

## OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA EN CUENCAS HIDROGRAFICAS: PERSPECTIVAS, DESAFIOS E INSTRUMENTOS DE GESTION

### WATER QUALITY OBJECTIVES IN RIVERS BASINS: STANDPOINTS, CHALLENGES AND MANAGEMENT TOOLS

Gabriel Lozano Sandoval<sup>1,2</sup>, Manuel Pulido-Velázquez<sup>2</sup>, y Joaquín Andreu Álvarez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Docente Universidad del Quindío. Programa de Ingeniería Civil.

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA). Universidad Politécnica de Valencia. España.

Fecha de recibido: Febrero 3 de 2010

Fecha de aceptado: Junio 9 de 2010

Correspondencia: Programa de Ingeniería Civil, Universidad del Quindío Avenida Bolívar calle 12 norte Armenia Quindío. Correo electrónico: galozano@uniquindio.edu.co

#### RESUMEN

*El continuo e implacable vertido de aguas residuales generados por la mayoría de los usos del agua en cuencas hidrográficas conlleva a la degradación de los ríos en muchas cuencas en el mundo. A pesar de los esfuerzos gubernamentales y no gubernamentales por la descontaminación de las aguas residuales en las cuencas hidrográficas, estos no han sido coordinados dentro de una valoración integral de acuerdo a las condiciones en muchas de estas.*

*El presente artículo se refiere a las perspectivas, desafíos e instrumentos de gestión para alcanzar Objetivos de Calidad del Agua (OCA) en cuencas hidrográficas. Se presenta un análisis y reflexión sobre la panorámica internacional, nacional y regional. Se plantean desafíos a que se enfrentan las autoridades ambientales para alcanzar dichos objetivos, tales como: variabilidad espacio-temporal de la contaminación, discontinuidad y/o confiabilidad de la información, y aspectos socio-económicos. Se describen algunos OCA en una cuenca española, según la Directiva Marco Europea del Agua (DMA) y otra colombiana. Se proponen instrumentos económicos, jurídicos y herramientas de apoyo a la decisión para que las autoridades ambientales aborden la problemática desde una Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), de cara a alcanzar los OCA fijados en dichas cuencas.*

**Palabras Clave:** *Objetivos de Calidad del Agua, Cuencas hidrográficas, Gestión Integral de Recursos Hídricos.*

#### ABSTRACT

*The continuous and relentless dumping of wastewater resulting from water uses in watersheds leads to the degradation of rivers in many hydrological basins of the world. Despite the efforts made by governmental and non-governmental offices who aim at the decontamination of wastewater in the river basins, these have not been coordinated within an integrated assessment according to the conditions in many of these basins.*

*This article tackles standpoints, challenges, and management tools needed to achieve Water Quality Objectives (WQO) in watersheds. An analysis and reflection on the international, national and regional levels is showed. Various challenges that environmental authorities have to face are introduced in order to achieve those objectives, such as space-time variability of pollution, discontinuity and/or reliability of the information as well as socio-economic aspects. Both a Colombian and a Spanish watershed are depicted in this article. The latter is shown according to the European Water Framework Directive (WFD). Instruments for both economic and legal are presented, as well as support tools for environmental authorities in order to address the problem from an Integrated Water Resources Management (IWRM) and thus to achieve the Water Quality Objectives set in these basins.*

**Key words:** *Objectives of Water Quality, Watersheds, Integrated Water Resources Management.*

#### INTRODUCCIÓN

A lo largo de las civilizaciones el hombre ha usado el agua para sus diferentes actividades, generando consigo aguas residuales que son vertidas a los cuerpos de aguas (ríos, quebradas, lagos, mares, etc) cercanos principalmente a poblaciones localizadas en diferentes cuencas hidrográficas. Esta situación ha conllevado al problema de contaminación de las aguas a nivel mundial, por lo cual los organismos de control ambiental han realizado esfuerzos por minimizar el problema, aunque en algunos casos no han sido muy significativos. Actualmente las políticas ambientales para el

saneamiento de las aguas residuales, están directamente relacionadas con la capacidad de gestión representada en recursos financieros, técnicos y voluntad política de los diferentes gobiernos en el mundo, resaltando la inmensa brecha en dicho saneamiento entre los países desarrollados con los países en vía de desarrollo, especialmente en lo relacionado con los recursos financieros y en algunos casos tecnológicos destinados para estos propósitos.

