

Acuerdos de monitoreo de calidad del agua en Estados Unidos de Norte América: Estado del Arte

Rivas R., Francisco¹
y Maldonado Q., Xiomara²

Recibido: 08/06/2010 • Revisado: 15/08/2010
Aceptado: 18/09/2010

Resumen >>

El Monitoreo de la Calidad del Agua (MCA) es un tema que ha preocupado a gobiernos, sectores privados, universidades y comunidades de todo el mundo. Este artículo presenta un epitome de los acuerdos más destacados establecidos sobre el MCA en EEUU. Muchas entidades recolectan datos de control de calidad de agua mediante diversas presentaciones de datos dificultando comparaciones sobre tendencias en la calidad del agua. Esta dificultad de comparación se debe no sólo a las grandes variaciones de sus condiciones naturales, sino también al empleo de metodologías dispares de evaluación, incompatibilidades de datos del sistema e inconsistentes normas de documentación de datos. Los artículos revisados se han clasificado según el tema objeto de estudio, que en este caso son los siguientes: acuerdos coherentes y defendibles científicamente acerca de los métodos y estrategias para mejorar el control de calidad del agua; evaluación y presentación de informes; estudios de aplicación en áreas concretas; así como marcos y programas que permitan involucrar a la gente en el monitoreo de las aguas. El trabajo sobre MCA tiene un largo camino por cubrir; los acuerdos no se lograrán por completo pues cada región, estado, ciudad, condado y fuente de agua tienen características únicas que definen las condiciones de vigilancia. Sin embargo, este sumario se puede utilizar para proponer un proyecto a futuro en Venezuela con el fin de implementar un programa que permita registrar los datos sobre la calidad del agua de nuestros recursos hidráulicos, que sirva de apoyo para tomar mejores decisiones y que contribuya a una mejor gestión de este recurso en nuestro país.

Palabras claves: calidad del agua, monitoreo y gestión de la calidad del agua.

Abstract >>

AGREEMENTS WATER QUALITY MONITORING IN U.S.: AN OVERVIEW

Water Quality Monitoring (WQM) has been a matter that has worried governments, privates sectors, universities and communities around the world. This paper presents a summary of the most prominent agreements established for WQM in The U.S.A. Many entities collect water quality monitoring data using different data reporting templates making it difficult to draw comparisons and discerning trends in water quality, this difficulty is not only due to the large natural variations in conditions of water sources, but also to the wide disparate assessment methodologies, data system incompatibilities and inconsistent data documentation standards. The reviewed papers have been classified according to the topics studied, that are: consistent and scientifically defensible agreements about methods and strategies to improve water quality monitoring, assessment and reporting; studies of operations in specifics areas; frameworks and programs that allow people to get involved in water monitoring. The work of WQM has a long way to go; the agreements will never be successfully fulfilled because each region, each state, each city, each county and each water source has unique characteristics that define the conditions for monitoring. Nevertheless, this experience can be used to propose a research project in Venezuela that would aid in the development of a program for registering data about the quality of our hydraulic resources, also the resulting program, could help in the betterment of management and in making better decisions about the administration of this resource in our country.

Key words: water quality monitoring, water quality management

1 Profesor Asociado. Universidad de Los Andes, Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Departamento de Hidráulica y Sanitaria, Venezuela. E-mail: rivASF@ula.ve

2 Participante del Doctorado en Formación, Empleo y Desarrollo Regional, Universidad de Los Andes Venezuela E-mail: mxioMa@ula.ve

1. Introducción

El Monitoreo de la Calidad del Agua (MCA) es un tema que ha preocupado a gobiernos, sectores privados, universidades y comunidades alrededor del mundo. Considerables cantidades de tiempo, esfuerzo y dinero han sido empleados para controlar, proteger, administrar y restaurar los recursos de agua, reconociendo su importancia para la calidad del medio ambiente, el desarrollo económico y el bienestar social de un país.

Existen diversas maneras de supervisar las condiciones que permiten establecer la calidad de agua en los ríos; una, es mediante la medición de los parámetros químicos tales como oxígeno disuelto, nutrientes, metales, aceites y pesticidas, o a través de estudios particulares de los tejidos de los peces que permiten establecer la presencia de ciertos compuestos claves en éstos; otra forma, es mediante la supervisión de las condiciones físicas tales como la temperatura, caudal, sedimentos y erosión de los bancos y laderas de un río; también se puede evaluar a través de la determinación de parámetros biológicos que midan la cantidad y la variedad de la flora y de la fauna acuática.

El MCA debe aplicarse en forma continua y permanente incluyendo un registro confiable de los datos obtenidos en el campo. Los datos son esenciales para la comprensión de los procesos físico-químicos y biológicos y, en la mayoría de los casos, constituyen la base para el diseño de indicadores de los riesgos ambientales. Estos indicadores permiten establecer cambios en la política tendientes a incrementar la motivación por la investigación relacionada a la variabilidad y tendencias de los fenómenos hidráulicos e hidrológicos

relacionados con el cuerpo de agua en estudio.

Se pretende presentar los acuerdos más destacados establecidos para la supervisión de la calidad de agua en Estados Unidos de Norte América (EEUU) con énfasis en el estado de Florida, donde los autores participaron en un programa de voluntariado de MCA durante los años 2006-2007. Asimismo, sobre la base de esta experiencia, se plantea la posibilidad de implementar un programa de MCA en Mérida, Venezuela.

2. Revisión Bibliográfica: fundamento metodológico del estudio

El agua es uno de los elementos indispensables para el desarrollo de la vida y el entorno natural, así como también es un componente básico empleado en los procesos industriales. Debido a esto, a nivel global organizaciones públicas, privadas y personas voluntarias llevan a cabo programas de monitoreo de la calidad de los cursos de agua. No obstante, existen diferencias en aspectos como el diseño de estos programas, métodos empleados, parámetros medidos, análisis de datos y administración de datos, lo cual dificulta el seguimiento y procesamiento de la información y de los resultados. Esta situación obstaculiza un intercambio veraz de la información obtenida en función de afianzar vínculos que establezcan parámetros comunes de medición.

