

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

**GUÍA PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
CONTINENTAL**

BOGOTÁ, D.C. 2017

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

MINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

LUIS GILBERTO MURILLO URRUTIA

VICEMINISTRO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

CARLOS ALBERTO BOTERO

DIRECCIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO HÍDRICO

JAIRTON DIEZ DÍAZ

DIRECTOR

EQUIPO TÉCNICO

Claudia Liliana Buitrago Aguirre

Juan Diego González Parra

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	5
LISTA DE TABLAS.....	5
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	6
INTRODUCCIÓN.....	8
1 ASPECTOS GENERALES.....	9
1.1 ANTECEDENTES	9
1.2 OBJETIVOS DE LA GUÍA	10
1.3 ALCANCE	10
1.4 MARCO METODOLÓGICO	11
1.4.1 Proceso de ordenamiento del recurso hídrico	11
1.4.2 Priorización	12
1.4.3 Acciones previas	13
1.4.4 Fases del proceso de ordenamiento	13
2 ACCIONES PREVIAS	15
2.1 LOCALIZACIÓN DEL CUERPO DE AGUA	15
2.2 ALISTAMIENTO INSTITUCIONAL.....	16
2.2.1 Identificación de actores relevantes para el ordenamiento.....	16
2.2.2 Conformación de la comisión conjunta	16
2.2.3 Recopilación de información de instrumentos existentes	16
2.2.4 Recopilación de la información de las redes hidrometeorológicas, hidrobiológicas y de calidad hídrica existentes.....	17
2.2.5 Identificación preliminar de usuarios del recurso hídrico y clasificación de los usos actuales	18
2.2.6 Revisión de información asociada a conflictos por uso del recurso hídrico.....	18
2.2.7 Pre diseño de un plan de monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico.....	18
2.2.8 Presupuesto para la elaboración del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.....	23
3 PASO A PASO PARA EL ORDENAMIENTO DEL RECURSO HIDRICO.....	24
3.1 FASE 1: DECLARATORIA DEL ORDENAMIENTO DEL CUERPO DE AGUA.....	25
3.2 FASE 2. DIAGNÓSTICO.....	25
3.2.1 Caracterización inicial.....	26
3.2.2 Trabajo de campo.....	27
3.2.3 Construcción de línea base	30
3.3 FASE 3. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES.....	33
3.3.1 Proyección de la demanda de agua.....	34
3.3.2 Modelación de la calidad del agua y simulación de escenarios.....	34
3.3.3 Clasificación del cuerpo de agua e identificación de usos potenciales	38
3.3.4 Estimación cualitativa de los riesgos asociados a la reducción de la oferta y disponibilidad del recurso hídrico	39
3.4 FASE 4. ELABORACIÓN DEL PLAN	39
3.4.1 Definición o ajuste de objetivos y criterios de calidad por uso.....	40
3.4.2 Determinación de prohibiciones y condicionamientos	40
3.4.3 Definición o ajuste de metas quinquenales de reducción de cargas contaminantes	41
3.4.4 Articulación de los resultados del PORH con el plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas - POMCA.....	41
3.4.5 Elaboración del programa de seguimiento y monitoreo al recurso hídrico	41

3.4.6	Estructuración de proyectos y actividades	41
3.4.7	Elaboración de informes	42
3.4.8	Socialización del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico	42
3.4.9	Adopción del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico	42
4	BIBLIOGRAFÍA	43
5	ANEXOS	46
	ANEXO 1 – METODOLOGÍA DE PRIORIZACIÓN SUGERIDA	47
	ANEXO 2 – METODOLOGÍA PARA LA RECOLECCIÓN EN CAMPO Y TRABAJO DE LABORATORIO DE PARÁMETROS HIDROBIOLÓGICOS.....	50
	ANEXO 3 – ÍNDICES DE CALIDAD ECOLÓGICA.....	53
	ANEXO 4 – ORIENTACIÓN PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA REDUCCIÓN DE LA OFERTA Y DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO.....	56

VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA NO. 2317

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.	10
Figura 2. Alcance espacial del proceso de ordenamiento del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica.	11
Figura 3. Esquema del proceso de ordenamiento del recurso hídrico.	12
Figura 4. Acciones previas para el inicio del proceso del ordenamiento del recurso hídrico.	15
Figura 5. Localización de puntos de monitoreo de acuerdo con el objetivo del monitoreo. (Minambiente-CORNARE, 2015).	19
Figura 6. Esquema del proceso de formulación del PORH.	24
Figura 7. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de diagnóstico.	25
Figura 8. Mapa de clasificación de los usos actuales del agua. Fuente: MADS y CORMACARENA, 2014. ..	32
Figura 9. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de identificación de usos potenciales.	34
Figura 10. Esquematización de la aplicación del factor de asimilación en la escala de tramo. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.	35
Figura 11. Esquema de modelación de calidad del agua a escala regional. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.	36
Figura 12. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de elaboración del PORH.	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Codificación de cuerpos de agua objeto de ordenamiento.	15
Tabla 2. Parámetros físicos, químicos, microbiológicos e hidrobiológicos sugeridos para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos.	21
Tabla 3. Parámetros sugeridos para el monitoreo de sedimentos de fondo en cuerpos de agua lénticos.	22
Tabla 4. Aspectos a considerar para el planteamiento de escenarios de simulación en cuerpos lóticos.	38
Tabla 5. Información asociada a usos, objetivos de calidad y criterios de calidad por uso.	40

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

VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA NOV-2017

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 cuatro 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 los indicadores, análisis del estado ecológico del sistema hídrico, mapas y salidas cartográficas.

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”

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:

“Garantizar la calidad del agua para consumo humano, y en general, para las demás actividades en que su uso fuese necesario.

Realizar la clasificación de las aguas y fijar su destinación y posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas.

Ejercer control sobre personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, para que cumplan las condiciones de recolección, abastecimiento, conducción y calidad de las aguas.

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, así como 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.

Determinar los casos en los cuales será permitida la utilización de aguas negras y prohibir o señalar las condiciones para el uso de éstas;

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

Adelantar estudio sobre recursos hidrobiológicos marítimos y continentales y promover labores de investigación para lograr el manejo adecuado del recurso hídrico.

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”*.

Los lineamientos presentados en la presente guía han sido aplicados y validados en diferentes ejercicios realizados por la DGIRH, en diversas zonas del país con condiciones contrastantes desde el punto de vista climático, social, morfológico, etc., entre los años 2011 y 2016 (río Gualí en jurisdicción de CORTOLIMA, río Chichimente en jurisdicción de CORMACARENA, río César en jurisdicción de CORPOCESAR, río de Oro en jurisdicción de la CDMB, río Otún en jurisdicción de la CARDER, río Fonce en jurisdicción de la CAS, río Grande en jurisdicción de CORANTIOQUIA y río Neiva en jurisdicción de la CAM).

² Artículos 134 y 274 del Decreto Ley 2811 de 1974.

1.2 OBJETIVOS DE LA GUÍA

- Desarrollar los lineamientos técnicos básicos para el Ordenamiento del Recurso Hídrico superficial continental.
- Desarrollar los pasos y alcances requeridos para cumplir con cada una de las fases para la formulación del PORH.