Las autoridades ambientales realizan gestión para la descontaminación de las aguas residuales en sus respectivas cuencas hidrográficas, y en ese sentido, en los últimos años

se ha impuesto el concepto de Objetivos de Calidad del Agua (Objetivos medioambientales en otros países) en los diferentes cuerpos o masas de agua de las cuencas hidrográficas. En este sentido, de acuerdo a la literatura (1, 2, 3) muchos países han fijado dichos objetivos para sus cuencas hidrográficas, ya sea cumpliendo con directrices o normativas comunitarias o diferentes estados que conforman determinado país, o por criterio propio de la autoridad ambiental nacional o regional. Los Objetivos de Calidad del Agua (OCA) son, dependiendo del continente ó país, más o menos exigentes en términos del número de parámetros que incluyen, los niveles de descontaminación que se espera tener al final de los diferentes planes de saneamiento, y el estado de las infraestructuras y obras para el tratamiento de las aguas residuales en las diferentes cuencas. De otro lado se presentan diferentes formas de fijar OCA en cuerpos ó masas de agua, los cuales van desde aspectos relacionados con características físico-químicas y biológicas hasta en algunos casos aspectos ecológicos.

En general, tanto el fijar como alcanzar OCA en una cuenca hidrográfica hacen parte de la Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH), la cual permite minimizar el problema de contaminación en los cuerpos de agua y para dicha gestión, las autoridades ambientales disponen de una gran variedad de herramientas de apoyo a la decisión, instrumentos económicos, jurídicos, que junto con la participación comunitaria podrán llevar a cabo el respectivo desafío que se fijen dichas autoridades ambientales en términos de alcanzar OCA en cuencas hidrográficas.

#### **PERSPECTIVAS**

En el panorama mundial en términos generales, se puede mencionar que el tema de los OCA en cuerpos de agua ha tomado fuerza solo en la última década, con excepciones de algunos países. A continuación se mencionan algunos aspectos de los OCA en algunos continentes y a escala nacional se mencionan los casos de España y Colombia.

#### **Norteamérica**

En Estados Unidos donde existe un marco jurídico ambiental bastante amplio, se destaca la Ley de Agua Limpia [Clean Water Act, CWA] (1), siendo esta una de las principales y pioneras leyes ambientales de la historia encaminada a la descontaminación de las aguas residuales, fomentando programas de saneamiento en los diferentes estados de ese país. Sin embargo algunas de las metas de la ley (CWA) no han sido alcanzadas en lo que tiene que ver con descontaminar algunos cuerpos de agua y que estos puedan ser usados para la pesca y la natación como indicadores de calidad. Actualmente cerca del 60% de los ríos y 55% de los lagos en dicho país son seguros en términos de OCA para usos como la pesca y la natación, comparados con un 36% en 1972 cuando se implementó la ley (4, 5). Esta ley en sus primeros años se enfocó hacia la integrabilidad de objetivos de calidad de parámetros químicos y en la última década ha incluido los aspectos físicos y biológicos. La evolución de los programas de la ley en la última década ha incluido un enfoque de programa por programa, fuente por fuente, contaminante por contaminante, siendo este un enfoque más holístico con estrategias basadas en cuenca hidrográfica como unidad de gestión. En el marco del

enfoque de igualdad de las cuencas hidrográficas, se hace hincapié en la protección de las aguas limpias y la recuperación de las aguas contaminadas (5). La participación de los grupos de usuarios interesados en el desarrollo y aplicación de estrategias para alcanzar y mantener el estado de calidad del agua y otros objetivos medioambientales es otro sello distintivo de este enfoque. Dentro de las metas ambientales (objetivos de calidad) que se han propuesto, se dan unos plazos para alcanzar dichas metas.

#### **Europa**

A nivel de Europa se presenta una nueva perspectiva en política de aguas conocida como la Directiva Marco Europea del Agua (DMA), promulgada por el Parlamento Europeo en el año 2000 para los estados miembros de la Unión Europea. La DMA nace como respuesta a la necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión del agua en la Unión Europea, debido a la creciente presión por la demanda, la buena calidad y la cantidad suficiente para todos los usos en los estados miembros. Por tal razón surge la necesidad de tomar medidas para proteger las aguas tanto en términos cualitativos como cuantitativos y garantizar así su sostenibilidad, siendo este el reto o desafío de la DMA. Además, esta directiva permite establecer unos objetivos medioambientales (objetivos de calidad de agua) homogéneos para las masas de agua, avanzando juntos y compartiendo experiencias entre los estados miembros, creando una red de cuencas piloto que incluye 15 cuencas nacionales y transfronterizas en la Unión Europea, que permiten probar la puesta en aplicación de la DMA y paralelamente replicar en el resto de cuencas del continente. La DMA tiene como último objetivo conseguir el buen estado de todas las masas de agua en el horizonte del año 2015 (2). El artículo 4º es dedicado exclusivamente a los Objetivos Medioambientales para garantizar el buen estado de las masas de agua, donde se incluyen:

