



## Capítulo I

---

### LA CALIDAD DEL AGUA –Valoración y Monitoreo–

# CAPITULO I

## LA CALIDAD DEL AGUA -Valoración y Monitoreo-

### TABLA DE CONTENIDO

<b>1.1. Valoración de la Calidad del Agua</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Marcos de Referencia Para Programas de Valoración y Monitoreo De La Calidad Del Agua.</b>	<b>4</b>
1.2.1. Prácticas De Monitoreo En Europa	5
1.2.2. Prácticas De Monitoreo En Estados Unidos	6
1.2.3. Aspectos Comparativos De Las Iniciativas Europea Y Estadinense	8
1.2.3. Prácticas De Monitoreo En Colombia	9
<b>1.3. Monitoreo Hecho A La Medida</b>	<b>10</b>
1.3.1. Programas De Valoración Del Agua Y Cooperación Internacional.	11
1.3.2. El Papel De La Información Y Sus Fuentes	12
1.3.3. Indicadores Para Una Evaluación Integrada	13
1.3.4. Participación Pública: Procesos Metodologías Y Cambio Institucional.	14
<b>1.4. Diseño De Redes De Monitoreo</b>	<b>15</b>
<b>1.5. Aspectos Políticos De Manejo Del Recurso Agua</b>	<b>17</b>
1.5.1. Gestión Integral Del Agua En Colombia	17
1.5.2. El Acta Del Agua Limpia Y La Directiva Marco Europea.	18
<b>Referencias</b>	<b>22</b>



## CAPITULO I

### LA CALIDAD DEL AGUA -Valoración y Monitoreo-

#### 1.1. Valoración de la Calidad del Agua

La calidad del agua entendida como la condición del agua con respecto a la presencia o ausencia de su contaminación, involucra las acciones de valoración y monitoreo. Tales términos son frecuentemente confundidos y usados como sinónimos, por lo que vale la pena realizar una diferenciación entre ellos.

De acuerdo con lo expresado por UNESCO/WHO/UNEP (1992), el proceso de la **Valoración de la Calidad de Agua**, corresponde a la evaluación de la naturaleza, química, física y biológica del agua, en relación con su calidad natural, efectos humanos y uso pretendido, incluidos: consumo, recreación, irrigación y pesca; y particularmente, usos que puedan afectar la salud pública o la "salud" de los sistemas acuáticos.

Los principales objetivos de la valoración de la calidad del agua, pueden ser resumidos como sigue:

- Verificar si la calidad de agua observada es adecuada para el uso pretendido. Por ejemplo, si un conjunto de estándares es alcanzado.
- Determinar tendencias en la calidad de agua y en la evaluación de impactos tales como la liberación de contaminantes o los efectos de medidas de restauración.
- Estimar el flujo de nutrientes o contaminantes.
- Valorar el entorno y trasfondo de la calidad de los ambientes acuáticos.

La implementación de los objetivos de un programa de valoración puede enfocarse en, (1) la distribución espacial de la calidad del agua (gran número de estaciones), (2) las tendencias (alta frecuencia de muestreo), o (3) en los contaminantes (inventarios profundos). No obstante, el cubrimiento total de estos tres requerimientos es virtualmente imposible, o por lo menos muy costoso.

El proceso de la valoración de la calidad del agua, incluye el uso del **monitoreo** como principal herramienta para definir la condición del recurso. El monitoreo por su parte, abarca en el tiempo periodos de muestreo largos, mediciones estandarizadas, colección de información en un número determinado de locaciones (estaciones) a intervalos de tiempo regulares; con el fin de proveer datos que puedan ser usados para recabar información y definir las condiciones actualizadas del sistema, establecer tendencias y proporcionar igualmente información para verificar las relaciones causa-efecto.

Cabe destacar que en algunas ocasiones se requiere de la realización de sondeos preliminares antes de definir o llevar a cabo un monitoreo, con el fin de determinar el enfoque necesario del programa operacional (Chapman, 1996).

En general el monitoreo tiene 2 tipos diferentes, en cuanto al tipo de objetivo del programa:

- o **Monitoreo de Objetivo Particular:** Direccionado a un área y problema específico y que involucre un conjunto simple de variables.
- o **Monitoreo Multi-Objetivo:** El cual cubre varios usos del agua como: abastecimiento y consumo humano, manufactura industrial, pesquerías o vida acuática; lo que requiere el registro de un conjunto numeroso de variables.

Igualmente, el monitoreo debe integrar gran cantidad de disciplinas (ingeniería, biología, sociología, economía, etc.), lo que lo hace aún más complejo, en cuanto al entendimiento y la transferencia de la información. Otro aspecto de importancia, esta en la conveniencia, de que su realización se dé sobre la base de las fronteras ecosistémicas naturales y no limitarlo a las fronteras humanas entre gobiernos locales o países, pues existe la necesidad de una información más certera que sea el punto de partida para lograr un verdadero manejo integrado de los recursos hídricos (Adriaanse *et al.*, 1996).

Uno de los aspectos más importantes de la valoración de la calidad del agua, está en la interpretación y reporte de los resultado del monitoreo y en la realización de las recomendaciones para acciones futuras.

En una secuencia lógica, se deben tener en cuenta, además del monitoreo y la valoración, los aspectos relativos a la administración del recurso. En adición, se requiere de una retroalimentación de estos tres aspectos, debido a que la administración del agua, necesita del acompañamiento del monitoreo para fortalecer las regulaciones, como también de valoraciones periódicas para verificar la efectividad de las decisiones administrativas (WHO, 1991).

## 1.2. Marcos de Referencia Para Programas de Valoración y Monitoreo De La Calidad Del Agua.

En primera instancia se debe tener en cuenta que en la década de los 90 y precedentes, los programas de valoración y monitoreo se caracterizaron por la falta de objetivos específicos de información. Una tendencia basada en que tomar más datos es mejor y el uso de alta tecnología es siempre un mejoramiento (Ward *et al.*, 1986).

El desarrollo de los marcos para las prácticas de monitoreo, nacieron como instructivos para examinar categorías y contenidos. De acuerdo con Ward *et al.*, (2003) los siguientes autores (Tablas 1.1.), contribuyeron con los primeros desarrollos.

**Tabla 1.1. Marcos de Referencia Para la Valoración de la Calidad del Agua**

<b>Ricker y Hines (1975)</b>	<b>Zinder y Shapiro (1976)</b>
1. Delimitar los problemas de la calidad del río	1. Planear y Diseñar la red
2. Analizar la hidrología	2. Definir el personal
3. Seleccionar los métodos de Valoración	3. Definir las facilidades y equipamiento
4. Identificar, coleccionar y coleccionar los datos requeridos	4. Muestrear
5. analizar los datos, formular el método y probar la capacidad de predicción	5. Asegurar la calidad
6. Pronosticar los impactos sobre la planeación de alternativas	6. Inspeccionar la distribución de los datos; e
7. Comunicar los resultados	7. Interactuar a nivel de agencias con los mismos
8. Evaluar el Programa	

Es notorio que desde un principio existió cierta diversidad en el criterio del marco lógico para el monitoreo que, posteriormente, fue modificado de acuerdo a nuevas concepciones, como las ejemplificadas en las Tablas 1.2. y 1.3.