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.

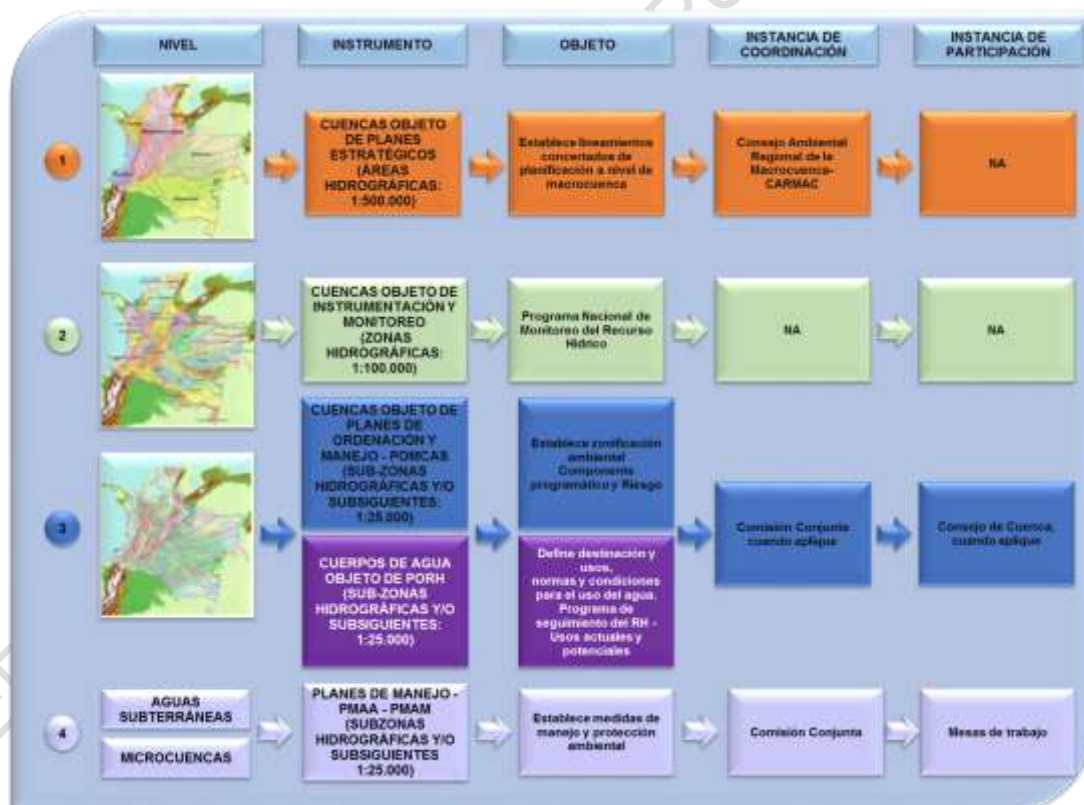


Figura 1. Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico en la estructura hidrográfica para la planificación de cuencas e instrumentos de planificación del Recurso Hídrico del Decreto 1076 de 2015. Tomada y adaptada de PNGIRH, 2010.

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.

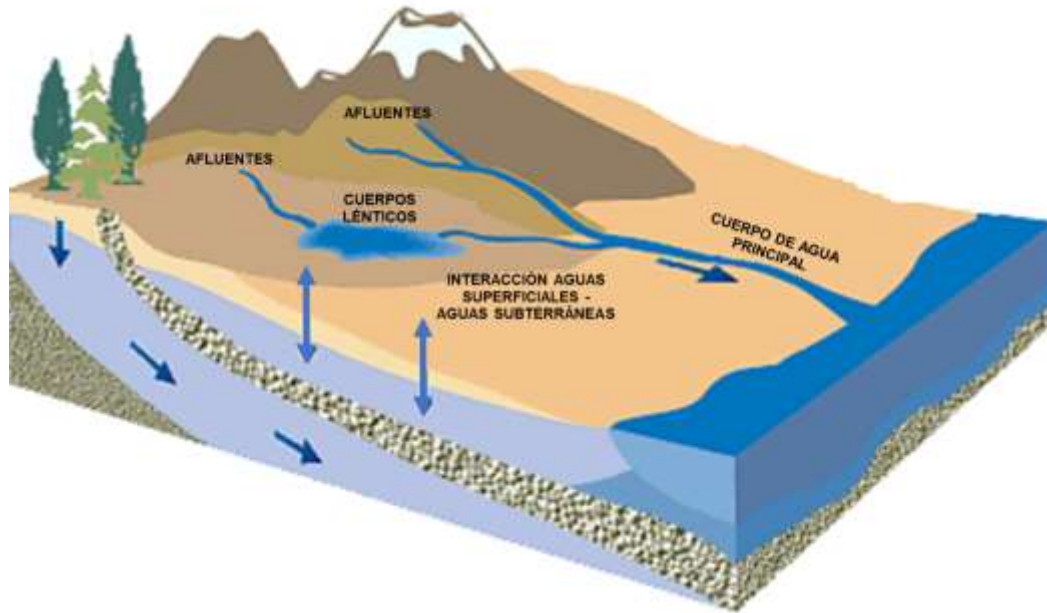


Figura 2. Alcance espacial del proceso de ordenamiento del recurso hídrico en una cuenca hidrográfica.

1.4 MARCO METODOLÓGICO

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 realización de una serie de actividades preliminares denominadas "acciones previas" y 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). Considerando lo anterior, la presente guía metodológica aborda de manera secuencial las actividades de las acciones previas y las de cada una de las fases para el proceso de ordenamiento.

1.4.1 Proceso de ordenamiento del recurso hídrico

Como se observa 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."

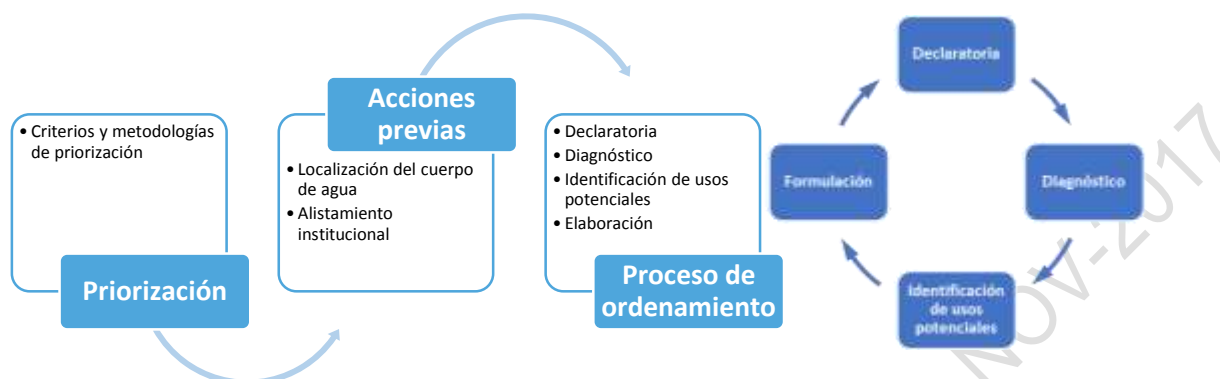


Figura 3. Esquema del proceso de ordenamiento del recurso hídrico.