- Estado químico: describe si la concentración de contaminantes excede o no los valores límite establecidos en la legislación.
- Estado ecológico: es fundamentalmente una expresión de la calidad de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados.
- Estado cuantitativo: expresa el grado de afección por las extracciones y su recuperación a los sistemas asociados (ríos, manantiales, humedales).

#### **España**

Dentro de las cuenca piloto seleccionadas para la implementación de las políticas de la DMA, en España se tiene la cuenca del Júcar (42.000 Km<sup>2</sup>), cuya autoridad ambiental es la Confederación Hidrográfica del Júcar, la cual a su vez dentro de su ámbito ha seleccionado a la cuenca del río Serpis como piloto para aplicar la DMA. En la figura 1 se presenta la localización de la cuenca del río Serpis en España, la cual tiene una superficie de 990 Km<sup>2</sup>, en ella se han aplicado diferentes directrices, metodologías e instrumentos de gestión con el propósito de alcanzar los objetivos medioambientales adoptados (6). Esta cuenca se encuentra en la vertiente mediterránea de España y presenta una precipitación media anual de 400 mm.

En la cuenca del río Serpis se localizan 29 municipios, de los cuales tan solo dos poblaciones no cuentan con tratamiento de aguas, las restantes 27 poblaciones cuentan con tratamiento secundario de sus aguas residuales (depuradoras municipales), situación favorable de cara a alcanzar los objetivos medioambientales fijados. Se están

implementando tratamientos terciarios en algunos municipios (Alcoi, Font de la Pedra), lo que permite hacer reutilización de las aguas residuales, liberando presión sobre el recurso hídrico convencional. Algunos de los OCA se presentan en la Tabla 1.

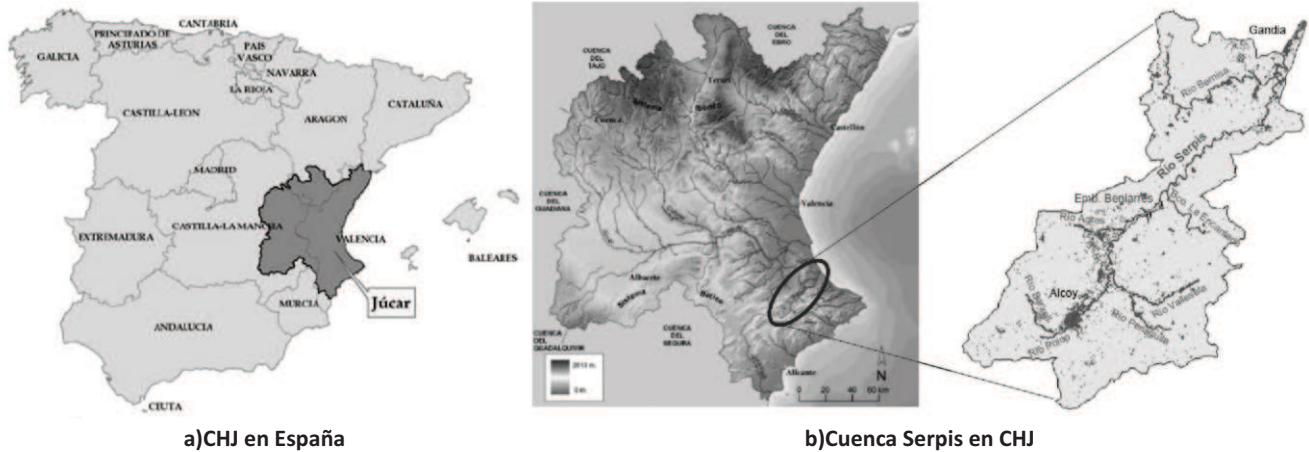


Figura 1. Localización Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) y cuenca río Serpis-España <sup>7</sup>.

