

Artículo publicado en el Repositorio Institucional del IMTA

<i>Título</i>	El uso eficiente del agua y la tecnología.
<i>Autor / Adscripción</i>	Felipe Arreguín Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<i>Publicación</i>	Ingeniería Hidráulica en México, 12(1): 91-98
<i>Fecha de publicación</i>	1997
<i>Resumen</i>	La Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, convocó al Premio Nacional Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica 1996. Se publica la conferencia que el galardonado, doctor Felipe Arreguín, dictó durante el desarrollo del XIV Congreso Nacional de Hidráulica, la cual trató: Introducción - El agua y el desarrollo sustentable - El agua en la Tierra - El agua en México - La contaminación del agua - La contaminación del agua en México - El uso eficiente del agua - El uso eficiente del agua en México - Propuestas (El establecimiento de la Red del Agua. La formación y actualización de recursos humanos. El empleo exhaustivo de la tecnología disponible). Reflexiones finales.
<i>Identificador</i>	<a href="http://hdl.handle.net/123456789/1276">http://hdl.handle.net/123456789/1276</a>

**Premio Nacional Enzo Levi  
a la Investigación y Docencia Hidráulica 1996**

## **El uso eficiente del agua y la tecnología**

Felipe Arreguín

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

*Con el fin de contribuir a la promoción y mejoramiento en nuestro país de las actividades de docencia e investigación en hidráulica y de estimular a los especialistas que han destacado significativamente en su ejercicio profesional y se encuentran en la madurez de su vida productiva, la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, convocó durante los primeros meses del presente año al Premio Nacional Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica 1996. De acuerdo al punto 8, inciso c, de la citada convocatoria, a continuación publicamos la conferencia que el galardonado, doctor Felipe Arreguín, dictó durante el desarrollo del XIV Congreso Nacional de Hidráulica celebrado del 23 al 26 de octubre de este mismo año.*

### **Introducción**

"No existe tal vez rama de la ingeniería que posea una historia tan rica como la hidráulica. Precisión de disponer de agua para satisfacer necesidades básicas corporales y domésticas; utilización de vías marítimas o fluviales para el transporte, y cruce de ellas; irrigación de cultivos; defensa contra las inundaciones; aprovechamiento de la energía de las corrientes; todo esto ha forzado al hombre, desde los tiempos más antiguos, a vérselas con el agua. No ha sido un trato fácil. El habitante urbano que la observa a diario, dócil a sus necesidades, bajar mansa de la llave, no tiene idea de su *idiosincrasia*. No imagina con cuánta paciencia y astucia hay que manejar a esta nuestra gran amiga-ene-miga; cuán a fondo hay que entender su índole altiva para poder someterla y doblegarla; cómo hay que *dorarle la píldora* para reducirla a nuestra voluntad, respetando –sin embargo– la suya. Por eso, el hidráulico ha de ser, ante todo, algo así como un psicólogo del agua, conocedor profundo de su naturaleza" (Levi, 1989).

Así se refería a la hidráulica y a sus estudiosos quien ha dado nombre a este premio, el doctor Enzo Levi, vaya un recuerdo de agradecimiento y admiración a su memoria.

Mi agradecimiento también a la Asociación Mexicana de Hidráulica, por haberme otorgado este premio que me honra y compromete a seguir haciendo mi mejor esfuerzo en beneficio de nuestro país. Muchas gracias.

Gracias también a la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, a todos los profesores que compartieron sus conocimientos conmigo, a mis amigos y compañeros de trabajo, y sobre todo a mi familia, de manera especial a mis hijos Felipe y Luz.

Cuando se habla de agua es necesario recapacitar acerca del valor que cada uno de nosotros le confiere. Por ejemplo, si pensamos en el poblador rural, encontramos que el agua le representa un bien de propiedad común y local, generadora de vida y de riqueza, o fuerza destructiva que condiciona su supervivencia y desarrollo. Para el habitante urbano el agua es un elemento de consumo, que tiene a su alcance con sólo abrir una llave, o un servicio del cuál carece y que, cuando lo tiene, normalmente lo desperdicia. Para el industrial es un insumo más en sus procesos en donde ni siquiera lo incorpora en la mayoría de los casos, y una vez utilizado lo devuelve, contaminado, al medio ambiente. Para nuestros indígenas el agua alcanza niveles sagrados y se vuelve, verdaderamente, una cuestión de vida o muerte. Para las autoridades es un recurso limitado, cada vez más escaso, con una demanda creciente, no sólo porque la población aumenta, sino también porque las condiciones de vida van mejorando y requiriendo mayores cantidades de agua, y porque la escasez no es únicamente natural pues la contaminación, en términos reales, limita su uso.