**Tabla 1.2. Concepciones De Ward (1978) Y Cofino (1995)**

<b>Ward (1978)</b>	<b>Cofino (1995)</b>
1. Diseñar la Red	1. Analizar las necesidades de información
2. Colectar las muestras	2. Diseñar
3. Analizarlas en laboratorio	3. Planear
4. Manejar los datos	4. Ejecutar
5. Analizar los datos y	5. Evaluar
6. Utilizar la información	6. Presentar

**Tabla 1.3. Concepciones En 1995 Y 1996**

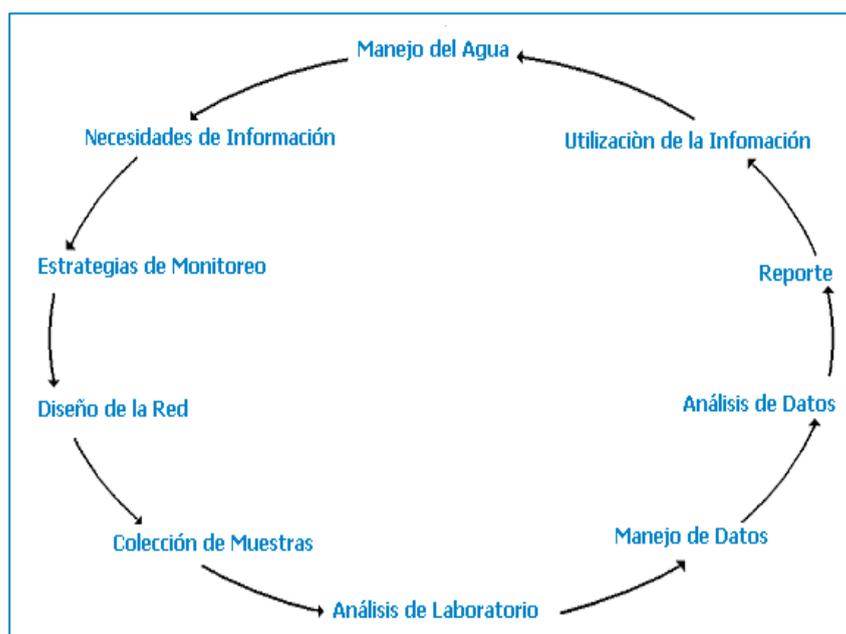
<b>Esfuerzo Intergubernamental sobre el Monitoreo de la calidad del Agua (ITFM, 1995)</b>	<b>Adriaanse (1996)</b>
1. Objetivo	1. Administración del Agua, necesidades de información y utilización de la información
2. Coordinación/Colaboración	a) Estrategia de Monitoreo y diseño de la Red
3. Diseño	b) Muestreo, análisis de laboratorio y manejo de datos
4. Implementación	c) Análisis de los datos y Reporte
5. Interpretación	
6. Evaluación del Programa de Monitoreo; y	
7. Comunicación	

Dentro de los anteriores autores, es considerable que Adriannse (1996), fue el promotor de reunir a expertos mundiales sobre el tema y lograr su interacción con el fin de llegar a un consenso sobre el marco general de monitoreo (Tabla 1.4.), que en la actualidad ha sido la base y directriz para gran cantidad de sistemas de monitoreo en el mundo, especialmente en Europa.

### 1.2.1. Prácticas De Monitoreo En Europa

En este continente, Adriaanse *et al.* (1994; 1996) establecieron la definición de un "ciclo de monitoreo" (Fig.1.1.), como una secuencia relevante de actividades que finalmente llevan a decisiones y acciones administrativas, así como a futuros desarrollos en la política de la administración del agua. El ciclo de monitoreo incluye necesidades específicas de información acorde con los objetivos del programa, definiendo una estrategia de monitoreo y un diseño de la red, como también las actividades operacionales de la colección de las muestras, el análisis en laboratorio, el manejo y análisis de datos, el reporte y la utilización de la información de acuerdo con lo descrito por Ward *et al.* (1990).

En este ciclo, el monitoreo puede ser reformulado o actualizado en cuanto a estaciones y frecuencia, al igual que los métodos de colección, tratamiento físico y almacenamiento de la muestra; lo cual como es lógico, puede tener un efecto significativo en lo que se refiere al análisis de los datos y su reporte.



**Figura 1.1. Ciclo de Monitoreo Para la Valoración De La Calidad del Agua (Adriaanse et. al., 1996)**

En el ciclo propuesto, es evidente que el análisis de los datos obtenidos, su presentación, junto con la interpretación y reporte de los resultados, constituyen el último paso en el proceso de valoración de la calidad del agua. Estos datos son a menudo variados, ruidosos e incompletos, por lo que en su proceso de análisis e interpretación, se requiere de métodos numéricos (estadísticos y modelación, etc.) y no numéricos (cualitativo, reglas lógicas, etc.), para su completo tratamiento.

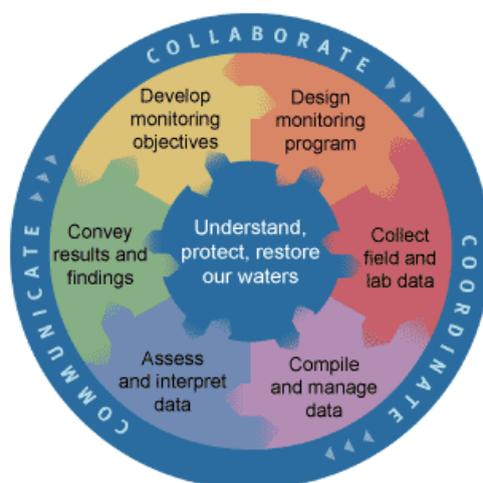
En este aspecto, en el almacenamiento, tratamiento y reporte de los datos e información, actualmente son ampliamente utilizados sistemas computacionales de soporte, como la integración de bases de datos, el análisis estadístico, la determinación de tendencias, el mapeo de datos y las representaciones gráficas, entre otras. A favor de esto se tiene que, el avance en el software ha producido interfaces inteligentes y procedimientos computacionales que hacen tales integraciones, reglas, discernimientos, además de facilitar su implementación.

En cuanto a la presentación de resultados se ha observado que esta puede necesitar simplificaciones sustanciales; los administradores en la mayoría de los casos, están más interesados en observar las predicciones de los diferentes escenarios, no como una gran cantidad de números de difícil interpretación, pero sí como párrafos narrativos cortos, apoyados en gráficas de fácil visualización y entendimiento.

### **1.2.2. Prácticas De Monitoreo En Estados Unidos**

El Consejo Nacional del Monitoreo de la Calidad del Agua de los Estados Unidos- *The National Water Quality Monitoring Council (NWQMC)*-, posee un concepto propio de un programa de monitoreo (Fig. 1.2.), para el establecimiento de las redes. Las siguientes consideraciones son las que tiene en cuenta:

- ✧ Desarrollar los objetivos del monitoreo
- ✧ Diseñar el programa de monitoreo
- ✧ Colectar los datos de campo y laboratorio
- ✧ Compilar y manejar los datos
- ✧ Evaluar e interpretar los datos
- ✧ Transportar los resultados y hallazgos
- ✧ Ir al primer punto.