Este artículo se propone presentar un resumen de la revisión de la literatura vinculada a este tópico. Los artículos revisados han sido clasificados de acuerdo al tema en estudio, entre los que encuentran: acuerdos coherentes

y científicamente defendibles sobre los métodos y estrategias para mejorar los procesos de monitoreo; presentación de los datos de medición, procesamiento e interpretación de resultados; métodos propuestos aplicables en las zonas con características similares y específicas; y programas que permiten involucrar a personas voluntarias en la supervisión de la calidad del agua.

2.1 Acuerdos logrados en el Monitoreo de la Calidad del Agua (MCA)

Con relación al mejoramiento del MCA en función de su evaluación y presentación de los datos obtenidos, existen grandes avances si se compara la condición actual con la de un hombre simplemente sentado en frente de un cuerpo de agua que observa su comportamiento. Esta evolución, sin pretender una revisión histórica exhaustiva, se referencia a partir de 1965 cuando se establece la Ley Federal de Calidad de Agua (USCongress, 1977)³ como necesidad primordial para implementar programas de vigilancia de los ríos en los Estados Unidos de Norteamérica. Para este tiempo, los programas se iniciaban con una escasa orientación y sin una normativa bien definida, surgiendo así la necesidad de implementación de acuerdos sobre el MCA que permitan despejar incógnitas relacionadas con la diversidad de la información obtenida y su relación con las necesidades e intereses de las comunidades, industria y gobierno. Por esta razón, los esfuerzos de los diferentes entes involucrados se orientan a definir un marco común de monitoreo de las aguas. En este orden de ideas, y sobre la base de algunos documentos e informes, se ofrece una visión general de los esfuerzos realizados y acuerdos alcanzados en esta materia.

Rickert y Hines (1975), proponen un marco para evaluar la calidad del agua que incluye ocho elementos: estudio hidrológico, selección del método de muestreo, identificación, recopilación y compilación de datos, análisis de datos, formulación del método para inferir resultados, planificación de alternativas para prevenir dichos impactos, intercambio de los resultados y evaluación de los programas. Snider y Shapiro (1976) desarrollaron un procedimiento para evaluar las operaciones de una red de MCA que incluía: diseño y planificación de la red de monitoreo, personal, instalaciones y equipos necesarios, tipos de muestreo, control de calidad de los datos, distribución de datos e intercambio de los datos. En 1977, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), plantea un programa básico de monitoreo del agua diseñado con el fin de proporcionar una estructura simple que contribuyera al uso más eficaz de los recursos empleados en los diversos programas de monitoreo de las aguas (Ward, 1978). El informe aborda fundamentalmente el monitoreo ambiental de cursos de agua, supervisión de efluentes, monitoreo de parámetros biológicos, control de calidad de los datos medidos, programas de estudios continuos, informes e interpretación de resultados. Luego, Ward (1978), después de examinar los diversos programas de monitoreo, propone el concepto de “sistema de información de calidad del agua” como un medio de organizar las actividades de monitoreo para la obtención de la información ambiental claramente definida. Entre las actividades planteadas están el diseño de un plan de trabajo, pasos para la toma de muestras, análisis de laboratorio necesarios, manejo de datos, análisis de datos e interpretación de la

3 Public Law 95-217. 95th Congress.

información. El grupo Intergubernamental de Monitoreo de la Calidad del Agua (ITFM) en 1995, identificó cinco propósitos generales del monitoreo y propuso un marco para el MCA que incluye diseño, aplicación, interpretación, evaluación del programa de monitoreo y su subsecuente intercambio con los entes involucrados.

A finales de los 90's, en los Estados Unidos el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (NSTC) y el Comité de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente (CENR), establecieron un grupo de trabajo interinstitucional encargado de diseñar un marco para definir los lineamientos a seguir dentro de la red integrada de monitoreo e investigación. La red permitiría la evaluación de los recursos ambientales de la nación y estaría dirigido a los grupos de investigación y programas de monitoreo existentes en la nación. Este trabajo, propuesto en 1999, fue uno de los esfuerzos realizados más importantes, lo cual derivó en las normas internacionales que permiten el monitoreo y el estudio de parámetros para evaluar la condición actual de los recursos ambientales (Hooper, 2000).

Los esfuerzos para buscar acuerdos relacionados al MCA continúan cuando Oakley, Thomas y Fancy (2003), presentan las directrices de un plan de monitoreo a largo plazo empleado por el Servicio de Parques Nacionales de los Estados Unidos. Estas directrices ayudaron a los científicos a desarrollar protocolos para más de 270 parques nacionales. Los protocolos de monitoreo son los planes de estudio detallados que explican cómo los datos tienen que ser recogidos, analizados, registrados y reportados a los entes competentes y son un componente clave de la garantía de la calidad de los programas

de monitoreo de los recursos naturales, en especial el recurso agua. También en el mismo año, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2003), presenta un documento titulado "Programa de evaluación y elementos de monitoreo de la calidad del agua por Estado", que establece los elementos básicos de monitoreo del agua.

Simultáneamente, el Consejo Nacional de Supervisión de Calidad del Agua, publica un informe técnico titulado "Parámetros químicos, biológicos, toxicológicos y microbiológicos a medir para obtener una base de datos confiable de monitoreo de calidad", que hace hincapié en los datos mínimos necesarios a determinar para facilitar el intercambio y la interpretación de fenómenos químicos y microbiológicos, así como de evaluación toxicológica. Este informe fue desarrollado por la Junta de Métodos y Comparación de Datos (MDCB), por el Consejo Nacional de Supervisión de la Calidad del Agua (NWQMC), junto con numerosos entes locales, estatales, federales y personas del sector privado. Estos elementos fueron aprobados por la Comisión Consultora sobre la Información del Agua (ACWI). (En: NWQMC, 2006).

