

# PRINCIPIOS DEL USO EFICIENTE DEL AGUA

Donald M. Tate

## INTRODUCCION

### Presentación

El Concepto de **"uso eficiente del agua"** incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua.

El uso eficiente del agua está muy relacionado con otros conceptos básicos del manejo actual de recursos ambientales, y en muchos casos, forma parte integral de ellos. De estos conceptos relacionados, tal vez el más arraigado es el de la conservación del agua. Este concepto se ha definido de muchas maneras, pero tal vez el concepto de Baumann (1979) sea el más atinado, o sea que el uso eficiente del agua es cualquier reducción o prevención de pérdida del agua que sea de beneficio para la sociedad. Visto de esta manera, el uso eficiente del recurso es de suma importancia para la conservación. Al mismo tiempo, la definición de la conservación sugiere que las medidas de eficiencia deben tener sentido social y económico, además de reducir el uso del vital líquido por unidad de actividad.

Por último, el uso eficiente del agua es básico para el desarrollo sostenible (o sea, el uso de los recursos de la tierra por los habitantes de hoy) y para asegurar que haya suficientes recursos para generaciones futuras. El uso eficiente de los recursos es una forma de alcanzar las metas del desarrollo sostenible.

La importancia del uso eficiente del agua obviamente varía de región en región, y de época en época. Geográficamente, por ejemplo, la disponibilidad del agua condiciona la manera en que evolucionan los patrones de uso. En igualdad de condiciones, las regiones áridas y semiáridas requieren una mayor cantidad de agua que las regiones húmedas. Pero los simples patrones geográficos ocultan otros factores de igual importancia. Las condiciones económicas muchas veces aumentan o reducen la eficiencia en el uso del recurso. Muchas regiones del mundo han recibido asistencia en su desarrollo a través del financiamiento público del desarrollo del agua. Aunque frecuentemente los costos o los beneficios de tales proyectos son cuestionables en cuanto a la eficiencia, el punto principal es que los factores económicos pueden influir sobre el uso eficiente del agua. Además, en algunos casos en que el desarrollo del agua apoya nuevos asentamientos en áreas áridas, pueden resultar tecnologías y procesos industriales, que utilizan el agua de una manera más eficiente. Un ejemplo podría ser el desarrollo de tecnologías de recirculación o cambios de procesamiento. Las condiciones sociales también pueden ser de importancia al examinar el uso eficiente del agua. Las estadísticas muestran muchos casos en que la educación pública ha llevado a la conservación y al mejor uso del agua disponible.

Lo anterior indica que el estudio del uso eficiente del agua requiere de un acercamiento multidimensional. Además de los elementos físicos, los factores económicos y sociales son también importantes. Cada una de estas dimensiones forma un tópico importante del presente libro. Este capítulo examina los principios fundamentales de mayor importancia para el desarrollo de la eficiencia en el uso del agua. Cada uno de tales principios se ilustra en uno o varios de los capítulos que se presentan a continuación.

## Una breve perspectiva histórica

Aunque aquí se requiere de mucha generalización y abstracción, el cambio del manejo del suministro de agua al manejo de la demanda es aparente en varias partes del mundo. Durante una gran parte de la historia, los pueblos han considerado al agua como un factor fundamental para la sobrevivencia. La novela de Michener **The Source** (básicamente un estudio de asentamientos consecutivos) establece que bastante temprano en la historia, las formas de desarrollo del agua se convirtió en un aspecto central de la civilización humana. De una manera más académica, Teclaff (1967) demostró la importancia que los suministros de agua han tenido para los pueblos a lo largo de la historia.

Es aparente que por mucho tiempo, el manejo del agua se ha basado en la manipulación del suministro desde su punto de origen natural al lugar en que se necesita. En esta forma de desarrollo (a veces conocido como el manejo de suministros) el agua se ha visto como un requisito, y no como un elemento cuya demanda se puede modificar. De esta manera, el uso eficiente del agua ha sido de menor importancia que la satisfacción de todas las posibles demandas para dicho recurso. No fue sino hasta recientemente, que el manejo del agua empezó a enfocarse más bien sobre la manera de satisfacer la demanda sin recurrir a nuevos proyectos masivos de agua. Por ejemplo, el concepto de la asignación en los valores del agua en usos alternativos se está volviendo cada vez más importante, y con esto, la eficiencia en su uso. Como resultado del crecimiento de la población mundial y de la necesidad del desarrollo económico, la importancia de la eficiencia del uso eficiente del agua seguramente ha de seguir en aumento.

## Generalidades del capítulo

Este capítulo examina los principios de mayor importancia del uso eficiente del agua, en un contexto multidimensional. Empieza por examinar la necesidad física del agua en diferentes sectores económicos. El punto principal que surge en esta primera discusión es que existen toda una serie de opciones para seleccionar patrones en el uso del agua, según actividades específicas y localidades particulares. Este resultado está estrechamente relacionado con la tesis de White, en el sentido de que existe un gran número de alternativas para combatir los peligros ambientales (White, 1961). El capítulo pasa a considerar los factores que condicionan tales alternativas - económicas, sociales y del medio ambiente. En relación con esta última, la interacción de características de cantidad y de calidad (como se enfatizó en la definición anterior) se vuelve más aparente. Luego, el capítulo discute la dinámica de la eficiencia del agua, dentro de un contexto de cambio tecnológico. Por último, se trata el tema de la evaluación o sea, los factores que se deben considerar al examinar las opciones para incrementar la eficiencia en el uso del agua.

