

# UNA METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO

Teresita Betancur Vargas\*  
Ana Karina Campillo Pérez\*\*  
Vanessa García Leoz\*\*\*

Recibido: 23/02/2011

Aceptado: 05/08/2011

## RESUMEN

En el marco de la política nacional para la gestión del recurso hídrico, el Decreto 3930 de 2010, reafirma la necesidad y pertinencia de formular planes de ordenamiento del recurso hídrico -PORH-; si bien ya el Decreto 1594 de 1984 había planteado esta necesidad, poco se ha avanzado en el país al respecto. Este artículo sintetiza los resultados de un proyecto de investigación realizado por la Universidad de Antioquia por encargo de CORANTIOQUIA, en relación con el diseño de una propuesta metodológica para la formulación de los PORH. Esta metodología fue ya aplicada para formular los PORH para cuerpos de agua en microcuencas de las Direcciones Territoriales Tahamíes y Zenufaná de CORANTIOQUIA.

Palabras clave: planes de manejo del recurso hídrico, metodología para la gestión del recurso agua

---

\* Geóloga, Ph D, coordinadora Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental (UdeA), Calle 67 #53-108, 219 8577, correo: terebetanv@udea.edu.co.

\*\* Estudiante de Ingeniería Sanitaria (UdeA), Calle 1sur#53-10. 2555804. Correo anakarinacp21@gmail.com

\*\*\* Estudiante de Ingeniería Sanitaria (UdeA), Calle 76#80-85, Apto: 414. 2343088. Correo vanessa.g.leoz@gmail.com

## **A METHODOLOGY FOR FORMULATING WATER ORDERING PLANS**

### **ABSTRACT**

In relation to the national policy for water management, Decree 3930, 2010 ratifies the importance and need for formulating Water Ordering Plans; although Decree 1594, 1984 had already established this need, few progress has been achieved in the country in relation to this topic. This article is a synthesis of results of a research project hired by CORANTIOQUIA and conducted by Universidad de Antioquia with respect to the design of a methodological proposal for formulating Water Ordering Plans. This methodology has already been applied to formulate Water Ordering Plans for water bodies in micro-basins from CORANTIOQUIA Tahamíes and Zenufaná territories.

**Key words:** water handling plans; water management methodology.

## INTRODUCCIÓN

Dentro de las ciencias ambientales, a escala global, ningún otro recurso como el agua constituye un elemento articulador de la gestión, ajustada al paradigma de la sostenibilidad. Como lo plantea Mejía [1] “Desde mediados de los años noventa, la comunidad internacional acordó una reorientación hacia una Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)”. Para la Asociación Mundial del Agua, la GIRH es: “un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas”.

El contexto espacial más general para enmarcar el conjunto de procesos que se asocian al ciclo hidrológico lo constituye la cuenca. En este sentido, dentro de los planes de manejo y ordenación de cuencas hidrográficas (POMCA) se engloban el agua y los demás recursos naturales como el suelo y sus usos, y los impactos que el uso genera sobre el sistema ambiental. La referencia específica al agua se encuentra considerada en la normativa colombiana dentro de los planes de ordenamiento del recurso hídrico, para cuya formulación se requiere definir el concepto particular de cuerpo de agua. La recientemente promulgada Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Colombia recoge y es consistente con las pautas que en el ámbito mundial se vienen trabajando en materia de agua; en ese sentido las propuestas metodológicas que a la luz de la política se planteen -como en este caso particular para la formulación de los PORH- están al orden del día en términos conceptuales y del estado del arte.

Es función de la Autoridad Ambiental administrar los recursos naturales renovables del área de su jurisdicción. El agua como elemento fundamental para la vida, esencial para las diferentes actividades industriales, domésticas y comerciales, debe ser el eje de esta gestión. Dentro de este contexto existe una serie de normas que hacen re-

ferencia a la protección y conservación del recurso hídrico: inicialmente el Decreto 1594 de 1984 [2] en el capítulo 2, hacía referencia a la formulación de los planes de ordenamiento del recurso hídrico (PORH); recientemente el 25 de octubre de 2010 el Decreto 3930 [3] dicta nuevas disposiciones en este sentido y pone en evidencia nuevamente la urgencia de cumplir con esta actividad, de la cual pocas autoridades ambientales se han ocupado; desde el Decreto 2811 de 1974 [4], Código de los Recursos Naturales, se estableció que, siendo el agua un bien de dominio público, inalienable e imprescriptible (Artículo 80), puede ser concesionada para su aprovechamiento sujeta a las disponibilidades del recurso y a las necesidades que imponga el objeto para el cual se destine (Artículo 89); el Decreto 2857 de 1981 [5] se refiere al ordenamiento de las cuencas hidrográficas, y reglamenta parte del Decreto 2811 de 1974 [4], del cual el artículo 5 es clave dentro de los procesos de interés en la implementación del PORH; asimismo, el Decreto 1541 de 1981[6] establece que la preservación y manejo de las aguas son de utilidad pública e interés social; adicionalmente define que los cuerpos de agua respecto a los vertimientos son de dos clases, I y II.