**Figura. 1.2. Conceptualización Del Monitoreo Hecho A La Medida Para El NWQMC**  
Fuente: <http://water.usgs.gov/wicp/acwi/monitoring/>

El objetivo de estos pasos va encaminado a entender, proteger y restaurar las aguas en un marco de colaboración, coordinación y comunicación. Para el NWQMC, el monitoreo es el elemento de manejo más importante.

Cabe destacar, que desde 1972 el progreso en la calidad del agua en los Estados Unidos, fue medido por medio del control de fuentes puntuales de contaminación. Estas fuentes apenas abarcan hoy en día, tan sólo una fracción de las cargas totales de contaminación de las aguas.

Inventarios recientes de las causas de degradación de las aguas en este país, han identificado fuentes resultantes del uso del suelo y de prácticas de manejo no puntuales, que son intermitentes y están dispersas a lo largo del paisaje. Éstas contribuyen al incremento de bacterias, a elevar la temperatura y los nutrientes contaminantes, con la atenuante de que no pueden ser fácilmente regulados. En este sentido, monitoreos hechos a la medida (concepto que se discutirá más adelante) permiten que estos impactos puedan ser mejor entendidos, al tiempo que proveen mayor información sobre sus impactos y sirven como directriz para encaminar los esfuerzos de control; para tal fin es esencial identificar tales fuentes contaminantes. Este tipo de monitoreo, ha demostrado el valor de los controles que se han implementado.

En adición a la estrategia del NWQMC, para el año 2003 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), planteó utilizar los siguientes 10 elementos principales (Tabla 1.5.) en los programas de valoración y monitoreo de la calidad del agua.

**Tabla 1.5. Concepción De La EPA (2003)**

<b>USEPA (2003)</b>	
1.	Establecer la estrategia para el programa de monitoreo
2.	Definir los objetivos del monitoreo
3.	Diseñar el monitoreo
4.	Establecer los indicadores principales y suplementarios de calidad de agua
5.	Asegurar la calidad
6.	Administrar los datos
7.	Analizar los datos/Evaluarlos
8.	Generar el Reporte
9.	Realizar una Evaluación programática; y
10.	Determinar el soporte general y planear la infraestructura necesaria

### 1.2.3. Aspectos Comparativos De Las Iniciativas Europea Y Estadinense

Como se evidenció en los dos ítems precedentes, es claro que ha existido una lógica y coherencia detrás de cada tentativa para “definir” un programa de valoración de la calidad del agua, a lo largo de toda la terminología empleada, de tal manera que las diferencias generales de estos esfuerzos (Estados Unidos-Europa), se basan principalmente en la terminología empleada. Así, el Concejo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de Agua de los Estados Unidos y la Comunidad Europea, han desarrollado maneras similares para representar gráficamente la naturaleza integrada de las actividades y tareas del monitoreo, referidas a, respectivamente, “*un marco de monitoreo*” y al “*Ciclo de Monitoreo*”. Ambas concepciones gráficas ilustran de manera manifiesta, la diversidad de disciplinas y conocimientos requeridos para el diseño, implementación y operación de las prácticas actuales de monitoreo de la calidad del agua.

Con el objeto de visualizar de mejor manera lo expuesto con anterioridad, a continuación se muestra de manera comparativa (Tabla 1.6.), los principales elementos asociados de las dos iniciativas.

**Tabla 1.6. Marcos De Referencia En La Unión Europea Y Los Estados Unidos**

<b>UNECE “Ciclo de Monitoreo”</b>	<b>Estados Unidos “Marco de Monitoreo”</b>
Necesidades de información	Desarrollo de los objetivos del monitoreo
Valoración de las estrategias de los programas de monitoreo	Diseño del programa de monitoreo
Colección de datos	Colección de campo y obtención de los datos de laboratorio
Manejo de los datos	Complementación y manejo de los datos
Análisis de los datos	Evaluación e interpretación de los datos
Evaluación y reporte	Transporte de los resultados y hallazgos
Utilización de la información en la administración del agua	Entendimiento, Protección y restauración de las aguas.

Las similitudes de estas dos estrategias, se basan a su vez, en la similaridad de las actividades operacionales y la mezcla del diseño en un patrón de ciclo continuo. Al mismo tiempo ninguna de las dos propuestas involucra, hasta ahora, un glosario de términos.

A nivel de diferencias es notorio que la estrategia estadounidense presenta una secuencia confusa de direcciones, versus la claridad que existe en el ciclo de monitoreo propuesto en Europa. De igual manera, se presentan diferencias en cuanto a la conexión entre la administración versus los objetivos de la obtención de información consistente y comparable. Esta situación hace oportuno que para nuestra época se requieran compartir visiones y creaciones sobre el monitoreo de la calidad del agua, sobre la base de la maduración de las ciencias. Del mismo modo, es pertinente hacer un llamado a los diseñadores de las estrategias de valoración de la calidad del agua, para que utilicen visiones de mayor aceptación, como las que se están empleando en sistemas y redes bien desarrolladas y operadas.

Otro punto de especial interés que es compartido por igual por las dos iniciativas, lo constituye la necesidad de desarrollar software especializado para el manejo de las operaciones del monitoreo y sus resultados. Este hecho tiene gran importancia global, en la medida que su implementación agiliza la toma de decisiones y el aprovechamiento de los datos, para permitir convertirlos en información de mayor utilidad.

### 1.2.3. Prácticas De Monitoreo En Colombia

En cuanto a Colombia, Ramírez y Viña (1998) han desarrollado a través de la experiencia en la industria del petróleo una serie de definiciones acerca de los tipos y actividades básicas para la elaboración de estudios de monitoreo limnológicos como son:

- **Estudios de Línea Base:** identifican las características más relevantes de la estructura y función del ecosistema en cuestión.
- **Estudios de Monitoreo:** se extiende en el tiempo con el propósito de observar periódicamente la susceptibilidad del mismo a alteraciones de origen antrópico.
- **Estudios de Evaluación:** tienen lugar cuando condiciones de contaminación de origen natural o antrópico, se producen en forma esporádica pero en magnitudes importantes

Respecto del Diseño de tales estudios, se ha de tener en cuenta:

- Una evaluación preliminar
- La elección de comunidades, taxa y especies
- La elección de variables físicas y químicas
- El muestreo
- La ubicación de estaciones
- Las muestras y su número
- Análisis de resultados cuantitativos de las variables bióticas y abióticas
- Manejo de la pérdida de información

Por otra parte, Dick de Zwart (2003, Com. Pers.), recomienda la siguiente secuencia para organizar las prácticas de monitoreo encaminadas a la evaluación de la contaminación para Colombia.

- Identificar y clasificar las actividades humanas
- Identificar los contaminantes relacionados con estas actividades
- Pensar en las estrategias de disminución
- Diseñar la estrategia de monitoreo
- Diseñar los criterios de evaluación
- Iniciar el monitoreo
- Evaluar y tomar medidas para mejorar la situación

Igualmente este autor, ha considerado importante reevaluar en nuestro país, el diagnóstico de los problemas ambientales y sobre esta base proponer una nueva estrategia donde se incluyan los indicadores de calidad del agua pertinentes, en los que se hallen, los ya desarrollados por Ramírez y Viña (1998) y Ramírez, *et al.* (1999) y otros nuevos que sean necesarios.