## LAS DIMENSIONES FÍSICAS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

### Definición

El ciclo del uso del agua en cualquier actividad se puede caracterizar mediante cinco parámetros. **El uso bruto del agua** se refiere a la cantidad de agua total que se usa para llevar a cabo una actividad, tal como producir un producto manufacturado, lavar una carga de ropa o cultivar alguna cosecha. Está compuesto de dos recursos básicos: **el influjo**, la cantidad de agua "nueva" que se toma para la operación bajo consideración, y **la recirculación**, la cantidad de agua usada previamente en la actividad. De la misma manera, los dos parámetros restantes se relacionan con la

descarga del agua: **la descarga**, la cantidad de agua que se permite salir de la actividad o proceso, y **el consumo**, la cantidad consumida durante el proceso, como vapor, incorporación a un producto.

En muchas actividades socioeconómicas que utilizan agua, el valor de uno o más de estos parámetros puede ser igual a cero. Por ejemplo, en la mayoría de los municipios, no hay recirculación de agua. En muchas plantas de energía termal, predominan los sistemas de enfriamiento donde se utiliza el agua una sola vez, aunque el reciclamiento del agua se está utilizando ahora con más frecuencia. Además, para algunas actividades, los parámetros discutidos previamente pueden no tener ningún significado, y en otras pueden ser más aplicables. Por ejemplo, el concepto del influjo de agua para actividades recreativas en las que aguas naturales entran en contacto con el cuerpo humano es menos importante que el concepto de días usuarios, área de playa y otros conceptos similares.

Los cinco parámetros básicos del uso del agua pueden ser combinados para formar indicadores de la eficiencia en el uso del agua. El concepto de **tasa de uso**, TU; se relaciona con el grado de recirculación en operaciones industriales. La tasa de uso es sencillamente la cantidad neta de agua utilizada (en una planta individual o una industria completa), G dividida entre la cantidad de agua tomada, I, conforme asciende la recirculación, también aumenta la tasa de uso, convirtiéndolo en un buen indicador para la eficiencia en el consumo del agua. La **tasa de consumo**, TC, que se obtiene al dividir el consumo medido I-D, por el influjo, I, abarca un índice de la eficiencia del consumo. Mientras más baja sea esta tasa, más alta será la eficiencia de consumo de la planta. La tasa de consumo es algo más difícil de interpretar que la tasa de uso, a causa de problemas de medición. Dentro del contexto de una planta individual, el consumo de agua puede ser tomado como la cantidad de agua que entra al proceso de producción, que no regresa al punto de origen. Sin embargo, el ciclo de agua básico exige que ésta sea regresada del medio ambiente, tal vez a la misma corriente de agua de donde provino. De esta manera, no se consume. Esta consideración es particularmente importante en un contexto regional.

\* La tasa de uso es un índice de recirculación de agua dentro de una planta o industria. Utilizando los símbolos definidos en el texto, el uso es igual a:

$$TU = G / I \times 100\%$$

\*\* La tasa de consumo es un índice del consumo de agua de una planta o industria. Utilizando los símbolos definidos en el texto, el cálculo es:

$$TC = ( I - D ) / I \times 100\%$$

## Ejemplos de sectores

Las consideraciones físicas que afectan la eficiencia en el uso del agua varían enormemente, dependiendo del contexto en cuestión. Aquí se presentan dos ejemplos sencillos para ilustrar algunos de los factores, los cuales obran recíprocamente para influir sobre las decisiones relacionadas con la eficiencia en el uso del agua.

La industria del hierro y del acero consume muchísima agua. La norma de 65,000 galones por tonelada de acero crudo una vez fue aceptada como el requisito de la industria, aunque este valor ha bajado conforme han aparecido nuevos procesos. Aun así, mientras el promedio de agua usada era bastante alto, la dispersión de plantas individuales alrededor del promedio también era alta y, en los Estados Unidos, incluía por lo menos una planta donde el influjo era de 1,600 galones por tonelada. Esta planta daba servicio a un amplio mercado en un área semiárida en California (1). El ejemplo demuestra que el concepto de requisitos de agua es insostenible. Los sistemas de uso industrial de agua se pueden modificar considerablemente según las condiciones del medio ambiente.

(1) Es interesante ver aquí que el gran mercado surgió, en gran parte, como resultado del gran gasto público en la infraestructura del agua. Ver Reisner (1988).

Bower (1968) ilustra los factores complejos que influyen sobre la demanda industrial del agua con el siguiente modelo conceptual:

$$QIt, Ut, QEt, WDt, WEt = f(CI, PP-PM, RM, OR, R, MR, BP, CE).$$

Donde:  $QIt, Ut, QEt, WDt, WEt$

= el patrón de tiempo de influjo, el uso de consumo, la efluente final, la carga de desperdicio que se genera y la carga de desperdicio en la efluente final.

$CI$  = el costo del influjo de agua, el cual es función del patrón de tiempo, de cantidad, de calidad del agua disponible y del costo de adquisición y tratamiento.

