerpo lótico, los puntos de monitoreo deberán estar localizados a una distancia mayor o igual a la longitud de mezcla, aguas abajo de confluencias con afluentes naturales o vertimientos.

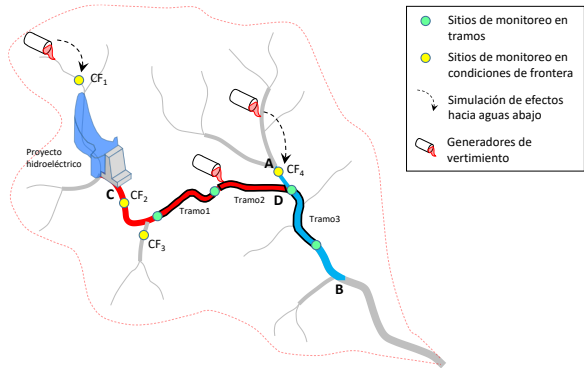


Figura 5. Localización de puntos de monitoreo de acuerdo con el objetivo del monitoreo. (Minambiente-CORNARE, 2015).

En los cuerpos lénticos se deberá considerar un número apropiado de sitios que puedan explicar y representar adecuadamente el comportamiento del cuerpo de agua y adicionalmente se deberán considerar las entradas y salidas de dicho cuerpo.

Un aspecto por considerar de manera general, es la facilidad de acceso a los sitios propuestos de monitoreo. Para este fin es importante la visita preliminar de campo, el acceso a cartografía con las vías principales que cruzan o pasan cerca del cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus tributarios principales, y las condiciones topográficas de los puntos potencialmente identificados. A continuación, se presentan algunos criterios que se deberán considerar como mínimo:

- 1. Sitios de captación para consumo humano y demás usos de acuerdo a la prioridad de que trata el artículo 2.2.3.2.7.6 “Orden de prioridades” del Decreto 1076 de 2015.
- 2. Sitios con cambios significativos en la geomorfología y dinámica fluvial de la corriente (por ejemplo, cambios de pendiente, tipo de cauce, meso-hábitats, geometría hidráulica). Gran parte de esta información se puede obtener del conocimiento por parte de la Autoridad Ambiental y de visitas de campo y el acceso a imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas.
- 3. Aguas arriba y/o aguas abajo de una frontera internacional.
- 4. Al menos en un punto en donde se evidencie que su área de drenaje no tiene actividad antrópica.

2.2.7.2 Investigación preliminar acerca de la modelación de calidad del agua

Sumado a lo anterior, si existe un modelo de calidad del agua para el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, la autoridad ambiental deberá recopilar los parámetros y escenarios considerados en el mismo, y usarlos como insumo para el diseño de la red de monitoreo.

2.2.7.3 Pre diseño de campañas de monitoreo y selección de parámetros a monitorear

Dentro del proceso, la Autoridad ambiental competente deberá planificar y considerar la ejecución de mínimo dos campañas de monitoreo, teniendo en cuenta que una de éstas debe ser efectuada en un periodo seco. La segunda campaña de medición puede corresponder a una condición hidrológica húmeda o de transición.

Con el fin de cuantificar los parámetros a monitorear, se deben identificar y priorizar los usuarios por tipo de actividad económica que realizan vertimiento puntual o difuso al cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus tributarios priorizados. Esto con el fin de actualizar la información y de realizar la caracterización física, química y biológica de las aguas residuales que se vierten al cuerpo de agua.

A partir de la información de puntos de monitoreo, obtenida de la actividad “Macrocalización de los puntos de monitoreo” (numeral 2.2.7.1 del presente documento) y de los usuarios vertedores priorizados, de la actividad “Identificación preliminar de usuarios del recurso hídrico y clasificación de los usos actuales” (numeral 2.2.5 del presente documento), se deben seleccionar los parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos mínimos a monitorear en el cuerpo de agua y en vertimientos. La Tabla 2 presenta los parámetros mínimos sugeridos para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos. Estos parámetros podrán ser complementados, considerando los usos del agua, actividades económicas y características particulares identificadas para cada cuerpo de agua.

Dentro del proceso de análisis de los recursos hidrobiológicos y con el propósito de incorporar el estado ecológico del sistema hídrico en la fase de diagnóstico del proceso de ordenamiento, es necesario el levantamiento de la línea base a través del muestreo de algas perifíticas (ficoperifiton)⁶, macroinvertebrados acuáticos⁷, peces⁸, algas plantónicas (fitoplancton⁹) y zooplancton¹⁰, en los mismos sitios de medición de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos (ver Tabla 2). El Anexo 2 presenta una descripción de la metodología propuesta para la recolección en campo y el análisis de laboratorio de recursos hidrobiológicos.

Adicionalmente, es importante considerar que para la calibración y validación del modelo de calidad agua se requiere monitorear los vertimientos directos priorizados, incluyendo la realización de aforos líquidos, en cada una de las campañas de monitoreo definidas. Para este propósito, deben considerarse los parámetros mínimos establecidos en la Tabla 2.

Todos los metales, metaloides e iones indicados en la Tabla 2 deberán monitorearse en las estaciones definidas sobre los cuerpos de agua; no obstante, se podrán descartar aquellos parámetros que no se consideren relevantes dadas las características geológicas, tipos y usos de suelo, coberturas vegetales, vertimientos puntuales y actividades económicas en la cuenca aferente a los cuerpos de agua objeto de ordenamiento, entre otros, lo cual deberá estar debidamente soportado en los informes que documenten el proceso de ordenamiento. Para los vertimientos, se podrán descartar los metales, metaloides e iones que no correspondan con las actividades que generan las respectivas aguas residuales; esto último deberá estar justificado en el documento, tomando como referencia la última versión de la norma de vertimientos, el tipo de actividades que generan aguas residuales, entre otros aspectos.

Es importante indicar que todas las mediciones de parámetros físicos, químicos y biológicos deben estar acompañadas por mediciones simultáneas de caudal en los puntos de monitoreo definidos. Asimismo, se debe realizar la caracterización de las condiciones climáticas presentes durante la toma de muestras.

Tabla 2. Parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos sugeridos para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos.

No.	Parámetros	Unidades	Analizar en:		
			Vertimientos ¹¹	Cuerpos lóticos	Cuerpos lénticos
In situ					
1	pH*	[Unidad]	X	X	X
2	Conductividad eléctrica*	[µS/cm]	X	X	X
3	Oxígeno disuelto*	[mg/L O ₂]	X	X	X
4	Temperatura del agua*	[°C]	X	X	X
Fisicoquímicos básicos					
5	Alcalinidad*	[mg/L CaCO ₃]	X	X	X
6	Dureza Total	[mg/L CaCO ₃]		X	X
7	DBO ₅ Total**	[mg/L O ₂]	X	X	X
8	DBO ₅ Filtrada**	[mg/L O ₂]	X	X	X
9	DBO ₅ Soluble**	[mg/L O ₂]	X	X	
10	DQO Total*	[mg/L O ₂]	X	X	X
11	DBO última**	[mg/L O ₂]	X	X	X
12	Sólidos suspendidos totales*	[mg/L]	X	X	X
13	Sólidos suspendidos volátiles*	[mg/L]	X	X	X
14	Sólidos sedimentables	[mL/L]	X		X
15	Sólidos disueltos totales	[mg/L]	X	X	X
16	Turbiedad	[UNT]	X	X	X
17	Nitrógeno total*	[mg/L N]	X	X	X
18	Nitrógeno amoniacal*	[mg/L N-NH ₃]	X	X	X
19	Nitritos*	[mg/L N-NO ₂]	X	X	X
20	Nitratos*	[mg/L N-NO ₃]	X	X	X
21	Fósforo total*	[mg/L P]	X	X	X
22	Ortofosfatos*	[mg/L P-PO ₄]	X	X	X
23	Fosfatos	[mg/L]	X	X	
24	Grasas y aceites	[mg/L]	X	X	X

⁶ Las algas son organismos fotosintéticos que habitan todo tipo de ecosistemas acuáticos. La comunidad del perifiton dominada principalmente por algas bentónicas (ficoperifiton) son aquellas que viven adheridas a un sustrato orgánico o inorgánico sumergido ubicados en la zona fótica de los ecosistemas lenticos y lóticos (Lowe & LaLiberte, 2007).

⁷ Los macroinvertebrados acuáticos son organismos cosmopolitas y ocupan una alta variedad de ecosistemas acuáticos. El termino macro hace referencia a la fauna de invertebrados (macroinvertebrados) que tienen tamaños mayores a 250 µm y los cuales pasan una o toda su etapa de su desarrollo (ninfa o larva y/o adulto) en el agua (Hauer & Resh, 2007).

⁸ La comunidad conformada por los peces se denomina ictiofauna. Los peces presentan una distribución cosmopolita y ocupa gran variedad de ecosistemas acuáticos. Su importancia no solo está dada por la biodiversidad sino por uso económico y de alimento para la población humana.

⁹ El fitoplancton corresponde a organismos microscópicos que se encuentran flotando libres principalmente en los ecosistemas lénticos (lagos, lagunas, humedales, etc.) y también en grandes ríos. Dentro de este grupo el fitoplancton lo componen los principales grupos de algas, las cuales se encuentran distribuidas en la columna de agua dependientes del factor de penetración lumínica y nutrientes disponibles.

¹⁰ Corresponden a un variado grupo de organismos como micro-crustáceos, ostrácodos, cladóceros y copépodos que presentan hábitos plantónicos en los ecosistemas acuáticos.

¹¹ Medir de acuerdo con la Resolución 0631 de 2015

No.	Parámetros	Unidades	Analizar en:		
			Vertimientos ¹¹	Cuerpos lóticos	Cuerpos lénticos
25	Tensoactivos aniónico método SAAM	[mg/L]	X	X	X
26	Fenoles	[mg/L]	X	X	X
27	Hidrocarburos totales del petróleo	[mg/L]	X	X	X
28	Compuestos organoclorados	[mg/L]			X
29	Compuestos organofosforados	[mg/L]		X	X
30	Sílice	[mg/L SiO ₂]			X
Metales y metaloides					
31	Arsénico (As)	[mg/L]	X	X	X
32	Bario (Ba)	[mg/L]	X	X	
33	Cadmio (Cd)	[mg/L]	X	X	
34	Cinc (Zn)	[mg/L]	X	X	X
35	Cobre (Cu)	[mg/L]	X	X	X
36	Cromo Total (Cr)	[mg/L]	X	X	
37	Hierro (Fe)	[mg/L]	X	X	X
38	Manganeso (Mn)	[mg/L]	X	X	X
39	Mercurio (Hg)	[mg/L]	X	X	X
40	Níquel (Ni)	[mg/L]	X	X	
41	Plomo (Pb)	[mg/L]	X	X	X
42	Selenio (Se)	[mg/L]	X	X	
43	Vanadio (Va)	[mg/L]	X	X	
Iones					
44	Cianuros	[mg/L CN ⁻]	X	X	X
45	Cloruros	[mg/L Cl ⁻]	X	X	X
46	Sulfatos	[mg/L SO ₄ ²⁻]	X	X	X
47	Calcio	[mg/L]		X	X
48	Magnesio	[mg/L]		X	X
49	Sodio	[mg/L]		X	X
Microbiológicos					
50	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X	X
51	Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X	X
52	Coliformes fecales	[NMP/100mL]	X	X	X
53	<i>E. coli</i>	[NMP/100mL]	X	X	X
Hidrobiológicos					
54	Perifiton	[# individuos/unidad de área] o [biomasa]		X	
55	Fitoplancton	[# individuos /Unidad de volumen] o [biomasa]			X
56	Clorofila-a*	[mg/L Chl-a] o [mg/unidad de área]		X	X
57	Zooplancton	[# individuos /Unidad de volumen] o [biomasa]			X
58	Macroinvertebrados	[# individuos/unidad de área] o [total de individuos por taxón] o [biomasa]		X	X
59	Macrófitas	[# individuos/unidad de área] o [total de individuos por taxón] o [biomasa]		X	X
60	Peces	[# individuos por especie] o [biomasa]		X	X

Notas:
 * La medición de los parámetros señalados se requiere para la modelación de la calidad del agua.
 ** Se debe inhibir la nitrificación en laboratorio de las DBO que sean analizadas.

Adicionalmente, para cuerpos de agua de tipo léntico, se debe realizar la caracterización de los sedimentos de fondo sobre los puntos de monitoreo definidos. La Autoridad Ambiental competente deberá considerar la pertinencia y relevancia de analizar y reportar los parámetros físicos, químicos y biológicos que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Parámetros sugeridos para el monitoreo de sedimentos de fondo en cuerpos de agua lénticos.

Parámetros	Unidades
Propiedades físicas	
Densidad total	[kg/m³]
Densidad de los sólidos	[kg/m³]
Granulometría e Hidrometría	No aplica
Características químicas en la fase sólida	
DBO ₅ total	[mg/Kg O ₂]
DQO total	[mg/Kg O ₂]
COT	[mg//Kg]
Material orgánico	[mg//Kg]
Nitrógeno total	[mg/Kg N]
Nitratos	[mg/L N-NO3]

Parámetros	Unidades
Fósforo total	[mg/Kg P]
Fósforo Reactivo soluble	[mg/kg]
Carbonatos	[mg/Kg]
Superficie específica	[m²/Kg]
Hierro extraído utilizando 0.5N HCl	[mg/Kg]
Compuestos organoclorados	[mg/Kg]
Compuestos organofosforados	[mg/Kg]
Arsénico, Bario, Cadmio, Mercurio, Plomo, Selenio, Vanadio	[mg/Kg]
Cromo total	[mg/Kg]
Manganeso	[mg/L]
Manganeso (II)	[mg/L]
Hierro	[mg/L]
Hierro (II)	[mg/L]
Compuestos organofosforados	[µg/kg]
Compuestos organoclorados	[µg/kg]
REDOX	[µg/kg]
Sulfuros	[µg/kg]
Características químicas en el agua de poros	
Oxígeno disuelto	[mg/L]
Nitratos	[mg/L]
Fosfatos	[mg/L]
pH	[Unidad]
Alcalinidad	[mg/L]
Nitrógeno amoniacal	[mg/L]
Sulfatos	[mg/L]
Sulfuros	[mg/L]
Cloruros	[mg/L]
Sodio	[mg/L]
Magnesio	[mg/L]
Hierro (II)	[mg/L]
Cinc	[mg/L]
Manganeso (II)	[mg/L]
DBO ₅ total	[mg/L]
DQO total	[mg/L]
Arsénico, Bario, Cadmio, Mercurio, Plomo, Selenio, Vanadio	[mg/L]
Cromo total	[mg/L]
Compuestos organoclorados	[mg/L]
Compuestos organofosforados	[mg/L]
Características biológicas	
Demanda béntica	[mgO ₂ /m²d]
Bentos	[ind/Kg]
Coliformes Totales	[NMP/100mL]
E Coli	[NMP/100mL]

2.2.8 Presupuesto para la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

A partir de la información recopilada y consolidada durante la fase de alistamiento institucional, la Autoridad Ambiental deberá elaborar el presupuesto preliminar para la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, dando alcance a lo establecido en el artículo 2.2.3.3.1.6. del Decreto 1076 de 2015. El presupuesto elaborado deberá incluir la estimación de los costos directos e indirectos requeridos para el desarrollo de todas las fases del plan.

Se anota que este presupuesto debe ser estimado de forma preliminar, a partir de la información recopilada durante la etapa de alistamiento institucional. En todo caso, como consecuencia de la información recopilada y analizada durante las fases posteriores, se podrá ajustar el presupuesto estimado. Por ejemplo, durante los trabajos de campo desarrollados en la fase de diagnóstico (ver numeral 3.2.2 del presente documento) es posible identificar nuevos usuarios y/o vertimientos que no fueron identificados durante la recopilación de información secundaria; lo anterior puede hacer necesario incrementar los puntos de monitoreo y/o los parámetros a monitorear durante las campañas, lo que implicaría ajustes en el presupuesto.

3 PASO A PASO PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO

En el presente capítulo se presenta una descripción detallada de las actividades requeridas para el desarrollo del proceso de ordenamiento del recurso hídrico, incluyendo la información requerida, las metodologías recomendadas y los resultados esperados de cada actividad. La Figura 6 presenta un esquema general de la metodología propuesta.

Como se observa en la Figura 6, una vez desarrolladas las actividades de priorización y acciones previas (descritas en detalle en el capítulo 2 del presente documento), se procede al desarrollo del proceso de ordenamiento. La metodología para el desarrollo dicho proceso ha sido dividida en cuatro fases, cada una de las cuales es descrita en detalle a continuación.