### **1.3. Monitoreo Hecho A La Medida**

A menudo las prácticas de monitoreo llevan problemas de falta de comparabilidad de los datos, pérdida en el intercambio de información y a estrategias inefectivas de monitoreo. Lo anterior puede deberse a la amplia variedad de las actividades y funciones integradas en el mismo, a lo que se suma su realización por parte de una amplia variedad de organizaciones de diferente tipo como por ejemplo: agencias que administran el recurso, la vida salvaje y los recursos naturales, organizaciones de investigación y agencias que proveen del recurso.

Con el fin de subsanar las diferencias entre programas, sistemas y prácticas de monitoreo como las mencionadas anteriormente, en la actualidad se ha venido promoviendo un tipo de monitoreo conocido como, "Monitoreo Hecho a la Medida" (Tailor-made Monitoring), que tiene como objeto proveer información responsable, sobre la base de un costo adecuado, para dar soporte a las acciones encaminadas al manejo del agua (Timmerman *et al.*, 2000).

Este concepto ha sido ampliamente discutido y ha probado ser una importante contribución en las prácticas de monitoreo en Europa.

Sus principales componentes son:

- El análisis del manejo del agua, para identificar los principales problemas en determinado curso de agua
- La realización de inventarios y sondeos, para proveer información adicional
- La evaluación de la legislación, para encontrar si los objetivos de la legislación se cumplen
- Y la especificación de las necesidades de información, como paso básico para el desarrollo de una red de monitoreo

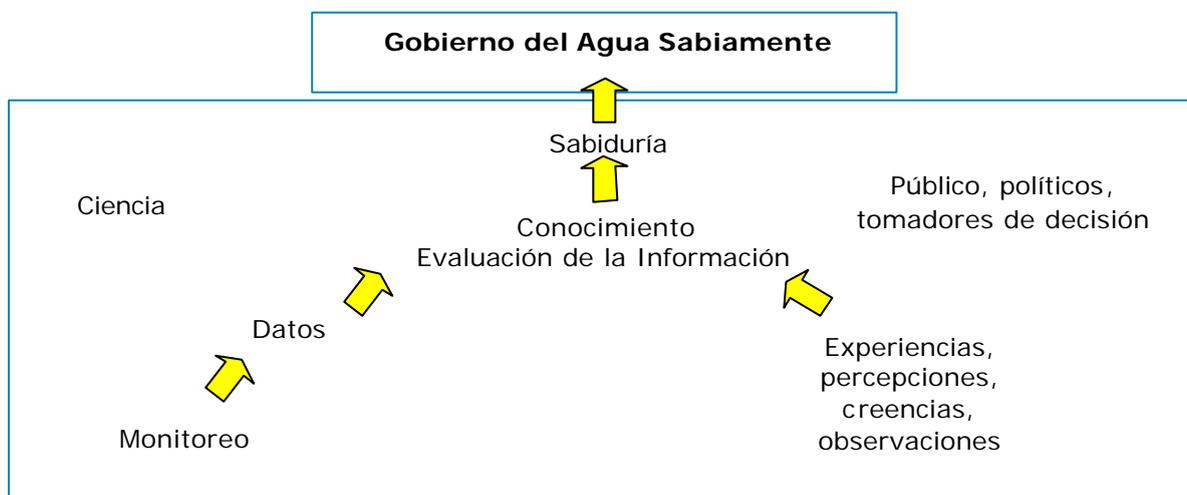
A la fecha son reconocibles los logros alcanzados por las conferencias de Monitoreo Hecho a la Medida (I-IV) en los países bajos, con la participación de expertos de diferentes países. Dicha conferencia en su última versión (15-18 de Septiembre de 2003), ha determinado la necesidad de trabajo en las líneas que se describen en los ítems subsiguientes, con el fin de fortalecer dicho tipo de monitoreo.

### 1.3.1. Programas De Valoración Del Agua Y Cooperación Internacional.

Se ha estimado que un manejo integrado de los recursos acuáticos requiere de evaluaciones, entre otras, de su disponibilidad, uso y estado. Sin embargo, tales evaluaciones deben considerar para nuestro tiempo, un enfoque internacional, debido a que el agua en sí misma, no se restringe por fronteras administrativas, pues a menudo el agua sigue la dirección de su flujo.

Dado que la administración y manejo de los recursos acuáticos ha mostrado problemas en todo el planeta como: el incremento de su escasez, el declinamiento de la calidad, el montaje de situaciones ambientales y sociales, y el efecto del cambio climático, se requiere de la cooperación entre países y organizaciones internacionales de diferentes niveles. Con lo anterior es posible lograr un gobierno y una administración que involucre a todos los actores, con el fin de vincular todos los puntos de vista, desde los científicos a nivel ecológico, social, económico que a su vez interactúan con el saber y las experiencias populares.

A partir de las anteriores consideraciones, ha sido posible llegar a lo que se ha denominado, el gobierno sabio del agua, sobre la base de la evaluación de la información obtenida y la generación de conocimiento acerca del recurso (Fig. 1.3.).



**Figura. 1.3. Gobierno Sabio del Agua**  
(Fuente: [www.mtm-conference.nl/mtm4/docs/Sh\\_Conclusions.pdf](http://www.mtm-conference.nl/mtm4/docs/Sh_Conclusions.pdf))

### 1.3.2. El Papel De La Información Y Sus Fuentes

La necesidad de la comunicación de la información obtenida a partir del monitoreo, debe ser compartida entre instituciones y personas que tienen diversas culturas, disciplinas y agendas. De allí que se necesite desarrollar un marco común que permita una fácil comunicación.

De igual manera, es reconocible que la valoración integrada de los recursos hídricos, requiere de una diversidad de información socioeconómica, como también de información del recurso mismo, que puede estar o no disponible. A lo anterior se suma, el problema existente con la información colectada desde diferentes disciplinas a diferentes escalas, la cual puede ser de difícil interpretación.

En este aspecto Timmerman y Langaas (2003), destacan que la información sobre el estatus de los sistemas acuáticos debe ser consistente y relevante, pues es indispensable para la administración racional y efectiva del agua. Este postulado ha tenido validez general para todos los tipos de cuencas hidrográficas, pero es particularmente importante para el agua en regiones transfronterizas.

En Europa, por ejemplo, varias comisiones transfronterizas involucradas en la administración del recurso hídrico reconocen que los datos y su posterior transformación a información, proveniente de las redes de monitoreo, constituyen una buena parte de sus actividades. Sorpresivamente, pocos estudios han revisado y analizado la información de los diferentes modelos o sistemas administrativos y su uso en las decisiones de manejo ambiental y administrativo de manera sistemática.