1.4.2 Priorización

Realizar la 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 en el marco de lo dispuesto en el artículo 2.2.3.3.1.5., del Decreto 1076 de 2015. En dicho artículo se establecen, como mínimo, los siguientes criterios de priorización:

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".

En la literatura existen múltiples metodologías de priorización (ver por ejemplo, Rojas, 2011 y Uniandes, 2002), dentro de las cuales se encuentran los de análisis multiobjetivo o multicriterio. En el Anexo 1 se presenta una metodología sugerida para facilitar el proceso de priorización, tomando en cuenta los criterios mínimos mencionados.

1.4.3 Acciones previas

Para abordar el proceso de ordenamiento del recurso hídrico³, es necesario realizar unas acciones previas que permitan a las Autoridades Ambientales competentes prepararse institucionalmente para el desarrollo del proceso. Dichas acciones incluyen:

- 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.

1.4.4 Fases del proceso de ordenamiento

Una vez realizadas las acciones previas, se inicia el proceso de ordenamiento, como se describe a continuación⁴:

"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;*

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.

- 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 2.2.3.2.13.2 (...) o la norma que lo modifique o sustituya, 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 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

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	Código	Zona hidrográfica	Código	Sub-zona hidrográfica	Código	Nivel subsiguiente	Código	Microcuenca	Código	Cuerpo de agua	Código

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 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.

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).

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.

2.2.2 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.

2.2.3 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 otros aspectos:

- Información de oferta.
- Información de demanda.
- Información de calidad del agua.
- 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.

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

- Planes estratégicos de Macrocuencas
- 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

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

- 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.

Se recomienda incluir en el análisis información generada como mínimo durante los últimos cuatro 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 diseño de la red de seguimiento y monitoreo que se define 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

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).

- 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

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.

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 la base de datos o registro de peticiones, quejas y reclamos consolidados de los dos últimos 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.

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 elaborado por la Autoridad ambiental competente, y 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 de monitoreo que permitan caracterizar la descarga de aguas residuales domésticas y no domésticas. 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.

Los puntos sobre el cuerpo de agua principal objeto de ordenamiento, en caso de tratarse de un cuerpo lótico, deberán estar localizados a una distancia mayor o igual a la longitud de mezcla, aguas abajo de confluencias con afluentes naturales o vertimientos.

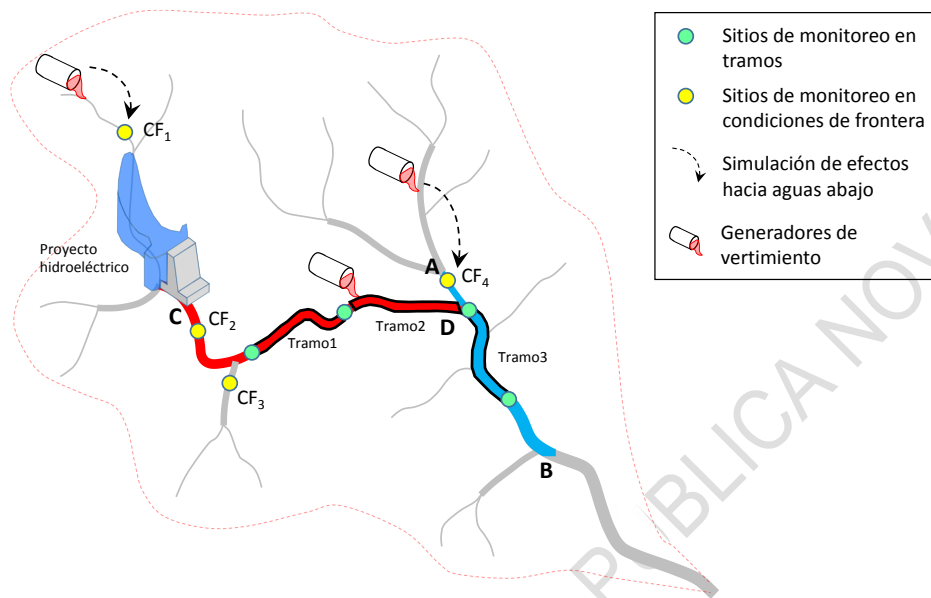


Figura 5. Localización de puntos de monitoreo de acuerdo con el objetivo del monitoreo. (Minambiente-CORNARE, 2015).

En los cuerpos lóticos 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 sobre el 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. Para la selección de dichos parámetros, la Tabla 2 presenta los parámetros mínimos sugeridos para el monitoreo de cuerpos de agua lóticos, lénticos y vertimientos, 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 macroinvertebrados bentónicos⁶, ficoperifiton⁷ y peces⁸ para cuerpos de agua lóticos, y fitoplancton⁹ y zooplancton¹⁰ para cuerpos lénticos, en los mismos sitios de medición de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. El Anexo 2 presenta una descripción de la metodología propuesta para la recolección en campo y el análisis de laboratorio de parámetros hidrobiológicos. La determinación de la composición, riqueza y diversidad de organismos busca obtener una visión integral del estado ecológico de la corriente. En este contexto, es oportuno incluir en el modelo de calidad del agua el parámetro clorofila-a (o su equivalente en peso seco libre de cenizas), como una variable representativa de la biomasa fotosintética activa en el cuerpo de agua.

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.

⁶ Organismos que viven en el fondo de los cuerpos de agua adheridos a sustratos como rocas, plantas acuáticas y residuos vegetales, o enterrados en el sustrato y que pueden ser observados a simple vista (tamaños superiores a 0,5 mm de largo) (Roldán y Ramírez, 2008).

⁷ El perifiton es una comunidad compleja de microbiota (algas, bacterias, hongos, animales, detritos orgánicos e inorgánicos) adherida a un sustrato, el que puede ser orgánico o inorgánico, vivo o muerto, donde su componente vegetal se denomina ficoperifiton (Montoya y Aguirre, 2013).

⁸ Para la colecta de ejemplares se pueden utilizar equipos de electro-pesca portátil u otros métodos manuales complementarios (e.g. atarraya) cubriendo unidades morfológicas tipo (e.g. escalón-pozo, pozo-rápidas, etc.) y con un tiempo promedio de 1 hora por unidad.

⁹ Organismos fotosintetizadores, microscópicos, que flotan en el agua a merced de la corriente (Roldán y Ramírez, 2008).

¹⁰ Organismos microscópicos de origen animal que flotan libres en el agua (Roldán y Ramírez, 2008).

