

2013: Aprovechamiento racional de los recursos hídricos. Revista Voluntad Hidráulica N° 107, INRH, ISSN: 0505-9461, Cuba, pp. 5–12.

## **APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

José Luis Batista Silva

Instituto de Geografía Tropical, CITMA, Cuba

[jbatista@ceniai.inf.cu](mailto:jbatista@ceniai.inf.cu)

### **RESUMEN**

La utilización de los recursos hídricos es una tarea permanente por parte de científicos y organizaciones encargadas del suministro de agua para todas las actividades humanas. Los principios más importantes en un manejo racional del agua son “no vertimiento” de aguas residuales a los cuerpos de agua y los sistemas de reutilización. Estos principios han sido demostrados mediante resultados prácticos.

**Palabras clave:** recursos hídricos–sistemas de reutilización del agua.

### **ABSTRACT**

The use of water resources is a permanent task by scientific and organizations dealing about water supply for all human activities. The most important principles on the rational water use management are “no pour” residual to the water bodies and the water use recycle systems. Those principles are well demonstrated and have practical results.

**Key words:** water resources–water recycle systems

### **Introducción**

*“El 2013 constituirá un período clave en los esfuerzos internacionales para resolver la crisis de 770 millones de personas sin acceso al agua potable y de dos mil 500 millones que están privadas de servicios de saneamiento adecuado.*

*Con ese propósito, Naciones Unidas iniciará, el primero de enero, 2013 el Año Internacional de la Cooperación en la Esfera del Agua, proclamado por la Asamblea General en una resolución adoptada en diciembre de 2010.*

*Ese texto puso de relieve que el agua es fundamental para el desarrollo sostenible, en particular para la integridad del medioambiente, la salud y el bienestar humanos y la erradicación de la pobreza y el hambre” (CUBADEBATE, 2012).*

Varias son las vías para resolver la crisis del acceso al agua potable; entre ellas, los conceptos de “*agua virtual*” y “*huella hídrica*” contribuyen a un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos, bien sean locales, regionales o nacionales, pero no debe olvidarse los problemas de la contaminación de las aguas que produce su propio uso (abasto a la población, industria, regadío y otros) cuando no se toman medidas que mitiguen las afectaciones medioambientales. Mientras más desarrollo, mayor es la contaminación de las aguas, por tanto, no es posible analizar esta situación solamente desde la óptica de la exportación e importación del agua virtual.

La introducción de conceptos novedosos muestran la preocupación de investigadores, científicos, empresarios y en general todo aquel interesado en proteger los recursos hídricos –aunque renovables– actualmente ya escasos en algunas regiones y vulnerables por la contaminación de vertimientos de residuales de todo tipo a corrientes fluviales, lagos, embalses y al mar.

En el caso particular de las islas caribeñas existe otro tipo de contaminación que podría convertirse en irreversible: la extracción irracional del agua en fuentes subterráneas ubicadas en las áreas costeras. Está demostrado que las aguas del mar y los acuíferos costeros se mantienen en un equilibrio “natural”, pero cuando las extracciones del agua subterránea superan la recarga de los acuíferos, ocurre lo que se denomina intrusión salina, es decir, la contaminación del agua dulce por el agua salada.

En cuanto a los volúmenes de agua involucrados en los conceptos de “*agua virtual*” debe tenerse presente que estos son insignificantes si se compara con la cantidad de agua que se pierde por la distribución en las redes de acueductos y otros usos. En el caso de Cuba –según datos oficiales– las pérdidas del agua, después de extraída de la fuente, superan el 50%, aunque se trabaja intensamente para revertir esta situación. Además, los métodos y sistemas de regadío no siempre son los más eficientes y las industrias emplean grandes volúmenes de agua que luego son vertidos para contaminar los acuatorios y el mar. Por tanto, aunque positivas, las ideas de “*agua virtual*” y “*huella hídrica*”, para las características de países con escasos recursos hídricos y económicos, es realmente una solución virtual. Por esta razón, el objetivo de este artículo es mostrar

la realidad de utilizar racionalmente los recursos hídricos, evitar la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, no verter residuales domésticos e industriales y pasar a la etapa de reutilización del agua y al concepto de “producción limpia”, en dependencia de las posibilidades de cada país.