La anterior problemática derivó, en un encuentro para estudiar el uso y el valor de la información, por lo que se construyó y se dio a un grupo seleccionado de oficiales y representantes de la comisión transfronteriza del agua en Estonia, una situación teórica de manejo del agua. A través del desarrollo de un taller, se examinó el papel y uso de los datos de la información ambiental, a partir de una amplia variedad de perspectivas, que incluyeron 7 puntos básicos en los que se tuvieron en cuenta las siguientes apreciaciones:

- o **Comunicación:** la información es generada para comunicar. Qué se puede aprender de las ciencias de la comunicación para mejorar el soporte de la toma de decisiones?
- o **Coherencia:** el paradigma entre “los Procedimientos de Información”, es que mejor información lleva a mejores decisiones. Esto sin embargo, no es a menudo cierto en la toma de decisiones ya que estas últimas no siempre son racionales.
- o **Dimensión Legal:** se deben tratar los aspectos legales concernientes a quién puede usar el agua; en este sentido, debe realizarse una división entre usuarios, al igual que se debe definir cuáles son las instituciones que regulan esta división y cómo esto se puede verificar.
- o **Herramientas y Tecnologías:** cómo las nuevas herramientas y tecnologías (por ejemplo: Internet y los sistemas de información geográfica - SIGs), están

cambiando las formas en las cuales la información ambiental está siendo manejada y diseminada?

- o **Políticas y Análisis Político:** cuál es el papel de la información en la política y el análisis político y cómo ésta es incluida en las teóricas políticas?
- o **Administración Transfronteriza del Agua:** cuál es el papel de la información ambiental en el manejo del agua en regiones transfronterizas; cómo es usada y cual es su impacto?
- o **Integración de la Información:** la administración integrada del agua requiere integrar la información. Pero, cómo se puede integrar la información proveniente de diferentes disciplinas? Pueden ser los indicadores la solución?

A manera de conclusión, se pudo observar cómo la información es apreciada de manera distinta por diferentes personas y cómo los preconceptos a menudo crean prevención en la recepción de la información. También fue evidente que en las instituciones, los productores de información son a menudo y al mismo tiempo, sus usuarios. Fue igualmente preocupante, ver cómo en la mayoría de los casos se ha subestimado la información de tipo socio-económico para la toma de decisiones, en relación al peso exagerado que pueden recibir los componentes físico-químicos y biológicos, en los que se hace mayor énfasis, desmeritando la significancia de los primeros.

Es claro que la falta de información puede llevar entonces a acciones inapropiadas, más aún cuando el poder está conectado con la posesión de la misma, lo que ha conllevado a la restricción de su intercambio.

### 1.3.3. Indicadores Para Una Evaluación Integrada

El tratamiento e interpretación de los datos del monitoreo, puede ser una tarea dispendiosa y de difícil entendimiento para los diferentes actores involucrados en el proceso de la valoración de la calidad del agua.

Además, los realizadores de políticas ambientales, generalmente tienen que resolver entre diferentes tipos de conflictos como, el uso del agua y la integridad ecológica de los sistemas acuáticos. Estos conflictos están comúnmente referidos a valores y demandas económicas, sociológicas y ecológicas, por lo que las decisiones que se tomen deben estar soportadas en información integrada que permita solucionar descompensaciones en estos sentidos.

Es allí donde los indicadores de la calidad del agua o de su contaminación, son usados como medios para reducir el volumen de información y proveer soporte en las decisiones. Tales indicadores han sido diseñados para contribuir a un mejor análisis y reporte de los datos, lo que permite identificar entre otras, áreas con problemas y tendencias en la calidad.

En su desarrollo se han tenido en cuenta los estándares y criterios generales, particulares o triviales de diferentes gobiernos o agencias estatales, de manera que Usados correctamente, los índices de calidad del agua y los índices de contaminación

pueden ser utilizados para evaluar programas de gestión de recursos hídricos y asistir en el establecimiento de prioridades.

Sin embargo, actualmente algunos indicadores han demostrado ser exitosos, mientras que otros no facilitan la búsqueda e interpretación de la información a partir de los datos del monitoreo.

Es notorio que los indicadores de la calidad del agua disponibles, están aún direccionados por las ciencias básicas, a lo que se suma la existencia de muchas iniciativas en el desarrollo de indicadores, con la característica de la excesiva divergencia y ninguna convergencia. Debido a esto, se continúa en la búsqueda de los indicadores que necesitan los realizadores de políticas, a pesar de las diferencias entre marcos, niveles de agregación y ponderación.

Hoy en día, en Europa se mira con interés el diseño de indicadores del estatus ecológico que tengan relación con lo socioeconómico. En este aspecto vale la pena destacar lo estimado por Villars (2003), quien concluye que los indicadores ecológicos solos, no han provisto una evaluación completa en el Mar del Norte. Por esto, los indicadores fisicoquímicos y socio-económicos necesitan ser ligados con los indicadores ecológicos y económicos para permitir una evaluación integrada conducente a una administración y a unos delineamientos de políticas efectivas.

La necesidad de estudiar, comparar y desarrollar indicadores de mejor comportamiento y aplicabilidad globalizada, es una de las prioridades actuales en la valoración de la calidad del agua, y constituye uno de los propósitos principales de este documento.

#### **1.3.4. Participación Pública: Procesos Metodologías Y Cambio Institucional.**

La discusión en este aspecto se centra en dos hechos significativos:

La importancia de la llamada *participación pública*, la cual es conocida e incluida en documentos como la declaración de Dublín de 1992 y en la directiva marco de la Unión Europea, e pesar de ello, el reconocimiento de la misma como clave para el manejo del agua y su implementación, es aún problemática.

Los programas internacionales con ambiciones de integración de la comunidad, que en muchos casos duplican los esfuerzos, metodologías y presupuestos, como por ejemplo:

- Hydrology and Water Resources Programme (HWRP) of the World Meteorological Organization (WMO)
- International Hydrological Programme (IHP) of UNESCO
- World Water Assessment Programme (WWAP)
- Global Climate Observing System (GCOS)
- Integrate Global Observing Strategy (IGOS)
- Earth System Science Partnership (ESSP)
- World Water Council (WWC)
- Global Water Partnership (GWP)
- Water Web Consortium

#### 1.4. Diseño De Redes De Monitoreo

El diseño de redes de monitoreo direccionado sobre los constituyentes fisicoquímicos, ha sido sujeto de muchos estudios en décadas pasadas (p.e. Schilperoort y Groot, 1983; Palmer y MacKenzie, 1985; Ward *et al.*, 1990; Smith y McBride, 1990). Las redes de monitoreo han involucrado desde pocas estaciones con pocas variables, hasta redes complejas donde varios constituyentes son monitoreados frecuentemente (p.e. las redes de monitoreo de la industria petrolera en Colombia, mensualmente). Esto ha conducido a tener bases de datos solamente en entidades relacionadas con el sector que, a menudo, contienen poca información relevante para los administradores y realizadores de políticas. Ward *et al.* (1986), han llamado a esto, *el síndrome de los datos ricos pero de información pobre*.

De allí, que el propósito general de mantener redes de monitoreo, sea el de obtener gran cantidad de información necesaria para desarrollar una evaluación adecuada, una política efectiva de la calidad del agua y brindar un soporte a los manejadores de la calidad en su tarea general de proteger los recursos acuáticos. Es decir, los diseños de las redes actuales deben estar direccionados hacia la obtención de información relevante conducente a la toma de decisiones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la información proviene de datos que no necesariamente han sido colectados para satisfacer las demandas de información específica. Por ello, es conveniente que el diseño de los programas y redes de monitoreo, no obstante, se realicen sobre la base de un diseño experimental previo, con el consecuente establecimiento de especificaciones "a priori" de preguntas. Asimismo, para extraer información confiable se hace necesario, usualmente, aplicar consideraciones de sus propiedades estadísticas.