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
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	Clorofila-a*	[mg/L Chl-a]		X	X
29	Compuestos organoclorados	[mg/L]			X
30	Compuestos organofosforados	[mg/L]		X	X
31	Sílice	[mg/L SiO ₂]			X
Metales y metaloides					
32	Arsénico (As)	[mg/L]	X	X	X
33	Bario (Ba)	[mg/L]	X	X	
34	Cadmio (Cd)	[mg/L]	X	X	
35	Cinc (Zn)	[mg/L]	X	X	X
36	Cobre (Cu)	[mg/L]	X	X	X
37	Cromo Total (Cr)	[mg/L]	X	X	
38	Hierro (Fe)	[mg/L]	X	X	X
39	Manganeso (Mn)	[mg/L]	X	X	X
40	Mercurio (Hg)	[mg/L]	X	X	X
41	Níquel (Ni)	[mg/L]	X	X	
42	Plomo (Pb)	[mg/L]	X	X	X

¹¹ Medir de acuerdo con la Resolución 0631 de 2015

No.	Parámetros	Unidades	Analizar en:		
			Vertimientos ¹¹	Cuerpos lóticos	Cuerpos lénticos
43	Selenio (Se)	[mg/L]	X	X	
44	Vanadio (Va)	[mg/L]	X	X	
Iones					
45	Cianuros	[mg/L CN ⁻]	X	X	X
46	Cloruros	[mg/L Cl ⁻]	X	X	X
47	Sulfatos	[mg/L SO ₄ ²⁻]	X	X	X
48	Calcio	[mg/L]		X	X
49	Magnesio	[mg/L]		X	X
50	Sodio	[mg/L]		X	X
Microbiológicos¹					
51	Coliformes termotolerantes	[NMP/100mL]	X	X	X
52	Coliformes totales	[NMP/100mL]	X	X	X
53	Coliformes fecales	[NMP/100mL]	X	X	X
54	<i>E. coli</i>	[NMP/100mL]	X	X	X
Hidrobiológicos					
55	Perifiton	[Org/cm ²], [µg/m ² Chl-a] y [g/m ² Peso seco]		X	
56	Macroinvertebrados	[Org/cm ²]		X	
57	Peces	[# individuos] por especie, [g] por especie		X	
58	Fitoplancton	[Org/L] y [µg/L Chl-a]			X
59	Zooplancton	[Org/L] y [mg/L C]			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/m ³]
Densidad de los sólidos	[kg/m ³]
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-NO ₃]
Fósforo total	[mg/Kg P]
Fósforo Reactivo soluble	[mg/kg]
Carbonatos	[mg/Kg]
Superficie específica	[m ² /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]

Parámetros	Unidades
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 /m ² d]
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.

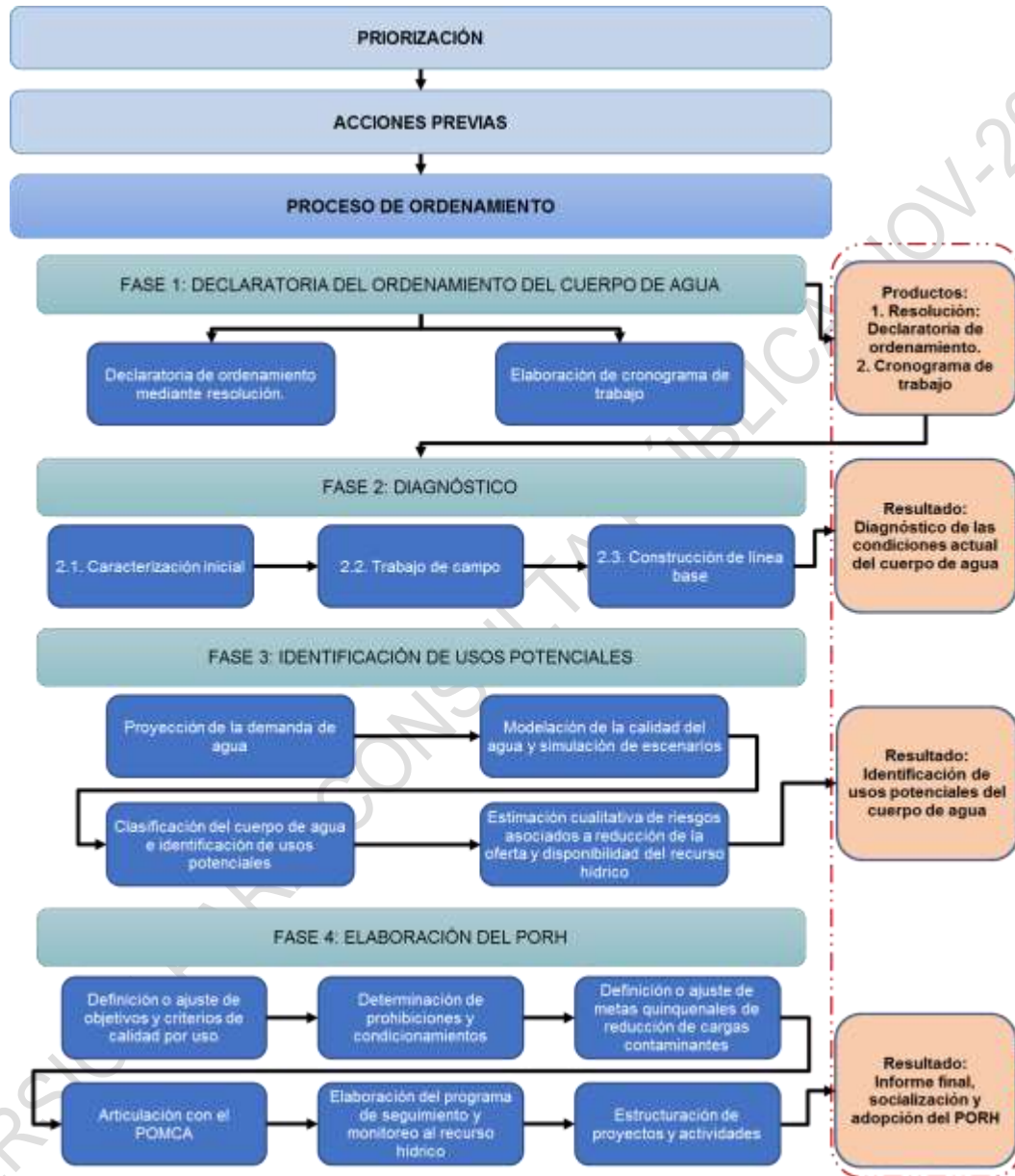


Figura 6. Esquema del proceso de formulación del PORH.

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.

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.