$PP-PM$  = una combinación de procesos de producción y mezcla de producto.

$RM$  = la naturaleza de la materia prima utilizada.

$OR$  = el ritmo de operación.

$R$  = el grado de recirculación, que es una función del costo de la recirculación, el cual es una función de la distribución física de la planta y del  $PP-PM$ , el costo de tratamiento del agua de desperdicio y las especificaciones de calidad para el producto final.

$MR$  = las posibilidades de recuperación de materiales.

$BP$  = las posibilidades de producción de productos secundarios.>

$CE$  = el costo del manejo y desecho del efluente final, el cual es una función de los controles para el desecho de desperdicios líquidos y gaseosos, la disponibilidad de lugares para el desecho y el  $PP=PM$ .

La conceptualización de Bower de la demanda de agua industrial implica que la eficiencia en su uso es producto de múltiples fuerzas, y que la idea de que el agua es un requisito fijo resulta incorrecta.

De la misma manera, es posible examinar el uso municipal del agua. La Figura 1 indica que el uso doméstico del agua per cápita varía substancialmente entre las naciones desarrolladas del mundo. Entre los factores importantes que influyen sobre estos patrones está la disponibilidad del agua, el uso de aparatos de uso intensivo de agua (como máquinas para lavar trastes), el grado de medición practicado y los precios cobrados por el servicio. La mayoría de estos factores varían, aún dentro de zonas climáticas similares. Aunque es cierto que existe la necesidad de una pequeña cantidad de agua para la supervivencia humana, la mayor parte del uso municipal de agua es a discreción.

Surge un principio básico de este breve resumen de los conceptos físicos implícitos en la eficiencia en el uso del agua: **En la mayoría de las actividades socioeconómicas, puede variar considerablemente el uso del agua, dependiendo del efecto recíproco de muchos factores.** Muchos de estos factores, tal como la política de precios, son resultado de la toma de decisiones de gobierno. Otras, como la selección de los procesos productivos, son decisiones del sector privado, pero también resultan de varios factores que cambian con el tiempo. De esta manera, las políticas y prácticas que conducen a mejorar la eficiencia en el uso del agua presentan una variedad de opciones para adaptar su manejo a las circunstancias locales.

## LAS DIMENSIONES ECONOMICAS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

Muchas de las variables que afectan el uso del agua son económicas en esencia. El modelo conceptual de Bower mencionado anteriormente, por ejemplo, incluye una serie de variables relacionadas con el precio del agua, la mezcla de productos y los procesos de producción. Los factores económicos están entre los más importantes determinantes del uso del agua y de la eficiencia en su uso.

El concepto de los factores de producción presenta un punto de partida conveniente para esta discusión. Los economistas aseveran que hay tres factores generalizados, implícitos en todas las actividades productivas: tierra, trabajo y capital. "Tierra" en este contexto no sólo significa la cantidad física de tierra disponible, sino que también se refiere a los recursos naturales que en ella se encuentran. A estos recursos se les suman diferentes cantidades de trabajo y capital para producir bienes y servicios. Este concepto general no sólo se aplica a bienes y productos intercambiados en el mercado, sino también a aquellos que no tienen nada que ver con los procesos del mercado, como la recreación. En cualquier caso, el punto importante aquí es que los tres factores de producción se combinan en una variedad infinita de combinaciones para la fabricación de productos de consumo.

La manera en que se combinan estos factores depende de su precio relativo. En otras palabras, el factor precio generalmente incluye indicadores de la manera en que la tierra, el capital y el trabajo se han de combinar para fabricar ciertos productos en una localidad específica en horas específicas. Las empresas y el consumidor normalmente tienden a utilizar los insumos más económicos. En la teoría económica, la combinación óptima de insumos (o eficiencia económica) ocurre cuando los precios marginales de cada uno de los factores son iguales. Cuando algún insumo tiene un precio muy bajo, o precio cero, el usuario lo usará tanto como se necesite. Este es uno de los problemas fundamentales en el manejo de los recursos del medio ambiente, como se explicará posteriormente.

A través de la historia, en la mayor parte de los casos, el agua ha pertenecido a lo que se llama "recursos de propiedad común", accesibles a todos por igual. Es propiedad común y los precios son muy bajos o nulos. Este último hecho es el de interés mayor en el caso que nos ocupa, ya que es importante para determinar los patrones del uso del agua y, como resultado, la eficiencia en su uso. Como se indicó anteriormente, cuando el precio de un recurso como el agua es muy bajo en relación con otros, se usa sin tomar en cuenta ni la cantidad ni la conservación.

Este factor básico juega un papel importante para explicar la razón por la que el uso del agua es alto por unidad de producción; el reciclamiento rara vez alcanza su pleno potencial, y el uso del agua **per cápita** es más alto en algunos países que en otros. En otras palabras, cuando los precios del agua son bajos en relación con el costo de otros insumos y en relación con el costo de desarrollo de los suministros, la eficiencia en el uso del recurso baja.