### Latinoamérica

A nivel latinoamericano en la mayoría de las ciudades para la década de los 90's el tratamiento de las aguas residuales era escaso o nulo (8), ya en los 00's dicho tratamiento para América Latina y el Caribe es de 22% (9), esta situación de inicio supone un mayor esfuerzo por alcanzar los OCA. Como resultado de la falta de tratamiento de las aguas residuales se pagan considerables costes sociales, económicos y ambientales. La evaluación económica de los costes en Perú y Colombia mostraron que estos representan un poco más de 1% del PIB (9). En promedio el índice de Esty y Cornelius (2002) de calidad de agua estandarizado en escala 0 a 10 es de 5.5 puntos. Argentina y Brasil tiene la mejor calidad, con calificaciones entre 7 y 8, mientras que con menos de 5 se encuentran Bolivia, República Dominicana, Guatemala, Nicaragua, Honduras, Paraguay, Haití y México (9).

Actualmente se está fortaleciendo el concepto de gestión integral de cuencas y en ese sentido los gobiernos hacen esfuerzos para gestionar la descontaminación de las aguas residuales, resaltando que se tiene algunas limitaciones principalmente con los recursos financieros para emprender planes de descontaminación (3). En general, en estos países de América Latina y el Caribe la fijación de OCA en sus cuencas es un tema nuevo e incipiente, con la incertidumbre de sus alcances en el mediano y largo plazo.

### Nacional (Colombia)

En el contexto de políticas ambientales en Latinoamérica, Colombia presenta una amplia legislación acorde con las tendencias mundiales, es así como en términos de OCA el Ministerio del Medio Ambiente ha formulado políticas ambiciosas para la recuperación de los cuerpos de agua contaminados con aguas residuales. Para resaltar, el Decreto

3100 (10) establece en su artículo 1° que los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos –PSMV, se constituyen en el conjunto de programas, proyectos y actividades, con sus respectivos cronogramas e inversiones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de los vertimientos, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales descargadas al sistema público de alcantarillado, tanto sanitario como pluvial, los cuales deberán estar articulados con los objetivos y las metas de calidad y uso que defina la autoridad ambiental competente para la corriente. Atendiendo a esta legislación, muchas de las autoridades ambientales como las Corporaciones Autónomas Regionales (CARs) han prefijado mediante decretos los OCA para las principales corrientes hídricas en cada jurisdicción.

En el caso del Departamento del Quindío la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ), mediante la Resolución No. 107 de Febrero 28 de 2007 (11), ha fijado los Objetivos de Calidad para las fuentes hídricas del Departamento. En esta región, la principal cuenca es la del río Quindío con una superficie de 770 Km<sup>2</sup>, donde sus principales usos del agua son para abastecimiento, generación de energía, industria (curtiembres, etc.), agricultura, y turismo. La localización de esta cuenca se presenta en la Figura 2. Esta cuenca se encuentra en la zona andina de Colombia y presenta una precipitación media anual de 2000 mm. A nivel de descontaminación, en la cuenca del río Quindío solo existe una Planta de Tratamiento de Agua Residual con tratamiento secundario, localizada en el municipio de Salento.