El Decreto 3930 [3] establece que los Planes de ordenamiento del recurso hídrico no solo se seguirán requiriendo, sino que se fortalecerán. Por medio de esta modificación se establecen las directrices mínimas para el ordenamiento del recurso, así como las normas que regulan y condicionan los vertimientos a cuerpos de agua, suelo y alcantarillados. Específicamente, en el capítulo 3 se plantea la necesidad de hacer el ordenamiento del recurso hídrico para destinar las aguas superficiales, subterráneas y marítimas en forma genérica a los diferentes usos de que trata el artículo 9 del mismo decreto.

El artículo 4 del Decreto 3930 [3] establece que cada autoridad ambiental competente formulará el plan de ordenamiento del recurso hídrico-PORH-, con el fin de clasificar las aguas superficiales, subterráneas y marítimas y fijar en forma genérica su destinación a los diferentes usos y sus posibilidades

de aprovechamiento. El PORH se formulará en consonancia con sus planes estratégicos, planes de acción y objetivos de cada autoridad ambiental (CAR), de manera que ellos orienten el conjunto de programas, proyectos y actividades que harán parte del mismo; todo esto enmarcado en un escenario de financiación que haga posible su implementación con el propósito de disminuir la presión que se ejerce sobre los cuerpos de agua y dar solución a la problemática ambiental identificada.

El ordenamiento es un proceso de planificación el cual:

- Establece la clasificación de las aguas.
- Fija su destinación y sus posibilidades de uso, con fundamento en la priorización definida para tales efectos en el artículo 41 del Decreto 1541 de 1978.
- Define los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo.
- Establece las normas de preservación de la calidad del recurso para asegurar la conservación de los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies.
- Determina los casos en los que deba prohibirse el desarrollo de actividades como la pesca, el deporte y otras similares, en toda la fuente o sectores de ella, de manera temporal o definitiva.
- Fija las zonas en las que se prohibirá o condicionará, la descarga de aguas residuales y/o residuos líquidos o gaseosos, provenientes de fuentes industriales o domésticas, urbanas o rurales, en las aguas superficiales, subterráneas, o marítimas.
- Establece el programa de seguimiento al recurso hídrico con el fin de verificar la eficiencia y efectividad del ordenamiento del recurso.

En el artículo 6 se establece, como aspecto mínimo del ordenamiento del recurso hídrico, la identificación de los usos existentes, los cuales se establecen en consonancia con las condiciones

físicas, químicas, biológicas y geográficas de la zona de interés. Además, se deben tener en cuenta las actividades económicas propias de la región, las características paisajísticas y las normas de calidad requeridas para la preservación y protección de la flora y la fauna acuática. El ordenamiento de los cuerpos de agua y/o acuíferos debe incluir los afluentes o zonas de recarga de los mismos. Cabe anotar que estas ideas son coherentes con los criterios de caudales ambientales propuestos en el Building block methodology [7].

Los modelos de simulación constituyen una herramienta útil en la determinación de la capacidad de asimilación de un cuerpo de agua, frente al vertimiento de sustancias que alteren la calidad del mismo. De esta forma, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial expedirá dentro de los ocho (8) meses, contados a partir de la fecha de publicación del Decreto 3930 [3], la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico. Por el momento, las autoridades ambientales pueden utilizar los modelos utilizando parámetros físico-químicos establecidos en el decreto.

Es también importante resaltar el artículo 8, en el cual se presenta el proceso que debe llevarse a la hora de desarrollar un PORH. La primera etapa, que es la del diagnóstico, hace referencia al reconocimiento de la situación ambiental actual del cuerpo de agua desde las variables fisicoquímicas y microbiológicas hasta las actividades antrópicas que puedan alterar la calidad del cuerpo de agua. En esta fase se hace uso de la información bibliográfica existente, la cual es proporcionada por la autoridad ambiental.

Teniendo una primera pero adecuada aproximación de la condición ambiental actual, se procede a la identificación de los usos potenciales del recurso, con apoyo en la utilización de los modelos de simulación de la calidad del agua, y validando diferentes escenarios ambientales, los cuales deben tener en cuenta los aspectos ambientales, socioculturales y económicos y finalmente la gradualidad de las actividades a ejecutar.