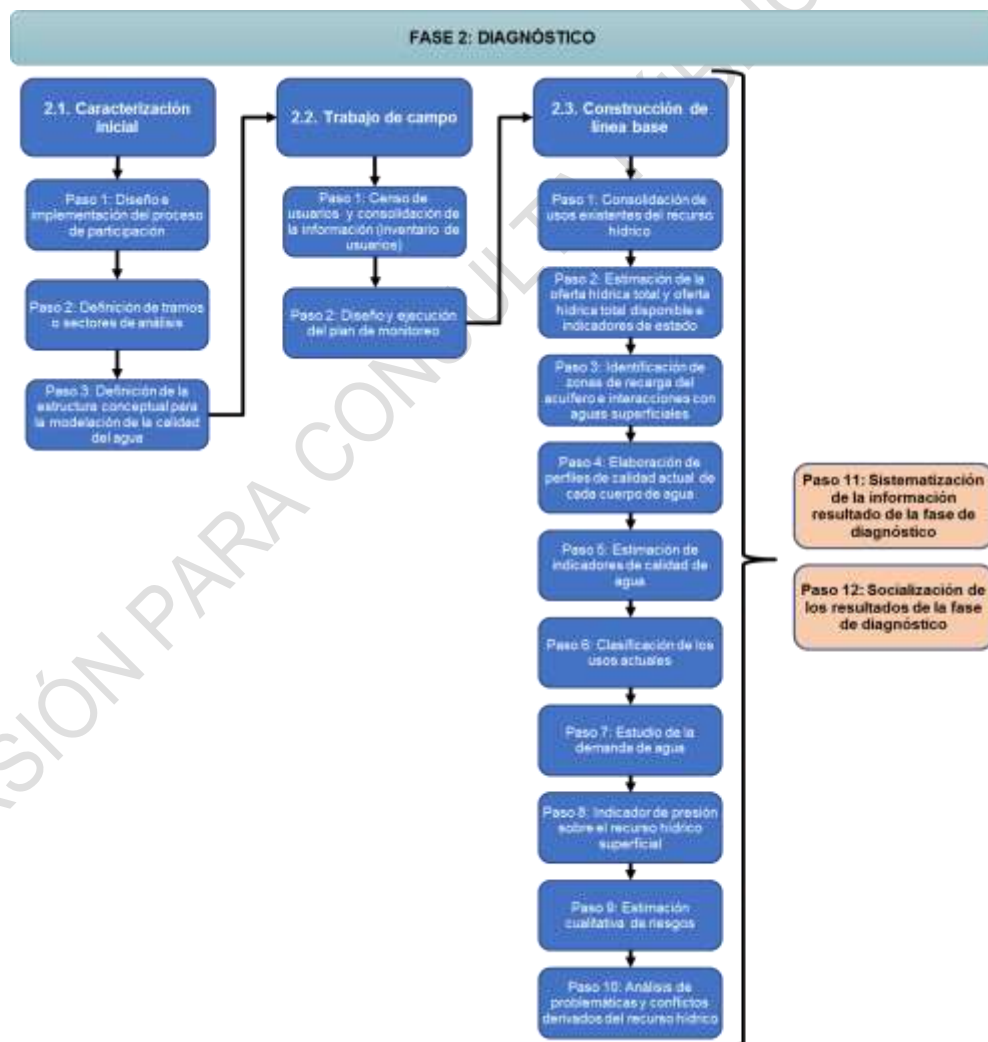


Figura 7. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de diagnóstico.

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 Plan, 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 como mínimo:

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.

Se recomienda que el equipo social que acompañe el proceso de ordenamiento proponga, según su conocimiento 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 el proceso de caracterización morfológica recomendado en la Guía para la estimación de caudales ambientales en Colombia, con el fin de contar con una segmentación y clasificación robusta, que permita generalizar características hidráulicas, geomorfológicas, de calidad del agua e hidrobiológicas en sitios no monitoreados dentro de la red de drenaje.

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.
- 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, 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.
 1. 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.
 2. 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.

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).

3. Obras de ocupación de cauces, playas y lechos.
4. 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 fisicoquímicos 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.

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 programa 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 bentónicos y algas perifíticas (Ver Anexo 2).
 - 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 fisicoquímica, 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:

- 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.
- 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 (perifiton y 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 lóticos, 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 programa 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. Para esto, se debe aplicar la metodología descrita en la Guía 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 espacialización.

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 indicadores de calidad de agua

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). Para los indicadores biológicos se propone analizar la estructura y ecología de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, algas perifíticas, fitoplancton y zooplancton, de acuerdo con el tipo de cuerpo de agua.

En los ejercicios piloto realizados como parte de la validación de metodología descrita en esta guía, se implementó una propuesta de indicadores biológicos que permite 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.

Las metodologías usadas para la determinación de calidad biológica fueron:

1. El índice cualitativo de calidad del agua BMWP (Roldán, 1997; Roldán y Ruiz, 2001), 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.
2. Para establecer la estructura y la composición de la comunidad de macroinvertebrados, algas perifíticas, fito y zooplancton, según el tipo de cuerpo de agua, se aplican los índices de diversidad de Shannon – Weaver (1949), Equidad de Pielou (1984), dominancia de Simpson (1949) y riqueza numérica, a partir del número de taxones y de la abundancia de cada taxón. La finalidad de la aplicación de estos índices es determinar la variación en el tiempo y las diferencias espaciales en la estructura y la composición de una comunidad en un área determinada. Los resultados de los índices deben ser analizados por separado y en conjunto, y luego se deben comparar entre estaciones, ya que su carácter es complementario.
3. Índice de valor de Importancia Ecológica de la especie (IVI). Es aplicado a macroinvertebrados, fitorfiton, fitoplancton y zooplancton (Lamprecht, 1990). Éste se calcula para cada especie con la información de ocurrencia en las diferentes estaciones. Este índice mide el predominio de una especie, el cual se puede dar por la abundancia numérica, la frecuencia y la biomasa o por el conjunto de estos factores. Adicionalmente, este índice permite establecer la variación de la importancia de una especie dentro de un grupo de estaciones de una misma región en un amplio rango geográfico. La metodología para la aplicación de este índice se encuentra en el Anexo 3.

4. Índice de Calidad ecológica para macroinvertebrados, perifiton, fito y zooplancton. Este índice permite establecer cuantitativamente valores de tolerancia de los taxones a las condiciones ambientales, a través del análisis integrado de las variables ambientales y la composición y abundancia de los organismos, y finalmente elaborar un sistema de indicación de la calidad ecológica (Forero, 2014). Esto es posible gracias a que cada taxón en particular está en capacidad de sobrevivir únicamente dentro de determinados rangos ambientales (González, 1999). La metodología para la aplicación de este índice se encuentra en el Anexo 3.

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. Un ejemplo de los resultados de la clasificación de los usos actuales se presenta en la Figura 8.