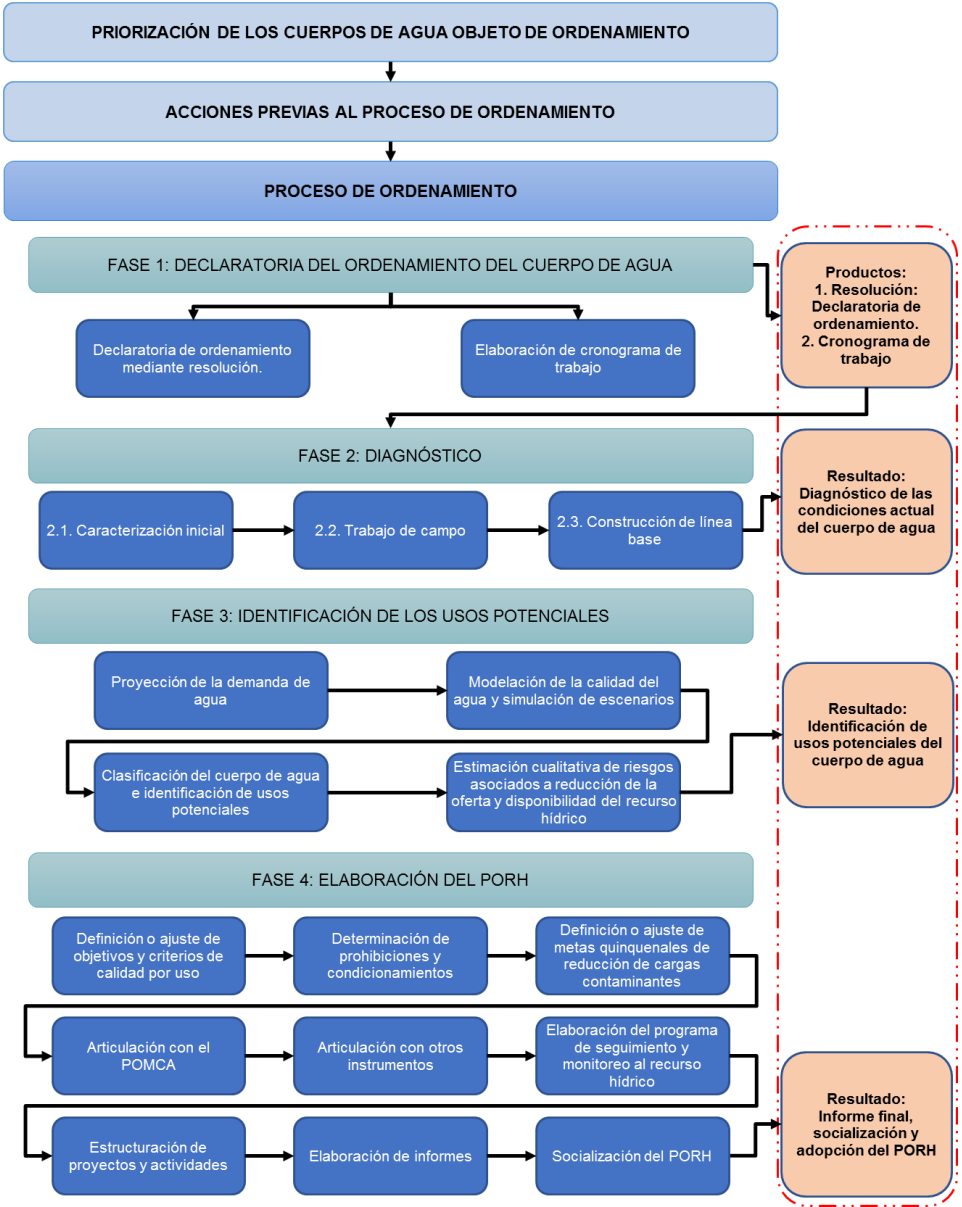


Figura 6. Esquema del proceso de formulación del PORH.

3.1 FASE 1: DECLARATORIA DEL ORDENAMIENTO DEL CUERPO DE AGUA

La Autoridad Ambiental competente o comisión conjunta según el caso, mediante resolución debe declarar en ordenamiento el cuerpo de agua.

Una vez declarado en ordenamiento el cuerpo de agua, se define el cronograma de trabajo con base en la información recopilada y en los requerimientos de información adicional identificados en el numeral 2.2. (Alistamiento institucional). Conforme al cronograma establecido y al presupuesto elaborado, se debe conformar el equipo de trabajo que estará a cargo de la elaboración de las diferentes fases del PORH.

3.2 FASE 2. DIAGNÓSTICO

En esta fase se busca establecer la situación ambiental actual del cuerpo de agua objeto de ordenamiento, teniendo en cuenta sus aspectos socio-económicos y físico-bióticos (involucrando parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos), con el fin de identificar los conflictos y restricciones del mismo. Esta fase implica desarrollar actividades de recopilación, organización y clasificación de información histórica y ejecutar programas de monitoreo, recolección y procesamiento de información de las condiciones actuales del cuerpo de agua. La Figura 7 presenta un esquema de la metodología propuesta para el desarrollo de la Fase 2.

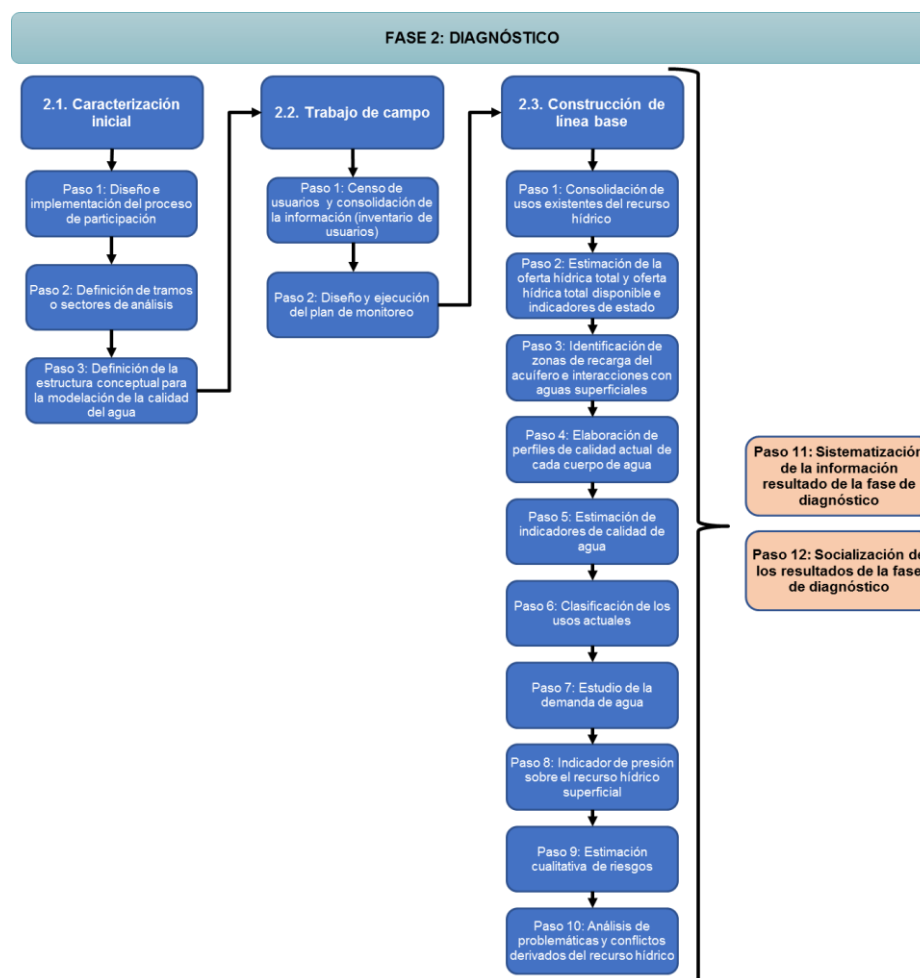


Figura 7. Desarrollo de la fase de diagnóstico.

Como se observa en la Figura 7, las actividades que componen la fase de diagnóstico han sido agrupadas en tres componentes, correspondientes a caracterización inicial, trabajo de campo y construcción de línea base. A continuación se presenta la descripción de las actividades que integran cada uno de dichos componentes.

3.2.1 Caracterización inicial

3.2.1.1 Diseño e implementación del proceso de participación

En este paso se formula y se pone en marcha una estrategia de participación en la construcción del PORH, que permita integrar el conjunto de los actores relevantes y representativos para el proceso de formulación e implementación del PORH. La participación de las partes interesadas en esta fase es importante por cuanto, además de legitimar el proceso, asegura el reconocimiento y caracterización de actores, el intercambio de la información relevante y la divulgación del estado del cuerpo de agua, los usos, usuarios y los conflictos.

El diseño del proceso de participación debe considerar toda la información recopilada durante el Alistamiento Institucional (numeral 2.2).

La estrategia debe ser el resultado de un análisis previo de actores representativos y relevantes al proceso de ordenamiento y por lo tanto deberá contemplar, entre otros:

1. Las actividades informativas a desarrollar que permitan a los actores representativos conocer el alcance, las actividades, el tiempo de desarrollo e implicaciones del instrumento de planificación.
2. El diseño de los mecanismos a través de los cuáles los actores podrán conocer los avances del proceso, sus resultados y hacer aportes. Deberá incluir los mecanismos de difusión permanente de los avances del proceso de planificación.
3. Las actividades que permitan poner en común los resultados del diagnóstico con los actores representativos en el marco del proceso de ordenamiento.
4. Las herramientas que apliquen para el tratamiento de problemáticas y conflictos asociados al agua, como las contempladas en la Guía metodológica para el diseño y la implementación de procesos de prevención y transformación de conflictos por el agua. Conceptos y herramientas de diálogo y negociación (Minambiente, 2017).

Se recomienda que el equipo social que acompañe el proceso de ordenamiento proponga, según las características de los actores, las mejores alternativas para agruparlos (grupos según tipo de usuario, grupos según mayores niveles de impacto en demanda o calidad, grupos de acuerdo con la zona, etc.). En todo caso, el equipo social deberá contar con el apoyo del resto del equipo técnico para el diseño e implementación de la estrategia de participación.

Adicionalmente, en el marco del diseño e implementación del proceso de participación, se deberá tener en cuenta la metodología, recursos, tiempos, protocolos de relacionamiento, diálogo y comunicación empática para efectuar el proceso de censo de usuarios (protocolos de la visita, los mensajes a posicionar, tono de la comunicación, manejo del rechazo, entre otros).

3.2.1.2 Definición de tramos o sectores de análisis

Este paso está enfocado en la definición de la unidad mínima de análisis para estructurar espacialmente los resultados de la formulación del PORH sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento. La definición de dichos tramos (segmentos homogéneos a lo largo de los sistemas lóticos) o sectores (áreas homogéneas en las superficies de los sistemas lénticos) deberá tener en cuenta los siguientes criterios:

- Características similares desde el punto de vista hidrológico, hidráulico, geomorfológico, ecológico, de usos del agua y del suelo y/o de la calidad del recurso hídrico. Para lo anterior, se debe tener en cuenta el resultado del censo de usuarios realizado (numeral 3.2.2.1).
- Cuando el cuerpo de agua en ordenamiento esté dividido en niveles subsiguientes o microcuencas, se deberán considerar los límites de dichos niveles como punto de cierre en la definición de tramos.
- Se debe tener en cuenta una caracterización hidromorfológica desde una visión jerárquica de procesos, la cual permita encontrar las relaciones entre las características hidráulicas, geomorfológicas, de calidad del agua e hidrobiológicas en sitios no monitoreados dentro de la red de drenaje. Esta caracterización deberá ser compatible con la usada para la estimación de caudales ambientales, de acuerdo con los lineamientos que se establezcan para dicho fin.

3.2.1.3 Definición de la estructura conceptual para la modelación de la calidad de agua

En este paso se definen los parámetros y escenarios a considerar, de manera que el plan de monitoreo a ejecutar, las actividades de campo y la recolección de datos respondan a las necesidades de información requeridas para alimentar el modelo. Esta actividad incluye:

- a) Establecimiento del Protocolo o marco de modelación, en concordancia con lo planteado en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico superficial continental.
- b) Definición de requisitos de información adicional para la implementación del modelo.
- c) Esquemas que indiquen: entradas, salidas, fuentes, sumideros y procesos físico-químicos y biológicos dominantes identificados en el sistema a modelar.
- d) Definición de los parámetros de calidad del agua a simular.
- e) Definición del número de campañas a realizar.
- f) Segmentación del sistema, teniendo en cuenta la definición de los tramos o sectores de análisis establecidos en el numeral 3.2.1.2 y los criterios de estabilidad y precisión numérica para la implementación del código del modelo seleccionado.
- g) Selección y/o construcción del código del modelo, comparando diferentes alternativas y aproximaciones existentes, en relación con las características del sistema.
- h) Descripción general de la estructura del modelo seleccionado y/o construido, incluyendo procesos modelados, ecuaciones matemáticas, variables de estado, parámetros del modelo, condiciones de frontera, condiciones iniciales, método de solución numérica o analítica, plataforma de solución, ventajas, limitaciones y suposiciones.
- i) Definición de criterios para la calibración y validación del modelo, lo cual incluye la descripción de la función objetivo, las tasas, constantes y velocidades de transformación por calibrar, y rangos, algoritmo(s) de calibración y validación y criterios de aceptabilidad del modelo.

3.2.2 Trabajo de campo

3.2.2.1 Censo de usuarios y consolidación de la información (inventario de usuarios)

En esta fase se deberá verificar, ajustar y complementar la información de los usuarios recopilada por la Autoridad en la fase de Alistamiento Institucional (sección 2.2). Para esto, se deberá realizar un censo que incluya a los usuarios con y sin permisos ambientales, y aquellos que están en proceso de obtención del permiso correspondiente, según los requerimientos de información establecidos en el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 955 de 2012, o la que la modifique o sustituya.

La información requerida corresponde a la que se recopila en el marco de las autorizaciones ambientales para el uso y aprovechamiento del recurso hídrico (concesiones de agua, PSMV y permisos de vertimientos). La información recopilada debe ser registrada en los formatos del RURH vigentes, los cuales contienen la información técnica, temática y legal de las concesiones y autorizaciones de vertimientos¹².

Para el levantamiento de información del censo se debe incluir el inventario, georreferenciación y descripciones de obras y estructuras hidráulicas, incluyendo:

1. Captaciones y vertimientos.
2. Sistemas de tratamiento para consumo humano que captan de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento. Tener en consideración información de aforos existentes, registros de caudal, sistemas de medición, cobertura del sistema.
3. Sistemas de tratamiento de aguas residuales de los cascos urbanos, centros poblados, industrias y agro industrias representativas, considerando entre otros: fecha de entrada en funcionamiento del sistema de tratamiento, coeficientes de retorno, aforos existentes, evaluación de eficiencia, programas, proyectos y actividades con cronograma e inversiones de los PSMV aprobados.
4. Obras de ocupación de cauces, playas y lechos.

¹² Las hojas de cálculo derivadas del formato del RURH las podrá encontrar en el siguiente enlace: <http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/pages/gestion.html>, plantilla Usuarios del agua, o directamente en: http://sirh.ideam.gov.co:8230/Sirh/pages/Plantillas_RURH.xls (último acceso: 09 de agosto de 2017).

5. Actividades de extracción, de aprovechamiento y de explotación de material de arrastre.

Con base en la información recopilada, se deberá estructurar en una base de datos el inventario de usuarios obtenido e incorporarla al sistema de información geográfica.

Los resultados deberán ser representados en un mapa, de manera que permita identificar el uso y ubicación por tramo de los cuerpos de agua objeto de ordenamiento.

3.2.2.2 Diseño y ejecución del plan de monitoreo

En este paso se realiza el diseño final y la ejecución del plan de monitoreo, con base en el pre-diseño establecido en el numeral 2.2.7, en la información recopilada en el numeral 2.2.4, en los usos de la tierra de las cuencas asociadas a los cuerpos de agua y en los usos actuales del agua. Esta información deberá ser complementada con la información consolidada como resultado del censo de usuarios elaborado (numeral 3.2.2.1).

Esta actividad incluye el diseño final del plan de monitoreo, en el que se debe incluir el número de campañas a efectuar, la micro-localización de los puntos o estaciones de muestreo, los parámetros físico-químicos y biológicos a medir, la programación y gestión de las muestras a efectuar, la logística necesaria y los laboratorios a emplear, entre otros aspectos. Dicho diseño deberá estar acorde con lo reportado en la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico superficial continental.

Para la toma de los parámetros físico-químicos, microbiológicos e hidrobiológicos se debe considerar lo siguiente:

- a) Para cuerpos de agua lóticos:
 - La toma de muestras se debe realizar siguiendo la misma masa de agua desde aguas arriba hacia aguas abajo, incluyendo los afluentes y vertimientos en el orden que confluyen en la corriente principal, para lo cual se deberá generar previamente un plan de monitoreo y tiempos de viaje.
 - Las muestras tomadas para los parámetros físico-químicos sobre los cuerpos de agua deben ser integradas en la sección transversal y en la profundidad, en los parámetros a los que haya lugar.
 - Las muestras de los parámetros microbiológicos se deberán tomar de forma puntual, en lo posible, en el centro del cauce o en la vertical asociada con el punto más profundo en la sección transversal.
 - Seguir la metodología para la recolección en campo y trabajo de laboratorio de macroinvertebrados acuáticos y algas perifíticas, de acuerdo con los protocolos de monitoreo hidrobiológico que expida el IDEAM (a manera de referencia, el Anexo 2 presenta una metodología para la recolección en campo y trabajo de laboratorio de parámetros hidrobiológicos).
 - Para la conformación del programa de tiempos de viaje para la toma de muestras siguiendo la misma masa de agua, se deben tener en cuenta uno o varios de los siguientes aspectos:
 - Resultados de los ensayos con trazadores.
 - Modelación hidrodinámica.
 - Modelación hidráulica para flujo uniforme, flujo gradualmente variado o flujo no permanente.
- b) Para cuerpos de agua lénticos, la Autoridad Ambiental competente deberá considerar la pertinencia y relevancia de lo siguiente:
 - Se deberá tomar una muestra integrada en la profundidad en la zona fótica y otra puntual representativa de la zona afótica o el hipolimnio, para su caracterización físicoquímica, microbiológica e hidrobiológica (fitoplancton y zooplancton).
 - Cuando existan captaciones de agua para consumo humano, se deberá tomar y analizar una muestra puntual a la altura de cada captación.
 - Se deberán obtener los perfiles de temperatura, conductividad y de oxígeno disuelto en toda la profundidad con un equipo perfilador tipo CTD-O (Conductividad-Temperatura-Profundidad con sensor de oxígeno disuelto) o mediante un método alternativo, y a partir de dichos perfiles determinar la estratificación del cuerpo de agua (reportando, por ejemplo, el epilimnio, el mesolimnio, el hipolimnio y la termoclina).
 - Se deberá estimar la profundidad de la zona fótica y reportar la profundidad de la toma de las muestras en la zona afótica.