En este orden de ideas, esta guía contiene todos los datos necesarios agrupados en módulos dentro de un plan estructural o marco que aborda qué, quién, dónde, cuándo, por qué y cómo se deben recoger y recolectar los datos. Asimismo, incluye un plan de actividades de campo para la recopilación de datos, análisis de laboratorio y sus requisitos, control de calidad de datos y desarrollo de la base de datos confiable. Cada una de estas actividades cuenta con los avances tecnológicos más recientes que pueden ayudar a automatizar la inclusión de los datos en bases de datos

y también pueden reducir ciertas fuentes de error relacionados con la recolección y almacenamiento de la información.

A raíz de ese informe, la ACWI (2005) aceptó formalmente los cambios en el diseño de la Red Nacional de Monitoreo y postuló un delegado para el proyecto de unificación de la Red Nacional de Medición ante el Consejo Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua (En NWQMC, 2006); también participaron agencias estatales y federales, instituciones académicas, organizaciones interestatales y el sector privado. El proyecto constaba de un Comité Directivo que tenía la responsabilidad general, y cuatro grupos de trabajo, cada uno encargado del diseño de la red, métodos y comparabilidad de datos, almacenamiento de datos y de la revisión de estándares existentes. Entre los objetivos de este proyecto se incluyen: tratar de unificar la información recolectada, métodos de muestreo compatibles, calendario de muestreo, estándares, recopilación de datos de campo y su correcta manipulación, procedimientos analíticos, almacenamiento de datos y pruebas de acceso a las bases de datos.

El ACWI y el NWQMC (2006), presentan un informe proponiendo que la red de monitoreo desarrollada sea aplicada para las aguas costeras de Estados Unidos y sus afluentes, logrando así una red nacional para el MCA. La red propuesta es la única que utiliza un enfoque multidisciplinario e integrado y contiene una amplia gama de parámetros medidos de todos los cursos de agua de la región. Concretamente, la red propuesta esta interconectada a otros sistemas nacionales de medición como el Sistema Integrado de Observación Oceánica (IOOS) y posee información de las características

físicas, químicas y biológicas de los recursos hídricos del país; incluye mecanismos para el control de la calidad de los datos y un sistema de almacenamiento de datos de fácil acceso. Las ventajas del diseño de la red, fueron expuestas en marzo de 2007 por la NWQM en el Centro Nacional de Investigación de Humedales en Lafayette, Luisiana. Y así, cada año se realizan reuniones periódicas como punto de encuentro y de intercambio entre los participantes para compartir experiencias sobre la implementación de estos acuerdos en sus localidades.

2.2. Estudios de Investigación en Monitoreo de la Calidad del Agua (MCA)

Muchos de los estudios relacionados con la investigación sobre MCA han sido desarrollados en Estados Unidos pero también se observan iniciativas de este tipo en otras partes del mundo. En este documento sólo se mencionan algunos de estos estudios y programas realizados en los últimos años, con el fin de enfatizar los esfuerzos realizados por los mismos.

Battaglin et al (1995), presenta los diversos programas sobre MCA bajo supervisión y responsabilidad de la *Nacional Stream Quality Accounting Network* (NASQAN) perteneciente a la *U.S. Geological Survey* (USGS); el NASQAN comienza el monitoreo de la calidad de los ríos más grandes de EEUU, como lo son el río Colorado, Columbia, Mississippi y Río Grande ().

El programa NASQAN en la cuenca del río Colorado, consta de ocho estaciones esparcidas en siete Estados, entre ellos Colorado, Wyoming, Utah, Nuevo México, Arizona, Nevada y California, los cuales conforman la cuenca de este río. Los datos recopilados de estas estaciones se utilizan básicamente

con el fin de cuantificar el transporte de compuestos químicos y evaluar las tendencias y variaciones en la calidad del agua del mismo. Asimismo, NASQAN en Columbia y en la cuenca de río Mississippi, se enfoca en proporcionar la caracterización, a lo largo del río, de las concentraciones en masa del flujo de sedimentos y de productos químicos en lugares clave de la cuenca. Estos datos son utilizados para determinar las áreas de origen de contaminación y cómo influyen en la salud de los habitantes de estas zonas. Por último, el programa NASQAN en la cuenca de Río Grande, está generando la información necesaria para identificar fuentes de generación de una gran variedad de componentes nocivos en la cuenca, como ciertos productos químicos agrícolas y oligoelementos.

Por otra parte, Hooper, Aulenbach y Kelly (2000), describen y evalúan el diseño de NASQAN con respecto a la eficacia en la caracterización de la calidad del agua de los ríos utilizando los datos de los tres primeros años de operación. Hasta ahora y de acuerdo con la NWQMC, los diferentes estados que conforman el país han trabajado de forma independiente o en conjunto sobre programas similares. Entre éstos se puede mencionar, el programa de estudios intensivos de la cuenca de Nueva York, que incluye un programa de monitoreo intensivo como estrategia para la evaluación general los ríos del Estado, llamado Programa de Muestreo de Estudios Intensivos de Cuencas (RIBS). Este programa ha incluido análisis químicos de los contaminantes en el agua, evaluaciones biológicas y evaluaciones de toxicidad de estos compuestos en el ambiente, complementando en forma eficaz este programa.

El Distrito Metropolitano de Alcantarillado de Milwaukee y el USGS, conjuntamente con la Oficina del Distrito de Wisconsin, participan en un proyecto de cooperación relacionados con el monitoreo, seguimiento y evaluación de parámetros químicos y microbiológicos de interés en el área. El Centro de Investigaciones Hidráulicas Stroud fue contratado por el Departamento de Conservación Ambiental del estado de Nueva York (NYSDEC), para realizar un estudio con el propósito fundamental de monitorear variables hidráulicas de las fuentes contaminantes, tales como caudal, velocidad y dispersión en la cuenca del río Hudson (fuente de agua potable de la ciudad de Nueva York).

También, existe un importante esfuerzo mancomunado entre los Estados de Alaska, Idaho, Oregón, Washington y la décima división de la EPA, a través de grupos voluntarios de monitoreo en los que participan instituciones académicas y otros organismos locales y estatales. Estos actores han desarrollado un intercambio continuo de datos regionales referente al monitoreo de cursos de aguas en cada estado y han desarrollado en conjunto una base de datos ambientales disponibles para esas entidades que fortalecen los lazos de cooperación hidráulica y ambiental de la zona Noreste del Pacífico⁴.