## **Desarrollo**

Uno de los métodos más representativos e interactivos para revelar el uso del agua en una región, país o en cualquier territorio, es elaborar los esquemas de utilización de los recursos hídricos en sus variantes actual y perspectiva. Para ello resulta imprescindible conocer, en primer término, el volumen de esos recursos, separados en sus componentes superficial y subterránea. Además de esto, es también importante el grado de regulación existente en el país, es decir, el volumen o capacidad del agua embalsada.

El segundo elemento es el uso del agua por sectores de la economía nacional, por ejemplo, los usuarios del agua podrían ser: “población, industria, turismo, riego y agropecuario”, variando estos, dependiendo del país, región, etc. Todos los datos necesarios para elaborar estos esquemas pueden obtenerse en las organizaciones encargadas del manejo del agua en el territorio.

Por su parte, si la “huella hídrica” es igual al agua necesaria para producir los bienes y servicios consumidos, entonces podría afirmarse que el agua consumida por los distintos usuarios (población, industria, turismo, riego y agropecuario) es un concepto muy similar, ampliamente utilizado en los procesos de gestión de los recursos hídricos. En el Atlas Nacional de Cuba, elaborado en el año 1989, se aplicaron estos conceptos, incluyendo además, principios importantes: no verter contaminantes a los acuatorios y reciclar el agua utilizada. Esta es una solución real para evitar el agotamiento cualitativo y cuantitativo de los recursos hídricos.

Para lograr un desarrollo perspectivo de una utilización racional de los recursos hídricos es necesario introducir el concepto de “no verter” contaminantes a objetivos hídricos sin que hayan sido tratados previamente mediante la aplicación de otras variantes como son la construcción de fábricas que funcionen con los sistemas de industrias “cerradas” o “secas” (producción más limpia), es decir, reutilizar la misma agua o reducir su consumo en el proceso de producción; que los residuales domésticos sean tratados hasta niveles

exigidos por las normas internacionales y reincorporados a otros usos como el regadío, al igual que las aguas de la actividad agropecuaria se destinen a la irrigación.

Algunos especialistas distinguen dos tipos de reutilización: directa e indirecta a través de cursos naturales. *“En los sistemas de explotación interiores en los que las aguas residuales, con más o menos tratamiento, se vierten en ríos o embalses, y las aguas sobrantes de regadío que drenan los suelos pueden retornar a cauces a través de canales o azarbes o alcanzar acuíferos, las aguas residuales son diluidas con los caudales circulantes y son parcialmente reutilizadas en zonas aguas abajo para nuevos usos urbanos, agrícolas e industriales”*.

*“No ocurre lo mismo en zonas costeras donde las aguas residuales son evacuadas al mar a través de emisarios o acuíferos y cauces sin posibilidad de aprovechamiento. Consecuentemente, es en las zonas costeras y en zonas interiores con problemas de abastecimiento, donde más beneficio se puede obtener de la reutilización directa y planificada de agua residual tratada mediante su almacenamiento y transporte hasta el punto de aprovechamiento, sin dilución previa en un curso natural de agua”*, Prats Rico, ([www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)).

En los esquemas prospectivos de la utilización de los recursos se proponen soluciones basadas en el principio de no vertimiento de aguas residuales contaminadas a objetivos hídricos, partiendo de la reutilización de las aguas de origen doméstico y agrícola. En el caso de las industrias –precisamente las potencialmente más contaminantes– se requiere fuertes inversiones económicas para evitar el vertimiento de sus residuales a los acuatorios y al mar.

La literatura relacionada con este tema presenta muchos ejemplos, algunos de ellos muy evidentes, donde industrias a punto de ser cerradas por la autoridad ambiental, fueron convertidas en eficientes, sin vertimientos nocivos.