En el caso de que se realicen ensayos con trazadores, se deberá reportar la siguiente información para cada tramo o sector monitoreado, a partir de la calibración de modelos de transporte de solutos y/o el análisis estadístico de los datos obtenidos en campo:

- a) Para cuerpos de agua lóticos:
 - Tiempo de primer arribo.
 - Tiempo medio de viaje (en el caso de inyección instantánea).
 - Tiempo al pico.
 - Tiempo de pasaje.
 - Coeficiente de dispersión longitudinal y área transversal efectiva del tramo.
 - Coeficientes de dispersión longitudinal, transversal y/o vertical, cuando se realicen ensayos con trazadores de inyección continua.
 - Fracción dispersiva.
- b) Para cuerpos de agua lénticos.
 - Coeficientes de dispersión/difusión longitudinal, transversal y/o vertical

Independientemente del tipo de cuerpo de agua, para cada sitio de monitoreo se deberá reportar lo siguiente:

- Estado del tiempo en el momento de la toma de muestras.
- Tipo de sedimento de fondo.

- Presencia de piscinas, rápidos, escalones, pozos, acumulación de sedimentos (barras de punta, islas, etc.) o similares.
- Malos olores, basuras, objetos flotantes u obstáculos.
- Estructuras hidráulicas y ocupaciones de cauce.
- Porcentaje aproximado de cobertura de vegetación acuática (macrófitas).
- Porcentaje aproximado de cobertura de sedimento fino de fondo.

Para cada alícuota tomada en campo, se deberá reportar la siguiente información atmosférica in situ. Esta información servirá como insumo para la simulación de la temperatura del agua durante la calibración del modelo de calidad del agua:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Temperatura del punto de rocío.
- Velocidad media del viento.
- Cobertura de nubes.
- Porcentaje de sombra sobre el cuerpo de agua.

Para cada estación de la red de monitoreo de cantidad y calidad del agua propuesta para la fase de diagnóstico, se deberá construir la sección topo-batimétrica que cubra todo el cauce principal y parte de la llanura inundable (si aplica). Los niveles y caudales medidos en los aforos líquidos deberán relacionarse con dichas secciones. Para el caso de cuerpos lénticos, se deberá levantar la batimetría correspondiente, obteniendo además las curvas nivel – volumen y nivel – área superficial.

Para cada aforo se deberá presentar la sección mojada y hacer entrega del formato de medición de caudal, reportando allí las velocidades, el ancho superficial, el área mojada, el perímetro mojado, la velocidad media, la profundidad media, la velocidad máxima y el caudal. Se deberán presentar los protocolos de monitoreo, toma, preservación, transporte y análisis de muestras, con su respectivo registro fotográfico.

Para el caso de cuerpos lénticos, con la información hidráulica obtenida, se debe reportar la longitud de mezcla en cada sitio de medición, estimada a partir de ecuaciones empíricas (e.g., Dingman, 2002; Kilpatrick y Wilson, 1989; Thomann y Mueller, 1987; Fischer et al, 1979; Day, 1977; Yotsukura y Cobb, 1972) y/o la simulación de modelos de zona de mezcla (e.g., CORMIX, Visual Plumes, tubos de corriente, dinámica de fluidos computacional; ver por ejemplo Rutherford, 1994) considerando diferentes condiciones de localización de la descarga (por ejemplo, central y lateral). Para el caso de cuerpos lénticos, la Autoridad Ambiental competente deberá considerar la pertinencia de analizar y reportar la extensión de la pluma contaminante proveniente de tributarios y/o vertimientos directos bajo diferentes escenarios de caudal descargado y nivel en el cuerpo receptor.

- Para la caracterización detallada de cada vertimiento, se debe tener en cuenta lo siguiente:
- La medición de caudales debe ser como mínimo de 8 horas para las descargas de los sistemas de alcantarillado.
- Se debe hacer la toma de muestras compuestas proporcionales al caudal, para un periodo de tiempo representativo de la actividad que lo produce.
- Los vertimientos se deben seleccionar de acuerdo con su nivel de impacto sobre el cuerpo de agua, o con deficiencias de información, entre otros.

La toma de muestras y los análisis de los parámetros físico-químicos y microbiológicos deben estar acreditados por el IDEAM. Para aquellos parámetros que no se encuentren acreditados, se deberán presentar los respectivos protocolos de toma, preservación, transporte y análisis de muestras.

Se sugiere que el monitoreo de la calidad del agua, cuando se trata de cuerpos de agua lénticos (incluyendo sus vertimientos, tributarios y efluentes directos), se realice por lo menos una vez al mes durante mínimo un año, con el fin de tener una aproximación inicial a la dinámica natural del cuerpo de agua y que, en este sentido, se proyecte el respectivo plan de monitoreo y seguimiento resultante de la formulación del PORH. El análisis de los sedimentos se puede realizar con una frecuencia menor.

3.2.3 Construcción de línea base

3.2.3.1 Consolidación de usos existentes del recurso hídrico

A partir de la información de usos actuales recopilada durante el alistamiento institucional (numeral 2.2.5) y del resultado del censo de usuarios descrito en el numeral 3.2.2.1, se deben consolidar los usos existentes del recurso hídrico superficial según lo establecido en el artículo 2.2.3.3.2.1., de la Sección 2, Capítulo 3, del Decreto 1076 de 2015.

3.2.3.2 Estimación de la oferta hídrica total y oferta hídrica disponible e indicadores de estado

La Oferta Hídrica Total – OHT es el volumen de agua por unidad de tiempo que fluye por la superficie del suelo, en condiciones naturales; es decir, es el volumen de agua que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lénticos. Esta variable se analiza para diferentes condiciones hidrológicas (año hidrológico seco, medio y húmedo). Por otro lado, la Oferta Hídrica Disponible – OHD es el volumen de agua superficial por unidad de tiempo que resulta de sustraer a la oferta hídrica total, el caudal ambiental.

Se debe estimar la oferta hídrica total y disponible a nivel de cuenca, subcuencas, tramos de estudio y puntos de monitoreo, para condiciones de años hidrológicos húmedo, normal y seco, considerando los principales procesos hidrológicos que influyen en el comportamiento del régimen natural de flujo, así como sus principales características (magnitud, duración, frecuencia, tasa de cambio, momento de aplicación), para efectos de la estimación del caudal ambiental desde un enfoque holístico. Para esto, se deben aplicar los lineamientos que establezca el MADS para la estimación de caudales ambientales en Colombia.

Asimismo, en este paso se deberán estimar los índices de aridez IA, de retención y regulación hídrica - IRH a nivel de cuenca, subcuencas, tramos y en los puntos de monitoreo establecidos, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM para la escala de trabajo respecto a su estimación y representación espacial.

3.2.3.3 Identificación de zonas de recarga del acuífero e interacciones con aguas superficiales

A partir de la información disponible y de recorridos de campo, se deben identificar posibles zonas de recarga de los acuíferos existentes en la cuenca. El objetivo de este paso consiste en identificar las posibles interacciones entre acuíferos y cuerpos de agua superficial. Asimismo, este paso genera un insumo para la clasificación de las aguas a realizar en la fase de elaboración, teniendo en cuenta la conservación de los acuíferos, según lo dispuesto en el artículo 2.2.3.2.20.1. del Decreto 1076 de 2015 (Clasificación de las aguas respecto a los vertimientos).

3.2.3.4 Elaboración de perfiles de calidad actual de cada cuerpo de agua

Los perfiles de calidad de agua se elaborarán con la información histórica existente y con la recopilada en las campañas de monitoreo. Su representación gráfica debe incluir:

- a) La evolución temporal de cada parámetro por estación.
- b) La evolución multianual de la calidad a lo largo del cuerpo de agua. Dicha evolución deberá estar representada por medio de bandas de máximos y mínimos, reportando además los valores promedio.
- c) La comparación entre los perfiles longitudinales obtenidos con los resultados para cada campaña de monitoreo en la fase de diagnóstico.

Dichos perfiles se deben construir según los resultados del plan de monitoreo para aquellos parámetros más relevantes para las condiciones de calidad y para todos los principales requeridos en la modelación de la calidad del agua.

Las representaciones deberán incluir los valores reportados de concentración y su comparación con los objetivos de calidad vigentes y con los criterios de calidad del agua más restrictivos según los usos de agua actuales.

3.2.3.5 Estimación de índices de calidad físico-química e hidrobiológica

A partir de los resultados de los análisis de las campañas de monitoreo, se deben calcular los índices de calidad que requiera la Autoridad Ambiental competente y estimar el Índice de Calidad – ICA, siguiendo la metodología propuesta para las Evaluaciones Regionales del Agua - ERA (IDEAM, 2013).

En el caso de los indicadores biológicos se debe aplicar el Índice de Calidad Ecológica (ICE) desarrollado por Forero et al., (2014) y que ha sido aplicado en los PORH listados en la sección 1.1. El ICE es un método para el desarrollo de sistemas de calidad biológicos basado en cualquier comunidad hidrobiológica. Este método basado en estadística multivariada tiene como objetivo determinar los valores óptimos y de tolerancia de un taxón en función de un gradiente ambiental; en este caso las variables físico-químicas. Uno de los objetivos de utilizar el ICE consiste en desarrollar indicadores biológicos ajustados a las particularidades que presenta cada cuenca a nivel regional. En el Anexo 3 se describe en detalle el desarrollo y posterior aplicación del ICE.

Es importante resaltar que los resultados del ICE serán más representativos en la medida en que se cuente con suficiente información para representar la variabilidad temporal y espacial de las condiciones que puedan afectar la distribución (óptimo y tolerancia) de cada taxón.

Teniendo en cuenta los requerimientos de información mencionados, y con el fin de contar con información consistente con la reportada por el IDEAM en sus diferentes publicaciones, se debe calcular el índice cualitativo de calidad del agua BMWP/Col (Roldán-Pérez, 2003), en el cual se asignan puntajes a las diferentes familias de macroinvertebrados a partir de su tolerancia a la contaminación orgánica, de acuerdo con criterios preestablecidos. El valor del índice es la suma de los puntajes de todas las familias.

De forma complementaria, la Autoridad Ambiental podrá aplicar otros índices que permitan usar la información hidrobiológica recolectada. Para tal fin, la Tabla 4 presenta algunas recomendaciones que cuentan con validación científica y que se pueden aplicar de manera regional, de acuerdo con las recomendaciones de sus autores. Lo anterior para dar cumplimiento a lo dispuesto en el numeral 9 del artículo 2.2.3.3.1.5., del Decreto 1076 de 2015, en relación con el recurso hidrobiológico, tanto en la priorización como en las posteriores determinaciones de prohibición por vertimientos.

Tabla 4. Índices bióticos propuestos para la evaluación de la calidad biológica del agua en ecosistemas acuáticos de Colombia.

Nombre Índice	Comunidad hidrobiológica	Observaciones	Autor(es)
Índice BMWP /Col	Macroinvertebrados acuáticos de ríos y quebradas.	Es un índice que requerirá ajustes a nivel regional y panel de expertos para asignación de valores de indicación. Nivel taxonómico familia.	Roldán-Perez (2003)
Índice Biótico Andino	Macroinvertebrados acuáticos de ríos y quebradas altoandinas (> 2000 msnm < 4500 msnm)	Similar a BMWP/Col, pero adaptado a ecosistemas lóticos altoandinos con extensa revisión de valores de tolerancia de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia. Nivel taxonómico familia.	Ríos-Touma et al. (2014)

Índice de Tolerancia Mínima macroinvertebrados Sabana de Bogotá	Macroinvertebrados acuáticos de ríos y quebradas.	Una metodología que se puede aplicar a otras regiones en Colombia. Aplica para ríos y quebradas de la Sabana de Bogotá. Nivel taxonómico Familia	Riss et al. (2002)
ICE _{Rn-MAE}	Macroinvertebrados de ríos y quebradas.	Desarrollado y aplicado para la cuenca del río Negro (Antioquia). Metodología que se puede aplicar para otras regiones en Colombia. A nivel taxonómico de género.	Forero et al. (2014)
Índice de Estado Limnológico	Multimétrico (Clorofila a, peces, algas y macroinvertebrados)	Desarrollado para ciénagas del Bajo Magdalena. Nivel taxonómico Familia o género.	Pinilla et al. (2010)
Índice IIBM	Multimétrico basado en macroinvertebrados	Desarrollado y aplicado para ciénagas de la cuenca media del río Magdalena. Nivel taxonómico Familia o género.	Martínez-Rodríguez & Pinilla-A. (2015)
Índice ICOL	Multimétrico (Algas, diatomeas, macroinvertebrados y macrófitas)	Desarrollado para humedales de la Sabana de Bogotá. Nivel taxonómico Familia o género.	Pinilla (2010)

Una vez calculados los valores de los índices hidrobiológicos (como mínimo ICE para diferentes comunidades), de acuerdo con la disponibilidad de información, se deben promediar los valores de dichos índices, utilizando el Índice Promedio Ponderado Hidrobiológico (IPPH) descrito en el Anexo 3.

El ICE en el primer desarrollo va a contar con una baja representatividad temporal, en general, de dos momentos dentro de un año hidrológico (ejemplo, caudales bajos y altos), por lo cual, los resultados obtenidos pueden ser insuficientes para capturar todo el gradiente ambiental al faltar información en otros momentos (ejemplo, transiciones y eventos extremos). Por ello, en estas primeras fases del desarrollo del ICE, se recomienda estimar el IPPH integrando los otros índices mencionados anteriormente. Una vez se tenga una alta representatividad temporal en los datos, el IPPH debe ser estimado con el ICE para las diferentes comunidades hidrobiológicas. El IPPH corresponde al indicador hidrobiológico que se usará para los análisis posteriores (estimación cualitativa de riesgos y definición de objetivos de calidad).

Por último, se recomienda evaluar la estructura y composición de las comunidades hidrobiológicas mediante la estimación de los índices o métricas de la diversidad biológica, los cuales corresponden a la abundancia/densidad, riqueza específica, diversidad de Shannon, equidad de Simpson y dominancia absoluta o dominancia relativa. Para mayor información sobre su aplicación se puede consultar Buckland et al. (2011). Estos índices de igual forma pueden ser utilizados para realizar el seguimiento de cambios a nivel espacial y temporal que presentan las comunidades analizadas.

3.2.3.6 Clasificación de los usos actuales

En este paso se clasifica y se representa gráficamente el resultado de la consolidación de información sobre usos actuales del recurso hídrico, considerando la distribución espacial en la corriente principal y los drenajes prioritizados para el ordenamiento. La clasificación deberá hacerse por tramo o sector e incluir la denominación de los usos, de acuerdo con lo establecido en el artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015. Un ejemplo de los resultados de la clasificación de los usos actuales se presenta en la Figura 8.

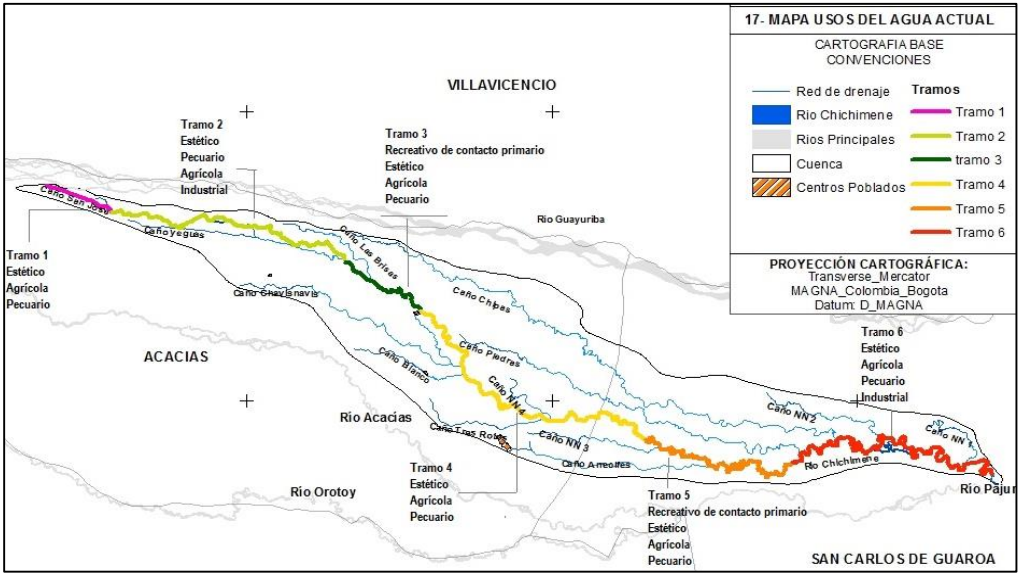


Figura 8. Mapa de clasificación de los usos actuales del agua.
Fuente: MADS y CORMACARENA, 2014.

3.2.3.7 Estudio de la demanda de agua

Se debe determinar la demanda actual del recurso hídrico a nivel de cuenca, subcuenca (tributarios directos a la fuente principal) y tramos de estudio para los usos establecidos en el artículo 2.2.3.3.2.1 del Decreto 1076 de 2015. Esta determinación debe realizarse de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM (2013); como resultado se debe presentar el respectivo mapa de demanda por cada uso y el mapa de demanda total.

3.2.3.8 Estimación de presión sobre el recurso hídrico superficial

Se debe estimar el índice de uso del agua (IUA) actual e índice de escasez a nivel de cuenca, subcuencas y tramos de estudio, de acuerdo con la propuesta metodológica del IDEAM (2013) respecto a su estimación y distribución espacial.

3.2.3.9 Estimación cualitativa de los riesgos asociados al estado y presión actual sobre el recurso hídrico

Se debe incorporar, como mínimo, un análisis cualitativo del riesgo asociado a la oferta hídrica disponible y los usos actuales y potenciales, a partir de los resultados del índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (IVH) actual, el índice de calidad físico químico (ICA), y el IPPH. La estimación de dichos índices debe realizarse por tramos de estudio, de acuerdo con lo definido en el numeral 3.2.1.2, y los resultados deben presentarse en mapas. En el anexo 4 se ofrecen algunas orientaciones para este análisis.

3.2.3.10 Análisis de problemáticas y conflictos derivados del uso del recurso hídrico

Se debe consolidar una base de datos de problemáticas y conflictos por tramo de estudio, a partir de la información de la base de datos o registro de peticiones, quejas y reclamos consolidados en el alistamiento institucional (ver numeral 2.2.6), complementada con la información de los usos del recurso hídrico obtenida de:

- los usos de la tierra previstos;
- la información de calidad del agua consolidada;
- los objetivos de calidad existentes;
- mesas de trabajo con el equipo de la Autoridad Ambiental competente, entre otra información.