En la discusión del desarrollo de redes de monitoreo, algunos autores en artículos más recientes (Cofino, 1995; Adriaanse *et al.*, 1996; Timmerman *et al.*, 1997) han dado un carácter iterativo al monitoreo ambiental, lo que ha derivado en propuestas como las expuestas a continuación:

De acuerdo con Ward (2001), es conveniente realizar una lista de chequeo al diseñar una red de monitoreo de la calidad del agua, en la que con anterioridad se defina claramente el propósito de información del monitoreo. Para tal efecto, las siguientes preguntas y consideraciones, pueden ser tenidas en cuenta.

- El proceso de toma de decisiones para fines administrativos, se ha definido suficientemente para establecer las necesidades de información? El sistema de monitoreo planteado producirá información cuantificable? Se han comparado las necesidades de información con el sistema de monitoreo? En otras palabras, se han documentado y definido cuantitativamente las expectativas de información del sistema de monitoreo?
- Se ha definido y documentado el término calidad de agua? Es decir, se han determinado las "poblaciones" objeto y variables de calidad del agua?
- Es racional el muestreo, en términos de estaciones, frecuencia, constituyentes medidos y documentación? Dicho de otra manera, el diseño de la red se ha documentado?

- Los métodos de análisis de datos han sido seleccionados y relacionados con cada objetivo de información? Están definidos estos métodos en el protocolo de análisis de datos?
- Existen formatos definidos para los reportes, contenidos y frecuencia de las publicaciones, que permitan utilizar la información de calidad del agua en encuentros y eventos?

Una vez se ha dado respuesta a estas preguntas, se procede a definir y documentar las operaciones a llevar a cabo en el sistema de monitoreo. Para ello se deben chequear los siguientes aspectos:

- **El Muestreo**
  - Métodos de muestreo, rutas, equipamiento y entrenamiento requerido
  - Análisis de procedimientos para el muestreo de campo
  - Proceso de toma de la muestra/preservación y transporte
  - Aseguramiento de la calidad/seguridad del empleado
- **Análisis de Laboratorio**
  - Programación y procedimientos simples
  - Métodos de análisis de laboratorio
  - Control de calidad
  - Registro de datos/etiquetado
- **Manejo de Bases de Datos**
  - Definición de metadatos
  - Visualización y verificación de los datos
  - Necesidades de hardware
  - Manejo de software de bases de datos (Ej. Access; Oracle)
  - Almacenamiento, recuperación, compartimentación y procedimientos de distribución.
  - Plantilla para la ubicación de datos en Internet
- **Análisis de Datos**
  - Métodos de análisis de datos para cada objetivo de información
  - Software de análisis
  - Interpretación del resultado del análisis de datos relativo a los propósitos de información
  - Relación de los resultados con los objetivos de administración y manejo.
- **Reporte**
  - Formatos, contenidos, frecuencia y distribución
  - Evaluación de la efectividad del reporte en encuentros de retroalimentación
- **Utilización de la Información para propósitos de Manejo**
  - Administradores de programas
  - Administradores de agencias e industrias
  - Realizadores de políticas
  - Público en general
  - Auditoria de la efectividad de la utilización

Todas las actividades deben realizarse de manera bien definida y documentada; solo de esta manera se podrá generar información consistente y comparable.

## **1.5. Aspectos Políticos De Manejo Del Recurso Agua**

### **1.5.1. Gestión Integral Del Agua En Colombia**

De acuerdo con el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial a través de la Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental, el modelo conceptual, operativo e institucional para el manejo integral y sostenible del recurso agua que se desarrolla en Colombia, se fundamenta en la concepción del ciclo del agua desde la fuente abastecedora, la microcuenca, hasta su entrega final en un cuerpo de agua, pasando por el proceso de administración del recurso que realizan los prestadores del servicio en zonas urbanas o rurales (MAVD, 2004).

Los aspectos que conforman este enfoque son: el balance hídrico, el ordenamiento de microcuencas, la reforestación, las tasas ambientales, las aguas subterráneas, el manejo de aguas residuales, la gestión del riesgo en cuencas y en los sistemas, control al índice de agua no contabilizada y a la calidad del agua, la investigación y desarrollo tecnológico aplicado al sector (MAVD, 2004).

En los aspectos normativos, el manejo del recurso hídrico para abastecimiento humano en Colombia está reglamentado por la Constitución Política de Colombia (arts. 78 - 80), Decreto Ley 2811 de 1974, Ley 9 de 1979, Decreto 1594 de 1984, Decretos 1541 de 1978, la Ley 99 de 1993, Ley 142 de 1994, Ley 373 de 1997, Ley 715 de 2001, Documento Conpes 3177 de 2002, la Ley 812 de 2004 y Resolución 340 de 2004.

Por su parte, el Ministerio del Medio Ambiente en la actualidad, ha participado en la modificación del Decreto 475 de 1998, que establece las normas de calidad del agua potable y determina las acciones de control y vigilancia que sobre dicha calidad deben realizar las empresas de servicios públicos y las autoridades sanitarias respectivamente. De la misma manera, el Ministerio de Protección Social ha tramitado la consulta pública nacional de estas modificaciones para su posterior expedición del decreto modificadorio.

De las propuestas presentadas se destacan los ajustes al Capítulo II: Normas y Criterios, Físicos, Químicos y Microbiológicos del Agua Potable, en los siguientes aspectos: i) flexibilización de los requisitos que deben cumplir los municipios menores de 20.000 habitantes en los análisis básicos de calidad del agua; ii) fortalecimiento de los indicadores de turbiedad y de cloro residual con el fin de garantizar una mejor calidad del agua suministrada a la población; iii) establecimiento de la formula para el cálculo del índice de riesgo para el control y vigilancia por parte de las entidades sanitarias, ambientales y de control y vigilancia (MAVD, 2004).

A la fecha uno de los trabajos más importantes del ministerio del Medio Ambiente, lo constituye el Proyecto de Ley del Agua. Este proyecto de ley aprobado recientemente menciona, entre otros:

- La necesidad de definir los métodos técnicos de monitoreo y la expedición de políticas y regulaciones de interés nacional relativas al manejo, la

administración, el control, el seguimiento, la asignación y el monitoreo de los recursos hídricos que no hayan sido expresamente atribuidas por la Ley a otra autoridad, por parte de la Comisión Nacional del Agua (Artículo 8).

- El cubrimiento de los gastos operativos de implementación, cobro y monitoreo de la calidad del agua, por parte de la autoridad competente, quien podrá utilizar hasta el 20% de los recaudos de las tasas retributivas (Artículo 42).
- La definición de las características y requerimientos para su organización y funcionamiento y el establecimiento de los requisitos y las herramientas técnicas a utilizar para la migración de datos, por parte del IDEAM, quien junto con las autoridades ambientales deben realizar el monitoreo las fuentes hídricas que aprovechan y administran respectivamente para alimentar el sistema de información, de acuerdo con la guía de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico adoptada por el IDEAM (Artículos 65 y 66).
- Igualmente, se establece que los usuarios del agua por ministerio de la ley deberán informar anualmente en el formulario único adoptado por el IDEAM, la información básica sobre las utilidades del agua y sus vertimientos. Este formulario deberá ser entregado en las alcaldías municipales, para su envío mensual por parte de los alcaldes a la autoridad ambiental competente. Las alcaldías municipales, tendrán la obligación de divulgar y promover su cumplimiento (Artículo 66).
- Finalmente, en cuanto a las aguas marinas y costeras, el proyecto de ley en su artículo 121, promueve la investigación orientada a establecer las cargas, el destino y los efectos de los contaminantes en las zonas marinas y costeras, así como los elementos de información básica que permitan desarrollar opciones tecnológicas más eficientes para prevenir, disminuir o remediar los efectos de la contaminación.