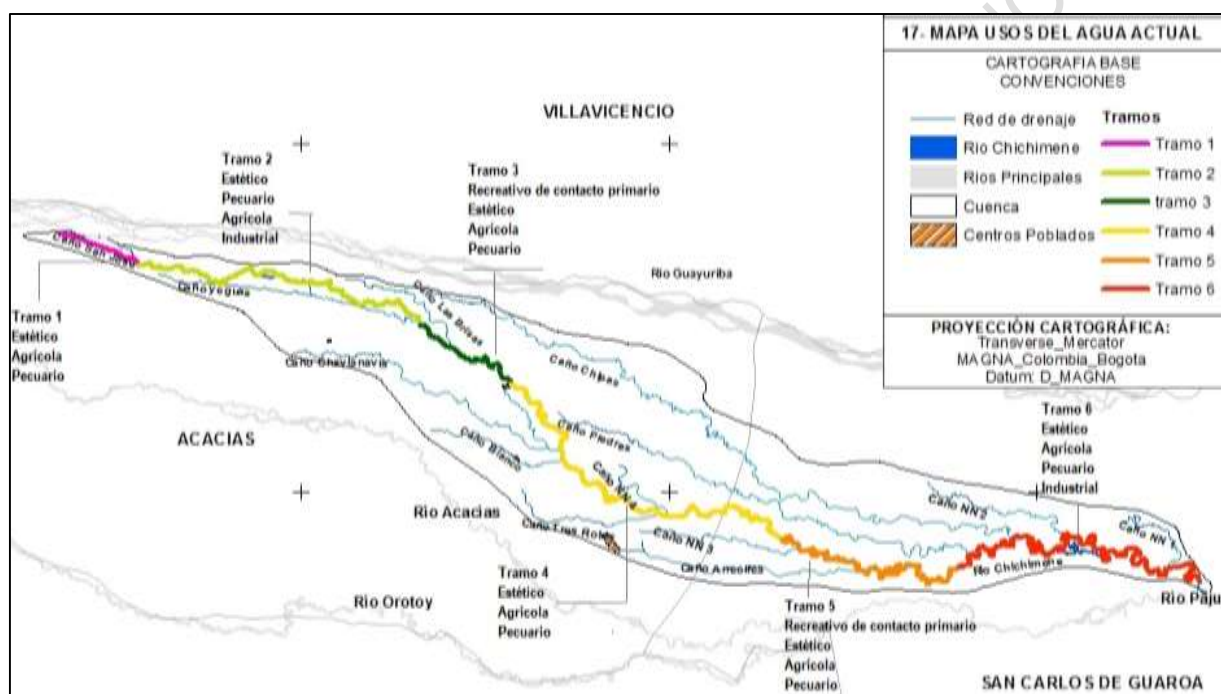


Figura 8. Mapa de clasificación de los usos actuales del agua.
Fuente: MADS y CORMACARENA, 2014.

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 socioeconómicos extractivos: actividades relacionadas en el artículo 2.2.3.2.7.1. 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 por demanda sectorial y el mapa de demanda total.

3.2.3.8 Indicador 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), el índice biológico BMWP adaptado para Colombia (Roldán, 1997; Roldán y Ruiz, 2001) y el Índice de Calidad Ecológica – ICE (Forero, 2012). La estimación de dichos índices debe realizarse por tramos de estudio, 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 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 comparación de los usos del recurso hídrico identificados con:

- los usos del suelo 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 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 insumos de los diferentes análisis, así como de las evidencias del trabajo de campo y del trabajo con usuarios del cuerpo de agua objeto de ordenamiento.

3.2.3.12 Socialización de los resultados de la fase de diagnóstico

Dependiendo de la estrategia de participación diseñada al inicio del proceso (ver numeral 3.2.1.1), la autoridad ambiental podrá 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.

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 la viabilización de 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.

3.3 FASE 3. IDENTIFICACIÓN DE USOS POTENCIALES

Esta fase comprende el análisis de los usos potenciales del recurso, para diseñar los escenarios futuros de uso coordinado y 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.

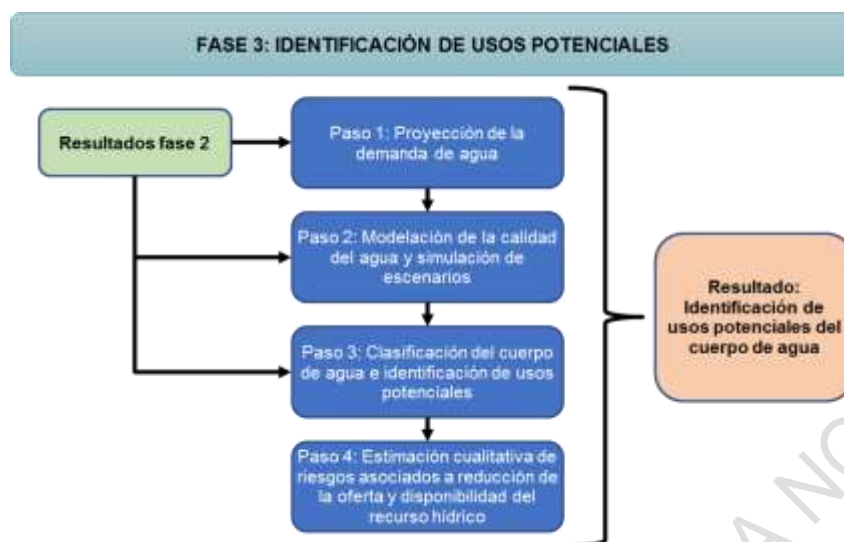


Figura 9. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de identificación de usos potenciales.

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 del suelo, dinámica poblacional y sectorial, 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.

$$c = \frac{1}{a} W \quad [1]$$

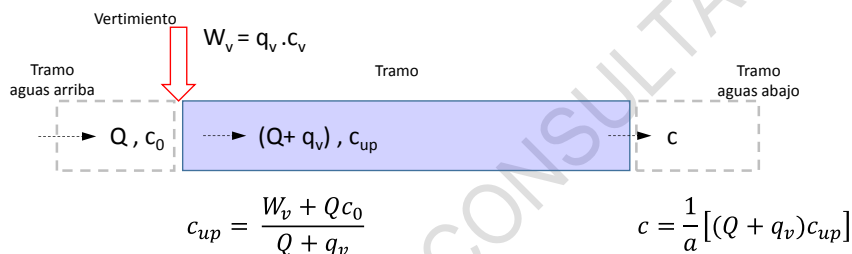


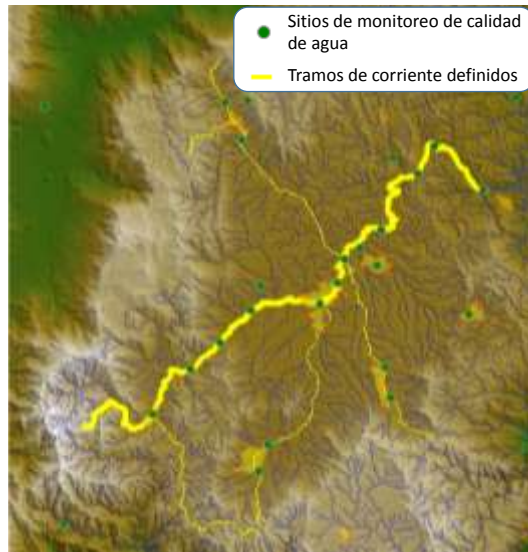
Figura 10. Esquematización de la aplicación del factor de asimilación en la escala de tramo. Fuente: Minambiente-CORNARE, 2015.

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.