3.2.3.11 Socialización de los resultados de la fase de diagnóstico

Se deberá realizar un espacio de socialización de los resultados de la fase de diagnóstico, en el que se presente el estado actual del cuerpo de agua, las principales presiones, problemáticas y conflictos asociados a su aprovechamiento. Se deberán implementar los procesos de prevención y transformación de problemáticas y conflictos por el agua considerados en el diseño de la estrategia de participación, considerando los resultados de lo establecido en el numeral 3.2.3.10.

El proceso de socialización deberá estar orientado a comunicar adecuadamente, es decir con prácticas, herramientas y medios comprensibles para la totalidad de actores, los resultados del diagnóstico para contribuir a la configuración de escenarios de usos sostenibles del recurso a ser considerados en la siguiente fase. Esta actividad debe apuntar a establecer el punto de partida para dar viabilidad a las transformaciones que se requerirán en las prácticas actuales de uso y aprovechamiento del recurso, con base en el conocimiento de los resultados de los análisis hechos al cuerpo de agua.

3.2.3.12 Sistematización de la información resultado de la fase de diagnóstico

Al finalizar la fase de diagnóstico se debe elaborar un informe que recoja los análisis, evidencias y resultados de las diferentes actividades y componentes, el cual deberá incluir los tramos con conflictos identificados, con el fin de caracterizar el escenario de condiciones actuales (línea base).

Se debe generar una copia digital de todos los soportes e insumos usados en los análisis realizados, así como de las evidencias del trabajo de campo y del trabajo con usuarios del cuerpo de agua objeto de ordenamiento.

3.3 FASE 3. IDENTIFICACIÓN DE LOS USOS POTENCIALES

Esta fase comprende el análisis de los usos potenciales del recurso, para diseñar los escenarios futuros de uso sostenible del recurso hídrico. La Figura 9 presenta un esquema de las actividades propuestas para el desarrollo de esta fase, cuya descripción detallada se presenta a continuación.

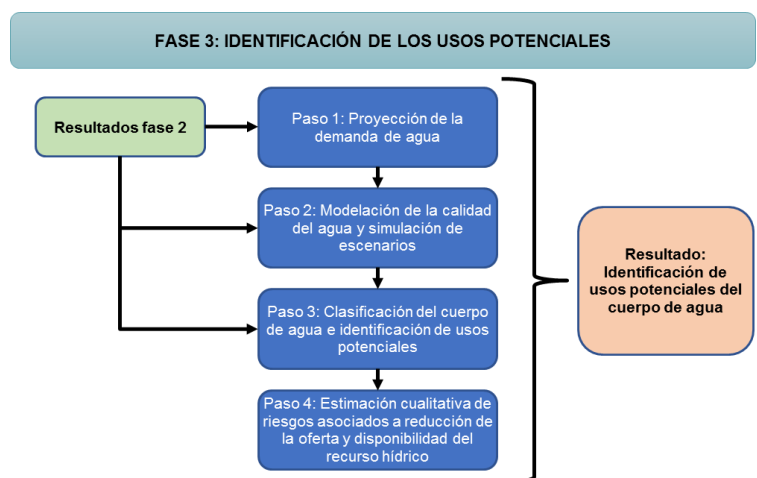


Figura 9. Desarrollo de la fase de identificación de usos potenciales.

3.3.1 Proyección de la demanda de agua

En este paso se proyecta la demanda para los diferentes escenarios de ejecución que establece el Plan de ordenamiento del recurso hídrico, de manera que se obtenga la tendencia en función de los posibles desarrollos socioeconómicos.

Para realizar la proyección de la demanda se deberán tener en cuenta:

1. Escenarios que contemplen las dinámicas poblacionales de acuerdo con la división política de los municipios, las veredas y centros poblados que vierten o captan agua sobre el cuerpo en ordenamiento.
2. Los proyectos de abastecimiento y de saneamiento para las poblaciones que vierten o captan sobre el cuerpo de agua en ordenamiento.
3. Las proyecciones de los usos de la tierra, y el desarrollo socioeconómico regional.

3.3.2 Modelación de la calidad del agua y simulación de escenarios

El objetivo de este paso es establecer el comportamiento más probable del cuerpo de agua en términos de su capacidad de asimilación y de autodepuración bajo diferentes escenarios de caudal en el cuerpo receptor y de carga contaminante en los tributarios y vertimientos. Para esto, es necesario implementar un modelo de calidad del agua del cuerpo de agua objeto de ordenamiento, que permita determinar su capacidad de asimilación y simular escenarios que permitan orientar la toma de decisiones a futuro. Con el fin de contar con un modelo que sea predictivo y que represente adecuadamente las características del cuerpo de agua, es necesario seguir un riguroso protocolo de modelación que permita orientar los procesos de calibración y validación del modelo, así como identificar y documentar adecuadamente las fuentes de incertidumbre asociadas.

En el modelo de simulación de la calidad del agua se considerarán escenarios de carga contaminante (provenientes de los análisis tendenciales de aspectos demográficos, de usos de la tierra, dinámica poblacional y sectorial, PSMV, entre otros relevantes en la región) en el corto, mediano y en largo plazo.

Los protocolos recomendados para la implementación, calibración y validación de modelos de calidad del agua se describen en detalle en la Guía Nacional de modelación del Recurso Hídrico superficial continental, por lo que el lector interesado en profundizar en estos procesos se debe remitir a dicho documento. En dicha guía se incluyen los procesos para efectuar una correcta calibración, validación y planteamiento de los escenarios futuros bajo diferentes condiciones propuestas. El resultado de la simulación de escenarios constituye un insumo que permitirá soportar la determinación de los usos potenciales del agua, la definición de objetivos de calidad y el establecimiento de cargas máximas permisibles.

3.3.2.1 Modelo de calidad del agua a escala regional

Esta actividad consiste en la implementación, calibración y validación de un modelo de calidad del agua, a escala regional, que incluya el cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus afluentes priorizados. El objetivo de esta actividad consiste en contar con un modelo predictivo que represente adecuadamente la capacidad de asimilación de los cuerpos de agua ante diferentes condiciones hidrológicas y de carga contaminante

La estructura topológica y morfométrica de la red de drenaje de una cuenca tiene alta influencia en la respuesta hidrológica del sistema y, en general, determina los mecanismos a través de los cuales se transporta agua y sedimentos hacia aguas abajo. Del mismo modo, los mecanismos a través de los cuales se transportan y asimilan solutos (conservativos y no conservativos) en la red de drenaje, están influenciados por la variabilidad espacial y temporal del régimen de caudales, la estructura morfológica de la red de drenaje, y las variables que susciten interés ambiental.

Dichos factores definen el factor de asimilación (Chapra, 1997), el cual permite establecer la respuesta del sistema fluvial ante las cargas contaminantes vertidas al mismo. El factor de asimilación se calcula a partir de la ecuación [1], donde W representa la carga contaminante al inicio del tramo (ver Figura 10), c la concentración al final del tramo y a el factor de asimilación. Éste último depende de las características físicas (hidráulicas), químicas y biológicas de la fuente receptora.

$$c = \frac{1}{a}W$$

[1]

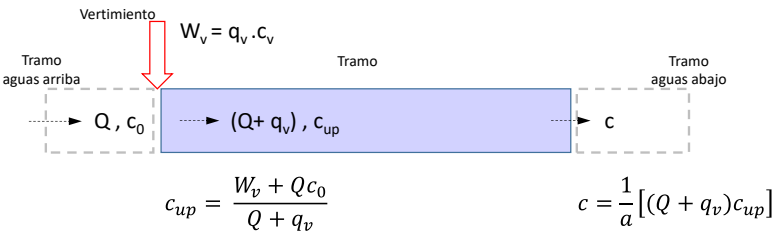


Figura 10. Esquematzación de la aplicación del factor de asimilación en la escala de tramo. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.

El modelo de calidad del agua a escala regional debe ser implementado de tal forma que sea posible simular perfiles de calidad de agua a lo largo de los cuerpos de agua de interés en el área de estudio. Para ello se recomienda seguir el procedimiento ilustrado en la Figura 11 y descrito a continuación.

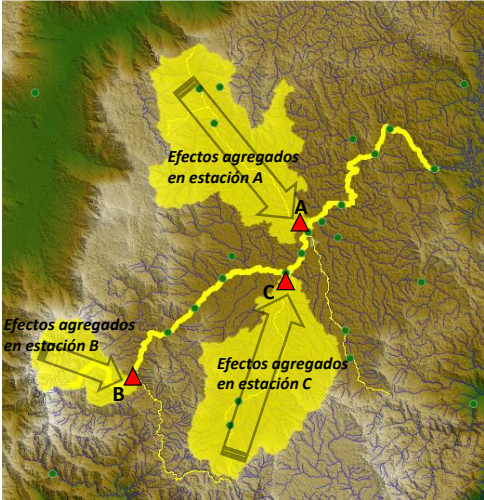
Inicialmente deben definirse los tramos de corriente a lo largo de los cuales se evaluarán las posibles problemáticas o conflictos relacionados con la disponibilidad hídrica y la calidad del agua, de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 3.2.1.2 del presente documento. Como criterios adicionales para la definición de los tramos de modelación se pueden considerar, como mínimo:

- Localización de captaciones superficiales
- Localización de vertimientos puntuales
- Localización de obras de infraestructura hidroeléctrica
- Sitios de monitoreo

En la Figura 11-a, se presenta un ejemplo de la construcción de un modelo regional de calidad del agua, en donde se observa la mayor disposición de estaciones de registro de calidad de agua en el cuerpo de agua principal, con un menor número de estaciones de monitoreo en los afluentes. En dicha figura, los tramos definidos corresponden a los segmentos de río localizados entre sitios de monitoreo (puntos verdes).



(a) Definición de tramos de análisis de acuerdo con la disponibilidad de información.



(b) Esquematzación de condiciones de frontera en sitios de monitoreo que recogen efectos acumulativos de subcuencas en el área de estudio

Figura 11. Esquema de modelación de calidad del agua a escala regional.
Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.

Como se observa en la Figura 11-a, es posible no contar con registros de calidad de agua en la totalidad del área de estudio ni tampoco con identificación de todas las fuentes puntuales de contaminación en la misma. Por ello, el siguiente paso consiste en identificar aquellas estaciones de monitoreo de calidad de agua que, por su ubicación, recogen los efectos acumulativos de subzonas específicas, para definir las como condiciones de frontera del modelo de calidad de agua que se emplee. En la Figura 11-b se ilustra la definición de tres condiciones de frontera que recogen los efectos acumulativos al inicio del tramo de análisis (estación B) y dos cuencas tributarias a lo largo del mismo (estaciones A y C). Cabe agregar que, conforme se tenga mayor conocimiento de la localización espacial de fuentes puntuales de contaminación en dichas cuencas, podrá prescindirse de las estaciones A, B y C como condiciones de frontera y en su lugar integrarlas al conjunto de sitios de monitoreo que pueden emplearse para verificar, calibrar y validar el modelo de calidad de agua empleado.

Una vez implementado el modelo regional de calidad del agua, éste debe ser calibrado y validado, de acuerdo con los lineamientos descritos en la guía de modelación del Recurso Hídrico superficial continental. En términos generales, el modelo debe ser calibrado con los resultados de la campaña de monitoreo realizada en condiciones de caudales mínimos, y validado usando los resultados de una segunda campaña de monitoreo, realizada durante una condición hidrológica diferente. Se debe seguir un riguroso protocolo de calibración y validación objetiva que permita obtener un modelo predictivo, mediante la selección de los valores óptimos de los parámetros, seleccionados a partir de una función objetivo que se adapte a las particularidades y a la disponibilidad de información de cada caso de estudio.

3.3.2.2 Simulación de escenarios

Una vez se cuente con un modelo de calidad del agua calibrado y validado, que represente adecuadamente las transformaciones y procesos que ocurren en el cuerpo de agua en estudio, dicho modelo puede ser usado para la simulación de escenarios que permitan apoyar la toma de decisiones en fases posteriores del proceso.

Se debe considerar que, para cuerpos lóticos, el escenario base consiste en la respuesta del modelo calibrado y validado bajo condiciones de caudal representativo de condiciones mínimas sobre el cuerpo receptor, calidad del agua en época seca o caudales más bajos medidos (para ambas condiciones de caudal sobre la corriente) y considerando las eficiencias actuales de tratamiento de aguas residuales en los sistemas en operación y porcentaje de recolección de aguas residuales.

En los escenarios de simulación proyectados se deben considerar las diferentes herramientas de planificación y administración (PSMV, metas de carga contaminante, planes de reconversión a tecnologías limpias y demás herramientas relacionadas con la gestión integral del recurso hídrico), establecidas en el corto, en el mediano y en el largo plazo. De esta forma, se deben considerar las captaciones del recurso hídrico de acuerdo con los usuarios actuales y con las proyecciones de demanda, además de los permisos de vertimiento solicitados u otorgados por la Autoridad Ambiental competente. En este sentido, se deben contemplar las proyecciones de infraestructura y actividades económicas a desarrollar en la cuenca, para lo cual se deberá considerar la información de los Planes de desarrollo, de los Planes de Ordenamiento Territorial, así como información adicional suministrada por las oficinas de Planeación o curadurías. Asimismo se deben tener en cuenta los usos de la tierra en el área de drenaje respectiva y sus dinámicas con el recurso hídrico de acuerdo a la información recopilada a partir de lo establecido en la sección 2.2 y los resultados del proceso de participación.

El planteamiento de los escenarios de simulación debe ser coordinado por el equipo de trabajo teniendo en consideración entre otros aspectos la participación de actores que tengan amplio conocimiento de la dinámica del cuerpo de interés. Con el fin de incorporar en el análisis las condiciones críticas de calidad del agua (mínima capacidad de asimilación en el cuerpo de agua), para todos los escenarios de simulación se deberán simular condiciones de caudales característicos de condiciones mínimas.

La Tabla 5 presenta algunos criterios mínimos a tener en cuenta para el planteamiento de escenarios de simulación en cuerpos lóticos, incluyendo las condiciones recomendadas de caudales y calidad del agua en el cuerpo de agua principal, tributarios y vertimientos. Así mismo, en caso de identificar actividades de ganadería y/o agricultura intensiva en las laderas que drenan al cuerpo de agua, se deberán tener en cuenta aspectos complementarios como los aportes difusos debidos a contaminación por escorrentía superficial (e inclusive subsuperficial) y el aumento de la capacidad de transporte de sedimentos y resuspensión del material de fondo.

Adicionalmente, si la Autoridad Ambiental competente lo considera pertinente, para los cuerpos lóticos se podrá considerar la simulación de los escenarios presentados en la Tabla 5, con condiciones de caudal y calidad en periodos de transición o de aguas altas en el cuerpo receptor y sus tributarios naturales. Estos escenarios pueden ser de interés, por ejemplo, en casos en los que la re-suspensión de sedimentos pueda afectar las condiciones de calidad del agua en dichas épocas. De esta forma, se podrán proyectar objetivos de calidad dependiendo de las condiciones hidrológicas a lo largo del año.

Tabla 5. Criterios mínimos a considerar para el planteamiento de escenarios de simulación en cuerpos lóticos.

Escenario	Cuerpo de agua receptor (principal)		Tributarios		Cargas puntuales o difusas (vertimientos)	
	Caudal	Calidad del agua - cabecera	Caudal	Calidad del agua	Caudal	Calidad del agua
Línea Base	Caudal característico de condiciones mínimas.	Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo	Caudal característico de condiciones mínimas.	Condiciones medidas para el escenario base con caudal bajo	Condiciones actuales	
Carga Máxima Permissible				Condiciones de escenario(s) crítico(s) definidos	Proceso iterativo de verificación para determinar las cargas máximas permisibles para cada vertimiento puntual	
Corto plazo				Escenario base (caudal bajo) o con medidas o acciones planificadas	Máximo proyectado al corto plazo	Concentraciones máximas proyectadas al corto plazo
Mediano plazo				Con medidas o acciones planificadas a los escenarios	Máximo proyectado al mediano plazo	Concentraciones máximas proyectadas al mediano plazo
Largo plazo					Máximo proyectado al largo plazo	Concentraciones máximas proyectadas al largo plazo

Para los escenarios de largo plazo, cuando exista información disponible de los efectos del cambio climático en la respuesta hidrológica, el caudal de entrada para la simulación de escenarios deberá considerar tales proyecciones para las condiciones más críticas.

En el caso de cuerpos lénticos, se deberán considerar adicionalmente los anteriores escenarios bajo condiciones de transición y/o de aguas altas, con el fin de tener en cuenta el efecto de los aportes difusos de contaminación por escorrentía superficial. En el caso de contar con información continua en el tiempo, se sugiere que el modelo de calidad del agua sea dinámico y que, en este sentido, se ajuste la respectiva estrategia de calibración y validación.

Es importante mencionar que, para el caso de cuerpos lénticos, la modelación de la calidad del agua debe tener en cuenta la influencia de la hidrodinámica en los procesos de transporte de solutos y en las transformaciones físico-químicas que ocurren en el cuerpo de agua. De acuerdo con las particularidades de cada caso de estudio, se debe identificar la necesidad de involucrar el efecto del viento, de los afluentes, y la estratificación térmica, entre otros aspectos, en la modelación de la calidad del agua. De esta manera, a partir del análisis y la construcción de un modelo conceptual robusto, se deberá seleccionar una estrategia de levantamiento de información y de modelación que involucre los principales procesos de interés (por ejemplo, un modelo hidrodinámico en dos o en tres dimensiones, inclusión de dinámica marítima en cuerpos de agua influenciados por este tipo de procesos, etc.).

3.3.3 Clasificación del cuerpo de agua e identificación de usos potenciales

Se efectuará la clasificación del cuerpo objeto de ordenamiento para cada tramo o sector de análisis, según las definiciones contenidas en el artículo 2.2.3.2.20.1. del Decreto 1076 de 2015 (Clasificación de las aguas con respecto a los vertimientos). Dicha clasificación deberá presentarse de forma gráfica, en un mapa a escala adecuada, con el fin que permita a la Autoridad identificar por tramo definido el tipo de uso y su clasificación.