Las consideraciones básicas de precio también son fundamentales para explicar el por qué de la contaminación. La mayor parte de las actividades socioeconómicas requieren que los desechos de productos secundarios sean removidos. La remoción de desperdicios en la mayoría de los casos requiere el uso de recursos del medio ambiente, como el agua. En términos de los factores "modelo" de producción, el "insumo productivo" es la capacidad del agua para llevarse los desechos. Cuando este elemento está disponible sin cargo alguno, es invariablemente más económico que cualquier otra alternativa para la remoción de desechos. El sobreuso resultante conduce directamente al problema de la contaminación del agua.

Como se mencionó anteriormente, el costo del agua ha sido bajo en la mayor parte del mundo a través de la historia. En muchos casos, estos precios bajos están relacionados con la abundancia del recurso. Aun en áreas semiáridas, el agua muchas veces se ha suministrado a los consumidores a precios bajos, a través de subsidios públicos masivos dados en nombre del desarrollo regional. No obstante su origen, los precios bajos del agua son el peor enemigo de la eficiencia en su uso. Con base en los ejemplos mencionados anteriormente, el agua gratuita consumida por plantas es sin duda una solución más económica al abastecimiento del agua que la instalación de sistemas de recirculación, asumiendo que la calidad básica se puede lograr también a bajo costo. Los influjos altos y las bajas tasas de utilización son un resultado lógico de los bajos precios del agua. Los precios bajos del agua municipal conducen invariablemente a un alto uso **per cápita**.

Aquí surgen tres principios:

- Primero** *El nivel de atención que se presta al uso eficiente del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por su servicio;*
- Segundo** *El alza en los precios conduce a un incremento en la atención que se presta al uso del agua, y, con el tiempo, al uso más eficiente del agua.*
- Tercero** *cuando los precios del agua reflejan los costos sociales del desarrollo de suministros, se crean incentivos para usar el recurso de manera eficiente y razonable, reflejando su valor en la producción o en sus varios otros usos.*

En otras palabras, el alza de precios genera incentivos poderosos para incrementar la eficiencia en el uso del agua.

## **LAS DIMENSIONES SOCIALES DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA**

Las realidades sociales y políticas pertenecientes a diferentes regiones de la Tierra juegan un papel importante en el uso del agua y, por consiguiente, en las consideraciones de la eficiencia. De alguna manera, los factores económicos que se describieron con mayor detalle en la sección anterior forman una subcategoría de estos temas sociales y políticos. En contraste con los factores económicos, los cuales pueden ser bastante directos en el efecto que tienen sobre la eficiencia en el uso del agua, muchos de los factores que se tratan en esta sección son más indirectos y sutiles en el efecto que tienen sobre la eficiencia en el uso del agua. El propósito de esta sección es examinar los factores que parecen tener una importancia especial en el tema bajo consideración. Los factores sociales discutidos son bastante complejos, y si se tratan de manera comprensiva, merecen ser tratados en gran detalle. Sin embargo, una discusión breve nos dará unas cuantas observaciones de importancia que pueden ser consideradas como principios de la eficiencia en el uso del agua.

Las características mencionadas aquí forman parte integral de la esencia de las sociedades. Los siguientes párrafos tratan brevemente con: a) Los efectos de los gustos y las preferencias sociales, b) Los efectos de la educación pública, c) Algunos de los efectos de los arreglos legales, d) Los efectos de los derechos de propiedad, y e) Los efectos de las políticas del gobierno. El propósito es simplemente ilustrar.

**Los gustos y las preferencias sociales** son parte integral de la sociedad. Pueden influir de manera importante sobre la actitud de la gente en cuanto a la necesidad por la eficiencia en el uso en el agua. Por ejemplo, los canadienses controlan el 9 por ciento del escurrimiento renovable anual del mundo, pero la población del Canadá es menos del 1 por ciento del total mundial. A pesar de los problemas de distribución y de

calidad del agua, esta abundancia en el suministro ha creado en Canadá actitudes generales en el sentido de que el agua es muy cuantiosa y hay poca necesidad de conservarla. Esto dificulta más los esfuerzos relacionados con la eficiencia en el uso del agua que en áreas con agua menos abundante. Otro ejemplo está relacionado con una característica comúnmente denominada "síndrome del césped verde". Este término se refiere con sencillez a la idea general prevaleciente por lo menos en el mundo desarrollado, de que la jardinería ornamental debe ser verde, con céspedes saludables, árboles y arbustos. Esa actitud ha conducido en el pasado a demandas excesivas de agua, particularmente en las áreas más áridas, con la subsecuente sobrecapitalización de la infraestructura del líquido en cuestión. En las áreas más secas, la jardinería xerofítica, la jardinería ornamental que usa el agua en forma eficiente, está siendo paulatinamente aceptada como una alternativa al síndrome del césped verde. Esto muestra que las **actitudes, gustos y preferencias arraigadas dan lugar a consideraciones importantes en lo que se refiere al incremento en la eficiencia del uso del agua.**

La **educación pública** es clave para lograr la aceptación de la eficiencia en el uso del agua. En particular, la educación pública es la clave para cambiar las actitudes básicas hacia el uso. El término se refiere a un amplio rango de actividades, como incorporar ciertas consideraciones relativas a los recursos hidráulicos en la enseñanza formal, y la preparación de folletos informativos para su amplia diseminación pública. En épocas de escasez del agua, muchas comunidades utilizan técnicas de información/educación pública para evitarla o aliviarla. Frecuentemente, el hecho de señalar beneficios económicos que se pueden obtener de la conservación del agua puede iniciar una acción hacia la eficiencia en su uso. También parece que los intentos por modificar las tarifas o por instalar medidores pueden tener mayor éxito si son acompañados por fuertes campañas de información pública. También es cierto lo contrario: Cuando la información y la educación son de mala calidad, los intentos por mejorar la eficiencia en el uso del agua mediante los tratos económicos probablemente resulten poco viables.

