

TLALOC

AMH

ORGANO INFORMATIVO DE LA ASOCIACION MEXICANA DE HIDRAULICA MAYO 1996 No. 7



**Tratamiento
parcelario**

**Avances en la
investigación del
cólera**

**Normas que regulan
las descargas**

ASOCIACION
MEXICANA DE
HIDRAULICA



Lecturas recomendadas

Water Distribution Systems

Thomas, W. Brandon, Water Distribution Systems, Water Practice Manuals, book fourth, The Institution of Water Engineers and Scientists (IWES), first published 1984, London, England.

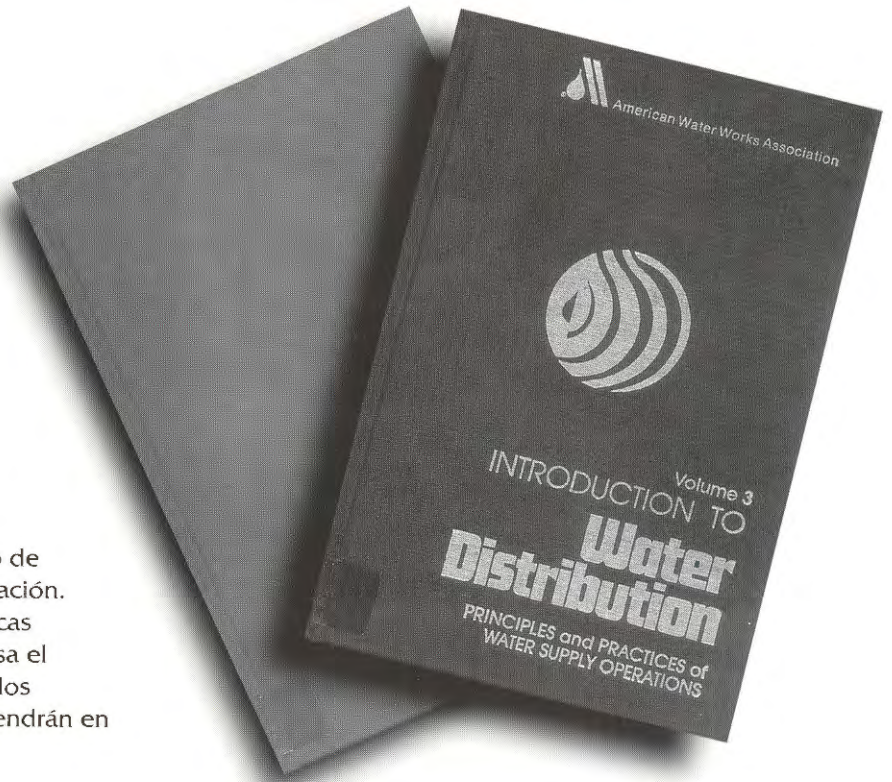
Este libro es uno de los cuatro que forman una colección con el título general de *Manuales de Prácticas del Agua*.

Su contenido trata los aspectos técnicos de los sistemas de distribución de agua, así como la legislación, normatividad, requerimientos de consumo, filosofía del diseño, análisis hidráulico de servicio a usuarios, control de fugas y administración. En él se presenta una visión global de las prácticas actuales de los sistemas de distribución, se revisa el estado del arte y se introducen nuevos desarrollos tecnológicos y una discusión del impacto que tendrán en el futuro dichos sistemas hidráulicos.

Introduction to Water Distribution

AWWA, Introduction to Water Distribution, Handbook of Principles and Practices of Water Supply Operations, volume 3, American Water Works Association, AWWA, Denver, Colorado, 1986.

Este es el tercer volumen de cinco partes, elaborado con el fin de apoyar un programa de entrenamiento y certificación de personal técnico sobre la operación de sistemas de abastecimiento de agua potable. Examina las instalaciones y procedimientos que se utilizan en la distribución del agua a consumidores enfatizando la calidad del servicio. Contiene tópicos sobre mantenimiento e instalación de tuberías, válvulas, medidores, equipos de bombeo, tanques de regularización, instrumentación y control y catastro de redes.