En relación a la red de bases de datos de aguas costeras de los Estados Unidos y sus afluentes, la ACWI y el NWQMC (2006) proponen algunas aplicaciones de las bases de datos de monitoreo ambiental para un estudio piloto en las cuencas regionales, a fin de ayudar a mejorar el diseño definitivo de la red de monitoreo de la calidad de aguas nacionales. Cada estudio piloto abarca ciertas parcelas de

4 U.S. Environmental Protection Agency EPA. <http://www.epa.gov/aboutepa/index.html#map>.

recursos hidráulicos de la región, incluyendo en cada una de estas parcelas, el área de la cuenca, fuentes de agua superficiales, fuentes aguas subterráneas y aguas costeras adyacentes. Estos estudios pilotos ayudan a perfeccionar el diseño de la red a través de la evaluación y selección de los parámetros ambientales necesarios, protocolos de muestreo y detalles de las mediciones.

Finalmente, se realiza un inventario del recurso hídrico que permite la supervisión de los proyectos o programas estableciendo la pertinencia y utilidad de los datos identificados, incluyendo la disponibilidad de datos y su comparabilidad. La fase piloto de la red se ha establecido con éxito en tres áreas geográficas específicas, como son la cuenca del río Delaware, el lago Michigan y la Bahía de San Francisco. Se logra de esta manera el monitoreo de parámetros ambientales de los cursos de agua, en un todo de acuerdo con las especificaciones de diseño propuestas en la red. Mientras tanto, la EPA sigue motivando y financiando proyectos de MCA en todo el país, según regiones⁶, con el fin de incrementar la base de datos de la calidad del agua.

Más allá de Estados Unidos, varios países también están haciendo esfuerzos para incrementar el monitoreo de la calidad del agua. La Comunidad Europea propició los programas de monitoreo ambientales incluyendo parámetros de biodiversidad (Colin, 1997). Pesce y Wunderlin (2000), presentan

un estudio realizado en Córdoba, Argentina en el cual se verificó la utilidad de los índices de calidad de agua en base a parámetros medidos en campo (WQI) para evaluar en el tiempo y en el espacio los cambios producidos en la calidad del agua. Berkant y Evrendilek (2006), entre los años 1995 y 2002, utilizan los datos nacionales de la red hidrológica que incluye la medición de parámetros en 38 ríos y 25 de las cuencas hidrográficas de Turquía. La evaluación tiene el propósito de definir tendencias, espaciales y temporales en las características de calidad y cantidad de agua. Las conclusiones del estudio aportan una evaluación muy útil de los controles sobre la cantidad y calidad del agua y ayudan en la elaboración de un plan de gestión integrado y sostenible de las cuencas hidrográficas a escala regional en Turquía.

Por otro lado, Australia, Canadá, Holanda e Inglaterra son países que llevan un registro continuo de los parámetros de calidad del agua de sus fuentes de abastecimiento, permitiendo tener los más altos estándares de calidad en agua potable. En este sentido, en el año 2008, la USGS y el Ministerio de Ambiente de Canadá, firmaron un convenio de cooperación para trabajar en forma conjunta en programas de monitoreo e intercambio de información de parámetros ambientales con el fin de estudiar, entre otros aspectos, el fenómeno del cambio climático y la disponibilidad del recurso agua en ambas naciones (Bednarz, 2009). En 2009, se creó la página *Web World Water Monitoring Day*, como herramienta para el trabajo conjunto

⁶ **Region 1:** Boston (serving Connecticut, Maine, Massachusetts, New Hampshire, Rhode Island, and Vermont). **Region 2:** New York (serving New Jersey, New York, Puerto Rico, and the U.S. Virgin Islands). **Region 3:** Philadelphia (serving Delaware, District of Columbia, Maryland, Pennsylvania, Virginia, and West Virginia). **Region 4:** Atlanta (serving Alabama, Florida, Georgia, Kentucky, Mississippi, North Carolina, South Carolina, and Tennessee). **Region 5:** Chicago (serving Illinois, Indiana, Michigan, Minnesota, Ohio, and Wisconsin). **Region 6:** Dallas (serving Arkansas, Louisiana, New Mexico, Oklahoma, and Texas). **n:** Kansas City (serving Iowa, Kansas, Missouri, and Nebraska). **Region 8:** Denver (serving Colorado, Montana, North Dakota, South Dakota, Utah, and Wyoming). **Region 9:** San Francisco (serving Arizona, California, Hawaii, Nevada, American Samoa, Commonwealth of the Northern Mariana Islands, Federated States of Micronesia, Guam, Marshall Islands, and Republic of Palau). **Region 10:** Seattle (serving Alaska, Idaho, Oregon, and Washington). U.S. Environmental Protection Agency EPA. <http://www.epa.gov/aboutepa/index.html#map>.

e intercambio de ideas e información de los voluntarios de programas de MCA de países como Estados Unidos, Holanda y Australia. Como puede observarse, estos últimos se constituyen en algunos ejemplos, entre un gran número de iniciativas, que se ejecutan alrededor de mundo, más allá de los EEUU.

2.3. Programas de Voluntarios en el Monitoreo de Calidad de Agua

Hoy en día las personas exigen un incremento del monitoreo de parámetros de calidad de agua, con el fin de prevenir enfermedades y garantizar un adecuado manejo de este recurso de vital importancia para la vida. Sin embargo, la participación de voluntarios para la medición de parámetros de la calidad del agua comenzó en Estados Unidos a finales de la década de los 60's, con el esfuerzo de la clase trabajadora integrada por asociaciones o grupos para la conservación de lagos y otros cursos de aguas superficiales.