Finalmente con los resultados de las fases previas, la autoridad ambiental elaborará un documento que tendrá como mínimo lo siguiente: clasificación del cuerpo de agua en ordenamiento, el inventario de usuarios, el uso o los usos a asignar, los criterios de calidad para cada uso, los objetivos de calidad a alcanzar en el corto, mediano y largo plazo, las metas de reducción quinquenales (según el Decreto 3100 de 2003 [8] o la norma que lo modifique, adicione o sustituya), la articulación con el plan de ordenación de cuencas hidrográficas, en caso de existir, y por último, el programa de monitoreo y seguimiento del PORH.

En el marco del proyecto “Formulación de un plan de ordenación del recurso hídrico y diseño de un programa de monitoreo y seguimiento a la calidad de los cuerpos hídricos en las cuencas de influencia del sector eléctrico en las direcciones territoriales Tahamíes y Zenufaná”, realizado por la Universidad de Antioquia para CORANTIOQUIA [9], se elaboró una propuesta metodológica para formular planes de ordenación del recurso hídrico. Este procedimiento, si bien fue diseñado a la luz del Decreto 1594 [2], no solo mantiene sino que gana vigencia frente al Decreto 3930 [3], el cual sintetiza esta propuesta metodológica.

## 1 ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS

La norma sobre los PORH considera una serie de términos y conceptos que se presentan de manera previa a la formulación metodológica que aquí se propone:

**Plan de ordenación del recurso hídrico.** Herramienta mediante la cual se pretende formular una serie de lineamientos encaminados a reconocer, clasificar y monitorear los cuerpos de agua que ven comprometida su calidad ambiental o su disponibilidad por ser receptores de vertimientos o abastecedores de un territorio.

**Cuerpo de agua.** Sistema de origen natural o artificial localizado sobre la superficie terrestre y/o subsuelo, en el caso de las aguas subterráneas,

conformado por elementos físico-bióticos, masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

**Uso potencial.** Uso más intensivo que soporta un cuerpo de agua, el cual cobra importancia al poner en riesgo su sostenibilidad en el tiempo. Es también el uso ideal, deseado o debido que se espera que tenga una corriente o un tramo de ella para asegurar su sostenibilidad y oferta hídrica.

**Calidad del agua.** Estado físico, químico y biológico en que se encuentra el agua, el cual está relacionado con la concentración de sustancias, bien sea naturales o artificiales, generadas principalmente tras procesos antrópicos.

**Monitoreo.** Proceso mediante el cual se hace seguimiento y se establece un control sobre el comportamiento de un proceso para detectar su estabilidad o variabilidad a través del tiempo [9].

**Simulación.** Metodología numérica desarrollada mediante un software específico que describe el comportamiento y la estructura de un sistema, y sirve de base para el diseño de la red de monitoreo.

**Modelación:** Ejercicio de realizar una representación simplificada de un sistema real que brinda información importante para el desarrollo de un protocolo de seguimiento o la implementación de un plan de acción frente a lo que se espera obtener.

Objetivos de calidad. Conjunto de parámetros que se utilizan para definir la idoneidad del recurso hídrico para un determinado uso [3].

## 2 METODOLOGÍA PARA LA FORMULACIÓN DE UN PORH.

La metodología planteada para la formulación de un PORH se muestra en la figura 1. Partiendo de la definición de un área de estudio sobre la cual se pretende emprender la ordenación del agua, la primera aproximación a la descripción del territorio se logra a partir de la revisión de la información disponible a escala regional. En este sentido las memorias de atlas regionales, planes o esquemas de ordenamiento territorial (POT o EOT), planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas

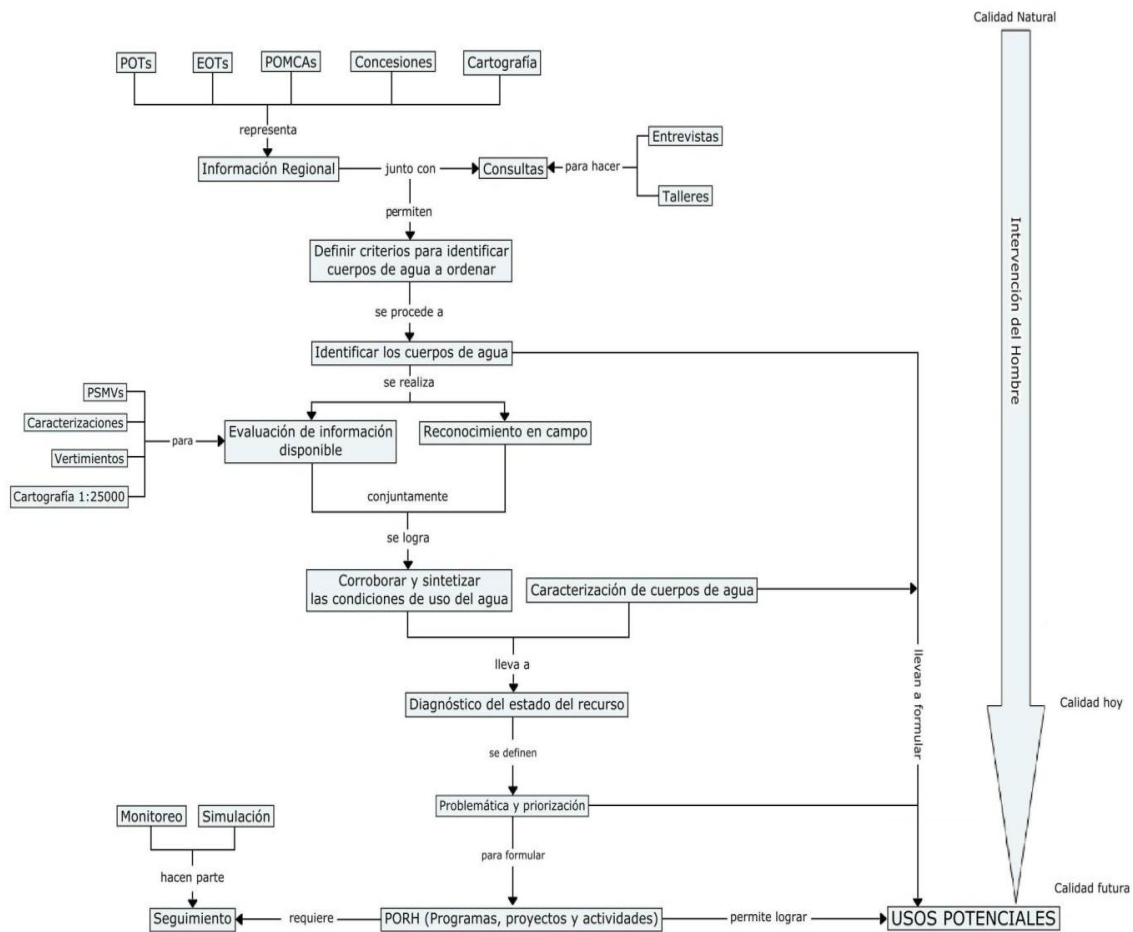


Figura 1. Esquema metodológico para la realización del un PORH y la determinación de los usos potenciales.

Fuente: [9]

(POMCA), planes departamentales del agua, estado de los recursos naturales y del ambiente, bases de datos de concesiones, cartografía, entre otros; constituyen insumos fundamentales para lograr una primera identificación de las características generales del territorio, para establecer el orden de las dinámicas a seguir y para hacer algunas consultas con actores clave de la región que manifiesten su conocimiento o expectativas acerca de lo que esperan de un PORH.

La síntesis de información que se logra a partir de esta primera actividad permite establecer, en cada caso de estudio, los criterios a considerar para seleccionar los cuerpos de agua que serán objeto de ordenación en el vasto territorio, y una vez de-

finidos los criterios, se seleccionan las corrientes, lentes de agua y acuíferos.

Una aproximación a mayor escala se debe emprender mediante la revisión, evaluación y síntesis de la información disponible a escala local; de ella hacen parte los planes de saneamiento y manejo de vertimientos (PSMV), los estudios de caracterización de corrientes, las bases de datos de vertimientos y contaminantes y la información cartográfica (1:25.000). El punto final de esta síntesis se plasma cuando, mediante unas jornadas de reconocimiento en campo, se logra la mejor aproximación posible al conocimiento de la realidad del estado del recurso hídrico. Este conocimiento se complementa y valida mediante la práctica de una

campana de caracterización cuantitativa y cualitativa sobre una red de muestreo adecuada.

En este punto debería ser posible establecer un diagnóstico general acerca del uso que se da al agua en los cuerpos objeto de estudio y de los efectos de este uso sobre los mismos. Como resultado del proceso adelantado hasta este momento se identifica la problemática ambiental relacionada con la calidad del recurso hídrico, se priorizan los cuerpos de agua de acuerdo con los resultados obtenidos con los índices de escasez y de calidad del agua. Con todo esto finalmente se completan los insumos básicos para definir los usos potenciales del agua.

La formulación de un PORH busca mantener o recuperar las condiciones de sostenibilidad del recurso hídrico, y apunta a trazar los caminos que permiten armonizar el uso actual del agua con el uso potencial y la necesidad de este recurso. Para lograrlo se requiere contar con un programa de seguimiento del PORH que se sustenta en el monitoreo y la simulación.