Paralelo a esto, se deben identificar los usos potenciales del recurso para el corto, mediano y el largo plazo en función de la clasificación del cuerpo de agua, sus condiciones actuales y los conflictos existentes. Para ello se debe tener en cuenta el análisis de los usos actuales, los resultados de los escenarios planteados (ver numeral 3.3.2.2) y adicionalmente la siguiente información:

1. La línea base de la fase de diagnóstico en sus diferentes componentes (características físicas, químicas, biológicas, entorno geográfico, valor escénico y paisajístico, las actividades económicas y las normas de calidad necesarias para la protección de flora y fauna acuática, entre otros).
2. Estudios de suelos disponibles, en especial los mapas de agrología.
3. Mapa de cobertura de usos de la tierra
4. Los usos del suelo definidos en los Planes de ordenamiento territorial.
5. La zonificación ambiental en donde hay POMCA aprobado.
6. Planes de desarrollo formulados por las entidades territoriales
7. Ecosistemas y áreas de importancia estratégica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, entre otros:
 - Áreas protegidas de orden nacional y regional declaradas, públicas o privadas (Sistemas de Parques Nacionales Naturales, Reservas Forestales Naturales, Parques Nacionales Regionales, Distritos de manejo integrado, áreas de recreación, reservas naturales de la Sociedad civil).
 - Áreas complementarias para la conservación (Reserva de la Biósfera, RAMSAR, AUCAS, Patrimonio de la Humanidad, Reserva de Ley 2 de 1959, Zonas de protección de acuerdo con el POT).
 - Áreas de importancia ambiental (páramos, humedales, manglares, entre otras).

- Áreas de reglamentación especial (territorios étnicos, áreas de patrimonio cultural e interés arqueológico).

8. Otras particularidades de la región que puedan determinar condiciones futuras de calidad o cantidad en el cuerpo de agua en ordenamiento.

Como resultado de esta actividad se debe generar un mapa con los usos potenciales identificados para cada uno de los tramos o sectores de análisis.

3.3.4 Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico

Con los resultados del cálculo de la demanda proyectada se deberá estimar el IUA y el IVH de manera que permitan identificar las posibles problemáticas potenciales asociadas a la reducción de oferta y a la disponibilidad por cantidad, para los diferentes escenarios de ejecución del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Se debe incorporar al análisis el componente del riesgo asociado a la disponibilidad por calidad, a partir de los resultados del índice de calidad físico químico ICA (IDEAM, 2010) y el IPPH, por tramos de estudio, con su respectivo mapa. En el anexo 4 se ofrecen algunas orientaciones para este análisis.

3.4 FASE 4. ELABORACIÓN DEL PLAN

A partir de los resultados obtenidos de las fases anteriores, se debe elaborar el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, en el que se recojan los aspectos a que se refiere el numeral 4 del artículo 2.2.3.3.1.8. del Decreto 1076 de 2015. El plan establecerá los programas, proyectos específicos y directrices para la administración, control y vigilancia del recurso hídrico, en un horizonte de al menos 10 años.

Para la elaboración del documento final del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico se deberán desarrollar las actividades presentadas en la Figura 12, las cuales se describen en detalle a continuación.

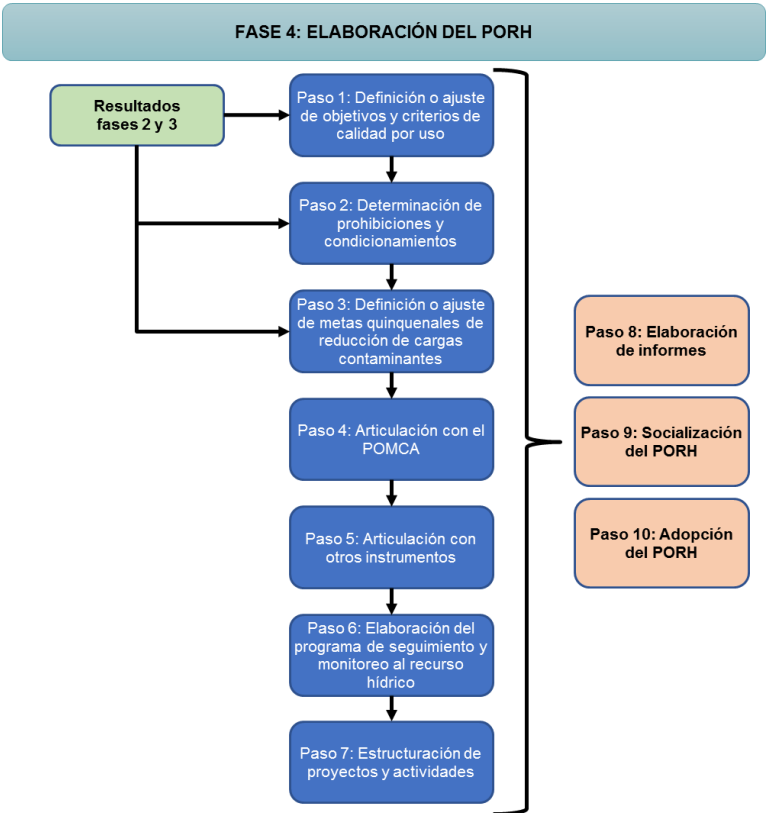


Figura 12. Desarrollo de la fase de elaboración del PORH.

3.4.1 Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por uso

A partir de la clasificación del cuerpo de agua y de los usos actuales y potenciales identificados para cada tramo o sector (ver numeral 3.3.3), se deberán definir o ajustar los objetivos de calidad correspondientes a cada uso identificado. De esta forma se procederá a ajustar o definir objetivos de calidad a alcanzar en el corto, en el mediano y en el largo plazo teniendo en cuenta:

- Línea base de calidad existente.
- Los usos actuales y potenciales del recurso por tramos o sectores.
- Cargas contaminantes actuales y proyectadas.
- Condiciones de tratamiento y saneamiento previstas en el corto, mediano y largo plazo.

Se recomienda incorporar, como mínimo, la información presentada en la Tabla 6.

Tabla 6. Información asociada a usos, objetivos de calidad y criterios de calidad por uso.

Número de tramo	Nombre del tramo	Parámetro de calidad	Unidad	Corto plazo		Mediano plazo		Largo plazo	
				Uso	Objetivo de calidad	Uso	Objetivo de calidad	Uso	Objetivo de calidad

3.4.2 Determinación de prohibiciones y condicionamientos

Teniendo en cuenta los usos potenciales definidos y sus objetivos de calidad asociados, se derivarán las restricciones de actividades socioeconómicas en el cuerpo de agua o en sectores del mismo y se fijarán las zonas en las que se prohíbe o condiciona la descarga de aguas residuales o residuos líquidos o gaseosos (vapores y gases inyectados al recurso), provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales. Para el desarrollo de esta actividad se usarán como insumos los resultados de los escenarios modelados (ver numeral 3.3.2.2).

3.4.3 Definición o ajuste de metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes

Se deberán considerar las metas quinquenales que se encuentren definidas para los cuerpos de agua o tramos de los mismos, y éstas se analizarán teniendo en cuenta la línea base de calidad y los escenarios de modelación. A partir de ello se deberá:

- a. Evaluar su aporte al cumplimiento de los objetivos de calidad existentes y a los ajustados para el corto, el mediano y el largo plazo en el marco del ordenamiento.
- b. Determinar cargas máximas permisibles por tramo, de manera que sirvan de base para la definición de metas globales de carga contaminante para el siguiente quinquenio.

Si el tiempo de formulación del PORH y el vencimiento de las metas de carga contaminante coinciden, se deben definir las nuevas metas en el marco del ordenamiento. En caso contrario, los resultados del PORH podrán ser usados a futuro en el ajuste de las metas quinquenales de reducción.

3.4.4 Articulación de los resultados del PORH con el plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas - POMCA

Cuando exista POMCA aprobado, los objetivos de calidad y los usos del agua definidos como resultado del PORH se deberán analizar en función del cumplimiento de la zonificación ambiental y del componente programático. Para lo anterior se deberán considerar, como mínimo, los siguientes aspectos:

- a. Los programas del POMCA que desarrollan los temas de calidad y cantidad del recurso hídrico y el aporte del ordenamiento en el cumplimiento de los objetivos de dichos programas.
- b. El análisis de los indicadores de línea base del POMCA respecto a la información obtenida en la fase de diagnóstico del PORH.
- c. La actualización de los escenarios en el tema de recurso hídrico según la disponibilidad de mayor detalle de información que posea el PORH.
- d. La definición del programa de monitoreo y seguimiento del PORH teniendo como base de lo establecido en el POMCA.

De lo anterior se debe generar una propuesta de ajustes pertinentes al POMCA en los temas que se consideren críticos para el logro de los objetivos y criterios de calidad y los usos definidos del recurso hídrico (programas, proyectos o actividades).

La propuesta de ajuste al POMCA derivada del PORH, deberá ser analizada y aprobada en el marco de la Comisión Conjunta, cuando exista, y en los términos que establece el artículo 2.2.3.1.5.6., de la sección 5 del Decreto 1076 de 2015 (o aquel que lo sustituya o modifique) para tales fines.

3.4.5 Articulación de los resultados del PORH con otros instrumentos

De acuerdo con el Parágrafo 1° del artículo 2.2.3.3.1.8. del Decreto 1076 de 2015 se establece que el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico deberá definir la conveniencia de adelantar o ajustar la reglamentación del uso de las aguas y la reglamentación de vertimientos, y dará los lineamientos para los trámites de concesiones de agua y permisos de vertimiento. Así mismo, dará lugar al ajuste de los planes de saneamiento y manejo de vertimientos y por ende de las metas de reducción, según sea el caso.

Los resultados del PORH deberán ser considerados como un determinante ambiental en la actualización de los instrumentos de ordenamiento territorial con relación a: la oferta hídrica disponible, los objetivos de calidad y las prohibiciones y condicionamientos derivadas de ello.

3.4.6 Elaboración del programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico

Para medir la efectividad del PORH, es necesario que se establezca un programa específico que defina las actividades necesarias, requerimientos logísticos y los tiempos pertinentes para el monitoreo y seguimiento de los criterios y objetivos de calidad. Adicionalmente, se deberán incorporar el seguimiento a los indicadores hidrobiológicos.

La Autoridad Ambiental competente definirá los indicadores que permitan verificar en el corto, mediano y largo plazo la implementación del programa de seguimiento, tales como: número de acciones de monitoreo, número de acciones de control y vigilancia, informes o conceptos de seguimiento y monitoreo, entre otros.

El monitoreo con propósitos de seguimiento debe realizarse, como mínimo, dos veces al año, buscando caracterizar condiciones hidrológicas contrastantes.

3.4.7 Estructuración de proyectos y actividades

Se deberán formular los proyectos y actividades para el ordenamiento del recurso hídrico, con cronograma, inversión requerida e indicadores para el corto, el mediano y el largo plazo. Se deberán incluir las acciones pertinentes para la expedición de las normas a que haya lugar para la preservación de la calidad del recurso con fines de cumplir los usos y objetivos de calidad definidos y asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.

Los indicadores deben ser medibles y permitir verificar el cumplimiento de las acciones propuestas para reducción de la contaminación (carga total reducida, cuerpos de agua que cumplen criterios y límites establecidos, entre otros). Se deben considerar indicadores que permitan verificar el logro de las metas directamente relacionadas con la recuperación del recurso que están asociadas a la gestión de la autoridad ambiental tales como usuarios legalizados, usuarios que cumplen metas de reducción, medidas de administración implementadas, entre otros.

Los proyectos y actividades deberán estructurarse de manera que recojan en lo pertinente los objetivos de la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico vigente.

3.4.8 Elaboración de informes

Con fundamento en la información obtenida de las actividades anteriores, se elaborará un informe final que contenga, como mínimo:

- a. La clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento;
- b. El inventario de usuarios;
- c. El uso o usos a asignar;
- d. Los criterios de calidad para cada uso;
- e. Los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo;
- f. Las metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes;
- g. La articulación con el Plan de Ordenación de Cuencas Hidrográficas en caso de existir y,
- h. El programa de seguimiento y monitoreo.
- i. Cada uno de los productos y resultados de los pasos indicados en las fases 1, 2 y 3.

Basado en lo anterior, se deberá elaborar un informe ejecutivo, en el que se presenten los principales componentes del Plan de tal manera que permita sintetizar los resultados de cada fase y los proyectos y actividades definidos.

3.4.9 Socialización del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

Con el fin difundir los resultados del PORH, se sugiere realizar una presentación que refleje el contenido del documento ejecutivo. Su difusión se hará a través de los canales y espacios de comunicación de que disponga la Autoridad Ambiental competente.

Como parte del desarrollo de la estrategia de participación diseñada en la fase de diagnóstico (ver numeral 3.2.1.1), en este paso se deberán socializar los resultados del PORH. Para esto, el equipo técnico del PORH preparará una síntesis de los resultados, didácticamente diseñada para facilitar su comprensión.

3.4.10 Adopción del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico

La Autoridad Ambiental competente deberá adoptar mediante resolución el Plan de ordenamiento del recurso hídrico - PORH¹³. Los mecanismos de difusión del acto administrativo deberán realizarse atendiendo los procedimientos establecidos en el ordenamiento jurídico.

4 BIBLIOGRAFÍA

Arocena, R. y Mazzeo, N. (1994). Macrófitas acuáticas de un arroyo urbano en Uruguay: su relación con la calidad del agua. *Revista de biología tropical* 42.3 (1994): 723-728.

Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder y Stribling J.B (1998). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, Second Edition. In: US Environmental Protection Agency Office of Water Washington DC. M. T. Barbour, J. Gerritsen, B. D. Snyder, and J. B. Stribling (eds.): 339. USEPA. Washington, DC.

Buckland, S.T., A.C. Studeny, A.E. Magurran & Newson S.E. (2011). Biodiversity monitoring: the relevance of detectability. In: *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. A. E. Magurran and B. J. McGill (eds.): 25–36. Oxford University Press. Oxford.

Chalar, G., Arocena, R., Pacheco, J. P., & Fabián, D. (2011). Trophic assessment of streams in Uruguay: A Trophic State Index for Benthic Invertebrates (TSIBI). *Ecological Indicators*, 11, 362-369.

Chapra, S. C. (1997). *Surface water-quality modeling*. Long Grove: Waveland Press, Inc.

Colombia. Presidencia de la República-CNRNR. (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Bogotá D.C.

Colombia. Presidencia de la República-D 1076, (2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Congreso de Colombia -CP. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogotá D.C.

¹³ De conformidad con lo establecido en el numeral 4 del artículo 2.2.3.3.1.8. del Decreto 1076 de 2015: "El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico será adoptado mediante resolución"

Página 29 de 46

- Congreso de Colombia -L99. (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. Bogotá D.C.]
- Congreso de Colombia.- Ley 1450 (2010). Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014.
- Day, T. J. (1977). Longitudinal dispersion of fluid particles in mountain streams: 1. Theory and field evidence. J. Hydro. (N.Z.), 16 (1), 7-25
- Dingman S.L. (2002). Physical Hydrology. 2nd edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Fischer, H. B., List, E. J., Koh, R. C., Imberger, J., & Brooks, N. H. (1979). Mixing in inland and coastal waters. London: Academic Press, Inc.
- Forero L, Longo M, Ramírez JJ y Chalar G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICERN-MAE), Colombia. Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744) Vol. 62 (Supl. 2): 233-247.
- Forero L. 2012. Elaboración de un Índice para la Evaluación de la Calidad Ecológica de la cuenca del Río Negro (Antioquia). Con base en los Macroinvertebrados Bentónicos. Tesis de Pregrado en Biología. Universidad De Antioquia. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Instituto de Biología.
- Guisande-González, C., Barreiro-Felpeto, A., Maneiro-Estraviz, I., Riveiro-Alarcón, I., Vergara-Castaño, A. y Vaamonde-Liste, A. (2006). Tratamiento de Datos. Galicia, España: Ediciones Díaz de Santos.
- Gutiérrez F. P. (2010). Los recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales en Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 118 pp.
- Haase, R., & Nolte, U. (2008). The invertebrate species index (ISI) for streams in southeast Queensland, Australia. Ecological Indicators, 8, 599-613.
- Hauer, F. y V.H. Resh V.H. (2007). Macroinvertebrate. In: Stream Ecology. F. Hauer and V. H. Resh (eds.): 895. Elsevier Inc. San Diego, California.
- Hidalgo, J.C.; Montano, J.J.; Estrada, M.S. (2005). Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. (Aplicações recentes de tratamento de águas residuais com plantas aquáticas). Theoria, Vol. 14 (1).
- IDEAM. (s.f.) Protocolo de Monitoreo del agua.
- IDEAM (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 408 pp., ISBN: 978-958-8067-32-2.
- IDEAM. (2013). <https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=624&conID=916>.
- IDEAM (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua-ERA 2013, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D.C., 275 pp., ISBN: 978-958-8067-62-9.
- Kilpatrick, F.A. y Wilson, J.F. (1989). Measurement of time of travel in streams by dye tracing. USGS—TWRI Book 3, Chapter A9.
- Kolkwitz, R y Marson M. 1909. Ecology of saprobien animals. International review of the total. Ökologie der tierischen Saprobien. Internationales Revue der gesamten. Hydrobiologie. Vol.2:126-152.
- Lepš J. y Šmilauer P. (2003). Multivariate analysis of ecological data using CANOCO University Press, Cambridge.
- Lowe, R. y Laliberte. G (2007). Benthic stream algae: Distribution and structure. In: Methods in stream ecology. F. Hauer and G. A. Lamberti (eds.): 895. Elsevier Inc. San Diego, California.
- Martínez-Rodríguez, M.D.Á. y Pinilla-A G.A. (2015). Valoración de la calidad del agua de tres ciénagas del departamento de Cesar mediante macroinvertebrados asociados a *Eichhornia crassipes*. Caldasia 36 (2): 305–321.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Resolución 955. "Por la cual se adopta el formato con su respectivo instructivo para el Registro de Usuarios del Recurso Hídrico." Bogotá D.C.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Guía metodológica para el diseño y la implementación de procesos de prevención y transformación de conflictos por el agua: Conceptos y herramientas de diálogo y negociación [recurso electrónico] --- / Celis Torres, Alejandro, Dirección de Gestión Integral de Recurso Hídrico; con el apoyo de: Programa Medio Ambiente Colombia - PROMAC; ilustraciones: Perea, López, Diva Gratia. ---- Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; GIZ, 2017.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (s.f.). Guía Nacional de Modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CAM (2016). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Neiva.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CARDER (2015). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Otún.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CAS (2015). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Fonce.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CDMB (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Oro y sus principales tributarios.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CORANTIOQUIA (2016). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Grande - Chico.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. CORMACARENA (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Chichimene y sus principales tributarios.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - CORPOCESAR (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Cesar.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - UT HTM - Gotta Ingeniería. CORTOLIMA (2013). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Gualí y sus principales tributarios.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (2004). Resolución No 0865 de Julio 22 del 2004, por la cual se adopta la Metodología para el Cálculo del Índice de Escasez.
- Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial - MAVDT (2004). Resolución 1433 de 2004. Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones. Bogotá. 2004.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente, Dirección de Ecosistemas, Grupo de Recurso Hídrico.