En este sentido, la Ley Federal de Agua Limpia (US Congress, 1977) propuso evaluar la calidad de los diversos cursos de agua de cada estado, mediante la implementación de programas de monitoreo con personas voluntarias apoyados económicamente por el Estado. A comienzos de los 70's, Shapiro realizó el monitoreo de 250 lagos mediante la ayuda de voluntarios en Minnesota. Del mismo modo, en 1974, la legislatura del Estado de Maine proporcionó financiación para iniciar el programa de monitoreo con voluntarios del Lago de Maine. El programa de MCA con voluntarios del Estado de Michigan, comenzó ese mismo año; unos años después, se estableció este tipo de programas de monitoreo con voluntarios patrocinado por el

estado en Vermont, New Hampshire, Nueva York e Illinois.

Durante los 80's, grupos y programas de voluntariado crecieron aceleradamente. Los voluntarios mejoraron sus destrezas y se volvieron más sofisticados al momento de medir los parámetros ambientales de calidad, logrando registros exitosos con datos confiables. Al mismo tiempo, los organismos gubernamentales fueron reconociendo cada vez más el valor de los voluntarios.

En 1987, los voluntarios del programa de monitoreo de la Bahía de Chesapeake, presentaron un proyecto de MCA empleando voluntarios, siendo el primer proyecto aprobado por la EPA de los Estados Unidos. En la segunda mitad de la década los 80's, se crean tres programas de monitoreo de estuarios: *Rhode Island Salt Pond Watchers*, *Chesapeake Bay Citizens Monitoring Program* y *Maine's Clean Water Program*. Paralelamente, se incrementaron los voluntarios pertenecientes a escuelas, cuyos estudiantes se mostraron interesados en llevar a cabo programas de control y monitoreo de sus fuentes de agua superficiales. Debido al gran número de facilidades y al apoyo otorgado por la oficina encargada del control del agua de la EPA, aumentaron los programas de monitoreo con voluntarios y el desarrollo y creación de redes de datos a nivel nacional. A partir de 1988, la EPA ha patrocinado conferencias nacionales y regionales, así como medios de enlace como el periódico "*The Volunteer Monitor*"⁶.

A partir de los 90's, el *Waterways Scientific Services Branco* de la EPA, coordina el MCA en áreas recreativas en estrecha colaboración

6 U.S. Environmental Protection Agency EPA. <http://www.epa.gov/aboutepa/index.html#map>.

con los consejos locales. En 1994, comenzó un extenso programa de monitoreo continuo, donde trabajan en forma conjunta la EPA y nueve consejos de la Costa Este de los Estados Unidos.

En 1995, se funda la *red River Watch Network* (RWN), donde trabajan organizaciones de conservación, escuelas, universidades y ciudadanos voluntarios, desarrollando programas de vigilancia y protección de las características ambientales de los ríos. La RWN ayuda a grupos de voluntarios de la comunidad ofreciéndoles asistencia técnica para que puedan definir, dependiendo de las condiciones actuales del río, cuáles deben ser los estudios de investigación a proponer y la aplicaciones de los resultados de sus estudios para crear estrategias con el fin de lograr la conservación de ríos y cuencas hidrográficas. La RWN está conformada por un cuerpo de 10.000 voluntarios que trabajan en más de 150 ríos pertenecientes a 13 Estados dentro del país, asimismo, incluyen voluntarios en otros países como Canadá, México e Hungría.

En el 2000, se creó la *Global Rivers Environmental Education Network* (GREEN) implementando un sistema de comunicación global, fortaleciendo el estudio de cuencas hidrográficas, supervisión de la calidad y cantidad de agua de un río. En este marco, se presentaron conclusiones y recomendaciones a las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales pertinentes. GREEN trata de llegar a las aulas de clases con el fin de vincular a estudiantes, profesores y miembros de la comunidad de alrededor de 136 países del mundo y así promover programas de educación de cuencas hidrográficas. De igual forma, consideraban los componentes interculturales de cada región, mediante la

vinculación mundial de toda la ciudadanía (Stapp, 2000).

Savanes, Morgan y Gore (2003), muestran el esfuerzo de la Universidad de Toronto conjuntamente con los ciudadanos y jóvenes en Ontario, Canadá, en el programa *Citizen's Environment Watch* (CEW), una iniciativa de monitoreo ambiental que ha aportado importantes contribuciones a la educación ambiental y a la administración de los recursos naturales. A través de programas de MCA y aire, definen e identifican áreas que requieren refuerzos de prevención y de corrección de la contaminación ambiental.

Deutsch (2003), hace referencia al programa *Philippines Water Watch* (PWW), iniciativa financiada por la *U.S. Agency for International Development*, que abarca tres continentes con sedes en Ecuador, Filipinas y Malí. La Universidad de Auburn, en Filipinas fue de las primeras universidades que se asociaron a esta iniciativa conjuntamente con los miembros de la comunidad local en la cuenca del río de Manupali. Este programa selecciona los temas particulares de estudio en cada país, basado en un consenso entre los científicos y miembros de la comunidad partir de una amplia evaluación de los aspectos biofísicos y sociales de cada región. Este programa de vigilancia del agua se extendió años más tarde a Ecuador, Tailandia y Brasil. La mayoría de los voluntarios del PWW son los agricultores locales preocupados en la calidad del agua potable y la salud pública de su comunidad.

Muchos otros programas de voluntarios están trabajando en todo Estados Unidos, especialmente en Oregón, Maryland, Minnesota, California, Alabama, Florida y

otros más. Casi todos estos programas son patrocinados por la EPA, CWA, GREEN, entre otros, observándose, pese a los esfuerzos por estandarizar la información, diferentes bases de datos.