## 2.1 Criterios para la identificación de cuerpos de agua a ordenar

La descripción de las características generales de la zona de estudio permite identificar algunas condiciones iniciales que pueden constituir factores de afectación del recurso hídrico y a partir de ello determinar los primeros elementos que permiten seleccionar una serie de corrientes a considerar, para luego ser agrupadas por microcuencas y ordenadas de acuerdo con las grandes vertientes que conforman el territorio.

Para la selección de los cuerpos de agua a ordenar se considera fundamental tener en cuenta los siguientes criterios:

- Los cuerpos de agua que sirven actualmente como fuentes abastecedoras de agua potable para los principales centros poblados localizados en la zona de estudio.
- Los cuerpos de agua receptores de vertimientos puntuales de aguas residuales provenientes de

las cabeceras municipales, centros poblados y actividades industriales más importantes.

- Corrientes de agua que tienen registradas, dentro de las bases de datos de las entidades ambientales, concesiones de caudales superiores a 10 L/s, y que abastecen actividades económicas tales como: industria, agricultura, minería y acuicultura, que podrían impactar la cantidad o calidad del recurso hídrico.
- Los cuerpos de agua asociados a áreas donde la actividad económica que se desarrolla pudiera representar una carga contaminante difusa que afecte la calidad del agua de fuentes abastecedoras para una población.
- Proyección de nuevos usos del agua, según proyecciones de demanda y solicitudes en curso ante la Autoridad Ambiental.

## 2.2 Caracterización de cuerpos de agua

Los estudios de caracterización revelan el estado de las condiciones de calidad que se presentan en un cuerpo de agua como respuesta a una serie de condiciones naturales o antrópicas que intervienen sobre él. Sobre los resultados que se obtienen de una jornada de caracterización influyen las condiciones hidrológicas del período en que ella se lleva a cabo y las circunstancias de intervención del hombre sobre el agua, tanto en términos de su captación como de los vertimientos. En cada estudio de caracterización que se hace, siempre se advierte que una sola campaña de muestreo no es suficiente para evaluar una corriente; la verdadera caracterización sólo se logra mediante un seguimiento a través del tiempo, monitoreando la variabilidad o no de las condiciones de cantidad y calidad del recurso.

Para tal caracterización es conveniente seleccionar los parámetros de calidad con base en el índice de calidad del agua (ICA); pH, temperatura del agua y del ambiente, coliformes y coliformes fecales, DBO<sub>5</sub> total, DQO total, nitratos, ortofosfatos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos

disueltos totales, turbiedad y algunos otros parámetros adicionales que estén relacionados con actividades propias de la zona de estudio y que afecten la calidad del agua, además del respectivo aforo de caudal.

### 2.3 Diagnóstico del estado del recurso y priorización

Un diagnóstico se hace con el fin de identificar una problemática y, con base en esto, formular un plan de acción en el horizonte, que contribuya a la solución de los problemas ambientales identificados; de este modo, el diagnóstico se convierte en una herramienta obligatoria y debe ser utilizado para definir el uso que se dará en un futuro.

La problemática en torno al agua en el país se centra, en primer lugar, en la disminución de la calidad por el aumento de las cargas contaminantes que se vierten directamente a las corrientes o se disponen sobre el suelo, al manejo inadecuado de residuos sólidos y a la producción de bienes, utilizando, de forma no planificada, sustancias que, una vez alcanzan un cuerpo de agua, impactan negativamente sus características naturales. Todo ello, asociado a actividades agrícolas, pecuarias, industriales, mineras y domésticas. Las comunidades rara vez tienen un cabal conocimiento acerca de las características del recurso hídrico que fluye en el entorno que habitan. Como común denominador, se evidencia que no hay una apropiación acerca de cómo el agua circula, va y vuelve y, en consecuencia, culturalmente no se entiende qué producto de ese ciclo, que cada quien contribuye a deteriorar, retornará, acumulados los efectos de todos los impactos individuales.

Dado que existe una necesidad fundamental de tener acceso al agua potable y que en nuestro medio las descargas de contaminantes provenientes de distintas actividades se hacen sobre corrientes de agua, es conveniente orientar la priorización de los cuerpos de agua hacia dos grupos inicialmente: corrientes abastecedoras de agua potable para centros

poblados y corrientes receptoras de vertimientos líquidos. Para priorizar cada conjunto de corrientes se utilizan enfoques diferentes.