Podemos llegar a la conclusión de que las cifras y los conceptos que manejamos frecuentemente respecto del agua son muy relativos, sin embargo cual-

quiera que sea el valor que cada uno de nosotros dé al agua, es innegable que este líquido es la vida, simple y llanamente la vida.

Un ejemplo de la importancia que este preciado recurso tiene para la humanidad, se encuentra en el testimonio de muchos analistas que consideran que después del petróleo, el agua será el motivo de guerras. Según Starr (1992), desde principios de 1980 los servicios de inteligencia de los Estados Unidos de América, estimaron que habría diez regiones en el mundo que podrían enfrentarse por la disputa de los recursos hidráulicos. Las cuencas internacionales potencialmente más conflictivas, según este estudio, son las de los ríos Jordán, Eufrates y Nilo.

El Centro de Recursos Naturales, Energía y Transporte, publicó el Registro de Ríos Internacionales que identifica 214 cuencas de ríos y lagos que pertenecen a dos o más países. De acuerdo con esta institución, cerca del 47% del área del mundo (excluida la Antártida) se encuentra en cuencas internacionales y, al menos, el 80% de las áreas de 44 países se ubica en este tipo de cuencas. México comparte también algunas cuencas en las fronteras norte y sur, y tiene una larga relación de acuerdos, tratados y acciones con sus vecinos, no siempre justos o equitativos. No es difícil suponer los problemas que puedan generarse en la medida en que la escasez de agua se manifieste de una manera crítica en estas regiones.

### **El agua y el desarrollo sustentable**

Hablar de los problemas del agua implica analizar, global y localmente, aquellos factores que afectan su cantidad y calidad, entre otros: la deforestación, la contaminación, la desertificación, la alteración del clima, las cantidades crecientes de basura cada vez más tóxica, la erosión y salinización de los suelos, la desaparición de especies animales y vegetales, la contaminación del aire, el incremento de bióxido de carbono en la atmósfera y la destrucción de la capa superior de ozono.

Este análisis se ha dado en diversos foros internacionales como en la Reunión de Río de Janeiro, donde se establecieron una serie de principios para promover el desarrollo sin causar daños irreversibles al medio ambiente, y en la Cumbre de Desarrollo Social, celebrada en Copenhague, en donde se establecieron los compromisos de crear un ambiente de desarrollo social y erradicar la pobreza como imperativo ético.

Dentro de este contexto, el reto que enfrentan los países en desarrollo es doble: por una parte deben superar los rezagos de infraestructura y sus problemas generados por la endémica crisis económica y, por

otra parte, necesitan proteger sus recursos naturales; es decir favorecer el desarrollo sustentable.

### **El agua en la Tierra**

A la Tierra se le llama *el planeta azul* porque esa impresión da cuando se le mira desde el espacio. Esto se debe a que 1 360 millones de kilómetros cúbicos de agua la cubren en un 70%, aunque ésta sólo representa el 0.07% de su masa y el 0.4% de su volumen. Si se repartiera entre los habitantes del mundo, a cada uno le tocarían 300 millones de metros cúbicos que, aunque es una gran cantidad, el 98% de ella no es apta para el consumo humano o riego, ya que es agua salada y la tecnología actual para tratarla es todavía restringida debido a sus altos costos. La mayor parte del 2% restante, es decir el agua dulce, se localiza en los casquetes polares o en los acuíferos, por lo que sólo queda disponible el 0.014% en los lagos y ríos de la superficie terrestre. Si se repartiera esta cantidad de agua entre los habitantes de la Tierra, ahora correspondería solamente tres millones de metros cúbicos a cada uno, dotación suficiente para vivir a plenitud.

Sin embargo, la distribución de este vital líquido en nuestro planeta no es uniforme en el espacio ni el tiempo. Existen regiones que cuentan con grandes cantidades de agua, mientras otras sufren tal escasez, que restringe cualquier clase de vida. Además en la mayoría de los países sólo llueve durante unos cuantos meses.

El problema de la disponibilidad se vuelve más elocuente, si la cantidad de agua se relaciona con la población, por ejemplo, Canadá cuenta anualmente con 109 000 metros cúbicos de agua por habitante, Rusia con 15 000, los Estados Unidos de América con 10 000, México con 5 200 y Arabia Saudita o Jordania con 160.