Florida es el estado norteamericano donde se han desarrollado más programas de monitoreo de parámetros de calidad del agua, debido al enorme capital de recursos hídricos, crecimiento acelerado de la población y buen clima durante todo el año. Entre los programas de monitoreo realizados por voluntarios se pueden mencionar, *Adopt-A-Lake*, *Aqua-Lab Project of the Okaloosa County Environmental Council*, *Baywatch*, *Cape Coral Canal Watch*, *Charlotte Harbor Estuaries Volunteer Water Quality Monitoring Network*, *Cooperative Tagging Center*, *Florida LAKEWATCH*, *Hillsborough County Stormwater Public Education Awareness Campaign (SPEAC)*, *Lake Management and Adopt-A-Pond Programs*, *Lake Okeechobee Lakewatch Rainfall Monitoring Program*, *Lee County Hyacinth Control District*, *Pondwatch*, *Lemon Bay Conservancy*, *Three Creek Watch*, *Marine Resources Council of East Florida*, *Citizen Volunteer Water Quality Monitoring Network*, *Nature Conservancy*, *Benthic and Water Quality Monitoring in the Florida Keys*, *Okeechobee Soil and Water Conservation District*, *Efficient Nutrient Use Through Improved Grazing Techniques Demonstration Project*, *Orlando Lakewatch*, *Reef Environmental Education Foundation (REEF)*, *Save the Bays Association, Inc.*, *Water Quality Monitoring of Moorings Bay and Clam Bay Systems*, *Tampa Baywatch, Inc.*, *H2O Guard* and *Hillsborough County Stream-Waterwatch*, entre otros⁷.

Richard (2003), señala como uno de los más destacados, el programa *Florida Lakewatch*,

creado por la legislatura estatal en 1991, siendo uno de los programas de monitoreo de lagos más grande de EEUU. Cuenta con más de 1.800 ciudadanos voluntarios capacitados, dedicados al monitoreo de 600 Lagos en más de 40 condados. La información recopilada se almacena en una base de datos confiable, que sirve para el estudio de las condiciones actuales y futuras de estos cursos de agua, mostrando de manera sencilla las variaciones de los parámetros químicos de calidad del agua a lo largo del tiempo. Los datos obtenidos por este programa han servido también para desarrollar planes de manejo o gestión de lagos.

Otro programa que es importante mencionar, es el programa *Hillsborough County Stream-Waterwatch*⁸, el cual recibe fondos del Distrito del Suroeste de la Florida y está diseñado para promover la participación de los ciudadanos que quieran proteger sus recursos de agua cercanos, tales como arroyos, ríos, pequeñas lagunas y lagos. Los voluntarios de este programa reciben un entrenamiento previo y realizan mediciones semanales de parámetros tales como, oxígeno disuelto, pH, turbidez del agua y temperatura; y una vez cada mes realizan un muestreo de los insectos e invertebrados de las márgenes del río.

Todos los datos obtenidos son enviados al encargado del programa quien los procesa y, desde el 2008, los registra en la base de datos del distrito en el sitio web *Hillsborough County Water Atla*. Este programa se caracteriza por contar con incentivos para el voluntariado como festejos anuales en parques del estado, tales como zoológicos, acuarios o similares. Se ofrece un día gratuito para los voluntarios

⁷ Florida Department of Environmental Protection. <http://www.dep.state.fl.us/water/>.

⁸ Programa de voluntariado en el que participaron los autores del presente estudio durante el período agosto 2006-julio 2007, en ocasión de su visita como investigadores invitados en la *University of South Florida* (USF).

y su familia, en el que además de disfrutar del parque, reciben charlas de formación, concientización y valoración de su trabajo. Se premia a los participantes con juguetes a los niños, implementos tanto escolares como de trabajo y hasta tarjetas de regalo para compras en tiendas de empresas privadas patrocinadoras del programa de voluntarios para el MCA.

Igualmente, durante el año 2009 y parte del 2010, éste y los demás programas de MCA se han fortalecido en el estado de la Florida debido al apoyo gubernamental y a las nuevas políticas de incentivo, tales como aumento de los fondos para mejoramiento de los programas, reuniones anuales en parques de atracciones o museos, además de otros premios y becas para los participantes.

3. Una Propuesta para Venezuela

En Venezuela es realmente escasa la literatura sobre el tema. Según Rivas (2002), Naranjo y Duque (2004), los estudios de monitoreo de los ríos se realizan principalmente para determinar sus características hidráulicas, tales como el caudal, velocidad de flujo, profundidad media y disponibilidad futura, pero no hay ninguna documentación disponible de medición de parámetros ambientales. Rojas y Caraballo (1990), Acosta, Lodeiros, Senior y Martínez (2002), Barrientos y otros (2005), Segnini y Chacón (2005) y Rivas et.al. (2005), realizaron estudios cuyo objetivo fundamental es la determinación de algunos parámetros químicos y biológicos que demuestren el nivel de contaminación ambiental de algunos ríos venezolanos. Desafortunadamente no

hay ninguna información disponible sobre estudios y programas de MCA; la medición de ciertos parámetros se realiza principalmente en las plantas de tratamiento de agua, para determinar las dosis necesarias para alcanzar los parámetros establecidos por las normas sanitarias vigentes.

Cabe mencionar que existe una dirección electrónica en la Web, www.waterworldcityDB.com, que muestra las características hidráulicas y ubicación geográfica de una inmensa mayoría de ríos de todo el mundo, incluyendo a Venezuela, pero adolece de parámetros ambientales.

El principal problema en Venezuela es que la gran mayoría de las aguas residuales son vertidas a los cuerpos de agua sin ningún tipo de tratamiento. El Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (Minamb), a través del Viceministerio del Agua, es la máxima autoridad nacional sobre los recursos de aguas y son los responsables de la administración y gestión de las cuencas hidráulicas. Según las estadísticas del departamento de medio ambiente⁹, sólo un 32% de estas aguas reciben un tratamiento primario, el resto no. Aunado, a la falta de información y la inexistencia de datos registrados sobre medición de parámetros ambientales en los ríos de Venezuela, se hace imposible establecer políticas específicas a fin de evitar la contaminación de los recursos de agua, mucho menos, proponer soluciones viables que garanticen un equilibrio del binomio calidad-cantidad del recurso de agua.