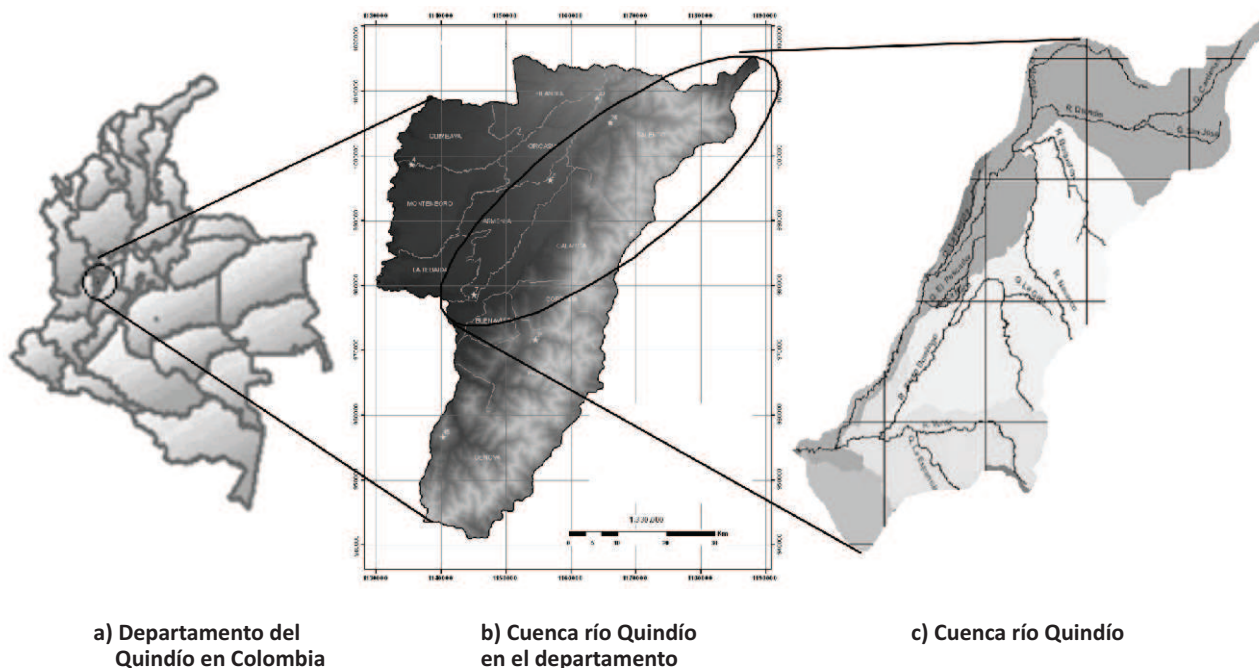


Figura 2. Localización Cuenca río Quindío en Colombia.

En la Tabla 1 se presentan tanto los OCA adoptados por la Confederación Hidrográfica del Júcar para la cuenca del río Serpis en España (6), como los OCA adoptados por la

Corporación Autónoma Regional del Quindío, en la cuenca del río Quindío en Colombia (11).

Tabla 1. Objetivos Calidad Agua de algunos parámetros cuencas Serpis y Quindío

Objetivo de Calidad Agua (OCA)	Cuenca río Serpis España Año 2015 <sup>(6)</sup>	Cuenca río Quindío Colombia Año 2017 (Verano) <sup>(11)</sup>	
		Tramo alto-medio	Tramo medio-bajo
Oxígeno Disuelto (mg/L)	$\geq 5,0$	$\geq 7,5$	$\geq 5,0$
pH (Und.)	6,0 - 9,0	6,5 - 9,0	6,5 - 9,0
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	$\leq 6,0$	5,7	NR
Nitratos (mg/L NO <sub>3</sub> )	$\geq 25,0$	10,0	NR

NR: No reportado.

Como se observa en la Tabla 1, los valores de algunos de los parámetros de calidad del agua de los ríos en ambas cuencas son muy similares, especialmente en cuanto a Oxígeno Disuelto, pH y DBO<sub>5</sub>, sin embargo, en el tramo medio-bajo de la cuenca del río Quindío no se reportan OCA sobre DBO<sub>5</sub> y Nitratos, con lo cual no se permite contrastar dichos parámetros con respecto a los de la cuenca del Serpis, y de otro lado, el no fijar OCA en el tramo donde se presentan los mayores vertidos de aguas residuales, puede potencialmente flexibilizar los Planes de Descontaminación de Aguas Residuales en una cuenca, además que dificulta la labor de seguimiento y control de la autoridad ambiental de

los vertidos en dicha zona, especialmente el seguimiento ejercido a empresas de servicios públicos y otros vertidos, reduciendo los usos potenciales de este recurso hídrico aguas abajo de dichos vertidos en la cuenca.

Considerando los OCA tan similares en ambas cuencas y dado el bajo nivel de descontaminación de aguas residuales en la cuenca del río Quindío (Colombia) en contraste con la cuenca del Serpis (España), está claro que lograr los OCA en la cuenca del Quindío es un desafío mayor, el cual requiere de mayores recursos financieros y la participación activa de todos los usuarios relacionados con los vertidos en el río.



## DESAFÍOS EN LA FIJACIÓN Y ALCANCE DE OBJETIVOS DE CALIDAD DEL AGUA (OCA)

Tanto la fijación de los OCA, como la tarea de alcanzar dichos objetivos son actividades bastante complejas que requieren de un estudio concertado de los diferentes aspectos que involucran estos objetivos, tales como: aspectos técnicos (ambientales, hidrológicos, programa de medidas para el saneamiento, tecnologías de tratamientos, etc.), aspectos sociales (participación comunitaria, aceptación de las metas propuestas por los usuarios, educación ambiental) y aspectos económicos (análisis económico: análisis coste-eficacia de las medidas, análisis coste-beneficio donde se incluya: la disponibilidad a pagar (DAP) por parte de los usuarios, los posibles costes desproporcionados de algunos cuerpos de agua para su descontaminación si lo hubiere, análisis financiero, costes de recuperación, etc.).