Se considera que cuando un país tiene 1 700 metros cúbicos anuales por habitante sufrirá problemas de agua ocasionalmente; cuando tiene menos de esta cantidad está *estresado hidráulicamente*, cuando el volumen cae por abajo de los 1 000 metros cúbicos se considera que el país sufre una escasez crónica, y cuando cuenta con menos de 500 metros cúbicos se establece como escasez absoluta.

En general se acepta que 1 000 metros cúbicos por habitante y por año, es la cantidad mínima de agua para una adecuada calidad de vida y un desarrollo moderado para un país. En 1990, 28 países cuya población total era de 335 millones de personas se encontraban en niveles de estrés o escasez. Se estima que en el año 2025 de 46 a 52 países se encontrarán en esta categoría y su población variará de 2 782 millo-

nes a 3 290 millones de habitantes, dependiendo de las tasas de crecimiento que puedan tener en las siguientes décadas.

El incremento constante en la demanda de agua se debe al crecimiento poblacional y a la elevación en el nivel de vida. La población mundial alcanzó cinco mil millones en 1988, casi el doble de la de 1950. Para el año 2000 es probable que se incremente a más de seis mil millones. Se espera que el total de agua consumida se incremente casi diez veces, de 520 kilómetros cúbicos por año en 1990 a aproximadamente 5 400 kilómetros cúbicos por año para el año 2000 (ilustración 1).

El sector agrícola es el mayor consumidor en la mayoría de los países, utiliza más del 80% del agua extraída. Desde 1950, el área regada en el mundo se ha incrementado al triple, es decir, aproximadamente a 275 millones de hectáreas. Actualmente, casi la mitad del alimento que se consume en el planeta se produce en sólo el 18% de las tierras regadas. No obstante, en el afán de incrementar el área de riego, se ha puesto poca atención en la eficiencia con que operan los sistemas.

Se pierde mucha agua en la conducción desde las presas o pozos hasta las parcelas. Se estima que en promedio, la eficiencia mundial de los sistemas de riego es del 37%. Mucho del volumen perdido se vuelve improductivo o se ve severamente degradado en su calidad al arrastrar sales, pesticidas y elementos tóxicos del suelo. Por lo tanto, el problema no es siempre de recursos hidráulicos adicionales. En muchos casos, los recursos hidráulicos existen pero su manejo es ineficiente.

Pero si los retos en el campo son grandes, también lo son en las ciudades. A principios de siglo no había ninguna ciudad cuya población ascendiera a los cinco millones de habitantes; en 1950 ya aparecían seis; en 1980, veintiséis y, en el año 2000, se calcula que serán

sesenta, hasta alcanzar en el año 2025 la cifra de noventa ciudades con cinco millones de habitantes o más.

Los principales problemas de abastecimiento a los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades se presenta un elevado número de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reusa el recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana. Por otra parte las maquinarias, los procesos y los servicios accesorios de las industrias demandan grandes cantidades de agua.

### El agua en México

Con una superficie de casi dos millones de kilómetros cuadrados, México tiene una precipitación media anual de 777 milímetros, lo cual equivale a 1 522 kilómetros cúbicos. Sin embargo su distribución espacial es bastante irregular: en el 42% del territorio, principalmente en el norte, las precipitaciones medias anuales son inferiores a los 500 milímetros, y en algunos casos, como en las zonas próximas al río Colorado, son inferiores a 50 milímetros. Por el contrario en el 7% del territorio, existen zonas con precipitaciones medias anuales superiores a los 2 000 milímetros, localizándose regiones donde se registran precipitaciones mayores a los 5 000 milímetros que, en general, ocurren en unos cuantos meses, el 80% de las lluvias se presentan en el verano (CNA, 1993).

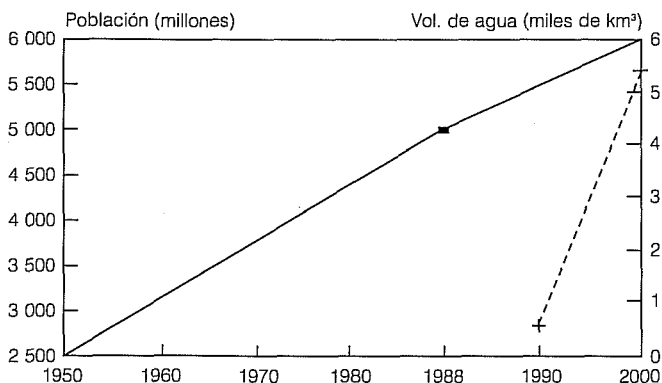
Del agua que se precipita sobre el territorio nacional, el 27% se transforma en escurrimiento superficial, esto es, se cuenta con 410 kilómetros cúbicos en las 314 cuencas del país (CNA, 1996).