La priorización en las corrientes abastecedoras de agua potable se debe hacer utilizando el índice de escasez; dicho índice refleja no sólo la magnitud de la oferta de agua disponible en las distintas unidades hidrológicas sino también la relación de esta oferta con la demanda de agua existente en las diferentes fuentes abastecedoras. A futuro deberá tenerse en cuenta el índice de calidad del agua (ICA) y la evaluación de las sustancias de interés sanitario para cubrir el aspecto de calidad del agua en las corrientes abastecedoras. Adicionalmente, se recomienda evaluar para las dichas corrientes la relación caudal concesionado/caudal mínimo con el fin de comparar y corroborar la condición que en términos de aptitud para el abastecimiento tienen las corrientes que actualmente tienen ese uso. Este índice puede ser calculado mediante la siguiente expresión:

$$Ic = \frac{D}{On} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

Ic: Índice de escasez en %

D: Demanda (m<sup>3</sup>)

On: Oferta hídrica superficial (m<sup>3</sup>).

En el grupo de corrientes receptoras de vertimientos es preferible utilizar como base de priorización el índice de calidad del agua de la corriente (ICA), el cual se usa como un concepto preliminar para diagnosticar el estado sanitario de las corrientes. Este se basa en los datos de muestreo de variables ambientales (parámetros físicos, químicos y bacteriológicos) que brindan información sobre el estado ambiental de la corriente en un lugar, un momento específico y para un escenario climático determinado.

Este se calcula mediante la metodología propuesta por la National Sanitation Foundation (NSF), según la Ecuación (2):

$$ICA = \sum QL * Wi \quad (\text{Ecuación 2})$$



Donde:

ICA: Índice de Calidad del Agua, entre 0 y 100.

Qi: Calidad del *i*ésimo parámetro obtenido del respectivo gráfico de calidad, en función de su concentración o medida.

Wi: Valor ponderado correspondiente al *i*ésimo parámetro, atribuido en función de la importancia de ese parámetro para la conformación global de la calidad, un número entre 0 y 1.

## 2.4 Usos potenciales del agua

El artículo 29 del Decreto 1541 de 1978 [6] y el artículo 29 del Decreto 1594 de 1984 [2] hacen referencia al uso del agua, su destinación y el orden de prioridad al respecto. No obstante, el término “uso potencial” es nuevo.

El concepto de uso potencial del agua se empieza a construir en el momento en que se estructura esta propuesta metodológica para la formulación de un PORH, y hace referencia a un uso deseable o de un “deber ser...” refiriéndose a los cuerpos de agua, a la necesidad vital que el hombre tiene de él y al paradigma, sueño o utopía de la sostenibilidad ambiental. El uso potencial constituye una meta que en muchos casos llevará a transformar la actual calidad de un cuerpo de agua.

A partir de la información o procedimientos que permitan para un cuerpo de agua establecer el caudal de reparto, extrayendo del caudal mínimo el caudal ecológico, se puede empezar a determinar la disponibilidad del recurso hídrico para diferentes usos, estableciendo un orden de prioridades. En el esquema de la figura 2 se propone un camino a seguir en ese sentido. Inicialmente se establece, a partir de la definición de cuerpos de agua clase