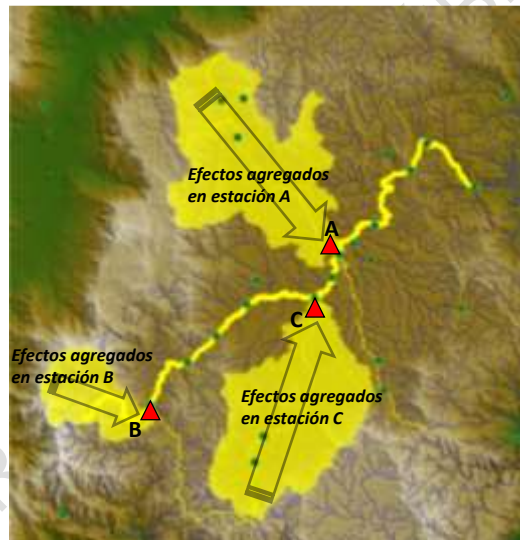
Inicialmente deben definirse los tramos de corriente a lo largo de los cuales se evaluarán las posibles problemáticas o conflictos relacionados con la disponibilidad hídrica y la calidad del agua, de acuerdo con el procedimiento descrito en el numeral 3.2.1.2 del presente documento. Como criterios adicionales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

- Localización espacial de captaciones superficiales
- Localización espacial de vertimientos puntuales
- Localización espacial 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.



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



(b) Esquematización 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 definirlos 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 por el equipo de trabajo, la suministrada por la Autoridad Ambiental competente (sección 2.2) y la resultante 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 y estudios. 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 4 presenta algunos criterios recomendados 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, 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 4, con condiciones de caudal y calidad en periodos de transición o de aguas altas en el cuerpo receptor y sus tributarios naturales. De esta forma, se podrán proyectar objetivos de calidad dependiendo de las condiciones hidrológicas a lo largo del año.

Tabla 4. Aspectos 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

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 índice biológico BMWP Colombia (Roldán, 1997; Roldán y Ruiz, 2001), 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.

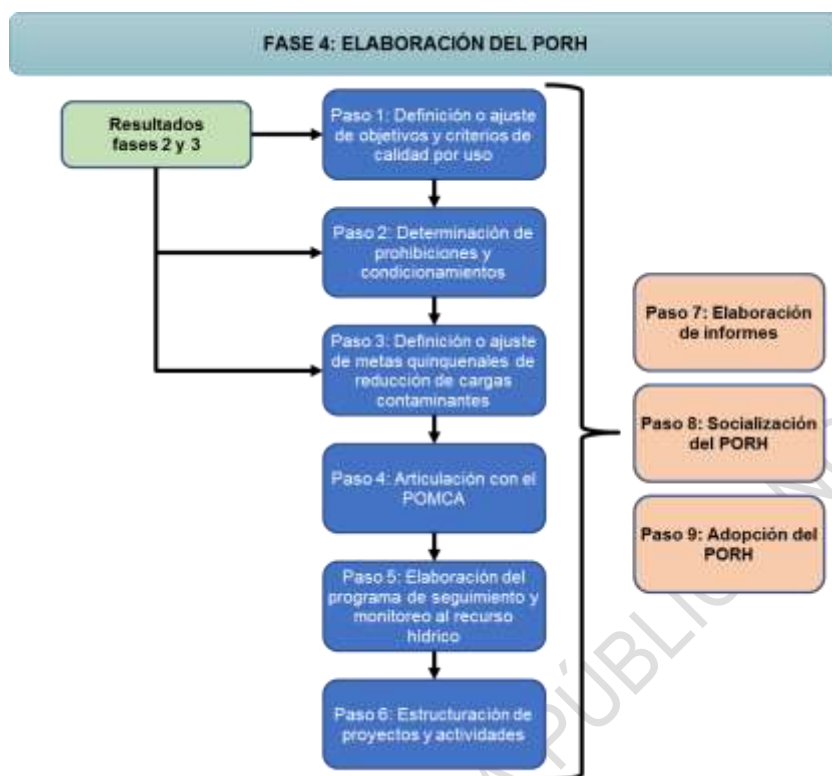


Figura 12. Metodología propuesta para el desarrollo de la fase de elaboración del PORH.

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 5.

Tabla 5. 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 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 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.

3.4.6 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.

3.4.7 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.

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

3.4.8 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.

3.4.9 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.

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"

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.
- 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. 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.
- Colombia. 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.
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. CORMACARENA (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Chichimene y sus principales tributarios.
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -. CDMB (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Oro y sus principales tributarios.
- Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -.CORPOCESAR (2014). Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Cesar.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible – MAVDT -PNGIRH. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Viceministerio de Ambiente, Dirección de Ecosistemas, Grupo de Recurso Hídrico.
- Colombia. 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.
- Colombia. 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.
- 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. Presidente de la República-D1541 (1978). Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973.
- Colombia. Presidencia de la Republica- D 1594 (1984). Derogado por el art. 79, Decreto 3930 de 2010, salvo los arts. 20 y 21. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Colombia. Presidencia de la República-D 3930 (2010). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones
- Colombia. Presidencia de la República- D 1640. (2012). "Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.
- Congreso de Colombia -CP. (1991). Constitución Política de Colombia. Bogotá D.C.
- 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 disposición. 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 (Suppl. 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.

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. (2017) 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.

Lamprecht, Hans. (1990). *Silvicultura en los trópicos / Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).

Lepš J. y Šmilauer P. (2003). *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO* University Press, Cambridge.

Montoya, Y. M., Aguirre, N. (2013). Estado del arte del conocimiento sobre perifiton en Colombia. *Gestión y ambiente*, 16(3), 91.

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

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

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, G. (1997). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Rev. Acad. Colombia. Ciencias 23(88): 375-387.

Roldán, G. y Ruiz, E. (2001). Development of Limnology in Colombia. Wetzel. R.G and Gopal B (Ed). Limnology in Developing Countries 3: 69 – 119.

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

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

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.

VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA NOV-2017

5 ANEXOS

VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA NOV-2017

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 del uso de las aguas o en donde estos se encuentren establecidos	Mayor prioridad a los cuerpos de agua donde se encuentren establecidos 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
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

ID	Criterios de priorización	Criterio empleado para priorizar	Rango de valores	Factor de ponderación																
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 $\begin{cases} \text{si Población} < 2500 & 0 \\ \text{si Población} \geq 2500 & \log(Población) \end{cases}$	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	<table><tr><th colspan="2">Porcentaje</th></tr><tr><th>IUA ó 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>	Porcentaje		IUA ó 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
Porcentaje																				
IUA ó 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 de buena. 0.5-. Con actividad pesquera moderada y categoría del índice BMWP de aceptable 0.7-. Con actividad pesquera alta y categoría del índice BMWP de dudosa. 1.0- Con alta actividad pesquera y/o categoría del índice BMWP 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																

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

ID	Criterios de priorización	Criterio empleado para priorizar	Rango de valores	Factor de ponderación
C11	Porcentaje de usuarios no formales	Mayor prioridad al porcentaje 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

VERSIÓN PARA CONSULTA PÚBLICA NOV-2017

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

Macroinvertebrados Bentónicos

Recolección en campo.

Para la toma de las muestras se realizará un método cualitativo basado en el arrastre de material por medio de una red triangular en un transepto de 100 m en el sitio de muestreo. La muestra obtenida de este arrastre será depositada y debidamente marcada en recipientes plásticos preservando el contenido con alcohol al 70%.