Todas las partes interesadas en el ámbito nacional, regional y local, pública y privada alrededor de país, incluyendo el gobierno

⁹ Declaraciones del Viceministro del Agua, disponible en: [ztp://alopresidente.gob.ve/informacion/3/1133/%E2%80%9Cgracias_a_la.html](http://alopresidente.gob.ve/informacion/3/1133/%E2%80%9Cgracias_a_la.html)

venezolano, universidades y organizaciones tales como "VITALIS" y la Asociación Venezolana de agua (AVEAGUA), deben unir sus esfuerzos para generar políticas ambientales que permitan establecer en forma periódica y permanente programas de MCA. Las sinergias que se generen permitirán desarrollar una base de datos confiables y actualizados que pueda ser utilizada por los entes públicos y privados para producir publicaciones periódicas sobre la calidad del agua en el país y disponibles para cualquier usuario.

Cualquier programa de ciudadanos voluntarios, similar a los mencionados en este documento en su dedicación a la medición de parámetros ambientales, podría ser implementado en Venezuela. Sin embargo, es necesario realizar la estandarización previa de criterios de medición de los parámetros. La intención de presente estudio, basado en la experiencia adquirida en Florida gracias al trabajo de voluntarios realizado desde el año 2006 hasta el año 2007, es proponer un plan o proyecto piloto de monitoreo de parámetros de calidad de agua similar al programa *Stream Waterwatch* del Condado de *Hillsborough*, para ser replicado específicamente en un río en la ciudad de Mérida.

En función de los resultados obtenidos se podría extender el programa de MCA a todo el estado de Mérida y quizás a todo el país. El programa contempla la medición de parámetros ambientales tales como la temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH y la turbidez utilizando equipos portátiles de fácil y simple manejo. Estas mediciones pueden hacerse, igual que en el río de *Hillsborough*, en ciertos sitios estratégicos de varias estaciones ubicadas a lo largo del río merideño seleccionado. Para las mediciones se contaría

con el apoyo de ciudadanos voluntarios que reciban un adiestramiento previo para monitorear semanalmente los parámetros de calidad del agua.

4. Recomendaciones y posibles estudios futuros

De acuerdo con lo expuesto en la sección anterior, en los Estados Unidos varias entidades recogen datos de MCA mediante el uso de diferentes plantillas de reporte, aplicando metodologías de evaluación muy dispares. Esta forma de obtener la información genera bases de datos incompatibles que, aunado a las grandes variaciones de las condiciones naturales, imposibilitan y dificultan la comparación de los datos obtenidos. Asimismo, esta situación impide coordinar esfuerzos tanto en la recopilación de datos como en el intercambio fructífero de los datos de calidad de agua entre los diferentes entes involucrados.

Es importante destacar que el monitoreo es una actividad multidisciplinaria común para todos los ambientes, pero las actividades de medición deberán adaptarse a cada hábitat. Cada tipo de programa de supervisión obtiene información única o específica, es decir, una red de monitoreo ambiental debe tratar de interpretar los datos obtenidos en cada región y poseer una cobertura completa que permita la evaluación de las tendencias de los recursos ecológicos.

Por todo lo antes expuesto, este documento propone como estudio a futuro, diseñar e implementar un programa de MCA en Venezuela, comenzando por un programa piloto en el río Albarregas de la

ciudad de Mérida. Para tal fin y como ya se ha mencionado, se emplearía una estación de monitoreo de parámetros ambientales similar al programa “*Stream Water Watch*” del Condado de *Hillsborough*. Es importante identificar características específicas y objetivos del río seleccionado, a fin de definir los planes, políticas y/o estrategias de manejo adecuado del agua de este río. Este programa debe contar con el apoyo del gobierno regional y puede llevarse a cabo por un equipo de investigación formado por personas de la Universidad de los Andes y personas de las comunidades que viven en los alrededores del río seleccionado.

El Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, representado por el Minamb, rector de la materia, y a través de una real formulación de la política ambiental integral a favor de la preservación del medio ambiente, podría ser la entidad de gobierno encargada de la gestión de los datos generados y la supervisión de los parámetros de ambientales. Paralelamente se deben crear lazos interinstitucionales con otras universidades del país, aumentando de esta manera las líneas de investigación que permitan modelar y simular el comportamiento sanitario de los cursos de agua de cada región.

Una vez que obtenida la base de datos, se podría pensar en la posibilidad de expansión a otros ríos del estado, involucrando a toda la comunidad a participar en forma espontánea en el seguimiento periódico de parámetros ambientales en un gran número de estaciones ubicadas a lo largo del río, contando siempre con el apoyo técnico del personal de la Universidad de Los Andes.

Finalmente si la experiencia tiene éxito, el programa propuesto de monitoreo de calidad del agua a través de la participación

de voluntarios en el estado de Mérida, podría expandirse en el futuro en todos los estados de Venezuela.

5. Conclusiones

El *National Water Quality and Monitoring Council* (NWQMC) se encarga de la aplicación de estrategias para mejorar los programas de calidad del agua en los Estados Unidos, así como también a desarrollar y fomentar actividades de monitoreo con el fin de obtener una base de datos confiable y apoyar el intercambio de información. Por esta razón, el NWQMC está trabajando en el diseño de la red que proporcione información crítica a escala regional y nacional. Sin embargo existen problemas que aún no han sido identificados, generalmente en una escala menor, por lo que el monitoreo en esta escala más pequeña en ríos, lagos, embalses, los acuíferos locales de agua subterránea y en las cuencas hidrográficas seguirán siendo necesarios y serán la responsabilidad primordial del Estado y las agencias locales.

El monitoreo del agua potable no está específicamente incluido en el programa nacional de calidad del agua, a pesar de que es, sin duda, esencial para la salud de la nación. La red nacional en EEUU, no incluye a todos los programas existentes de monitoreo de calidad del agua, a pesar que estos programas atienden necesidades sociales importantes y proporcionan los datos claves para el control de los cursos de agua. En cada estado existen programas de MCA y particularmente en Florida existe un gran número programas en los cuales participan conjuntamente el gobierno y los ciudadanos; sin embargo todavía se necesitan voluntarios con el fin de

cubrir los miles de cursos de agua que existen en dicho estado.

A pesar que la labor de los programas de MCA ha sido muy ardua, es difícil lograr acuerdos en su totalidad ya que cada región, cada Estado, cada ciudad, cada condado y cada fuente de agua posee características únicas que definen las condiciones para su monitoreo. Sin embargo, se podrían realizar estudios futuros que permitan comparar las diferencias y similitudes de cada programa y buscar acuerdos entre los mismos.