Los **sistemas legales** de las sociedades son infinitamente complejos y sobrepasan el alcance de este capítulo. Aun así, se pueden señalar ciertas características que claramente afectan las decisiones sobre la eficiencia en el uso. La mayoría de los países utilizan sistemas de códigos de construcción, los cuales especifican normas mínimas que se deben cumplir en construcciones nuevas o de renovación. Hasta hace poco, la eficiencia en el uso del agua raramente se ha tomado en cuenta para los fines de estos códigos. Sin embargo, si no se modifican normas y códigos, es muy difícil lograr un mejoramiento en la eficiencia en el uso del agua. Los estatutos municipales (tal como las tarifas del agua y los recargos por alcantarillado) rigen la eficiencia. Un movimiento hacia una mejoría en la eficiencia en el uso requiere la modificación de estos estatutos. De la misma manera, habría que instituir legalmente el cobro de regalías a usuarios que se autosuministran el agua.

Este último punto conduce directamente a un tema fundamental, legal e implícito en el uso del agua el de **derechos de propiedad**. En los derechos de recursos naturales de cualquier tipo existen varios grados de propiedad que varían de público a privado. Del lado público de la escala, el acceso está completamente abierto a todos los ciudadanos. El recurso es esencialmente gratis. Con acceso abierto, no existe incentivo para manejar el recurso de una manera conservadora y eficiente, excepto a través de la persuasión moral, la que es difícil de invocar en la mayoría de los casos. Al otro extremo del espectro, en lo relativo a la propiedad privada, el acceso al recurso pertenece exclusivamente a su dueño por ley, y es divisible y transferible. Bajo tales condiciones, existen incentivos para el manejo efectivo y el uso eficiente.

Tanto Demsetz (1967) como Pearse (1988), han mostrado que el cambio de propiedad pública de bienes comunes a propiedad privada de los recursos refleja una respuesta al costo social externo. Cuando los recursos son numerosos en relación con la demanda, como lo fue una vez la tierra en Norte América, no existe incentivo para desarrollar un sistema de derechos de propiedad, y se aplican las características de la propiedad común. Pero, en la medida en que sucede el crecimiento económico y de población, los conflictos sobre el acceso al recurso se incrementan en número y en gravedad. Inclusive se han perdido vidas humanas a causa de tales conflictos. Llega un punto en que el costo social en los extremos de tales conflictos son tan elevados que vale la pena modificar los derechos básicos de propiedad (un proyecto costoso en sí) para lograr diferentes grados de propiedad privada.

El punto aquí es que el agua tipifica los recursos de propiedad común, de precio bajo y faltos de exclusividad. Bajo estas condiciones, existe poco incentivo para el uso eficiente y conservador de recursos. De hecho, en muchos casos es grande el potencial para el sobreuso y el abuso, y el manejo es muy complejo y difícil. Pero la teoría va aún más allá y sugiere que el costo social bajo tales condiciones ha de aumentar a niveles socialmente inaceptables, y que se terminará por tener arreglos privados o semiprivados para los derechos. En este momento, en algunas partes del mundo se puede ver la tendencia al cambio en el sistema de derechos de agua. En algunos casos se reasigna el agua, en otros se pretende cobrar tarifas por el derecho a desechar desperdicios en ríos y lagos, y por último, se emiten permisos canjeables para el control de la contaminación. Bajo tales condiciones, el desarrollo de prácticas para aumentar la eficiencia en el uso del agua forma una tendencia conexas. El principio que surge es que **la eficiencia en el uso del agua es parcialmente resultado de los derechos de propiedad que prevalecen en la sociedad. Mientras más alto sea el grado de propiedad privada, mayores serán las practicas de uso eficiente del agua.**

## **LAS DIMENSIONES TECNOLOGICAS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA**

Una gran parte de la discusión en esta sección se basa en Pearse y Tate (1991). La marcha rápida de la tecnología ha provocado el desarrollo de muchas de las economías mundiales durante más de dos siglos. Aunque esta marcha ha tenido efectos desiguales y, en muchos casos, ha conducido a problemas ambientales, es claro que el avance tecnológico es una de las claves para el aumento en el bienestar de casi todas las sociedades. No es nuestra intención evaluar el impacto tecnológico sobre las sociedades, ni avalar el desarrollo sin restricción como un beneficio positivo universal. Más bien, nuestro propósito está restringido a discutir los procesos que provocan los cambios tecnológicos y su aplicación a la eficiencia en el uso del agua.