Nuevamente, apreciamos que la distribución espacial es muy irregular: el 50% del escurrimiento superficial se genera en el sureste en tan sólo el 20% del territorio, mientras que en una porción del norte que abarca el 30% del territorio se genera sólo el 4 por ciento.

México tiene lagos y lagunas con una capacidad de almacenamiento de 14 kilómetros cúbicos, y se han construido presas que almacenan 120 kilómetros cúbicos, la suma de ambos equivale al 47% del escurrimiento medio anual.

Otra parte de la lluvia se infiltra. Se estima que 48 kilómetros cúbicos anuales forman el recurso renovable de los acuíferos, además aquellos que se encuen-

#### 1. Población - consumo de agua



tran bajo las zonas de riego reciben una recarga artificial de 15 kilómetros cúbicos de agua (CNA, *op cit*, 1996) Finalmente se ha estimado que existen alrededor de 110 000 millones de metros cúbicos en los acuíferos que podrían utilizarse por una sola vez.

La disponibilidad de agua anual per cápita también es muy variable en todo el territorio nacional, así, existen regiones con disponibilidad que varía entre 211 y 1 478 metros cúbicos anuales por persona, por otro lado hay zonas donde esta disponibilidad varía de 14 445 a 33 285 metros cúbicos anuales por persona. En promedio cada habitante dispone de 5 200 metros cúbicos anuales.

### **La contaminación del agua**

Hemos hablado de cantidades de agua, sin embargo como había señalado, no sólo su escasez y su mala distribución espacial y temporal imponen restricciones a su uso. En los últimos años la contaminación se ha manifestado como el principal factor negativo para el empleo del agua.

Las ciudades, las industrias, las actividades agropecuarias, la erosión del suelo y otras acciones humanas aportan grandes cantidades de contaminantes a los cuerpos de agua.

En 1980 las aguas residuales en el mundo ascendían a unos 1870 kilómetros cúbicos, y se espera que esta cantidad alcance los 2300 kilómetros cúbicos a finales del siglo.

Los sistemas de tratamiento para las descargas domésticas son insuficientes en la mayoría de los países, y a ellos se asocia el problema de la disposición de los lodos producto del tratamiento, los cuales son tirados a cielo abierto, devueltos a los sistemas de alcantarillado y, sólo en algunas ocasiones, son tratados adecuadamente. La contaminación que produce la industria es altamente variada dependiendo del giro de que se trate, y se hace poco para controlarla.

La contaminación difusa, o no puntual, por ejemplo los escurrimientos superficiales de las ciudades y de las áreas agrícolas, la infiltración a los acuíferos y los depósitos de desperdicios en los ríos y lagos, pueden causar problemas de más difícil control que la contaminación puntual.

### **La contaminación del agua en México**

Con la información disponible en la Red Nacional de Monitoreo, se ha podido determinar que prácticamente todos los cuerpos de agua importantes enfrentan grandes problemas de contaminación (CNA *op cit*, 1966).

En las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma, San Juan y Balsas se recibe el 50% de las descargas de agua residual, otras cuencas con altos niveles de contaminación son las de los ríos Blanco, Papaloapan, Cuiliacán y Coatzacoalcos.

Los acuíferos más contaminados se localizan en la Comarca Lagunera, el valle de México, la región del Bajío y el valle del Mezquital, así como los que subyacen las zonas agrícolas, esto último como producto de los lixiviados de los agroquímicos.

En el país se generan 7.3 kilómetros cúbicos de aguas residuales por año, y se recolectan en el sistema de alcantarillado 5.5 kilómetros cúbicos por año, de los cuales se tratan adecuadamente 0.53 kilómetros cúbicos por año, por la que se descargan al medio ambiente 6.8 kilómetros cúbicos al año sin tratar (CNA *op cit*, 1966).