Con respecto a la propuesta de Venezuela que busca promover la conservación de los ecosistemas acuáticos en el país, es una alternativa de control y supervisión de la calidad del agua a través de un proyecto inicial que incluya capacitación técnica, investigación científica, educación ambiental, preservación de los recursos naturales y la formación de líderes que incentiven en las comunidades el mejoramiento de la calidad de vida de sus pobladores.

Las características básicas de monitoreo de la calidad ambiental de los recursos hídricos, pueden ser en el proyecto inicial el pH, la temperatura, el oxígeno disuelto y la turbiedad del agua.

El sistema de monitoreo propuesto de parámetros ambientales generará indicadores que describirán la situación actual de los ríos. También, se propone el desarrollo de una base de datos para el ingreso, procesamiento y generación de informes. Esta información deberá estar disponible para todas las personas a través de sitios Web similares a www.waterworldcityDB.com, www.hillsborough.wateratlas.usf.edu, www.worldwatermonitoringday.org, www.wastetoenergy.bee.cornell.edu, entre otros.

Finalmente, se debe de tratar de involucrar a todas las partes interesadas para que se integren en los programas de MCA, realizando un trabajo mancomunado que permita la expansión del programa a nivel nacional y el establecimiento de estándares ambientales en todo país.

Bibliografía >>

- Acosta V.; Lodeiros, C.; Senior, W. y Martínez G. (2002). Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*, 27(12).
- ACWI y NWQMC. (2006). A National Water Quality Monitoring Network for U.S. Coastal Waters and their Tributaries. Advisory Committee on Water Information and National Water Quality Monitoring Council, c/o United States Geological Survey and United States Environmental Protection Agency, Washington, DC
- Barrientos Y; Suárez, C.; Pacheco, H.; Ruiz, S.; Devia B. y Perdomo Y. (2005). Calidad Microbiológica del Agua y Riesgo Sanitario de dos Acueductos Rurales en el Estado Vargas, Venezuela. *Investigación y Postgrado*, 20(1).
- Battaglin, W. y Goolsby, D. (1995). Spatial data in geographic information system format on agricultural chemical use, land use, and cropping practices in the United States. *U.S. Geological Survey Open-File Report*; 94-4176:87.
- Bednarz, R. (2009). Amazing Volunteers. *The Volunteer Monitor* 20 (2).

- Berkant, O. y Evrendilek, F. (2006). *Monitoring Water Quality and Quantity of National Watersheds in Turkey*. Environmental Monitoring and Assessment.
- Colin, F. (1997). Proceedings of the European Workshop on Standards, Measurements and Testing for the Monitoring of Water Quality: the contribution of advanced technologies. *Journal of Science Education and Technology*, 7(2).
- Deutsch, B. (2003). Community-based Water Monitoring in Alabama and the Philippines. *The Volunteer Monitor*; 15(1).
- **Florida Department of Environmental Protection**. <http://www.dep.state.fl.us/water/>.
- Hooper, R.P., Aulenbach, B.T. y Kelly, V.J. (2000). *The National Stream Quality Accounting Network: A flux-based approach to monitoring the water quality of large rivers*. *Hydrological Processes* **15** (7): 1089-1106.
- National Water Quality Monitoring Council (NWQMC). (2006). Data Elements for Reporting Water Quality Monitoring Results for Chemical, Biological, Toxicological, and Microbiological Analytes. The National Water Quality Monitoring Council. NWQMC Technical Report No. 3. http://acwi.gov/methods/pubs/wdqe_pubs/wqde_trno3.pdf.
- Naranjo, M.E. y Duque, R. (2004). Estimación de la oferta de agua superficial y conflictos de uso en la cuenca alta del río Chama, Mérida, Venezuela. *Interciencia*. 29(3).
- Oakley, K.L., Thomas, L.P. y Fancy, S.G. (2003). Guidelines for long-term Monitoring protocols. *Wildlife Society Bulletin*; 31(4).
- Pesce, S.F. y Wunderlin, D.A. (2000). Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*; 34(11):2915-12.
- Rickert, D.A. y Hines, W.G. (1975). A practical framework for river-quality Assessment. *U.S. Geological Survey Circular* USGS; 715-A: 17.
- Rivas, F. (2002). Un balance oferta-demanda de agua superficial en el eje metropolitano Tabay-Mérida-Ejido-Lagunillas. *Revista Forestal Latinoamericana*; 17(32).
- Rivas, Z. (2005). Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo. *Ciencia*; 13(1).
- Rojas, M. y Caraballo, A. (1990). *Análisis de la calidad de las aguas en los ríos Tributarios del Lago de Valencia; periodo 1971-1988*. MARNR-DGSPOA: 78.
- Savanes, B., Morgan, A.J. y Gore, C. (2003). Volunteer Environmental Monitoring and the Role of the Universities: The Case of Citizens' Environment Watch. *The Volunteer Monitor*; 15(1):561-7.
- Segnini, S. y Chacón, M. (2005). Caracterización fisicoquímica del hábitat interno y ribereño de los ríos andinos en la cordillera de Mérida, Venezuela. *Ecotropicos*; 18(1):38-23.
- Snider, R.W. y Shapiro, E.S. (1976). *Procedures for evaluating operations of water monitoring*. Series No. EPA-600/4-76-056.
- Stapp, W.B. (2000). Watershed Education for Sustainable Development. *Journal of Science Education and Technology*; 9(3).
- US Congress. (1977). Clean Water Act. Public Law 95-217 95th Congress.
- **U.S. Environmental Protection Agency EPA (2003). Elements of a State Water Monitoring and Assessment Program. Report Number (EPA 841-B-03-003).**
- **U.S. Environmental Protection Agency EPA** <http://www.epa.gov/aboutepa/index.html#map>.
- Ward, R.C. (1978). Regulatory water quality monitoring: A systems perspective. *Report Number EPA-600/7-78-228*.