El cambio tecnológico es una respuesta a condiciones socioeconómicas muy específicas. El triunfo aparente sobre la escasez de tierra y recursos naturales en muchas partes del mundo es útil en la búsqueda para alcanzar la eficiencia en el uso del agua. La clave ha sido el avance tecnológico. Por el lado de la demanda, los avances de la tecnología han incrementado bastante los recursos disponibles, a través de descubrimientos de nuevas reservas y materias primas, desde el petróleo hasta el pescado. Los abastecimientos han aumentado aún más como resultado de que se permite el uso de recursos menos accesibles, de menos calidad y de menor concentración. Aún las tierras, aunque limitadas en el sentido del espacio, han sido aumentadas enormemente en su capacidad para producir alimentos.

Por el lado de la demanda, la tecnología ha reducido y eliminado progresivamente nuestra dependencia sobre recursos específicos para fines específicos, ampliando el rango de materiales disponibles para los productores. Ya no se requiere de la madera



para la construcción de edificios y barcos, pues ahora hay una docena de materiales nuevos para escoger. Las sociedades ya no necesitan el cobre para transmitir energía ni mensajes, ya que sirven igual otros materiales como el aluminio y las fibras ópticas, hechos de materias primas mucho más accesibles. En efecto, ya no necesitamos de ningún material para estos propósitos, pues las señales electrónicas se pueden transmitir sin ellos. Toda esta innovación ha más que compensado el agotamiento de recursos. A pesar del enorme crecimiento económico del último siglo, la demanda por casi todos los alimentos y productos hechos con recursos naturales ha incrementado de una manera más lenta que la oferta. El resultado es que el precio verdadero de los productos naturales -es decir, el costo relativo de los bienes fabricados, o para todos los bienes y servicios juntos- ha bajado paulatinamente.

Para los propósitos actuales, es importante comprender las fuerzas que impulsan todo el esfuerzo tecnológico creativo que ha superado los límites de las dotes de la naturaleza. Los propietarios de tierra y de recursos naturales constantemente luchan por lograr el mejor valor posible de estos; buscan nuevas reservas, las protegen y, si es posible, las mejoran, encuentran maneras de extraer más y más productos valiosos de ellas, y así sucesivamente. Y aquellos que necesitan los bienes de consumo constantemente buscan fuentes de suministro más baratas, materiales alternos que cuestan menos, y formas de utilizarlos de una manera más eficiente. Tanto los proveedores como los consumidores del producto, impulsados por incentivos financieros creados por mercados de bienes de consumo, utilizan su creatividad para vencer la escasez. Su esfuerzo colectivo es obviamente exitoso.

Es clara la lección para el uso del agua y su uso eficiente: **Cuando los recursos se valúan correctamente con relación a su contribución a la productividad, existe el incentivo, a través de las fuerzas de la oferta y la demanda, para utilizar estos recursos de manera eficiente, mediante la introducción de cambios tecnológicos.** Este principio está relacionado con algunos puntos vistos anteriormente, en relación con las fuerzas económicas que dan lugar a la eficiencia en el uso del agua. Se ha tratado en forma separada, ya que el cambio tecnológico tiene una importante función en la eficiencia en el uso del agua

## **LAS DIMENSIONES DEL MEDIO AMBIENTE DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA**

Hasta ahora, este capítulo ha presentado varios puntos de vista dimensionales sobre la eficiencia en el uso del agua, cada uno de los cuales arroja uno o más principios para desarrollar métodos eficientes para el uso de recursos. En contraste, el punto de vista del medio ambiente nos estimula a tomar un punto de vista más amplio en el tema, y a darnos cuenta de que el manejo se debe enfocar de manera íntegra. Aquí es donde se vuelven importantes las consideraciones de la calidad del agua mencionadas anteriormente, pero no discutidas. Por ejemplo, el conceptualizar la eficiencia como asunto de influjo y efluente, como se hizo al principio del capítulo, conduce a la concentración de los aspectos cuantitativos del uso del agua.

En contraste, un punto de vista del medio ambiente enfatiza el hecho, frecuentemente ignorado, de que la calidad y la cantidad del agua están estrechamente relacionadas, de tal manera que las acciones que afectan una dimensión tienen efectos inevitables sobre la otra. Esto se ve claramente en el caso de aguas freáticas. Por ejemplo, la sobreexplotación de una capa acuífera en áreas donde la salinidad puede ser un peligro potencial, de hecho puede causar la destrucción de la capa acuífera para uso futuro. Esto ocurre frecuentemente en áreas de la costa, donde la invasión del agua salada a causa del bombeo excesivo puede causar problemas serios en el

abastecimiento. De manera similar, una reducción en el uso del agua, sin una baja correspondiente en la generación de desperdicios, hace que los desperdicios se concentren más.

Las consecuencias de esto pueden variar en su efecto sobre la calidad. La publicación de la OECD sobre los precios del agua (OECD, 1987), sugieren que tal incremento en la concentración de desperdicios puede anular la efectividad de las plantas de tratamiento existentes. Por otra parte, las investigaciones canadienses recientes sugieren un efecto opuesto, es decir, que el incremento en las concentraciones de los flujos de desperdicios de hecho puede ayudar a la operación de los sistemas de tratamiento de desperdicios. Aquí el propósito no es tanto encontrar la respuesta a este tema, el cual en cualquier caso probablemente depende de condiciones locales, sino más bien ilustrar un principio adicional de la eficiencia en el uso del agua. Este principio sostiene que **la cantidad y la calidad del agua están estrechamente relacionados, de tal manera que cualquier medida para incrementar la eficiencia en el uso del agua puede tener un impacto sobre la calidad del agua, y viceversa.** De hecho, como se sugirió al principio del capítulo, sólo se deben considerar las medidas de la eficiencia del uso en el agua cuando mantienen o mejoran su calidad.