De lo anterior se puede desprender que en nuestro país, la valoración y monitoreo de la calidad del agua se halla en procura de la definición de un marco lógico para el desarrollo de la misma, en el que se debe tener en cuenta la definición y unificación de cada una de las prácticas, estrategias y metodologías para el establecimiento de redes de monitoreo adecuadas. En este aspecto es destacable que en el ámbito latinoamericano esta situación parece ser una constante.

A favor se tienen las acciones del IDEAM, que han dado como producto el desarrollo de una serie de guías para el monitoreo en cantidad y calidad de los recursos hídricos nacionales (ver: [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)). A partir de estos desarrollos, es notable que el IDEAM, ha buscado liderar procesos para el establecimiento de programas ejemplares de monitoreo a nivel local y latinoamericano; sus experiencias en este aspecto, actualmente se han compartido con otros países, a través del programa hidrológico internacional de la UNESCO, al cual pertenece entre otras instituciones académicas la Universidad de Pamplona.

### **1.5.2. El Acta Del Agua Limpia Y La Directiva Marco Europea.**

Con el objeto de tener referentes adicionales al caso Colombiano, es de interés realizar una comparación entre, The Clean Water Act (CWA) y The Water Framework Directive

(WFD), de los Estados Unidos y Europa respectivamente, en cuanto a las pautas para el proceso de monitoreo. Para tal fin, en la tabla 1.7. se presentan ocho grandes categorías comunes a las dos normas y con las cuales se lleva a cabo una breve revisión de acuerdo con Habermann y Ward (2002).

**Tabla 1.7. Visión Específica De Las Comparaciones De CWA Y WFD (Haberman y Ward, 2002)**

Marco legal de la Calidad del Agua  Fases del Sistema de Información de la Calidad del Agua	ESTADOS UNIDOS  <i>Clean Water Act (CWA)</i>	UNION EUROPEA  <i>Water Framework Directive (WFD)</i>
1) Estrategia de Monitoreo	<p><b>Objetivo de Administración:</b> Sección 101: objetivos y políticas: Los que deben ser alcanzados</p> <p><b>Diseño de la Red:</b> No especifica cómo escoger los sitios de muestreo, frecuencia del monitoreo y contaminantes para la muestra</p>	<p><b>Objetivo de Administración:</b> (19) Declara la totalidad de los objetivos Artículo 4: Objetivos Ambientales: Lista de objetivos</p> <p><b>Diseño de la Red:</b> Anexo 5.1.1: lista de atributos a examinar para alcanzar el estatus ecológico Anexo 5.1.2.: Definiciones normativas para las características ecológicas Anexo 5.1.3: Selección de los sitios de monitoreo Anexo 5.1.3.4. Frecuencia del Monitoreo Anexo 8. Constituyente de la Muestra Anexo 10: lista de sustancias prioritarias</p>
2) Generación de los Datos	<p><b>Colección de la Muestra:</b> No especifica cómo tomarla</p> <p><b>Análisis de laboratorio</b> No especifica cómo realizarlo</p> <p><b>Manejo de los datos</b> No especifica cómo manejar y compartir los datos</p>	<p><b>Colección de la Muestra:</b> Especifica los métodos para medidas biológicas; No especifica las técnicas de muestreo químico</p> <p><b>Análisis de laboratorio:</b> No especifica cómo realizarlo</p> <p><b>Manejo de los datos</b> Anexo 1. ii) Se requiere de un sistema de almacenamiento de los datos, pero silente en como guardar los datos de calidad del agua</p>
3) Generación de Información	<p><b>Análisis de los Datos</b> No especifica cómo realizar el análisis</p> <p><b>Reporte:</b> Sección 305 (b) el reporte deberá proveer e indicar la frecuencia del reporte, pero no menciona como la información en el reporte debe ser generada  Sección 303 (d) se debe remitir la lista de las Cargas diarias totales al administrador  Sección 319 (a): valoración estatal de reportes</p>	<p><b>Análisis de los Datos</b> No especifica cuáles métodos deben usarse para analizar los datos. Provee lineamientos de cómo interpretar los datos relativos a la definición del estatus de calidad del agua Anexo 5.2.4.4. la detección de las tendencias requieren métodos estadísticos</p> <p><b>Reporte:</b> Artículo 13: Se requiere un Plan de manejo de cuenca (PMC) Anexo 8: Describe los elementos e información a ser incluida en el PMAC y su actualización Artículo 15: Especifica la distribución de los reportes, frecuencia y necesidades a incluir en el análisis bajo los requerimientos de los artículos 5 y 8. Anexo 5: la clasificación y presentación del estatus ecológico con la ayuda de un código de color para hacer los resultados comparables y definir si los objetivos que son encontrados idea incompleta (por lo menos del buen estatus)</p>

De la anterior tabla, es posible extraer las siguientes consideraciones:

- Ambas, CWA y WFD especifican los objetivos y reportes requeridos (bookends) del sistema de monitoreo de la calidad del agua. La ley y directiva difieren ampliamente en los detalles provistos.
- La WFD direcciona el diseño de la red de monitoreo y la colección de la muestra, pero no hace referencia sobre los métodos de laboratorio, manejo de los datos y diseño y colección de la muestra para realizar el análisis de datos. La CWA no especifica el diseño de la red, la colección de la muestra, el análisis de laboratorio, la administración de la información y el análisis de datos. Tampoco especifica cómo la información debe ser reportada.
- Al comparar una ley de 1972, con una directiva de 2000, debe tenerse en cuenta que treinta años de pensamiento tienen que resolver por lo menos, cómo el monitoreo debe ser conducido para soportar la toma de decisiones administrativas. En muchas vías, la habilidad de la WFD para proveer pautas de monitoreo es un reflejo del progreso que ha tenido la ciencia del monitoreo para propósitos de manejo.
- Ambas, CWA y WFD, direccionan a la administración de la calidad del agua a escala continental. Así, las condiciones hidrológicas, biológicas y geológicas, pueden variar considerablemente a través de los estados. Un enfoque "estandarizado" del monitoreo puede no permitir los ajustes a las condiciones locales juzgadas como críticas por los administradores locales del agua. Esto es otro argumento para mayor libertad en las estrategias y métodos de monitoreo. La WFD aparece para direccionar este hecho llamando al desarrollo de planes de administración que envuelvan un marco común que permita la comparabilidad a través de Europa.
- La WFD implica que el monitoreo de la cantidad y calidad son actividades integradas en gran medida. Bajo la sección 101(g) es explícita en que los estados reserven el derecho de asignar las cantidades dentro de sus estados. Tal declaración soporta la visión de que el monitoreo de la calidad está absolutamente separada del tradicional aforo en Estados Unidos. Otras partes de CWA, sin embargo, implican que la cantidad y calidad del agua deben estar integradas, tales como en la sección 303 cuando las cargas diarias totales (TMDLs), se discute un cálculo de la "carga". Además, en contraste para CWA, quien sólo considera el agua en sí misma, la WFD, establece una pauta que toma en consideración no sólo las aguas, sino también el ecosistema acuático en un sentido más amplio.
- Tanto CWA como WFD no especifican las pautas de la administración de los datos y los métodos estadísticos empleados en el cálculo de las tendencias deseadas en la calidad del agua.
- La falta de estandarización de la administración de los datos previene sobre compartir datos que son necesitados para un esfuerzo de administración integrada de las cuencas. En Estados Unidos los concejos de monitoreo del

agua, están formados en niveles nacionales, estatales y de cuencas, además expresan propósitos de desarrollo de mecanismos para compartir los datos de calidad de agua.