Pielou EC. (1969). An introduction to Mathematical Ecology. Wiley, New York, USA

Pinilla, G. (2010). An index of limnological conditions for urban wetlands of Bogotá city, Colombia. Ecological Indicators 10 (4): 848–856.

Pinilla, G., J. Duarte Coy y Vega Mora L. (2010). Limnological State Index (LSI) to Evaluate Ecological Conditions of the Canal del Dique Wetlands, Colombia. Acta Biológica Colombiana 15 (2): 169–188.

Ríos-Touma, B., R. Acosta y Prat. N. (2014). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. International Journal of Tropical 62 (April): 249–273.

Riss, W., R. Ospina-Tórres y Rodríguez J.D (2002). Establecimiento de valores de bioindicación para macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. Caldasia 24 (1): 135–156.

Rojas, A.F. (2011), Aplicación de factores de asimilación para la priorización de la inversión en sistemas de saneamiento hídrico en Colombia. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. Colombia.

Roldán-Perez, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Colombia.

Ross, J. (1979). Prácticas de ecología. Omega. Barcelona.

Rutherford, J. C. (1994). River mixing. New York: John Wiley & Sons.

Shannon, C., Weaver, W. (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144 pp.

Simpson, E. (1949). Measurement of diversity. Nature, 163: 688

The British Standard Institution (2012). BS EN ISO 10870:2012: Water quality — Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters (ISO 10870:2012). (July): 1–38.

Thomann, R. & Mueller, J. (1987). Principles of surface water quality modeling and control. New York: Harper&Row, Publishers, Inc.

Uehlinger, V. 1964. “Étude Estatistique des Méthodes de denombrement planctonique”. Archives des sciences. Vol. 17 (2). 121-223

Uniandes (2002). Aplicación de un modelo numérico para la priorización de la inversión en tratamiento de aguas residuales en Colombia. Bogotá D.C.

Wetzel, R. & Likens, E. (1990). Limnological analysis. Springer-Verlag, London. 391p.

Yotsukura, N. y Cobb, E. (1972) Transverse diffusion of solutes in natural streams. USGS Professional Paper: 582-C.

5 ANEXOS

ANEXO 1 – METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN SUGERIDA

La selección de los cuerpos de agua objeto de Ordenamiento del Recurso Hídrico, se basa en el análisis de los criterios relacionados en el artículo 2.2.3.3.1.5, del Decreto 1076 de 2015, como mínimo. Para su análisis, se propone la siguiente metodología multicriterio, basada en los métodos de promedios ponderados, teniendo en cuenta que los criterios mínimos cuentan con diferentes escalas de medición. Esta condición conlleva a la necesidad de normalizar los criterios de análisis (puede ser a partir de la frecuencia acumulada) y posteriormente la asignación de los pesos o factores de ponderación. La función para la evaluación de la priorización se relaciona a continuación:

$$U(x) = \sum w_j \cdot Z_j(x)$$

Donde $U(x)$ es la evaluación o puntaje asignado al cuerpo de agua como resultado del análisis multicriterio; w_j corresponde al factor de ponderación asignado por el decisor al criterio j ; y $Z_j(x)$ es un valor entre 0 y 1 que corresponde a la evaluación de cada criterio en particular, de acuerdo con las indicaciones presentadas en la Tabla A1. 1.

Para establecer el orden de priorización de un conjunto de cuerpos de agua, cada uno de éstos debe evaluarse de acuerdo con los criterios presentados en la Tabla A1. 1, y posteriormente debe estimarse el valor de $U(x)$, de acuerdo con la ecuación anterior. Finalmente se deben ordenar los valores de $U(x)$ de mayor a menor, de manera que el cuerpo de agua con un mayor valor de $U(x)$ corresponde al de mayor prioridad para la realización de un PORH. En la siguiente tabla se relacionan los rangos posibles de valores para cada criterio, la selección de los factores de ponderación y el criterio empleado para la priorización del cuerpo de agua.

Tabla A1. 1. Criterios de priorización recomendados.

ID	Criterios de priorización	Criterio empleado para priorizar	Rango de valores	Factor de ponderación
C1	Cuerpos de agua objeto de ordenamiento definidos en la formulación de Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.	Mayor prioridad a los cuerpos de agua que han sido priorizados por POMCAS adoptados	Binario 0-No Priorizado 1- Priorizado	Definido por la Autoridad Ambiental competente
C2	Cuerpos de agua donde la autoridad ambiental esté adelantando el proceso para el establecimiento de las metas de reducción que trata el Capítulo 7 "Tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua" o la norma que lo modifique o sustituya.	Mayor prioridad a los cuerpos de agua que cuenten con metas de reducción	Binario 0- No Se están adelantando procesos de reducción 1-Se están adelantando o ya se adelantaron los procesos de reducción	Definido por la Autoridad Ambiental competente
C3	Cuerpos de agua en donde se estén adelantando procesos de reglamentación	Mayor prioridad a los cuerpos de agua donde se encuentren establecidos o se estén	Binario 0-No se están adelantado ni se cuenta con procesos de reglamentación.	Definido por la Autoridad Ambiental competente

ID	Criterios de priorización	Criterio empleado para priorizar	Rango de valores	Factor de ponderación														
	del uso de las aguas o en donde estos se encuentren establecidos	adelantando los procesos de reglamentación	1-Se están adelantando o se cuentan con procesos de reglamentación.															
C4	Cuerpos de agua en donde se estén adelantando procesos de reglamentación de vertimientos o en donde estos se encuentren establecidos.	Mayor prioridad a los cuerpos de agua que cuenten con reglamentación o se estén adelantando los procesos de reglamentación	Binario 0-No se están adelantando ni se cuentan con procesos de reglamentación. 1-Se están adelantando o se cuentan con procesos de reglamentación.	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C5	Cuerpos de agua que sean declarados como de reserva o agotados, según lo dispuesto por el capítulo 2 del presente título o la norma que lo modifique, adicione, o sustituya.	Mayor prioridad a los cuerpos de agua que se encuentren declarados en reserva o agotados	Binario 0-No se encuentran declarados en reserva o agotados 1- Se encuentran declarados en reserva o agotados	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C6	Cuerpos de agua en los que exista conflicto por el uso del recurso.	A mayor número de conflictos mayor prioridad	Número entero positivo	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C7	Cuerpos de agua que abastecen poblaciones mayores a 2.500 habitantes.	Se asigna mayor prioridad a cuerpos de agua que abastezcan a mayor población	Número real positivo $\begin{cases} \text{si Población} < 2500 & 0 \\ \text{si Población} \geq 2500 & \log(\text{Población}) \end{cases}$	Definido por la Autoridad Ambiental competente, teniendo en cuenta que este factor no será menor a 0.33 ¹⁴ , puesto que corresponde a un principio de en el que se fundamenta el PNGRH (uso prioritario)														
C8	Cuerpos de agua que presenten índices de escasez, de medio a alto y/o que presenten evidencias de deterioro de la calidad del recurso que impidan su utilización.	A mayor índice de escasez (IE), mayor prioridad	Porcentaje <table><tr><th>IUA o IE</th><th>Valores</th></tr><tr><td>>100</td><td>1.0</td></tr><tr><td>50.01%-100%</td><td>0.9</td></tr><tr><td>20.01%-50.00%</td><td>0.8</td></tr><tr><td>10.01%-20.00%</td><td>0.4</td></tr><tr><td>1.00%-20.00%</td><td>0.3</td></tr><tr><td><1.00%</td><td>0.2</td></tr></table>	IUA o IE	Valores	>100	1.0	50.01%-100%	0.9	20.01%-50.00%	0.8	10.01%-20.00%	0.4	1.00%-20.00%	0.3	<1.00%	0.2	Definido por la Autoridad Ambiental competente
IUA o IE	Valores																	
>100	1.0																	
50.01%-100%	0.9																	
20.01%-50.00%	0.8																	
10.01%-20.00%	0.4																	
1.00%-20.00%	0.3																	
<1.00%	0.2																	
C9	Cuerpos de agua cuya calidad permita la presencia y el desarrollo de especies hidrobiológicas importantes para la conservación y/o el desarrollo socioeconómico.	Mayor prioridad a cuerpos en los que se desarrollen actividades socioeconómicas asociadas al recurso hídrico y cuya calidad de acuerdo con los indicadores biológicos demuestren deterioro.	0.0-Sin actividad pesquera. 0.3- Con actividad pesquera baja y categoría del índice BMWP/Col de buena. 0.5-. Con actividad pesquera moderada y categoría del índice BMWP/Col de aceptable 0.7-. Con actividad pesquera alta y categoría del índice BMWP/Col de dudosa. 1.0- Con alta actividad pesquera y/o categoría del índice BMWP/Col de críticos o muy críticos. También aplica para cuerpos de agua con carencia de información	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C10	Presencia de especies asociadas al cuerpo de agua con que se encuentren en grado de Peligro o vulnerabilidad.	Mayor prioridad a cuerpos de agua con especies asociadas a dicho cuerpo que se encuentren en grado de peligro o vulnerabilidad.	Binario 0-Las especies asociadas al cuerpo de agua no presentan un grado de peligro o no son vulnerables 1- Las especies asociadas al cuerpo de agua presentan un grado de peligro o son vulnerables.	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C11	Porcentaje de usuarios no formales	Mayor prioridad al porcentaje de usuarios de usuarios no formales. UI/UT	Porcentaje 0%-100%	Definido por la Autoridad Ambiental competente														
C12	Existencia de un PORH previo a lineamientos del Decreto 3930 de 2010 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	Mayor prioridad a los que tengan PORH	Binario 1- No cuenta con PORH 2- Cuenta con PORH	Definido por la Autoridad Ambiental competente														

ANEXO 2 – METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN EN CAMPO Y TRABAJO DE LABORATORIO DE RECURSOS HIDROBIOLÓGICOS

En el presente anexo se presenta de manera resumida los métodos de colecta y laboratorio para los principales grupos de comunidades hidrobiológicas. Esta información ha sido tomada y parcialmente modificada del “Protocolo del Monitoreo del Agua” del IDEAM (s.f.) el cual se encuentra en proceso de publicación. Para información más detallada remitirse al documento original que se encuentra en la página web del IDEAM.

Macroinvertebrados acuáticos

Recolección en campo.

¹⁴ Se asume este valor para el factor de ponderación, de acuerdo el orden de prioridades establecido en la normatividad vigente (por ejemplo, artículo 2.2.3.2.7.6 del decreto de 1076 de 2015).

El trabajo de campo en la colecta de los macroinvertebrados acuáticos presenta un reto en términos de la comparabilidad de las muestras. Esto hace referencia a que la implementación de diferentes técnicas de acuerdo a las características de los ecosistemas acuáticos puede llevar a que se presente un sesgo dado el esfuerzo de muestreo y la representatividad. En este sentido se debe de manera juiciosa combinar la técnica con el esfuerzo de muestreo que reduzca el error que proviene durante la toma de muestra. A continuación se presentan dos métodos ampliamente utilizados y estandarizados a nivel nacional e internacional:

Macroinvertebrados ecosistemas lóticos-criterio multi-hábitat

Método red surber o red rectangular: En un tramo de 100 m se debe realizar una inspección para determinar de manera cualitativa la cobertura y tipo de sustrato, así como las características del flujo. Se debe registrar en valor porcentual la cobertura del sustrato (bloques, cantos rodados, gravas, arenas, sedimentos, macrófitas, materia orgánica gruesa o fina) y el tipo de flujo en la cual se encuentra (rápidos, remansos o corriente).

Una vez definido lo anterior se define el esfuerzo de muestreo de acuerdo con la cobertura de los sustratos, el cual debe cubrir para ecosistemas en buen estado de conservación 1,0 m² e intervenidos 0,5 m². Esta área que es el esfuerzo de muestreo debe fraccionarse de la siguiente forma, el 50% debe realizarse en el sustrato dominante, 25% y 15% en el segundo y tercero de mayor dominancia, y el restante 10% en la combinación de sustratos con baja representatividad (The British Standard Institution, 2012). En caso de utilizarse la red Surber esta debe ser puesta contra corriente y agitar fuertemente con las manos el sustrato que está limitado por el marco de la red (0,25 cm x 0,25 cm). Cuando se utiliza red cuadrangular se agita con los pies y se debe demarcar imaginariamente un área del marco similar a la red Surber, tal como se señala en Barbour *et al.* (1998).

Se recomienda que el material colectado se disponga en bandejas plásticas blancas para separar material orgánico e inorgánico de gran tamaño como rocas, hojarasca, palos, y otros del cual se esté seguro que no tiene organismos; esto se hace con el fin de garantizar que durante el proceso del transporte de la muestra los organismos sufran el menor daño en sus estructuras físicas.

Una vez realizado la toma de las muestras en los sustratos seleccionados, la muestra se debe llevar a un recipiente de plástico blanco de boca ancha con un volumen de 500 mL, se etiqueta correctamente la muestra y se preserva la muestra con etanol al 96% de pureza, garantizando que la muestra quede completamente sumergida en alcohol.

Macroinvertebrados acuáticos ecosistemas lentos

La metodología de muestreo con red cuadrangular ("*dipping*") es el principal método de captura de macroinvertebrados asociados a macrófitas de sistemas lentos y consiste en realizar barridos o pasadas con la red cuadrangular sobre las macrófitas.

Se debe seleccionar el área de muestreo, la cual deberá incluir la mayor riqueza de macrófitas. En cada uno de los sitios seleccionados se debe realizar un barrido con la red en forma pendular en tres tiempos (al comienzo, en el medio y al final) con el fin de desprender y atrapar en la red los organismos. El esfuerzo de muestreo medido en el número de barridos o pasadas de la red se establece de acuerdo con la riqueza de macrófitas y biotipo (emergente, sumergida o flotante) dominante. Sin embargo, se recomienda entre 10 a 20 barridos o pasadas por punto de muestreo. El esfuerzo puede dividirse el 50% en la especie o biotipo dominante y el restante 50% se puede fraccionar basado en los dos criterios mencionados.

Completado el esfuerzo de muestreo lave el material con abundante agua sobre dos tamices; uno de 2000µm (primer tamiz) y 250 µm (segundo tamiz). Visualmente inspeccione que no quede organismos atrapados en el material lavado. Los organismos observados y el material orgánico restante se deben llevar al frasco plástico o bolsa utilizada para la colecta y agregue a la muestra etanol al 96% para la preservación hasta asegurarse que quede sumergida la muestra

En ambos tipos de muestreo, la toma de muestras en campo se debe acompañar con un documento de descripción del sitio que incluya el tipo de sustratos presente, caudal y velocidad de la corriente, profundidad y entrada de luz hacia el cuerpo de agua, así como la notable presencia de aspectos de la calidad del agua, como olor, color y, apariencia de alta o baja descomposición de materia orgánica.

Trabajo de laboratorio.

Una vez en el laboratorio las muestras deben ser identificadas a la resolución taxonómica de familia o género al menos en el grupo de los insectos acuáticos. Para otros grupos como oligoquetos, crustáceos, ácaros, etc., a la máxima identificación posible. Utilice preferiblemente claves taxonómicas especializadas para la zona neotropical.

Algas Perifíticas

Recolección en campo.

El área de muestreo puede ser la misma utilizada en el de macroinvertebrados de sistemas lóticos. De igual forma se debe realizar una inspección inicial para identificar los sustratos presentes y aquellos que se encuentran totalmente sumergidos, además que no se encuentren bajo el efecto de la sombra del bosque adyacente.

De acuerdo a los expertos el área de muestreo total debe ser de 240 cm², tanto para estimación de biomasa como estimación de la densidad. El dispositivo de muestreo consta de un cuadrante en acetato con un área de 5 cm² o 8 cm².

El cuadrante se pone sobre el sustrato de muestreo y con un cepillo se debe frotar fuerte el sustrato, este se realiza directamente sobre el recipiente colector, lavando cuidadosamente con un frasco lavador el área raspada utilizando agua destilada. Repita este mismo procedimiento hasta completar un área de 240 cm². La preservación de la muestra se realiza con solución Lugol al 10% (0.5 ml por cada 100 ml de muestra) y será transportada al laboratorio en envases plásticos opacos debidamente rotulados.

La toma de muestras en campo debe estar acompañada por un documento que contenga la descripción del sitio y que incluya el tipo de sustratos presente, caudal y velocidad de la corriente, profundidad y entrada de luz hacia el cuerpo de agua, así como la notable presencia de aspectos de la calidad del agua, como olor, color y, apariencia de alta o baja descomposición de materia orgánica.

Trabajo de laboratorio.