Un tercer ejemplo se relaciona con las grandes obras o proyectos para la desviación del agua, para varios fines, principalmente para mitigar la escasez. Los daños reales o potenciales al medio ambiente que resultan de tales proyectos son casi siempre muy cuantiosos. El grado al cual el uso eficiente del agua puede reducir o impedir el desarrollo deber considera mediante evaluaciones del medio ambiente.

## **LAS DIMENSIONES EVALUATIVAS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA**

Existe un tema básico que afecta los procedimientos de evaluación efectivos al adoptar nuevas estrategias para el manejo del agua. En la definición de la conservación del recurso que se dio anteriormente existen dos criterios que indican que los métodos adoptados deben reducir el uso o el consumo, y también deben ser socialmente benéficos, en el sentido de costo-beneficio. Esta sección, la cual se basa en el trabajo de Herrington para la Organización de la Cooperación y Desarrollo Económico (OECD, 1987) examina este y otros criterios de evaluación que pueden ser utilizados para evaluar varias de las medidas que se utilizan en el manejo de la demanda del agua.

### **Evaluación técnica**

Cualquier método para incrementar la eficiencia en el uso del agua se debe someter a una evaluación técnica, a fin de obtener una estimación para la reducción real en la demanda o en la descarga que resulta por usar el método. En otras palabras, ¿la modificación propuesta en efecto reducirá el uso del agua?

Las evaluaciones técnicas pueden involucrar el concepto de la "eficiencia de la ingeniería", la cual básicamente mide la relación entre el agua que se bombea a un sistema, y el agua que recibe el consumidor o usuario final. Sin embargo, pueden estar involucrados factores económicos y del medio ambiente. "De esta forma, la efectividad técnica puede quedar desplazada ante criterios económicos y del medio ambiente. Sin embargo, vale la pena separar el criterio técnico, ya que una medida propuesta puede a veces ser abandonada sin proceder a los cálculos económicos." (OECD, 1987, página 11). Además, la aceptación del consumidor y los factores políticos pueden incluir otros factores que se deben considerar en un análisis técnico.

## **Evaluación económica**

Desde el punto de vista de las políticas, mientras que aumentan los costos del desarrollo del agua y se compite por el capital disponible, el concepto de eficiencia de ingeniería está limitado, ya que no es posible calcular el valor de un uso específico del agua (v.g., para uso dentro de casas residenciales) en relación con los usos alternativos para la misma agua (v.g., riego de céspedes o uso industrial). Por lo tanto, el énfasis exclusivo sobre el mejoramiento de la ingeniería para un uso específico del líquido puede resultar en gastos no-productivos, si el valor de ese uso es menos que el valor de algún otro uso de la misma agua.

La segunda parte de la definición que se dio anteriormente para la conservación del agua pone énfasis sobre un segundo tipo de concepto de eficiencia. Cuando los precios reflejan el valor de los recursos que se utilizan en la producción y que piden los consumidores, se dice que ocurre una asignación "económicamente eficiente de los recursos". La eficiencia económica o asignativa tiene que ver con el valor de recursos escasos. Así, la preocupación con la eficiencia económica del uso del agua crea un interés por los valores netos del agua en usos alternativos, y por saber si las instituciones existentes son lo suficientemente flexibles para permitir la asignación de los suministros existentes, de tal manera que toda la sociedad derive un valor óptimo de estos suministros. El logro de la eficiencia económica es un requisito racional para el desarrollo de nuevos suministros. En términos prácticos, el incremento en eficiencia económica con el que se asigna el agua existente puede significar una mejoría en ingresos y empleos, así como en la calidad de vida. El logro de la eficiencia económica y el uso de recursos es un objetivo importante de la política económica, ya que significa que la economía está alcanzando una productividad óptima en el contexto de los recursos disponibles.

## **Evaluación financiera**

El análisis financiero se basa principalmente en flujos de efectivo. Desde un punto de vista financiero, un proyecto específico se consideraría factible solamente si la tasa de rendimiento del proyecto en términos de la inversión excede al costo de oportunidad del capital, según se refleja en la tasa de intereses. Los avalúos financieros deben tener un valor presente neto positivo que sea el valor presente de todos los flujos de efectivo futuros. La tasa de rendimiento debe ser mayor al costo del capital.

## **Evaluación social-política-institucional**

Las evaluaciones sociales-políticas-institucionales discutidas anteriormente, se enfocan sobre el equilibrio entre varios sectores de la sociedad; la asignación de recursos le toca al grupo más poderoso. En el contexto de la demanda por el agua, este tipo de evaluación puede tender a desanimar ciertas medidas, como pueden ser precios más altos por el agua. Por ejemplo, un estudio reciente sobre los precios del agua municipal (Tate, 1989) mostró que el criterio de mayor importancia para fijar precios de agua era el hecho de que fueran "políticamente aceptables".