En la actualidad se aboga por el tratamiento de las aguas residuales, lo más cerca posible de la fuente, mediante sistemas descentralizados hasta niveles que cumplan con el destino de reutilización solamente. Un ejemplo de los nuevos planteamientos de manejo de las aguas en las ciudades (Figura 1) lo ilustran Gikas y Tchobanoglous en el artículo *“The role of satellite and decentralized strategies in waterresourcesmanagement”*, (Asano, T. y otros, 2007).



**Figura 1. Aplicación de los sistemas descentralizados para el tratamiento de aguas residuales en áreas densamente pobladas**

Entre las medidas que podrían tomarse para la utilización racional y la conservación de los recursos hídricos, es muy importante el control y la economía del agua en la industria, la agricultura y en su uso doméstico. Grandes pérdidas, que en algunos países podrían llegar a la mitad o más del total extraído de las fuentes tendrían su origen fundamentalmente en los acueductos y redes de distribución; esto estaría relacionado con el estado del sistema, a pesar de todo el esfuerzo que se lleve a cabo para evitarlo.

Las perspectivas en la economía del agua durante el riego pueden ser amplias con el aumento de la mecanización y la introducción de tecnologías eficientes, por ejemplo, el riego por goteo, mediante el cual prácticamente no existen aguas de retorno y el rendimiento de estos sistemas aumenta hasta 0,9.

La cantidad de agua necesaria para la producción industrial depende en gran medida de las tecnologías para el abasto de agua. La transformación de las industrias, con el abasto de agua directo es una considerable reserva en la economía de los recursos hídricos para el sistema de trabajo de circulación en ciclo cerrado. Enormes posibilidades económicas se presentan en la introducción de tecnologías que permiten no utilizar agua en el proceso productivo, como la industria procesadora del petróleo.

En muchos países, como Cuba, se ha logrado una notable economía de agua fluvial mediante la utilización de agua del mar para el enfriamiento de los generadores de termoeléctricas situadas a la orilla del mar.

El problema más crítico y actual podría ser, no sólo el agotamiento cuantitativo, sino el cualitativo de los recursos hídricos, lo cual originaría la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por residuales domésticos e industriales, y por la intrusión salina debido a la sobreexplotación de cuencas subterráneas, en el caso de islas caribeñas.

En la actualidad, sería conveniente incluir en los proyectos de construcción la utilización secundaria de las aguas residuales, ya que estas, después de su correspondiente tratamiento, pueden ser usadas de nuevo para regar cultivos destinados a los forrajes, así como a los cultivos técnicos.

De esta forma se resolverían dos problemas al mismo tiempo:

- ✓ La depuración de las aguas residuales es mucho más intensa en el suelo que en el agua de los ríos y los embalses.
- ✓ Los fertilizantes contenidos en las aguas residuales en forma de elementos orgánicos, son mejor absorbidos por las plantas.

A su vez se solucionaría un tercer problema: son devueltos al suelo aquellos elementos que se han extraído con las cosechas. Esta tarea se soluciona por medio de la depuración de las aguas residuales en los llamados campos de irrigación; de esta forma se reducen los gastos de las plantas de tratamiento por una parte y, por la otra, los campos de irrigación dan la posibilidad de aumentar la productividad agrícola. Además de lo antes expuesto, este método conlleva un considerable ahorro de agua, ya que disminuye el gasto de agua de los ríos para la dilución de las aguas contaminadas.

Otro de los problemas es la lucha por evitar el agotamiento de las aguas subterráneas, esto es posible por medio de recargas artificiales, lo cual se lleva a cabo en algunos países con la construcción de embalses subterráneos. Es necesario investigar y evaluar el escurrimiento subterráneo que va directamente al mar, sin escurrir por el sistema de cauces fluviales, analizar la posibilidad de su utilización y al mismo tiempo evitar su contaminación.