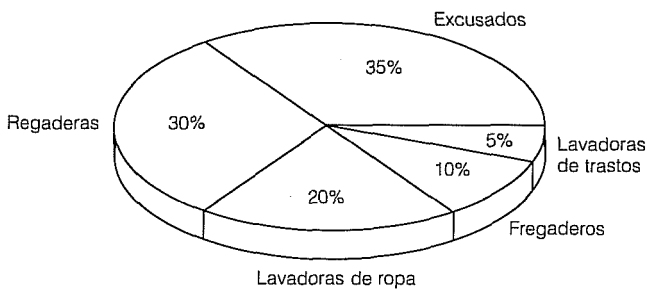
### **El uso eficiente del agua**

La atención mundial al uso eficiente del agua requiere de la combinación de decisiones de orden político, económico, social y técnico en forma corresponsable entre todos los países. Sería recomendable que al interior se atendieran los problemas a nivel de cuenca, tomando en consideración sus interacciones con otras, las transferencias de recursos y otras medidas de tipo hidrológico. Uno de los componentes para abordar los problemas relacionados con el caso es la adopción de programas de ahorro, de conservación o de uso eficiente del agua.

La preocupación por usar mejor el agua no es nueva, de hecho muchas de las técnicas de riego, como la nivelación parcelaria o la reducción de evaporación con camas de rastrojo, son tan antiguas como el primer excusado de bajo consumo construido por Thomas Crapper allá por 1890. Sin embargo, a medida que el agua escaseaba, se empezaron a conjuntar las acciones hasta convertirse en verdaderos programas como los aplicados a principios de los años 70 en el ámbito urbano, cuando grandes sequías azotaron el suroeste de los Estados Unidos de América. En un principio fueron programas emergentes, pero su eficiencia y la escasez de agua los han convertido en programas de mediano y largo plazos (Gordon, 1990; Van Dyke y Pettit, 1990).

El uso eficiente se puede dar a cualquier nivel, empezando por los hogares. Cuando las casas tienen jardines, en estos puede usarse hasta un 50% del total del agua que ingresa a la misma. Dentro de la casa habitación puede utilizarse hasta un 35% en los excusados, un 30% en las regaderas, un 20% en las lava-

## 2. Uso del agua en una casa habitación



doras de ropa, entre un 3 y un 10% en las llaves de fregaderos y lavabos y un 5% en las lavadoras de trastos. En todos los casos existe tecnología para usar más eficientemente el agua (ilustración 2).

En las ciudades las técnicas de uso eficiente pueden clasificarse en cinco grupos: comunicación y educación, detección y reparación de fugas, medición, sistemas tarifarios y reglamentación (Arreguín, 1991).

En la industria las principales acciones de uso eficiente son la recirculación, el reúso y la reducción del consumo. Sin embargo en la actualidad son pocas las industrias que han implantado técnicas de uso eficiente del agua.

En la agricultura, las técnicas se orientan principalmente hacia el mejoramiento de la operación de los sistemas de riego, mediante la elaboración de programas de cultivo, el uso óptimo de agua salina y dulce, el monitoreo de condiciones del suelo y el clima, el pronóstico de sequías, la protección de tierras agrícolas y el desarrollo y empleo de estructuras de aforo. Se necesita mejorar la captación y conducción, mediante la disminución de la filtración y el control automatizado de canales. Es necesario también el mejoramiento de las técnicas de riego, como el riego intermitente, el riego con déficit y el reúso del agua.

La cuenca hidrológica es la unidad natural para planear el uso eficiente del agua y evaluar sus resultados, pues en ella se localizan ciudades, industrias, plantas hidroeléctricas, distritos de riego y granjas acuícolas. Es en la cuenca donde se reflejan más claramente las necesidades y beneficios del uso eficiente del agua, pues aunque algunas medidas impliquen pequeños ahorros de agua para alguno de los usuarios mencionados, pueden representar mucho para otros y aminorar fuertes riesgos de contaminación o de sobreexplotación de los recursos. El uso eficiente en la cuenca es muy complejo debido a la multiplicidad de objetivos y al gran número de opciones de solución. Ello ha obligado a crear una serie de procedimientos lógicos, que permiten eliminar racionalmente un gran número de

opciones para resolver un problema hasta reducirlas a unas cuantas, o quizá a una en casos muy particulares.

## El uso eficiente del agua en México

En México se ha adoptado el concepto de uso eficiente del agua en su sentido más amplio, es decir, optimar el uso del recurso y de la infraestructura correspondiente, con la participación activa de los usuarios y con un alto sentido de equidad (Garduño y Arreguín, 1994).