Un factor importante al evaluar el uso eficiente del agua está relacionado con la equidad que resulta de una acción. La equidad es la distribución deseada de ingresos entre los participantes de una sociedad. La equidad de cualquier acción administrativa es difícil de medir, ya que no se ha formulado ningún criterio para evaluar hasta qué punto es equitativa una acción específica. Sin embargo, lo que sí se puede demostrar es la manera en que las prácticas existentes son no-equitativas, y cómo el manejo de la demanda logra conseguir un mayor grado de equidad. Resulta interesante el hecho

de que muchas municipalidades utilizan una tarifa fija para los precios del agua. Aparentemente, y sin duda al nivel político, las tarifas fijas parecen ser sumamente equitativas. Cada consumidor residencial, por ejemplo, paga la misma cantidad. Sin embargo, esta postura ignora por completo el hecho de que algunos consumidores tal vez usen una cantidad de agua mucho mayor que otros y, en consecuencia, impactan en mayor grado el sistema. El uso industrial, cobrado de la misma manera, es subsidiado aún más. La gente que utiliza grandes cantidades de agua determina el tamaño del sistema de agua que se necesita en la municipalidad, y por consiguiente los sistemas tienden a ser demasiado grandes (y más costosos), únicamente para satisfacer la necesidad de unos pocos. De esta manera, un sistema aparentemente equitativo es, en efecto, no equitativo. El mismo tipo de razonamiento se puede aplicar a otros aspectos del uso del agua, como son los desechos arrojados indiscriminadamente en ríos y lagos.

Muchas de las consideraciones que se establecen en esta sección reiteran los temas tratados anteriormente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que **los pasos que se toman para el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua deben evaluarse formalmente contra criterios múltiples**. Los factores discutidos en esta sección establecen el criterio principal para llevar a cabo tales evaluaciones.

## **RESUMEN DE LOS PRINCIPIOS DE LA EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA**

Los siguientes **principios de la eficiencia del uso del agua** han surgido de este capítulo son:

- |                |  |
|----------------|--|
| <b>Primero</b> | La eficiencia en el uso del agua incluye cualquier medida que reduzca la cantidad por unidad, que se utilice en una actividad dada, y que sea consistente con el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua.  |
| <b>Segundo</b> | El uso del agua en la mayoría de las actividades socioeconómicas puede variar ampliamente, dependiendo ello de la interacción de muchos factores.  |
| <b>Tercero</b> | La cantidad de atención prestada a la eficiencia del uso del agua es directamente proporcional a los precios cobrados por el servicio.   |
| <b>Cuarto</b>  | El alza de precios conduce a un aumento en la atención a las características del uso del agua y, a largo plazo, a un uso más eficiente.  |
| <b>Quinto</b>  | Cuando los precios del agua reflejan todos los costos sociales del desarrollo de suministros, se crean incentivos para la utilización eficiente y racional del recurso, reflejando su valor en la producción o en sus varios otros usos.                                 |
| <b>Sexto</b>   | Las actitudes, los gustos y las preferencias del pueblo originan consideraciones de importancia para alcanzar un incremento en la eficiencia del uso del agua.   |
| <b>Séptimo</b> | La eficiencia en el uso del agua es en parte una respuesta a los derechos de propiedad que prevalecen en la sociedad. Mientras más propiedad privada exista, más se utilizan las prácticas de la eficiencia del agua.  |
| <b>Octavo</b>  | Cuando los recursos son evaluados correctamente en proporción a su contribución y su productividad, existe el incentivo, a través de las fuerzas de la oferta y demanda, para utilizar esos recursos eficientemente a través de la introducción de cambios tecnológicos. |
| <b>Noveno</b>  | La calidad y cantidad del agua están estrechamente entrelazadas, de tal forma que las acciones dirigidas hacia el incremento de la eficiencia del uso del agua pueden tener un impacto sobre su calidad, y viceversa.  |
| <b>Décimo</b>  | Los pasos tomados para el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua deben ser formalmente evaluados comparándolos con los múltiples criterios existentes.   |

## REFERENCIAS

- BAUMANN, D. D.; BOLAND, J. J.; SIMS, J. H., (1980). "The Problem of Defining Water Conservation". **The Cornett Papers**. University of Victoria, Victoria B.C., pp. 125-134.
- BOWER, B. T., (1966). "The economics of industrial water utilization" en Kneese, A. V. y S. C. Smith (eds) **Water Research**. Baltimore: Johns Hopkins Press, pp. 175-215.
- DEMSETZ, H., (1967). "Toward a Theory of Property Rights". **American Economic Review**, 57:347-359.
- ORGANIZATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT, (1987). **Pricing of Water Services**. París.
- PEARSE, P. H., (1988). "Property Rights and the Development of Natural Resource Policies in Canada." **Canadian Public Policy**, 14(3), 307-320.
- PEARSE, P. H. Y TATE, D. M., (1991). "Economic Instruments for Sustainable Development of Water Resources" en Dorsey, A., (ed.) **Perspectives on Sustainable Development in Water Management: Towards Agreement in the Fraser River Basin**. Victoria, B. C.: Westwater Research Centre, pp. 431-451.

### **Extraído de:**

[http://www.imta.mx/marco\\_enlacesimta.htm](http://www.imta.mx/marco_enlacesimta.htm) y de <http://www.aqualtiplano.net/revista/art13.htm>