### *Esquema perspectivo de la utilización de los recursos hídricos*

Tomando como ejemplo datos aproximados de un país “X”, se presenta un esquema perspectivo de utilización de los recursos hídricos, asumiendo un ulterior (teórico) desarrollo y las medidas resumidas en el epígrafe anterior.

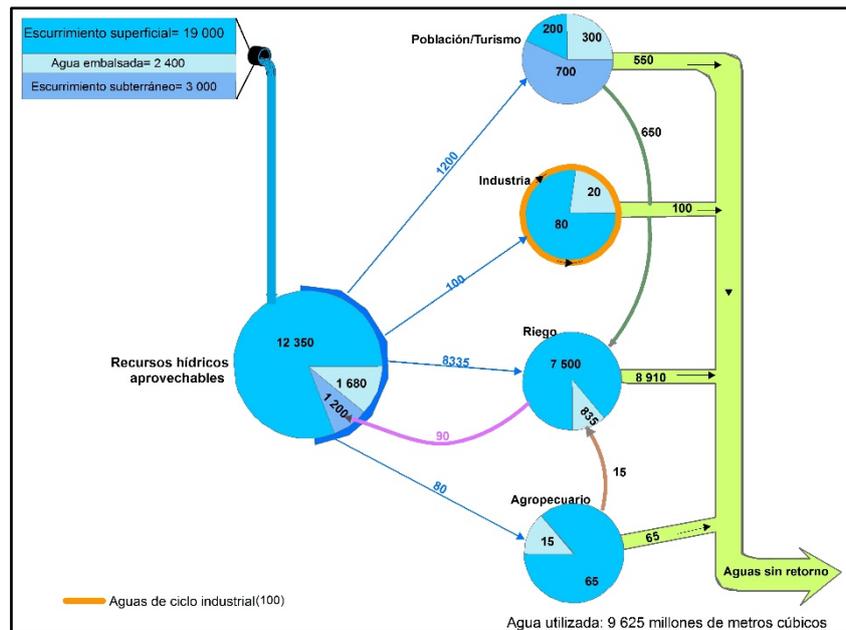
Los recursos hídricos del mencionado país se han evaluado en un volumen de escurrimiento total (R) igual a 22 000 millones de metros cúbicos anuales como promedio, distribuido en 19 000, para el escurrimiento superficial (S) y, 3 000 millones de metros cúbicos del escurrimiento subterráneo (U).

La capacidad actual embalsada es de unos 2 200 millones de metros cúbicos, distribuidos en 34 presas, sin embargo, mediante el aumento de la capacidad de embalse, podría llegarse a 2 400 millones de m<sup>3</sup> de agua embalsada. Esto significa construir presas que permitan almacenar aproximadamente un 10% más del agua existente actualmente, elemento muy importante en la utilización racional del agua, reduciendo así la extracción de los volúmenes de agua subterránea, reserva estratégica para el abasto a la población.

Es necesario aclarar que la elaboración del esquema perspectivo (Figura 2) se ha diseñado en base a experiencias de otros países y a las tendencias de desarrollo socioeconómico de carácter normal. Dada la importancia que tiene el uso racional y la reutilización de los recursos hídricos se han agrupado los principales usuarios por sectores de la forma siguiente:

#### **Millones de m<sup>3</sup>**

Recursos hídricos aprovechables.....	15 230
<b>Usuarios del agua</b>	
Población/Turismo.....	1 200
Industria .....	200
Riego.....	9 000
Agropecuario.....	80



**Figura 2. Esquema perspectivo de utilización de los recursos hídricos (cifras en millones de metros cúbicos). Elaborado por el autor.**

El sector de la Población/Turismo tendrá garantizado casi el 60% de los volúmenes de agua provenientes de fuentes subterráneas, es decir, de mayor calidad (700 millones de  $m^3$ ). El resto de la demanda se obtendrá desde el agua embalsada (300 millones de  $m^3$ ) y por las tomas directas de las corrientes superficiales y otros acuatorios (200 millones de  $m^3$ ).