Un ejemplo de estos trabajos son los estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, en 23 ciudades de la República Mexicana, se encontró que en las redes de distribución de agua potable se pierde un 36% del agua que ha sido extraída de alguna fuente, con todos los costos que ello implica, incluido desde luego el de la energía eléctrica, y reactivos para potabilizarla o al menos desinfectarla, y que finalmente termina en el sistema de alcantarillado o en el mejor de los casos recargando los acuíferos.

En México se aplican muchas de las técnicas agrícolas antes apuntadas, y en algunos casos se atienden los problemas del agua de manera integral, esto es a partir de las cuencas. Y es muy satisfactorio saber que la nueva política del agua se orienta hacia su administración considerando a la cuenca como unidad básica de planeación. Existe la tecnología, existen los trabajos desarrollados en los laboratorios tanto en México como en el extranjero, ahora hay que aplicarlos a la realidad. Me permito sugerir algunas acciones particulares de uso eficiente:

- Promover los conceptos de uso eficiente del agua como los dispositivos ahorradores, la reglamentación, las restricciones al uso, el reúso, la recirculación y la reducción del consumo; las técnicas de uso eficiente en la agricultura, y la utilización en las cuencas de técnicas de optimización (Arreguín, 1991).
- Establecer sistemas de monitoreo de calidad del agua, basados en indicadores biológicos y muy pocos parámetros regionales o locales, de acuerdo al tipo de actividad de la región o condiciones naturales que pudieran generar contaminación.
- Adecuar la normatividad relativa a la prevención y control de la contaminación del agua, para hacerla compatible con los objetivos de calidad del agua planteados para diferentes escenarios.
- Proteger las fuentes de abastecimiento de calidad del agua, para evitar su contaminación.

- Reforzar el inventario de los usuarios del agua, para mejorar los programas relacionados con su aprovechamiento y lograr un mayor control sobre su uso.
- Desarrollar programas de control de inundaciones que incluyan medidas estructurales y no estructurales, atendiendo a la planeación integral de la cuenca.
- Aplicar con precisión las técnicas de estimación de pérdida de suelo, las metodologías conservacionistas para recuperar y proteger los suelos agrícolas y los de montaña, la estimación de la salinización de los suelos de cultivo mediante la interpretación de imágenes de satélite, y las medidas para prevenir este fenómeno y en su caso controlarlo.
- Incluir en todas las actividades relacionadas con el aprovechamiento de los recursos naturales la aplicación de técnicas de mantenimiento, conservación, rehabilitación y modernización de la infraestructura (Lotti, 1992).
- Adaptar las tecnologías apropiadas al nivel rural, es decir aquellas adecuadas a las necesidades de la población y las características de la región.
- Atender en los medios rural, municipal, regional y nacional los problemas de contaminación difusa. Tal vez este sea uno de los más grandes retos que se deberá enfrentar en el futuro.
- Mejorar las técnicas de operación de los sistemas hidrológicos complejos y la explotación de las aguas fósiles.
- Capacitar y asistir técnicamente a las instituciones federales, estatales, y municipales; a los organismos operadores de agua potable y alcantarillado, organizaciones de usuarios de riego e industriales, para que participen en los programas de uso eficiente del agua.
- Incrementar la productividad de las zonas de riego mediante la capacitación y la asistencia técnica a los productores, el mejoramiento de la infraestructura, el incremento en el uso del agua y la energía eléctrica y el uso racional de plaguicidas y fertilizantes.
- Revisar las metodologías para la educación no formal y mejorar las técnicas para promover la participación de la sociedad. Finalmente es necesario hacer investigación sobre los efectos del cambio climático en nuestro país.

## Propuestas

Según varios especialistas la historia de la humanidad puede dividirse en tres grandes épocas: la primera caracterizada por el predominio de la agricultura, la mi-

nería y el aprovechamiento de las materias primas como base de los factores de producción; la segunda se inicia con la revolución industrial y el predominio de la producción en serie, y la tercera época, en la que vivimos actualmente, considera como recurso básico de la producción al conocimiento, entendido como la creación y adquisición de datos, información, imágenes, símbolos, cultura, ideología y valores.

Los países que se encuentran en la tercera época venden al mundo información, tecnología de punta, programas informáticos, educación, asistencia técnica y financiamiento, entre otros servicios.

Si se analiza esta situación en el subsector agua, puede observarse que casi a diario se reciben propuestas para vender información de los satélites operados por países que viven en la tercera época, ofrecen paquetes informáticos para diseñar desde redes de distribución de agua potable hasta el comportamiento de las llanuras de inundación, tecnología de punta para tratar las aguas residuales, bombardear las nubes para generar lluvia o construir presas de almacenamiento y generación; ofrecen capacitación y desde luego servicios financieros asociados con los proyectos.