- Tal compartir requiere documentación de métodos usados para obtener los datos e información (p.e. metadatos) y de manera más común, el almacenamiento electrónico de los datos. El Concejo Nacional del Agua de los Estados Unidos, a través de los esfuerzos de su oficina de comparabilidad de métodos y datos, se mueve hacia la estandarización que permitirá compartir los datos de calidad del agua.

A partir de lo ilustrado es destacable que la tendencia en el incremento de incluir pautas de monitoreo en las leyes de la calidad del agua, provee un reto a quienes diseñan sistemas de monitoreo de la calidad del agua, como lo puede ser la creación de un marco unificado y una terminología común, en cuanto al monitoreo de la calidad del agua. A este respecto Ward (2001), ha propuesto la conveniencia de utilizar términos sólo en inglés, debido a las diferentes interpretaciones idiomáticas que se le da a cada definición en cada país, con lo que sería posible generar un entendimiento más propio en la gestión integrada de los recursos hídricos.

## Referencias

- Adriaanse, M. 1994. Information Requirements As Design Criteria For Surface Water Monitoring. Proceedings Workshop Monitoring Tailor-Made', Beekbergen, The Netherlands, September 1994.
- Adriaanse, M. 1996. Tailor-Made Guidelines: A Contradiction In Terms? In Proceedings Of Monitoring Tailormade II, An International Workshop On Information Strategies In Water Management, Published By RIZA, Institute For Inland Water Management And Waste Water Treatment, Lelystad, The Netherlands, Pages 391- 399
- Adriaanse, M., Timmerman, J., Ottens, J., Van Oirschot, M. Breukel, R. 1996. Guidelines On Water Quality Monitoring And Assessment Of Transboundary Rivers, UN/ECE Task Force On Monitoring And Assessment, RIZA, The Netherlands. 50 P.
- Chapman, D. (Ed). 1996. Water Quality Assessments. A Guide To The Use Of Biota, Sediments And Water In Environmental Monitoring. Chapman & Hall, London, 585 Pp.
- Cofino, W. 1995. Quality Management Of Monitoring Programmes, In: Monitoring Tailor-Made, An International Workshop On Monitoring And Assessment In Water Management, (Adriaanse, Van De Kraats, J. Stoks, P. & Ward, R. (Eds)), 20-23 Sept 1994, Beekbergen, The Netherlands,
- De Zwart, D. 2003. Monitoreo Hecho a la Medida para Colombia. Comunicación Personal.
- Habermann, C., Ward R. 2002. Comparing Water Quality Monitoring Requirements In European And United State Laws. Final Thesis Report, TU Darmstadt, Darmstadt, Germany.
- ITFM (Intergovernmental Task Force On Monitoring Water Quality), 1995. The Strategy For Improving Water-Quality Monitoring In The United States. Final Report Of The Intergovernmental Task Force On Monitoring Water Quality, Open File Report 95-742, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia. Disponible En: <http://water.usgs.gov/wicp/itfm.html>.
- Palmer, R., Mackenzie, J. 1985. Optimization Of Water Quality Monitoring Networks. J. Of Wat. Resour. Plan. And Mang. 111(4), 478-493.
- Ramírez, A., Viña, G. 1998. Limnología Colombiana. Aportes A Su Conocimiento Y Estadísticas De Análisis. Univ. Jorge Tadeo Lozano - Bp Exploration, Bogotá.
- Schilperoort, T., Groot, S. 1983. Desing And Optimization Of Water Quality Monitoring Networks. Delft Hydraulics Laboratory. Publ. No. 286. 18p.
- Smith, D., Macbride, G. 1990. New Zealand 'S National Water Quality Monitoring Networks. Desing And First Year 'S Operation. Wat. Resour. Bul., 26, 767-775.
- Timmerman, J., Adriaanse, M., Breukel, R., Oirschot, M., Ottens, J. 1997. Guidelines For Water Quality Monitoring And Assessment Of Transboundary Rivers. European Water Pollution Control. Vol. 7, No. 8, Pp. 21-30.
- Timmerman, J. Adriaanse, M., Breukel, R.. 2000. Making Monitoring Tailor-Made In Europe. Institute For Inland Water Management And Waste Water Treatment RIZA, Lelystad, The Netherlands. En: NWQMC National Monitoring Conference. Monitoring For Millenium. Conference Proceedings.
- Timmerman, J., Langass, M. 2003. Water Information: What Is It Good For?. On The Use Of Information In Transboundary Water Management. In En: Tailor Made IV Conference Proceedings. The Netherlands. [Www.Mtm-Conference.Nl/](http://www.Mtm-Conference.Nl/)

- UNESO/WHO/UNEP, 1992. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition.
- Villars, N., Otter, H., Erftemeijer, P. 2003. Application Of Ecological Indicators Of The North Sea For Integrated Assessment . WL | Delft Hydraulics, Delft, The Netherlands.
- Ward, R. 1978. Regulatory Water Quality Monitoring: A Systems Perspective. Report Number EPA-600/7-78-228, Environmental Monitoring and Support Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Las Vegas, Nevada, November
- Ward, R., Loftis, J., McBride, G. 1986. The "Data-Rich But Information-Poor" Syndrome In Water Quality Monitoring. *Env. Manag.*, 10(3), 291-297.
- Ward, R., Loftis, J., McBride, G. 1990. Design Of Water Quality Monitoring System. Van Nostrand Reinhold. New York. 231p.
- Ward, R. 1996. Water Quality Monitoring: Where's The Beef? *Journal Of The American Water Resources Association*, Vol. 32(4):673-680, August.
- Ward, R. 2001. A Systems Perspective And Design Framework For Water Quality Monitoring. NPS Water Quality Vital Signs Mtrg. Workshop. November 29.
- Ward, R., Timmerman, J., Peters C., Adriaanse, M. 2003. In Search Of A Common Water Quality Monitoring Framework And Terminology. En: Proceedings Of Water Tailor Made Monitoring IV. [www.mtm-conference.nl/](http://www.mtm-conference.nl/)
- WHO, 1991. GEMS/WATER 1990-2000. The Challenge Ahead. WHO/PEP/91.2, World Health Organization, Geneva.
- WHO, 1992. Guidelines for Drinking-Water Quality, Volume I, Recommendations. Second edition, World Health Organization, Geneva, 188 pp.



investigación en  
**H<sub>2</sub>O**  
calidad del agua