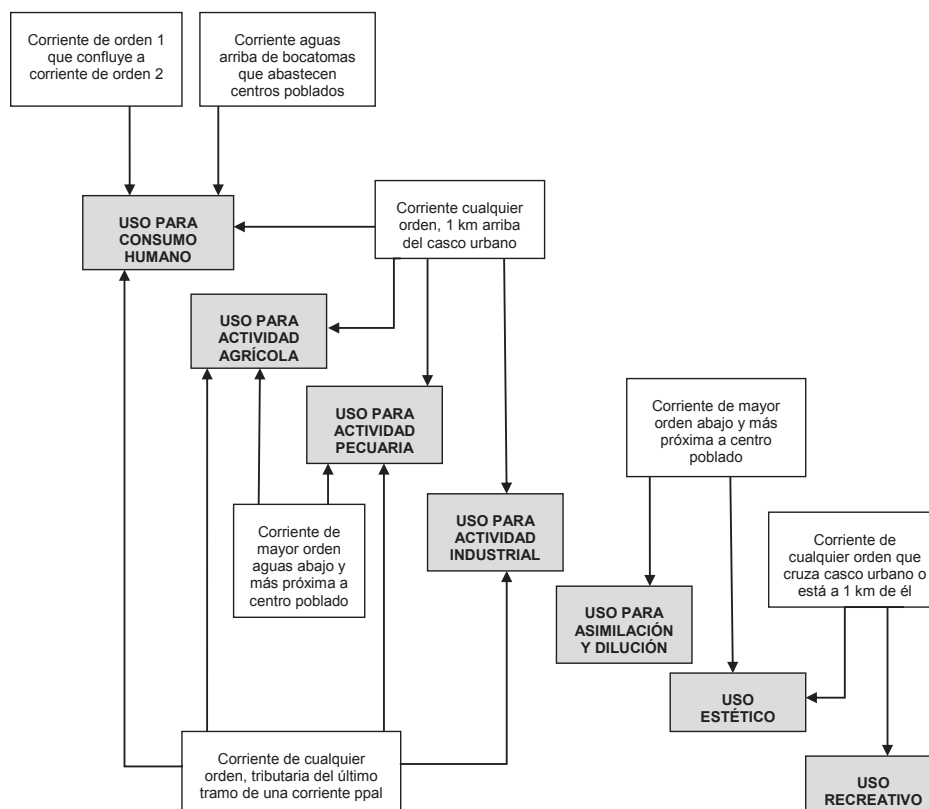


Figura 2. Directrices establecidas y aplicadas para la definición de usos potenciales del agua de acuerdo con el PORH.

Fuente: [9]

I, que las corrientes localizadas aguas arriba de las bocatomas que abastecen centros poblados y aquellas corrientes de orden 1 que confluyan a una corriente de orden 2 deben ser destinadas a consumo humano; de este modo se garantiza el abastecimiento de agua potable a futuro. El conjunto de tramos de cuerpos de agua que atraviesen centros poblados y hasta una distancia de 1 km de ellos serán destinados a usos estético y recreativo (de no contacto). Asimismo la corriente de mayor orden que se encuentre próxima y aguas abajo del casco urbano de un municipio o centro poblado será destinada en su uso, hasta el cierre de la cuenca o confluencia de la corriente a una de orden superior, para asimilación y dilución.

Finalmente, las demás corrientes podrán tener varios usos, estableciendo un orden de prioridad, buscando siempre garantizar a futuro la disponibilidad de agua suficiente para, primero, consumo humano, luego, uso agrícola y, posteriormente, uso pecuario e industrial.

## 2.5 Formulación del PORH

En la fase de formulación de un PORH es pertinente proponer las estrategias o líneas de acción, programas y proyectos en el marco de un escenario de gestión y financiación posible para la entidad ambiental que lo esté ejecutando, de acuerdo con las problemáticas y prioridades establecidas en el diagnóstico y en un horizonte de planeación de largo (10 años), mediano (5 años) y corto plazo (2 años).

El PORH se debe estructurar a partir de los objetivos que se pretenden lograr en el horizonte de planeación, las líneas estratégicas que marcan el camino hacia el logro de los objetivos, programas y proyectos que operan el mismo. Un programa es un conjunto organizado de proyectos. El proyecto se define como un propósito planificado conformado por una serie de actividades que contribuyen al logro del objetivo del proyecto y permite la ejecución del plan en el horizonte de planeación.

## 2.6 Seguimiento y monitoreo

Monitorear significa hacer seguimiento, establecer un control sobre el comportamiento de un proceso para detectar su estabilidad o variabilidad a través del tiempo.

La riqueza hídrica de una región constituye una de sus principales fortalezas pero asociado a esto, producto de las actividades económicas desarrolladas por el hombre y de la manera como ocupa el territorio, se genera una serie de problemas que involucran la contaminación, pérdida de diversidad biológica, disminución de la oferta y ocurrencia de desastres por fenómenos naturales. El recurso hídrico debe ser monitoreado por la Autoridad Ambiental para mantener un conocimiento actualizado de su estado y así desarrollar las herramientas para la toma de decisiones adecuadas en torno a su gestión.

El monitoreo proporciona datos que permiten:

- Detectar la variación en la cantidad de agua que fluye a través de una cuenca.
- Identificar las afectaciones en la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
- Controlar el acatamiento de las medidas que se tomen para la conservación o mejoramiento de la calidad del agua.
- Verificar la eficiencia de la implementación de las acciones formuladas para solucionar los problemas detectados.
- Evaluar a través del tiempo el avance en el cumplimiento de las metas establecidas en el PGAR a largo plazo acerca de la reducción de cargas contaminantes.
- Reorientar acciones para el cumplimiento de metas y objetivos de calidad.
- Modelar y simular la calidad en respuesta a diferentes estímulos naturales o antrópicos.

Los modelos de calidad de aguas tienen por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo del lapso de interés, cuando las condi-

ciones de modificación y las del estado inicial son conocidas.

Un modelo comprende un conjunto de expresiones matemáticas que definen los procesos físicos, químicos y biológicos que tienen lugar en un cuerpo de agua. Estas ecuaciones están basadas fundamentalmente en la conservación de la masa y/o energía, de tal forma que existen tres fenómenos: el ingreso de contaminantes, el transporte y las reacciones que se producen en el cuerpo de agua.