¿Rechazar estas propuestas? ¡desde luego que no! pero es necesario ser más selectivo. Cuando se habla de globalización, normalmente se asocia a aspectos puramente económicos, y se conocen sus ventajas y desventajas. Este mismo esfuerzo se debería hacer cuando se habla de tecnología so pena de correr el riesgo de adquirir tecnologías que no funcionan, que después no se pueden pagar o simplemente crean dependencia en relación a los insumos que requieren para su operación.

Nuestro país es una nación de contrastes y debemos aceptar que dentro del Subsector Agua se encuentran áreas con diferentes niveles de desarrollo correspondientes a las tres épocas citadas anteriormente. Así una gran parte de las tierras agrícolas son aprovechadas con tecnología de la primera época, algunas plantas de tratamiento operan con tecnología de la segunda, y desde luego existen otras como el Servicio Meteorológico Nacional que se encuentran insertas en la época de la información.

A continuación, quisiera exponer tres ideas que desde el punto de vista tecnológico es urgente poner en práctica en nuestro país:

- El establecimiento de la Red del Agua.
- La formación y actualización de recursos humanos de acuerdo a los requerimientos actuales.
- El empleo exhaustivo de la tecnología disponible.

Tres ideas que se ubican en la época de la información, sin que esto quiera decir que no se requieran otro tipo de tecnologías de la primera época o de la segunda, o que no se esté trabajando en estas líneas, en todo caso si así fuera, las propuestas deberían considerarse como complementarias a los proyectos en marcha.

### *Establecimiento de la Red del Agua*

El programa de modernización del subsector agua, incluye la descentralización y la desconcentración de funciones a los gobiernos estatales y municipales, a los usuarios y a la nueva estructura de la Comisión Nacional del Agua. Sin duda este esquema requerirá de un enorme manejo de información y conocimientos.

Actualmente están en operación o en proyecto de puesta en marcha, la Red Hidroclimatológica, la Red Hidrométrica, la Red de Laboratorios y Monitoreo de Calidad del Agua, la Red del Servicio Meteorológico Nacional, el Sistema de Información Geográfica del Agua, y el Sistema de Información para el Registro Nacional de Presas, entre otros.

Seguramente la información fluirá en dos sentidos, esto es entre las Gerencias Regionales, los Consejos de Cuencas y otras dependencias de la Comisión Nacional del Agua en los estados y las oficinas centrales de la misma. Pero existen muchos otros usuarios que solicitan información a la CNA y que seguramente la seguirán requiriendo, tal es el caso de los institutos de investigación, como el de Ingeniería o el Mexicano de Tecnología del Agua; otras dependencias del gobierno, como la Comisión Federal de Electricidad o la Secretaría de Salud; las organizaciones de usuarios de riego que conforme se vayan modernizando requerirán información climatológica; los organismos operadores de agua potable y alcantarillado que requieren información de la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento, y las empresas de la iniciativa privada que realizan proyectos para el subsector demandan información variada. Los mismos medios de comunicación como la radio, la prensa y la televisión, seguirán solicitando información climatológica. Sería una decisión de la autoridad del agua, el nivel de acceso que deberían tener cada uno de los usuarios, e incluso a quién debería cobrarse por obtener la información.

Pero la necesidad de ir creando esta Red del Agua no para allí, se ha comentado el valor de la información, y es evidente que con la descentralización y desconcentración de funciones de la CNA, habrá mucha información que se generará fuera de la Comisión, por

ejemplo en las Comisiones Estatales del Agua, en las organizaciones de usuarios y en los organismos operadores. Información que la CNA seguramente requerirá en su función rectora y de autoridad.

Aún más, habrá información en los institutos de investigación nacionales e internacionales que sería de utilidad para la CNA y otros usuarios, de hecho, en el IMTA se opera la Red Panamericana de Ingeniería Sanitaria y Calidad del Agua, y existen algunas otras redes que serían de gran utilidad para todos los usuarios mencionados anteriormente. Todas estas necesidades fundamentan la necesidad de crear la Red del Agua. Vivimos la época de INTERNET y pronto la supercarretera de la información será una realidad, no dejemos que el tiempo nos gane.