En la medida en que la gestión para fijar los OCA en una cuenca hidrográfica considere los aspectos mencionados, la posibilidad de alcanzar dichos objetivos dentro de un plazo razonable será más viable o por lo menos estará cerca de los OCA fijados. En ese sentido el desafío es grande, considerando que incluso en países donde se han fijado estos planes de descontaminación con objetivos más rigurosos, pasados varios años no se han alcanzado en su totalidad estas metas, tal como es el caso de la Ley de Agua Limpia (CWA) implementada en Estados Unidos desde 1972 (5). Así más allá de fijar unos valores como objetivos de calidad que de por sí se refieren a unas cifras, se requiere de un gran conocimiento del estado actual de la calidad de los cuerpos de agua, la viabilidad económica y técnica para llegar a alcanzar estos objetivos y la participación de la sociedad.

De esta manera las autoridades ambientales en la fijación de los objetivos de Calidad se deben plantear los siguientes interrogantes, cada uno de ellos soportado con la mayor información disponible y los estudios del caso: **¿el cuánto?**, se refiere a la brecha entre el estado actual de calidad de sus cuerpos de agua y los objetivos de calidad a proponer para la descontaminación y conservación de dichos cuerpos. **¿el cuándo?**, determina el plan de actuaciones o programa de actividades en unos plazos acordes con las metas trazadas. **¿el cómo?**, identifica las estrategias y el programa de medidas a implementar para alcanzar dichos objetivos de calidad en la cuenca. **¿el dónde?**, permite priorizar las actuaciones o medidas a implementar considerando la variabilidad espacial y temporal de la contaminación. Estos interrogantes necesariamente deben ir soportados con el análisis económico o viabilidad económica y el acompañamiento de los diferentes actores involucrados en los planes de saneamiento de las cuencas hidrográficas. No obstante, en el ejercicio de planificar OCA en cuencas hidrográficas se debe considerar y minimizar en lo posible la incertidumbre asociada al tema en términos de: confiabilidad y continuidad de la información disponible; escenarios de proyección de los usos y vertidos del agua a futuro; variabilidad espacial y temporal del recurso hídrico y de la contaminación generada por los usos; viabilidad técnico-económica; sostenibilidad de los planes y voluntad política de futuras administraciones.

Por lo anterior, y considerando la complejidad que implica no solo el fijar unos Objetivos de Calidad en los cuerpos de agua, sino alcanzar dicho objetivos planteados, se deben concertar unos objetivos de calidad que sean factibles y que no queden tan lejos del contexto regional de tal forma que se conviertan en metas inalcanzables, siendo este tipo de situaciones de por sí un simple ejercicio de planificación ambiental más y en muchos de los casos generando desánimo a futuro entre administradores, autoridades y usuarios del recurso hídrico.

## METODOLOGÍAS, INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS DE GESTIÓN

De cara a promulgar por una Gestión Integral de Recursos Hídricos (GIRH) y en especial a alcanzar los OCA en los cuerpos de agua de las cuencas hidrográficas, las autoridades ambientales se pueden apoyar en diferentes metodologías (6), instrumentos económicos (Análisis Coste-Eficacia ACE, Análisis Coste-Beneficio ACB, aplicación de tasas retributivas, y en general métodos de valoración de los costes ambientales del agua), instrumentos jurídicos (basados en los principios de “quien contamina paga”), recuperación de costes (incluyendo costes ambientales del agua y del recurso, tal y como propugna la DMA); además de herramientas de apoyo a la decisión para la planificación y gestión de los recursos hídricos (Sistemas Soporte de Decisión SSD, Modelos Hidro-Económicos) (12). Todos estos elementos con que cuentan las autoridades ambientales deben ser incorporados ya sea a los Planes de Calidad o de Descontaminación (saneamiento) de aguas residuales en cuencas hidrográficas y/o a los Planes Hidrológicos de cuencas, donde se incluyan los aspectos de calidad, cantidad y economía del recurso hídrico de manera integrada.