El objetivo primario del desarrollo de cualquier modelo de calidad de agua es producir una herramienta que tenga la capacidad de simular el comportamiento de las componentes hidrológicas y de calidad de un cuerpo de agua. En ríos, la modelación se ha centrado principalmente en el estudio de patógenos, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y sólidos suspendidos.

Para estudiar la respuesta de las corrientes de interés, ante la descarga de aguas residuales domésticas, es pertinente usar la ecuación de Streeter-Phelps (1925) para la determinación de las concentraciones de OD-DBO, la ecuación polinomial de Elmore-Hayes (1960) para la determinación del oxígeno disuelto de saturación; y las expresiones de O'Connor-Dobbins (1958), Churchill-Elmore-Buckingham (1962), Owens-Edwards-Gibbs (1964), y Wright-McDonnell (1979) para la determinación de tasas de reacción cinéticas. Estos modelos determinan las concentraciones de mezcla inicial a partir de las entradas, y hacen las correcciones por temperatura, necesarias para cada tasa.

La información de entrada necesaria para el modelo es: caudales, concentraciones de OD y DBO, y temperaturas, tanto de la corriente como del vertimiento. Asimismo, es necesario conocer la elevación sobre el nivel del mar para estimar la saturación de oxígeno, y los valores de las constantes cinéticas. Para estimar las tasas cinéticas, es necesaria la profundidad y velocidad media de la corriente. Si se desean estimar los vertimientos, deberá ingresarse también información sobre la población.

La modelación para la calidad del agua tiene por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes del cuerpo de agua en cada punto y a lo largo del tramo de interés, cuando las condiciones de modificación y las del estado inicial son conocidas.

### 3 CONCLUSIONES

La formulación de un PORH es una herramienta fundamental para lograr la preservación de los cuerpos de agua. Con su implementación se obtiene no solo una mejoría en el ámbito ambiental sino que, además, se incentiva la intervención, participación y conciencia de la población en el cuidado de las corrientes.

Para lograrlo es necesario tener una metodología clara de seguimiento, donde cada componente que la integra es indispensable para el proceso, conformando un sistema sinérgico con el mismo objetivo.

La riqueza hídrica de nuestro país tiene un valor incalculable, el cual se pone en riesgo con la mala disposición de los residuos y vertimientos y con la falta de reglamentación, control y vigilancia que se tienen en el ámbito ambiental. El PORH tiene como objetivo la implementación de medidas que aseguren la sostenibilidad del recurso en el tiempo.

La metodología aquí propuesta para la formulación de un PORH es concordante con las condiciones establecidas en el Decreto 3930 [2] de 2010.

Los usos potenciales del agua se deben establecer para cada tramo de corriente teniendo en cuenta, más allá de sus condiciones actuales, el uso proyectado según la necesidad que del recurso pueda llegarse a tener, manteniendo como punto de vista criterios de sostenibilidad ambiental.

La metodología aquí propuesta fue aplicada, y su validez probada en el ejercicio de formulación del plan de ordenación del recurso hídrico para las cuencas de influencia del sector eléctrico en las direcciones territoriales Tahamíes y Zenufaná

de CORANTIOQUIA. Los resultados alcanzados pueden consultarse en Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) [9].

Es función de la autoridad ambiental establecer los mecanismos de socialización y divulgación que abran escenarios para la concertación y brinden a la comunidad, y a los actores involucrados, la posibilidad de participar en la ejecución del PORH (ver figura 1).

## REFERENCIAS

- [1] O. Mejía, «Los procesos de gestión integral del recurso hídrico,» en *Hidrogeología para la gestión del recurso hídrico*, Medellín: MAVDT, UdeA, UIS, UNAL-Medellín, 2010.
- [2] Decreto MAVDT1594 de 1984, “Usos del agua residuos líquidos”, 1984.
- [3] Decreto 3930 de 2010 MAVDT “Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones”, 2010.
- [4] Decreto 2811 de 1974, “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente” Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 1974.
- [5] Decreto 2857 de 1981 “por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre Cuencas Hidrográficas y se dictan otras disposiciones”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 1981.
- [6] Decreto 1541 de 1981, “por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1981 sobre las aguas no marítimas y la Ley 23 de 1973”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 1981.
- [7] J. M. King et al., *Environmental Flow Assessments for rivers: Building block methodology*, Reporte TT, 354/08, WRC, 2008.
- [8] Decreto 3100 de 2003 “Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales”. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), 2003.
- [9] UdeA, *Formulación de un Plan de Ordenación del Recurso Hídrico y Diseño de un Programa de Monitoreo y Seguimiento a la Calidad de los Cuerpos Hídricos en las Cuencas de Influencia del Sector Eléctrico en las Direcciones Territoriales Tahamíes y Zenufaná*, Reporte, CORANTIOQUIA, Medellín, 2010.