Adicionalmente, para el método cuantitativo se seleccionarán en cada una de las estaciones de muestreo sustratos¹⁵ apropiados para el establecimiento de los macroinvertebrados bentónicos, los cuales serán colectados por método manual usando una red Surber, la cual se expone contra la corriente por un periodo de 5 minutos aproximadamente. Colocada la red se procederá a remover el fondo, incluyendo las piedras que se encuentren dentro del área determinada; posteriormente se retira la red y se toman las piedras y material adherido como hojarasca y sedimento que fueron atrapados por el cuadrante de la red. El material colectado será dispuesto en bandejas plásticas para colectar por medio de pinzas metálicas los macroinvertebrados, los cuales serán depositados en recipientes plásticos preservando el contenido con alcohol al 70%.

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.

El material recolectado en campo preservado en alcohol antiséptico y transportado en frascos plásticos al laboratorio, será identificado por medio de un estéreomicroscopio y claves taxonómicas especializadas.

Algas Perifíticas

Recolección en campo.

Para efectuar la toma de muestras perifíticas en cada uno de los puntos de muestreo sugeridos, se realizará la remoción, por medio de cepillos plásticos, del material adherido a sustratos (piedras, troncos, hojarasca) inmerso en el lecho de la corriente. Como unidad de área se utilizará un cuadrante de 8 cm², el cual será dispuesto 30 veces en superficies escogidas al azar en cada punto de muestreo, obteniendo un área total de 240 cm² de raspado por estación. Posteriormente la muestra colectada (la cual se compone de las 30 veces en que se dispuso el cuadrante) será fijada con una solución de 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 invertido, provisto de una reglilla ocular y para el montaje de la muestra se utilizará la cámara de conteo Sedgwick-Rafter de 1ml de capacidad, la cual es necesaria para efectuar comparaciones entre análisis cuantitativos (Wetzel & Likens, 1990). Para efectuar el conteo de algas perifíticas en la cámara se seleccionarán 30 campos de

¹⁵ Superficie sobre la cual crecen los microorganismos, pueden ser plantas macroscópicas, superficies de animales, rocas, granos de arena, pedazos de madera, hojarasca o sedimento (Montoya y Aguirre, 2013).

observación siguiendo un sistema de muestreo al azar (Uehlinger, 1964), el método debe ser validado por una curva de rarefacción con el fin de verificar si el conteo cumple la asíntota o estabilidad en la cuantificación del tope de especies. 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 (1984) y dominancia de Simpson (1949).

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

$$Org./ml = \frac{C \cdot (1000mm^3)}{L \cdot D \cdot W \cdot S}$$

Donde C es el número de organismos contados; L es la longitud del campo de observación (Objetivo utilizado (40X)), (mm); D corresponde a la altura del campo de la cámara (mm); W es el ancho del campo de observación (Objetivo utilizado (40X)), (mm)); S es el número de campos contados

El número de organismos por mililitros será calculado mediante la expresión anterior y se asociará al volumen inicial de la muestra de la siguiente forma:

$$No. Org. = \left(\frac{org}{ml} \right) \cdot Vf(ml)$$

Éste a su vez se relacionará con el área de muestreo considerada en cada sitio de muestreo (240cm²), con el fin de obtener la densidad mediante la conversión:

$$Densidad = \frac{organismos}{\text{área muestreada}(cm^2)}$$

Fitoplancton

Recolección en campo.

La muestra de 1L será compuesta de la mezcla de agua (de igual volumen) procedente de tres profundidades delimitadas con el disco Secchi: Subsuperficie, mitad de la zona fótica y límite de la zona fótica, estas 3 submuestras se mezclan en un recipiente y de ahí se extrae la muestra final de fitoplancton (1L)

Trabajo de Laboratorio.

Para la observación de las muestras se utilizará un microscopio invertido Leica DMIN, 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). Las observaciones se realizarán con un aumento de 400 X y para la determinación de la densidad por mililitro se aplicará la expresión de Ros (1979). El conteo se realizará con una magnificación total de 400X. 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 zooplancton será colectado integrando diferentes profundidades equidistantes dentro de la columna de agua (de acuerdo con la profundidad del sitio de muestreo) hasta completar un volumen de 35L. Las muestras serán concentradas con un tamiz de 65µm, almacenadas en frascos de 50ml y fijadas con solución *transeau* (seis partes de agua, tres de alcohol y una de formol) en proporción 1:1.

Trabajo de Laboratorio.

La densidad de zooplancton se estimará mediante el conteo de los organismos presentes en la muestra completa en caso de que las abundancias sean bajas, en caso contrario 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 invertido Leica DMIN. Posteriormente se obtendrá el valor medio de las cinco alícuotas contadas, se multiplicará por el volumen de la submuestra y se dividirá por el volumen total filtrado. Las densidades serán reportadas en ind./l (Wetzel&Likens, 2000).

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 dentro del cual se estimará el porcentaje de cobertura de cada especie de macrófita.

ANEXO 3 – ÍNDICES DE CALIDAD ECOLÓGICA

Índice de valor de Importancia Ecológica de la especie (IVI)

El IVI requiere de información sobre la frecuencia de aparición de cada especie en diferentes sitios. Para su cálculo es necesario conjugar series temporales, que en este caso están representadas por la información de varias estaciones. La ventaja del IVI es que se puede compactar la información por año y permite establecer las tendencias temporales de las especies más importantes y hacer inferencias sobre su relevancia ecológica. Aunque este índice no se relaciona directamente con alguna calificación de calidad, permite acompañar las explicaciones ecológicas que apoyan el estado ambiental de las corrientes. El índice se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\text{Índice de valor de Importancia de la especie} = DR + FR + DoR$$

Donde *DR* es la densidad relativa; *FR* es la Frecuencia relativa; y *DoR* es la Dominancia relativa

La *DR* se calcula de acuerdo con la siguiente expresión:

$$DR = \frac{DA_i \cdot 100}{\sum DA} + FR + DoR$$

Donde *DA_i* es la dominancia absoluta de la especie *i*; y *DA* es dominancia absoluta de todas las especies.

La expresión para el cálculo de la *DA*, se calcula mediante la siguiente ecuación

$$DA = \frac{\text{Número individuos especie } i}{\text{Área de la muestra}}$$

En cuanto a La *DoR*, la ecuación para su cálculo corresponde a

$$DoR = \frac{DoA_i \times 100}{\sum DoA}$$

Donde *DoA_i* es la dominancia de la especie *i*; y *DoA* es dominancia absoluta de todas las especies cuya estimación se realiza así:

$$DoA = \frac{\sum \text{área basal de todos los individuos de la especie } i}{\text{Área de la muestra}}$$

Por último, la Frecuencia absoluta (*FA*) se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$FA = \frac{\text{No de estaciones en las que ocurre la especie } i}{\text{Número total de estaciones de la muestra}}$$

Se recomienda que el resultado del IVI se complemente con los géneros que fueron escogidos como indicadores en el Índice de Calidad Ecológica (ICE).

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 fisicoquímicos 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 & Šmilauer, 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 reescalado 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 ($R^2 \geq 0,5$ ó $R^2 \leq -0,5$) 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 (cluster) 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.

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 índice BMWP Colombia, 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.