## CONCLUSIONES

Los Objetivos de Calidad del Agua (OCA) se definirán teniendo en cuenta como mínimo la vulnerabilidad y capacidad de asimilación de la fuente hídrica, de sus condiciones de autodepuración, los usos de la fuente aguas abajo de las descargas y la disponibilidad de tecnología en el país para el tratamiento de aguas residuales. Los parámetros mínimos que se deben controlar en los cuerpos de agua son los que afectan de manera directa la salud humana o los causantes de enfermedades de origen hídrico.

Desde el punto de vista de los valores OCA adoptados por las autoridades ambientales en las dos cuencas mencionadas y considerando el nivel de tratamiento para la descontaminación de aguas residuales en cada una de ellas, está claro que en dichas cuencas se requiere de un gran reto y compromiso por parte de las autoridades ambientales y usuarios en general; especialmente en la cuenca del río Quindío (Colombia), donde el desafío es mayor si se tiene en cuenta que esta requiere de mayor infraestructura para el tratamiento de sus aguas residuales, comprometiendo recursos financieros presentes y futuros, y la participación activa de todos los usuarios relacionados con los vertidos en el río.

Finalmente, más allá de fijar los objetivos de calidad de las

corrientes hídricas en una cuenca hidrográfica, que de por sí representan un valor numérico, el desafío para la autoridad ambiental es fijar valores de calidad que sean alcanzable en el mediano y largo plazo desde una óptica económica y social con criterios de eficiencia, equidad y sostenibilidad, siendo tangibles con las capacidades técnicas, económicas, procurando que no se conviertan en una simple quimera inalcanzable en la gestión por mejorar el estado actual de los ríos contaminados en nuestros países.

#### **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores expresan los agradecimientos a la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrológica del Júcar (CHJ) en España, a la Comisión Europea (DG Research) por el apoyo financiero a través del proyecto AQUAMONEY del 6º Programa Marco (SSPI-022723) ([www.aquamoney.org](http://www.aquamoney.org)), y a la Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ) en Colombia.*

#### **BIBLIOGRAFÍA**

1. Senate of United States of America. Clean Water Act. Federal Water Pollution Control ACT. 1972. Washington.
2. European Parliament and of the council of the European Union. Water Framework Directive. Directive 2000/60/ec. Official Journal of the European Communities. 2000. Luxemburgo.
3. Red Latinoamericana de Cuencas hidrográficas (REDLACH), FAO y el Instituto Nacional de Recursos Naturales del Perú (INRENA). Memorias III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográfica. 2003. Arequipa.
4. Sierra Club. The Clean Water Act. 2008. Recurso en línea.
5. United States Environmental Protection Agency EPA-US. Office of Water. National Water Quality Inventory: Report to Congress. 2004 Reporting Cycle. EPA 841-R-08-001. 2009. Washington, DC.
6. Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ), Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Universidad de Valencia (UV). Convenio para la elaboración de una metodología y herramientas para la determinación de un programa de medidas destinadas al cumplimiento de la Directiva Marco del Agua. Estudio Piloto de la cuenca del río Serpis. 2008. Valencia.
7. Confederación Hidrográfica del Júcar CHJ. Ministerio de Medio Ambiente España. La Directiva Marco Europea del Agua. Una nueva perspectiva en política de aguas. Cuenca Piloto del Júcar. 2004. Valencia.
8. Antón, Danilo J. Ciudades sedientas. Agua y ambientes urbanos en América Latina. Ediciones UNESCO-CIID-Nordan comunidad. 1996. Montevideo.
9. Jiménez, B. El agua en América Latina y el Caribe: Situación y Perspectivas. Publicado en: Saneamiento básico y ambiental en América Latina. Latisan 2007. CAF-Cinara, Universidad del Valle. 2008. Cali.
10. Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. Viceministerio de Ambiente República de Colombia. Decreto 3100 de 2003. Santafé de Bogotá.
11. Corporación Autónoma Regional del Quindío CRQ. Resolución No. 107 de Febrero 28 de 2007: Objetivos de Calidad para las fuentes hídricas del Departamento del Quindío. 2007. Armenia.
12. Heinz, I., Pulido-Velazquez, M., Lund, J.R., and Andreu, J. (2007). Hydro-economic modeling in river basin management: implications and applications for the European Water Framework Directive, *Water Resources Management* . 2007; 21 (7): 1103–1125.