Para la observación de las muestras perifíticas se utilizará un microscopio óptico, provisto de una reglilla ocular y para el montaje de la muestra se utilizará la cámara de conteo Sedgwick-Rafter de 1ml, la cual es necesaria para efectuar comparaciones entre análisis cuantitativos (Wetzel & Likens, 1990). Para efectuar el conteo de algas perifíticas realice el barrido completo de la cámara. El conteo al microscopio se realizará con una magnificación total de 400X y la determinación taxonómica de las algas perifíticas se realizará como mínimo hasta la categoría taxonómica de género. La determinación se apoyará en guías taxonómicas especializadas.

El reporte de abundancias y número de taxones presentes estará acompañado de descriptores generales de la comunidad de organismos tales como los índices de: diversidad de Shannon – Weaver (1949), equidad de Pielou (1969) y dominancia de Simpson (1949).

Para la cuantificación de la densidad por centímetro se aplicará la expresión de Ross (1979) aplicada a las dimensiones de la cámara de Sedgwick-Rafter:

$$\frac{\text{Organismos}}{\text{cm}^2} = \frac{N \times A_t \times V_t}{A_c \times n_c \times V_s \times A_s}$$

En donde,

- N = Número de individuos contados
- A_t = Área total de la cámara (cm²)
- V_t = Volumen total de la muestra (ml)
- A_c = Área del campo de observación (cm²)
- n_c = Número de campos observados
- V_s = Volumen sedimentado (ml)
- A_s = Área del sustrato (cm²)

Fitoplancton

Recolección en campo.

La toma de la muestra de fitoplancton debe ser tomada en el mismo punto donde se fueron realizados los físico-químicos. Primero se debe medir con el disco secci las zonas de mezcla de agua según la penetración de luz. De esta forma se delimitan tres zonas (subs superficial, zona fótica y limite zona fótica), en cada una de estas zonas se toma un volumen de 1 L de agua y esta debe ser pasada a través de una red de plancton de 20 µm de apertura de poro con frasco colector de 200 o 300 ml. Una vez se obtiene la muestra compuesta se pasa el contenido del frasco colector a un frasco plástico blanco o ámbar y la muestra es fijada con Lugol (0.5 ml por cada 100 ml de muestra).

Trabajo de Laboratorio.

Para la observación de las muestras se utilizará un microscopio invertido, provisto de una reglilla ocular, la muestra de agua proveniente de campo será agitada y dispuestos 50 ml en dispositivos de sedimentación tipo Utermöhl durante 72 horas, a continuación se obtendrá un mililitro de precipitado el cual se dispondrá en una cámara de conteo.

Por medio de una curva de acumulación de especies se definirán 30 campos de observación y se seguirá una trayectoria sinusoidal a partir de los criterios establecidos por Uehlinger (1964). Se recomienda que para una alta confiabilidad estadística en el conteo de células se debe contar como mínimo 100 células hasta 400 células del morfotipo más dominante.

La estimación de la densidad de cada morfotipo se debe realizar a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Células ml}^{-1} = \left(\frac{\text{No.de células contadas} * \text{area total de la camara}}{\text{Area de un campo} * \text{No de campos contados} * \text{volumen sedimentad o}} \right)$$

- Área del fondo de la cámara (mm²)
- Área del campo óptico (mm²)
- Volumen sedimentado (ml)

En el caso que se realice el recuento de todo el fondo de la cámara, el cálculo para cada morfotipo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Células ml}^{-1} = \left(\frac{\text{No.de células contadas}}{\text{volumen sedimentad o (ml)}} \right)$$

Cuando se estima la densidad de cada morfotipo a partir de una muestra de red, el cálculo es el siguiente:

$$\text{Células ml}^{-1} = \left(\frac{\text{No.de células contadas}}{(\text{volumen sedimentad o (ml)} * \text{volumen filtrado (ml)})/ \text{vol umen concentrad o (ml)}} \right)$$

Las determinaciones de los taxa fitoplanctónicos se realizarán como mínimo hasta la categoría taxonómica de género y para ello se utilizarán las claves taxonómicas respectivas.

Zooplancton

Recolección en campo.

El zooplankton será colectado en el mismo punto donde se tomaron las muestras para análisis físico-químicos. La muestra se debe coleccionar preferiblemente con el dispositivo Schindler-Patalas o si no se cuenta con esta se puede con una botella Van-Dorn.

La muestra se toma a lo largo de la Columba de agua de manera equidistante, se debe completar un total de 35 L el cual es pasado directamente por la red de plancton con tamaño de poro de tamaño de 20 µm y frasco colector de 200 mL o 300 mL. Una vez filtrado el volumen requerido se lleva a frasco de 300 mL plástico blanco o ámbar y se fija con solución Transeau (6 agua:3 etanol:1 formol), la proporción agregada a la muestra para la preservación es 1:1 (por ejemplo, 150mL de muestra: 150 mL de Transeau).

Trabajo de Laboratorio.

La densidad de zooplankton se estimará mediante el conteo de los organismos presentes en la muestra completa en caso de que las abundancias sean bajas utilizando una cámara Utermöhl previa sedimentación de la muestra. La estimación de densidad por morfotipo se calcula con la siguiente formula.

$$Individuos\,l^{-1} = \left(\frac{No.\,de\,organismos\,contados}{volumen\,filtrado\,(l)} \right)$$

En caso que la densidad sea alta se contarán los organismos presentes en 5 alícuotas de 1 ml cada una, las cuales se depositarán en una cámara Sedgwick- Rafter de 1 ml y se observarán bajo un microscopio óptico. Para la estimación de la densidad por morfotipo se debe aplicar la siguiente formula:

$$Individuos\,l^{-1} = \left(\frac{No.\,de\,organismos\,contados}{volumen\,contado\,(l) * volumen\,filtrado\,(l) / volumen\,concentrado\,(l)} \right)$$

Se efectuarán determinaciones de los taxa hasta nivel de especie o como mínimo hasta nivel de género.

Macrófitas Acuáticas

En caso de requerirse, dadas las características particulares de un cuerpo de agua léntico específico, puede ser necesario el monitoreo y caracterización de macrófitas acuáticas. Las plantas acuáticas llamadas también macrófitas son aquellas que se desarrollan en ambientes acuáticos principalmente lénticos. Sin embargo, algunas de estas crecen asociadas a las riberas de las corrientes, las cuales son consideradas de condición semi-acuática. Entre otros aspectos, las plantas acuáticas tienen alguna relevancia al considerar que le dan estabilidad al terreno, que son utilizadas en la remoción de contaminantes y empleados como indicadores de la calidad del agua por contaminación orgánica (Arocena y Mazzeo, 1994; Hidalgo et al., 2005; Serna et al., 2012).

Recolección en campo.

El muestreo e identificación de las macrófitas se realizará mediante observación directa en campo, sin embargo, aquellas en las cuales no fue posible su identificación in situ, se recolectarán en bolsas plásticas y de esta manera se transportarán al laboratorio donde serán determinadas. En cada uno de los sitios cubiertos por macrófitas se lanzará un cuadrante de área conocida (1 m² x 1m²) dentro del cual se estimará el porcentaje de cobertura de cada especie de macrófita. Los datos deben ser llevados en un formato de campo para hacer los posteriores cálculos de cobertura vegetal.

ANEXO 3 – ÍNDICES DE CALIDAD ECOLÓGICA

Índice de Calidad Ecológica (ICE)

El desarrollo de este índice se fundamenta en los métodos descritos por Haase & Nolte (2008), Chalar *et al.* (2011) y Forero (2012). La herramienta básica para su aplicación es el monitoreo biológico, un instrumento centrado en el uso de los atributos estructurales y/o funcionales de las poblaciones, las comunidades y los ecosistemas (Hart 1994, en Forero 2012).

Para el tratamiento de los datos es necesario estandarizar los valores de los parámetros físicoquímicos y bióticos, siguiendo el método propuesto por Guisande-González *et al.* (2006), a través de la expresión:

$$\frac{X - min}{max - min}$$

La aplicación del índice implica varias etapas, en cada una de las cuales es posible extraer información importante sobre el cuerpo de agua.

1. Análisis de correlaciones entre los parámetros físicos, químicos, y la abundancia de los organismos. En este paso es posible establecer el grado de correlación de estos parámetros y los diferentes géneros, permitiendo eliminar del análisis posterior los parámetros altamente dependientes.
2. Estimación del gradiente ambiental (cambios progresivos en las características del ambiente) en el cuerpo de agua a través de análisis multivariados, donde las variables explicativas son los parámetros físicos y químicos y la variable respuesta es la comunidad biótica. Este análisis se puede realizar mediante el empleo de programas estadísticos (Ter Braak&Smilauer, 2002).

Previo al análisis multivariado, es necesario determinar el tipo de modelo de respuesta de los diferentes grupos taxonómicos a los gradientes ambientales a través de un análisis de correspondencia sin tendencia (DCA). En este análisis se estima la heterogeneidad de la composición de la comunidad. Cuando el gradiente es corto se debe usar una aproximación lineal (Análisis de Redundancia - RDA) y si es largo la mejor aproximación es una unimodal (Análisis de Correspondencias Canónicas - CCA) (Lepš & Šmilauer, 2003).

Adicionalmente, después de elegir el tipo de modelo se estima la significancia de la relación de los organismos con las variables ambientales a través de la prueba de permutación de Monte Carlo, donde la hipótesis nula del modelo es que la

respuesta (densidad de los géneros) es independiente de las variables ambientales (Lepš&Šmilauer, 2003). Como resultado de esta prueba, es posible determinar las variables admitidas en el modelo. Se recomienda verificar cuáles variables se encuentran altamente correlacionadas de acuerdo con los resultados del análisis de correlación. Este es un aspecto crítico del análisis multivariado, en el cual es necesario seleccionar las variables a incluir en el modelo de acuerdo con los siguientes criterios:

- Significativas en la prueba de Monte Carlo
- Sin colinealidad en el modelo (para esto se debe revisar el factor de inflación de la varianza)
- Con alta correlación entre ellas y con la abundancia de los organismos, de acuerdo con los resultados del análisis de correlaciones iniciales.
- Con significado ecológico importante para la comprensión de la composición y abundancia de los organismos. Frecuentemente en aguas naturales los resultados de algunas variables, especialmente de nutrientes, se encuentran por debajo del límite de cuantificación de los métodos. No obstante, las concentraciones cuantificables de estas variables arrojan información esencial para la interpretación de los resultados del modelo y, por tanto, no deben ser descartadas a pesar de no ser estadísticamente significativas.

Con las variables seleccionadas en el paso anterior se realiza el CCA o el RDA y se verifica su significancia. Con los resultados de este análisis es posible determinar la posición de las estaciones a lo largo del gradiente ambiental por la puntuación de la muestra en el eje. Con el fin de facilitar la interpretación del índice, se realiza un reescalonamiento de los valores, el máximo puntaje (mayor heterogeneidad) se equipará con un valor de 1 y el mínimo (menor heterogeneidad) con 10 y se hace una regresión. La ecuación resultante de la regresión permite calcular el resto de valores del eje. De esta forma, se conservan las diferencias entre los puntajes del gradiente y los resultados del índice se pueden expresar de 1 a 10.

La interpretación del análisis multivariado es complementada con la elaboración de un biplot con los dos primeros ejes del análisis (explican el mayor porcentaje de variación). Mediante este gráfico es posible identificar las estaciones más atípicas y, por tanto, más heterogéneas. Estas estaciones deben ser objeto de un riguroso análisis y deben ser consideradas críticas para la ordenación. Este punto del análisis ofrece información muy importante sobre el comportamiento espacial del cuerpo de agua.

3. Identificación para cada taxón de los rangos de tolerancia y valores óptimos en función del gradiente ambiental del cuerpo de agua estudiado a través de un modelo de promedio ponderado, con el fin de establecer cuáles son los organismos indicadores.

Este análisis permite determinar los organismos indicadores (baja tolerancia y alto óptimo) para el cuerpo de agua. Un estrecho rango de tolerancia ambiental de estos taxones es indicador de una condición ambiental concreta y, por tanto, responde a cualquier disturbio ambiental. Como en cualquier procedimiento en el cual se buscan organismos indicadores, el análisis puede verse afectado cuando los gradientes evaluados no son lo suficientemente amplios y cuando la mayoría de las estaciones tengan una misma condición ambiental (González, 1999).

4. Ecología de las especies indicadoras a partir de la información secundaria existente. Para esto se requiere que se realice una extensa búsqueda sobre la ecología de los organismos indicadores.

En este punto se debe considerar la información sobre ecología de los taxones indicadores, distribución y abundancia, grado de correlación de dichos taxones con los parámetros físicos y químicos, entre otros. De esta forma, es posible sacar conclusiones relevantes sobre el estado de las diferentes estaciones y por tanto es un paso muy importante del índice. Para la interpretación de los resultados se sugiere hacer un análisis de similitudes de las características morfológicas, hábitos tróficos, caracterización de los sustratos encontrados, entre otros.

5. Índice de Calidad Ecológica por estación mediante la aplicación de la fórmula propuesta por Haase & Nolte (2008):

$$ICE_i = \frac{\sum_{i=1}^n (Tol_i * Op_i * Ab_i)}{\sum_{i=1}^n (Tol_i * Ab_i)}$$

Donde:

Op_i: valor óptimo de cada taxón determinado a partir del promedio ponderado.

Tol_i: valor de la tolerancia de cada taxón determinado a partir del promedio ponderado.

Ab_i: promedio de las abundancias de cada taxón por estación transformada a Log10 + 1 (promedio de la abundancia + 1).

Para verificar si el índice está bien calculado, se recomienda hacer una correlación entre los resultados del índice y los puntajes obtenidos en el análisis multivariado. El resultado de la relación entre las dos variables debe ser mayor de 0,7.

6. Análisis de correlación entre los valores del índice y los parámetros físico químicos incluidos dentro del modelo, sin transformar. Altas correlaciones (R² ≥ 0,5 o R² ≤ -0,5) implican que dichos parámetros son importantes ecológicamente y, por tanto, los cambios en estos alteran significativamente la distribución y abundancia de los organismos en el cuerpo de agua. En este punto se identifican los parámetros que deben ser incluidos en los monitoreos rutinarios realizados por las Autoridades Ambientales competentes.

7. Análisis de agrupamiento (*clúster*) del índice por estación. Para este análisis se recomienda el método de agrupamiento de Ward y las distancias euclidianas. Se sugiere además la separación por tres conglomerados con el fin de generar tres categorías.
8. Aunque estas categorías no representan niveles de calidad del agua, facilitan la visualización espacial de los resultados, agrupando las estaciones con características similares y separadas por condiciones ambientales determinantes para la distribución y abundancia de los organismos. Por tanto, en este punto es necesario retomar los resultados del análisis ecológico de las especies indicadoras y la distribución de sus abundancias en las estaciones. De esta forma, es posible encontrar las características comunes de las estaciones que componen cada categoría.

Las estaciones que presentan los menores valores del índice deben recibir atención por parte de la Autoridad Ambiental competente en el tramo estudiado.

Calculo de Promedio Ponderado hidrobiológico (IPPH)

El promedio ponderado hidrobiológico es la obtención de un único valor indicador basado en los valores de calidad hidrobiológica de cada una de las comunidades evaluadas en la cuenca priorizada. La ponderación de cada índice es requerida para darle un valor de importancia de acuerdo a las respuestas entre los factores bióticos y abióticos, esto se debe a que los organismos de cada una de las comunidades presentan respuestas distintas a las variables físico-químicas, de esta manera, se da más peso a los valores que mejor respuesta presenten a la calidad físico-química.

La metodología de cálculo se presenta en la ecuación 1, modificada del índice de saprobiedad de Kolkwitz y Marsson (1909).

$$IPPH = \frac{\sum IHC * VP_{IHC}}{\sum VP_{IHC}}$$

[1]

Donde:

IPPH = Índice promedio ponderado hidrobiológico
IHC = Índice hidrobiológico por comunidad
VP = Valor ponderado

Este promedio pretende darle una ponderación a cada índice de acuerdo con el ajuste en una regresión lineal entre el índice físico-químico (ICA) y cada índice hidrobiológico, en este caso de acuerdo al coeficiente de determinación (R²) se toman los siguientes valores de ponderación:

Tabla A3. 1. Valores de ponderación de acuerdo con el coeficiente de determinación.

Coeficiente de determinación (R²)	Ponderación
0	0
< 0,3	1
>0,3 - <0,6	2
>0,6	3

A continuación se muestra un ejemplo de aplicación del valor de ponderación, en la Figura 1 se presenta el coeficiente de determinación para dos índices hidrobiológicos; peces y macrófitas.

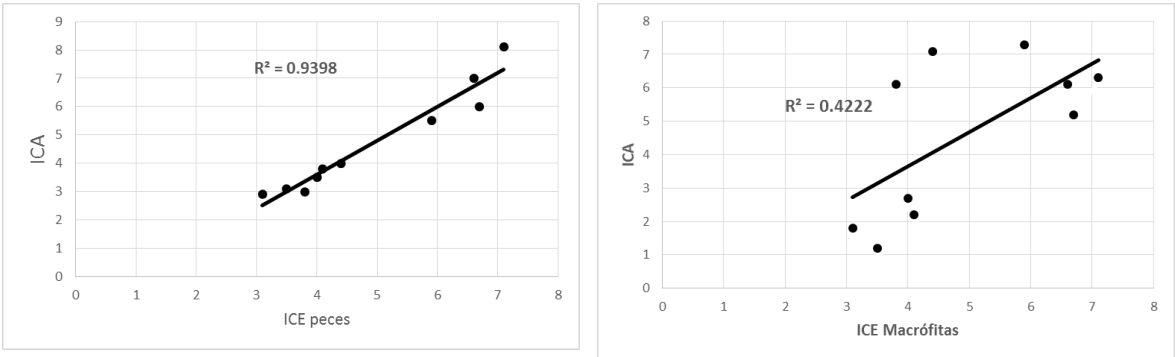


Figura 1. Regresión lineal de los puntajes obtenidos para la cuenca de ICE vs ICA.