### *Formación y actualización de recursos humanos*

Esta segunda idea está muy relacionada con la anterior. Un programa tan ambicioso como el de Modernización del Manejo del Agua, sin duda alguna requiere cambios substanciales en la forma en que estamos enfrentando los problemas del agua. Es indudable que es necesario hacer ajustes o crear nuevos programas formales de educación media y superior, y que los programas de educación continua deben revisarse en su contenido y en la forma de impartirlos, prueba de ello es el éxito que ha tenido la educación a distancia en sus diversas modalidades.

No quisiera referirme a ellos puesto que ya están en marcha o se empieza a trabajar en esas áreas. Más bien quisiera proponer nuevamente el uso de la Red del Agua, o incluso el empleo de INTERNET para incursionar en los campos de la comunicación y desde luego de la capacitación asíncrona. El comportamiento, las disponibilidades de tiempo, de intereses, de forma de aprender de las personas en la actualidad está cambiando, y a las formas tradicionales de capacitación es necesario agregar técnicas más amigables. Técnicas que permitan al capacitando estudiar en el momento que desee o que sus ocupaciones le permitan, o más terminantemente en el momento en que lo necesite.

Es claro que la educación impartida en masa no puede tomar en cuenta los diferentes intereses y enfoques de cada profesional. En otras palabras cada uno de ellos podrá actualizarse de acuerdo a sus propias necesidades, en el nivel de actualización la capacitación debe convertirse en algo muy individual. Otra ventaja de esta propuesta es que los capacitandos podrán autoevaluarse y fijar el ritmo al que deseen o necesiten capacitarse.



### *Empleo exhaustivo de la tecnología disponible*

Finalmente es necesario mejorar la utilización de los sistemas expertos y la inteligencia artificial aplicados al manejo de nuestros recursos, como la tecnología de comando y control que permite el manejo de procesos en tiempo real, mediante el empleo de sensores, tomadores de decisión, ejecutores y retroalimentadores. También es necesario impulsar el uso del Diseño Asistido por Computadora, y el diseño, operación y mantenimiento de sistemas complejos, que incluyan estrategias de diseño y manejo de computadoras, programas, redes, estaciones de trabajo, estaciones de campo y robots.

### **Reflexiones finales**

Si volvemos al planteamiento original de esta ponencia, acerca del valor que cada uno de nosotros le damos al agua, y comparamos la disponibilidad de este recurso con la demanda nacional y mundial, llegamos a la conclusión de la relatividad de los números, pues ellos demuestran que ni los habitantes de nuestro planeta, o de nuestro país, deberían tener problemas de abastecimiento de agua. Sin embargo, su distribución espacial y temporal, su contaminación, la falta de infraestructura, la carencia de estructuras sociales adecuadas, y muchos otros factores nos sitúan en una realidad de gran escasez.

Sin embargo, en la medida en que se use mejor el agua, se podrá tener la seguridad de que habrá alimentos suficientes, y una calidad de vida adecuada tanto para nuestra generación como para las que nos sucederán.

### **Referencias**

- Levi, 1989 "El agua según la ciencia". Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ediciones Castell Mexicana, S.A., México D.F.
- Starr, J, 1992. Water Security: the Missing Link yn the mideast strategy, Special Issue, Cannadian Journal of Development Studies and Inernational Water Resources Association. Canadá.
- Comisión Nacional del Agua, 1993. Informe 1989-1993, México, Distrito Federal.
- Comisión Nacional del Agua, 1996. "Programa Hidráulico 1995-2000", México Distrito Federal.
- Comisión Nacional del Agua, *op cit*, 1996.
- Comisión Nacional del Agua, *op cit*, 1996
- Comisión Nacional del Agua, *op cit*, 1996
- Garduño H y Arreguín F., 1994. "Efficient water use", Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, International Hydrological Programme, UNESCO-ROSTLAC, Montevideo, Uruguay.
- Gordon, L.D. 1990. Water Conservation four Oahu, Proceedings of the Conserver 90, agosto 12-16, Phoenix, Arizona, EUA.
- Van Dyke, P, Pettit P. 1990. Pennsylvania Comprehensive Drinking Water Facilities Plan: Innovative Policy For Over, 2400 Community Water Systems, Proceedings of the Conserv 90, agosto, 12-16 Phoenix, Arizona, EUA.
- Arreguín F. 1991. "Uso eficiente del agua", Ingeniería Hidráulica en México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, pp 9-22.
- Arreguín F, *op cit*, 1991.
- Lotti C. 1992. "Culture of water conservation for progress", Water Resources Development, Volume 8, Number 4, pp 244-247.