La industria requiere unos 200 millones de  $m^3$  de agua anuales para poder funcionar, pero sólo recibirá el 50% desde los recursos hídricos aprovechables, a partir de la escorrentía superficial (80 millones de  $m^3$ ) y el agua embalsada (20 millones de  $m^3$ ); el resto –100 millones de  $m^3$ – después de una entrega inicial, será un volumen de agua a usar por parte de la industria en “ciclo cerrado”. De esta forma las industrias no verterán sus desechos a los ríos, embalses y al mar. Es evidente que la implementación de este proceso es un objetivo altamente dependiente de la economía de cualquier país.

Comparando la demanda actual del agua para el riego, en el esquema perspectivo se considera un aumento de casi el 20%, no obstante, recibirá 650 millones de  $m^3$  a partir de la entrega de las aguas vertidas por la población y el turismo (previamente tratadas) y 15 millones de  $m^3$  directamente de la actividad agropecuaria. Es obvio, que la mayor cantidad de volúmenes de agua para el riego se obtendrá de los recursos aprovechables: 7 500 millones de  $m^3$  del escurrimiento superficial y 835 millones de  $m^3$  a partir del

agua embalsada. Es notorio el aumento de la demanda para el riego, pero, considerando las medidas de reutilización del agua, en la perspectiva se podrá regar más, prácticamente con la misma cantidad de agua que se extrae actualmente para este sector.

Es importante señalar que una parte de las aguas del regadío son devueltas a la componente subterránea del ciclo hidrológico, mediante el proceso natural de infiltración. En algunos países se canalizan y vierten a pozos de recarga. Esto contribuye al incremento de las aguas subterráneas y por tanto, la entrega desde el riego sería aproximadamente en un volumen de 90 millones de m<sup>3</sup> como promedio a anual.

La actividad agropecuaria utilizará 65 millones de m<sup>3</sup> por acceso directo a fuentes superficiales y unos 15 millones de m<sup>3</sup> del agua embalsada.

### **Conclusiones**

Puede observarse, en el esquema perspectivo, que no existe vertimiento de aguas residuales contaminantes a los ríos, embalses y al mar. Por ejemplo, un simple balance de la demanda del agua para Población/Turismo, muestra 550 millones de m<sup>3</sup> retornando al ciclo hidrológico mientras el resto es entregado a la actividad del regadío.

Los conceptos de no vertimiento de residuales a los cuerpos de agua y el reciclaje de las aguas utilizadas por distintos usuarios, constituyen medidas efectivas y denotan un correcto manejo de los recursos hídricos desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo. El único impedimento para implementar estos métodos son la disponibilidad de recursos económicos y la voluntad política de cada territorio para hacerlos realidad.

## Referencias

Academia de Ciencias de Cuba e Instituto de Geodesia y Cartografía (1989). *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba e Instituto Geográfico Nacional de España. Madrid.

Asano, T. y otros. (2007). *WaterReuse: Issues, Technologies, and Applications*. New York.

Batista Silva, J. L. (2004). *Utilización actual de los recursos hídricos y calidad ambiental*. Revista Mapping No. 76, marzo 2002, ISSN: 1.131-9.100 España. (pp. 88-94).

----- (1989). *Evaluación y utilización de los recursos hídricos de la provincia de Guantánamo*. Revista Ingeniería Hidráulica, Vol. No 1, La Habana. (pp. 21 – 30).

CUBADEBATE (2012). *Agua: Interés mundial clave para 2013*. (<http://www.cubadebate.cu>). Consultado en 25 diciembre, 2012.

García, J. M. y Cantero, L. (2008). *Indicadores globales para la evaluación del uso sostenible del recurso agua: Caso cubano*. Voluntad Hidráulica No. 100, Año 46, diciembre 2008. ISSN 0505-9461.

Hoekstra, A. Y. (2003). *Virtual watertrade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water*. IHE.

Lvovich, M. I. (1986). *Water and life*. MYSL. Moscow, 253 p.

Prats Rico, D. *Conceptos generales sobre reutilización y calidad del agua y usos posibles*. ([www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org)).