En el ejemplo anterior, si en el sitio de medición se obtuvieron valores de 7,0 y 6,1 para el ICE de peces y de macrófitas, respectivamente, es posible estimar el IPPH aplicando la ecuación 1, para estimar el valor ponderado de estos dos índices hidrobiológicos:

$$IPPH = \frac{(7,0 * 3) + (6,1 * 2)}{5} = 6,64$$

Los puntajes de calidad ecológica obtenidos del IPPH se interpretan y se representan cartográficamente de acuerdo con la Tabla A3. 2.

Tabla A3. 2. Interpretación de los valores del IPPH.

Valor	Interpretación	Color
-------	----------------	-------

>7,0 – <=10,0	Aguas muy limpias	
>5,0 - <=7,0	Aguas ligeramente contaminadas	
>3,0 - <=5,0	Aguas moderadamente contaminadas	
>1,0 - <=3,0	Aguas muy contaminadas	
<= 1,0	Aguas fuertemente contaminadas	

ANEXO 4 – ORIENTACIÓN PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO

Riesgo asociado a la reducción de oferta

La amenaza se considerará media y alta en los tramos donde el índice de vulnerabilidad hídrica (IVH) sea alto y muy alto respectivamente.

La vulnerabilidad se determinará identificando las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola y piscícola en los tramos previamente identificados con amenaza alta y media, considerando como de vulnerabilidad alta las que capten agua para uso doméstico y como de vulnerabilidad media las que se capten para los dos usos restantes

Realizar el análisis cualitativo para determinar el riesgo, considerando la condición más crítica, por ejemplo: vulnerabilidad alta y amenaza alta: riesgo alto; alguna de las dos en nivel alto y la otra en medio: riesgo alto; las dos en nivel medio: riesgo medio. Generar el mapa indicativo de riesgo por oferta en cada tramo. Generar un mapa de riesgo asociado a la reducción de oferta.

Riesgo asociado a la disponibilidad

La amenaza asociada a la disponibilidad se relacionará con la calidad del agua, mediante el análisis cualitativo de los resultados del ICA y del IPPH, como mínimo.

La categorización de la amenaza se realizará asignando a los tramos la condición más desfavorable entre los índices utilizados, así:

- 1. Calidad aceptable con amenaza baja;
- 2. Calidad regular con amenaza media y;
- 3. Calidad mala con amenaza alta.

Asimismo, en esta guía se propone realizar un análisis de amenaza a partir de la comparación entre los objetivos de calidad definidos para cada tramo y las concentraciones de los parámetros físico-químicos respectivos, obtenidas de la simulación de escenarios de corto, mediano y largo plazo con el modelo de calidad del agua.

Para cada uno de los escenarios simulados, se debe estimar el indicador de amenaza asociado a la disponibilidad mediante la siguiente ecuación:

$$I_A = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{OC_i}}{N}$$

Dónde:

- I_A = Indicador de amenaza asociado a la disponibilidad hídrica.
- N = Número total de parámetros asociados a los objetivos de calidad para un determinado uso.
- C_i = Concentración del parámetro i , obtenida de los resultados de la simulación de escenarios.
- OC_i = Objetivo de calidad asociado al parámetro i .

Como se puede observar de la anterior fórmula, valores cercanos a la unidad del indicador I_A indican que las concentraciones esperadas de los respectivos parámetros estarán muy cerca al objetivo de calidad, por lo que esta condición se puede asociar a una amenaza alta (las concentraciones estarán muy cerca de alcanzar los objetivos máximos establecidos). Por el contrario, valores de I_A cercanos a cero indicarían que las concentraciones estarán muy por debajo de los objetivos de calidad, por lo que corresponderían a un nivel de amenaza bajo.

De forma adicional, la Autoridad Ambiental podrá asignar pesos a los diferentes parámetros de calidad del agua para calcular el indicador I_A , con el fin de dar mayor o menor importancia a algunos parámetros en particular. En todo caso, se debe verificar que la suma de los factores de ponderación sea igual a uno.

La vulnerabilidad se determinará identificando las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola y piscícola en los tramos previamente identificados con amenazas alta, media y baja; considerando vulnerabilidad alta las que capten agua para uso doméstico; media para los usos agrícola y pecuario y; baja para los usos restantes.

Se debe superponer al mapa de amenaza por calidad, la información de las captaciones para abastecimientos doméstico, agrícola y piscícola. Para aquellas captaciones localizadas en tramos con amenazas media y alta, se debe realizar el respectivo análisis cualitativo de vulnerabilidad de acuerdo con el orden de prioridades para otorgar concesiones según los artículos 2.2.3.2.7.6., 2.2.3.2.7.7., y 2.2.3.2.7.8., del Decreto 1076 de 2015, considerando vulnerabilidad alta lo correspondiente a los literales a y b; media lo correspondiente

a los literales c y d; baja para el resto de usos. La categorización del riesgo (alto, medio y bajo) resultará de superponer los dos análisis anteriores predominando la condición más crítica entre los dos.

Por último, se debe realizar el análisis cualitativo para determinar el riesgo, considerando la condición más crítica, por ejemplo: vulnerabilidad alta y amenaza alta: riesgo alto; alguna de las dos en nivel alto y la otra en medio: riesgo alto; las dos en nivel medio: riesgo medio y; riesgo bajo para los que cumplan el nivel bajo. Como resultado, se debe generar el mapa indicativo de riesgo asociado a la disponibilidad por tramo y el mapa de riesgo asociado a la disponibilidad.

Con el fin de tener una visión de los riesgos indicativos por disponibilidad, se deben identificar las contingencias frecuentes y recurrentes reportadas en el último año y ubicarlas en el mapa por tramos, junto con las captaciones para los usos ya identificados. Se sugiere realizar un análisis de la probabilidad de fallo del sistema, considerando el cumplimiento de caudales ambientales y de las demandas de usuarios. Lo anterior podrá alimentar la determinación de las acciones necesarias a incorporarse en el componente programático en la de elaboración del Plan.

ANEXO 5 – LISTADO DE MAPAS Y SALIDAS CARTOGRÁFICAS

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
01	Mapa	Delimitación del área de trabajo (Localización general y específica del cuerpo de agua objeto de ordenamiento en la cuenca)	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH y debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2.Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios. 3. Zonificación hidrográfica nacional con su respectiva codificación. 4. Modelo Digital de Terreno (en caso de existir presentarlo como modelo de sombras)	Localización general de la cuenca en escala 1:25.000 o en la escala disponible, que incluya como mínimo la división político-administrativa, la cartografía base y la localización de asentamientos al interior de la cuenca de trabajo. Se recomienda el uso del modelo digital de terreno para la delimitación de las áreas de drenaje.	Acciones previas
02	Mapa	Hidrografía	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH y debe contener como mínimo: 1.Cartografía base 2. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios, subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación (cuando la escala lo permita). 3. Centros urbanos y centros poblados. 4. Localización de las estaciones hidrometeorológicas de la cuenca donde se encuentra el cuerpo de agua objeto de ordenamiento.	Elaborado a partir de la cartografía básica, se incluye como mínimo: 1. Cuerpo de agua objeto de ordenamiento, 2. La información de la red hidrográfica existente y las subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y centros poblados que hacen parte de la cuenca.	Diagnóstico
03	Mapa	Red de monitoreo	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH. Debe contener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios, subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación (cuando la escala lo permita). 2. Centros poblados. 3. Localización de la red de monitoreo de calidad.	Localización y caracterización de la red de monitoreo existente de calidad sobre la cuenca y cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus principales tributarios.	Acciones previas
04	Mapa	Usuarios del recurso hídrico	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH y debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2. Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios y codificación	Localización de usuarios del recurso hídrico a partir de información secundaria, el cual deberá contener como mínimo la georreferenciación y la información básica del usuario	Diagnóstico

¹⁵ Corresponde a la escala de trabajo mínima, puede definirse una escala de mayor detalle, en función de la información disponible.

¹⁶ Corresponde a la escala de presentación mínima, puede definirse una escala de mayor detalle, en función de la información disponible.

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
					3.Localización de usuarios del recurso hídrico		
05	Mapa	Distribución de usuarios	1:25.000	1.25.000	En la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político administrativa 2.Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios 3.Cobertura y uso de la tierra según Corine Land Cover 4. Localización de obras hidráulicas en el cuerpo de agua en ordenamiento. 5. Inventario de usuarios del recurso hídrico sobre el cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus principales tributarios	Identificación de usos existentes del recurso hídrico, obras hidráulicas en el cuerpo de agua y número de usuarios sobre el cuerpo de agua y sus principales tributarios. Captaciones, vertimientos, obras hidráulicas de tratamiento de agua potable, de tratamiento de aguas residuales, obras de ocupación de cauce y puntos de extracción y/o aprovechamiento de materiales de arrastre	Diagnóstico
06	Mapa	Tramos para el análisis	1:25.000	1.25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2.Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios 3.Caracterización de tramos a lo largo del cuerpo de agua. 4. Zonificación hidrográfica nacional con su respectiva codificación. 5. Modelo Digital de Terreno (en caso de existir presentarlo como modelo de sombras)	Debe contener la unidad mínima de análisis para estructura espacialmente los resultados de la formulación del PORH	Diagnóstico
07	Mapa	Diseño de la red de monitoreo	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios 2. Centros poblados. 3. Red de monitoreo de calidad y cantidad diseñada.	Debe contener la localización de las estaciones de monitoreo definidas para el cuerpo de agua objeto de ordenamiento y sus tributarios principales. El mapa resultante incluye los atributos, la identificación y las características de cada estación definida.	Diagnóstico
08	Mapa	Índice de calidad del agua - ICA	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base 2. Representación ICA 3. Localización de las principales fuentes de contaminación. 4. Georreferenciación de puntos de monitoreo de aguas.	Debe contener la representación espacial del Índice de Calidad de Agua – ICA por tramos.	Diagnóstico

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
					5. Coordenadas planas y geográficas de los puntos incluidos en los puntos anteriores.		
09	Mapa	Índice promedio ponderado hidrobiológico	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base 2. Representación índice promedio ponderado hidrobiológico 3. Localización de las principales fuentes de contaminación. 4. Georreferenciación de puntos de monitoreo de aguas. 5. Coordenadas planas y geográficas de los puntos incluidos en los puntos anteriores.	Debe contener la representación espacial del índice promedio ponderado hidrobiológico por tramos.	Diagnóstico
N/A	Salida Cartográfica	Zonas de recarga y descarga del acuífero.	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, y debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2. Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios 3. Identificación de zonas de recarga y descarga del acuífero 4. Zonificación hidrográfica nacional con su respectiva codificación.	A partir de la información disponible, identificar las zonas de recarga y descarga del acuífero, a fin de considerar las interacciones con el cuerpo de agua superficial objeto de ordenamiento	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Análisis de los conflictos actuales de uso, por calidad	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base: cuerpo de agua objeto principal y tributarios principales. 2. Centros poblados. 3. Localización de usuarios que captan y vierten 4. Tramos 5. Localización del acuífero	A partir de la información disponible e inventarios de usuarios y vertedores, ocupación de cauce, explotación de material de arrastre, análisis de carga contaminante y perfiles de calidad, describir el conflicto por tramo.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Isoyetas	NA	NA	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1.Base cartográfica, 2. Isoyetas 3. Estaciones meteorológicas (registros de precipitación)	Distribución espacial de la precipitación utilizando técnicas de interpolación, preferiblemente geo estadística, para la cuenca donde se ubica el cuerpo objeto de agua de ordenamiento.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Isotermas	N/A	N/A	En la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1.Base cartográfica, 2. Isotermas 3. Estaciones hidrometeorológicas (registro de temperatura)	Distribución espacial de la temperatura utilizando técnicas de interpolación, preferiblemente geo estadística, para la cuenca donde se ubica el cuerpo objeto de agua de ordenamiento.	Diagnóstico

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
N/A	Salida cartográfica	Evapotranspiración potencial	N/A	N/A	En la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1.Base cartográfica, 2.Evapotranspiración potencial 3. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación (cuando la escala lo permita)	Representación espacial de la evapotranspiración potencial para la cuenca donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Evapotranspiración real	N/A	N/A	En la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1. Base cartográfica 2. Evapotranspiración real 3.Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras con su codificación (cuando la escala lo permita)	Representación espacial de la evapotranspiración real para la cuenca donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Balance hídrico de largo plazo en la red de drenaje principal (caudal medio anual)	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1.Centros poblados 2. Balance hídrico de largo plazo (caudal medio anual sobre la red de drenaje principal). 3.Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación	Representación del balance hídrico de largo plazo sobre la red de drenaje principal del cuerpo de agua objeto de ordenamiento.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Caudales máximos mensuales y anuales	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios. 2. Centros poblados 3. Caudales máximos anuales y mensuales 4. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación.	Representación de los caudales máximos para el cuerpo de agua y sus principales tributarios incluyendo puntos de monitoreo.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Caudales medios mensuales y anuales	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios. 2. Centros poblados 3. Caudales medios mensuales y anuales.	Representación de los caudales medios para la para el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y puntos de monitoreo	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Índice de aridez (índice de uso del agua)	N/A	N/A	Se debe realizar con base en la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe tener como mínimo: 1. Cauces principales 2. Centros poblados 3. Índice de aridez	Elaborado a partir de la información existente en las estaciones meteorológicas que se encuentran en el área de la cuenca en donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento. El mapa resultante incluye los atributos, identificación y	Diagnóstico

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
					4. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras, con su codificación (cuando la escala lo permita) 5. Localización de las estaciones de la red hidrometeorológica	representación espacial del índice de aridez a nivel de cuenca, subcuenca y puntos de monitoreo con su respectiva leyenda.	
N/A	Salida cartográfica	Índice de retención y regulación hídrica - IRH	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, y debe contener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios. 2. Índice de retención y regulación hídrica, de acuerdo con la leyenda definida por el IDEAM. 3. Localización de las estaciones de la red hidrometeorológica.	Contiene la representación espacial del índice de retención y regulación hídrica a nivel de cuenca, subcuenca y puntos de monitoreo con su respectiva leyenda.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Demanda hídrica sectorial	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, y debe contener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios. 2. Usos actuales de la tierra 3. Demanda actual para los usos extractivos.	Contiene la representación espacial de las demandas hídricas asociadas a cada sector económico presente en la cuenca donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, a nivel de cuenca y subcuenca y puntos de monitoreo.	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Demanda hídrica total	N/A	N/A	En la plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios 2. Demanda hídrica total	Contiene la representación espacial de la demanda hídrica total asociadas a cada sector económico presente en la cuenca donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, a nivel de cuenca y subcuenca y puntos de monitoreo	Diagnóstico
N/A	Salida cartográfica	Índice de uso del agua (IUA)	N/A	N/A	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Delimitación del cuerpo de agua y sus principales tributarios 2. Índice de uso del agua, de acuerdo con la leyenda definida por el IDEAM.	Contiene la representación espacial del índice de uso del agua para la cuenca donde se ubica el cuerpo de agua objeto de ordenamiento, a nivel de cuenca y subcuenca y puntos de monitoreo.	Diagnóstico
10	Mapa	Riesgos asociados a la reducción de la oferta	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base, con la división político-administrativa. 2. Cuerpo de agua en ordenamiento y sus principales tributarios 3. Representación de tramos 4. Zonificación hidrográfica a detalle que la escala lo permita.	Incorporar al análisis el componente de riesgo asociado a la oferta a partir de los resultados del - IVH	Identificación de usos potenciales

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
11	Mapa	Riesgos asociados a la disponibilidad del recurso hídrico.	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2. Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios 3. Demanda de agua 4. Riesgos por reducción y disponibilidad 6.Representación de tramos 5. Zonificación hidrográfica nacional con su respectiva codificación.	Incorporar al análisis el componente de riesgo asociado a la calidad y la disponibilidad de agua a partir de los resultados del ICA y el índice promedio ponderado hidrobiológico	Identificación de usos potenciales
12	Mapa	Identificación de usos potenciales	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1.Cartografía base, con la división político-administrativa. 2.Cuerpo de agua en ordenamiento con sus principales tributarios 3. Zonificación hidrográfica nacional. 4.Usos potenciales por tramo 5. Zonificación ambiental	Establecer los usos potenciales para el corto mediano y largo plazo en los tramos establecidos a partir del análisis de los usos actuales y la modelación de calidad	Identificación de usos potenciales
13	Mapa	Social	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base 2. División político-administrativa. 3. Número de usuarios del recurso hídrico 4. Localización de la infraestructura básica de servicios al nivel de detalle de trabajo	Debe incluir como mínimo: el número de usuarios, la infraestructura básica de servicios identificada en la escala de trabajo y la división veredal proporcionada por las oficinas de planeación de los municipios que hacen parte de la cuenca.	Diagnóstico
14	Mapa	Clasificación de los cuerpos de agua en ordenamiento	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base 2. Cuerpo de agua objeto de ordenamiento y principales tributarios. 2. Centros poblados. 3. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras. 4. Tramos de análisis 5. Clasificación cuerpos de agua en I y II	Según las definiciones contenidas en el decreto 1076 de 2015, por tramo definido la clasificación correspondiente El mapa resultante incluye los atributos, la identificación y la zonificación.	Identificación de usos potenciales
15	Mapa	Consolidación de la información de usuarios del recurso	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base 2. Cuerpo de agua objeto de ordenamiento y principales tributarios. 3. Centros poblados.	Usos y usuarios del recurso hídrico, y la información del mapa 13	Diagnóstico

Código	Tipo	Título	Escala de producción ¹⁵	Escala de presentación ¹⁶	Elementos que debe contener	Descripción	Fase o etapa en la que se desarrolla.
					4. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras. 5. Usuarios del recurso hídrico por tramo		
16	Mapa	Prohibiciones y condicionamientos	1:25.000	1:25.000	Plantilla cartográfica establecida y aprobada para el PORH, debe contener como mínimo: 1. Cartografía base 2. Cuerpo de agua objeto de ordenamiento y principales tributarios. 3. Centros poblados. 4. Delimitación de subcuencas y microcuencas abastecedoras. 5. Clasificación cuerpos de agua en I y II. 6. Prohibiciones y condicionamientos	Clasificación de cuerpos de agua e identificación de zonas con prohibiciones y condicionamientos.	Elaboración del Plan de Ordenamiento