TLALOC AMH

Órgano Informativo de la Asociación
Mexicana de Hidráulica
Año III No. 7 Mayo 1996

XXII Consejo Directivo

PRESIDENTE:

G. Enrique Ortega Gil

VICEPRESIDENTE:

César A. Herrera Toledo

TESORERO:

Germán Martínez Santoyo

SECRETARIO:

Fernando Rueda Lujano

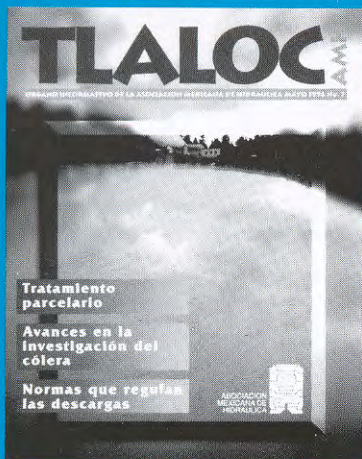
VOCALES:

Pablo A. Delgadillo Reynoso

Gilberto Jácome Cervantes

SECRETARIO DESIGNADO:

Luis Velázquez Aguirre



Los Azufres, Michoacán

TLALOC-AMH es una publicación
cuatrimestral de la
Asociación Mexicana de Hidráulica
Camino a Santa Teresa 187
Col. Parques del Pedregal
C.P. 14010, México, D.F.

Certificado de licitud de título No. 8279 y de
contenido No. 5828.

Reserva de derechos de autor
No. 003525/94.

DIRECTOR EDITORIAL:

G. Enrique Ortega Gil

EDITORA:

Virginia Ugalde Pimienta

DISEÑO GRÁFICO:

Rafael Mendoza de Gyves

Impresa en Litografía Panamericana,
S.A. de C.V., Galicia No. 2, México, D.F.
Esta edición consta de 2000 ejemplares.

C O N T E N I D O



13

*El agua, un recurso para
la paz y el desarrollo*

Editorial	2
Noticias	3
Tratamiento parcelario	5
Ingenio de las organizaciones indígenas	9
El agua, un recurso para la paz y el desarrollo	13
Avances en la investigación del cólera	15
Normas que regulan las descargas	19
Correo electrónico	22
Agenda	24

La Asociación Mexicana de Hidráulica brinda este foro a sus agremiados para que se expresen libremente, por lo que el contenido de los artículos es responsabilidad exclusiva de sus autores.



e acuerdo con nuestros estatutos, el pasado mes de abril se llevó a cabo la Asamblea General Ordinaria en la que se presentaron los informes respectivos al primer año de ejercicio del XXII Consejo Directivo.

En ese periodo la Asociación promovió 13 eventos, 10 conferencias y tres visitas. En forma paralela, se ha estado trabajando en la organización del XIV Congreso Nacional de Hidráulica, al respecto quiero agradecer, a nombre del XXII Consejo Directivo y del mío propio, la entusiasta participación de los miembros de la Asociación que enviaron más de 200 ponencias. Con las 155 aceptadas se prepara el detalle del programa técnico.

Durante la Asamblea se reiteró la propuesta de que cada sección o coordinación de la AMH en los estados organice por lo menos una reunión anual e informe de los resultados obtenidos a través de este medio, con el fin de estar enterados de sus actividades y de las últimas novedades del sector hidráulico.

En la sesión bianual del Consejo Consultivo, nuestros expresidentes ratificaron, por unanimidad de votos, al ingeniero Oscar Vega Argüelles como Presidente de la Junta de Honor; y revisaron el número de miembros que la integran, acordando aumentarlo a cinco. Los elegidos fueron los tres miembros actuales y los expresidentes e ingenieros Luis Robledo Cabello y Gilberto Sotelo Avila. Asimismo, se eligió al doctor Fernando J. González Villarreal como nuevo Presidente del Consejo Consultivo para el bienio 1996-1998.

Aprovecho este espacio para felicitar a todos ellos y agradecer el decidido apoyo que brindó el ingeniero Jorge Carlos Saavedra Shimidzu a este Consejo Directivo en su calidad de Presidente del Consejo Consultivo durante el periodo 1994-1996.

G. Enrique Ortega Gil

Asamblea General Ordinaria de la AMH



De acuerdo con los estatutos de la AMH, el XXII Consejo Directivo convocó a los socios de la AMH a participar en la Asamblea General Ordinaria, que se celebró el pasado 29 de mayo, con el siguiente orden del día:

- Lectura del orden del día y aprobación
- Lectura del Acta de la Asamblea General Ordinaria anterior y aprobación
- Lectura del Informe Anual del Consejo Directivo Nacional
- Lectura de las sinopsis de los Informes Anuales de las Secciones
- Lectura del Informe Anual de la Junta de Honor y aprobación
- Asuntos generales

En la Asamblea, se entregó a los socios el Informe del XXII Consejo Directivo Nacional que contiene una sinopsis de las actividades más relevantes de la Asociación Mexicana de

Hidráulica, realizadas del 11 de mayo de 1995 al 27 de mayo del presente año.

El ingeniero Oscar Vega Argüelles, Presidente de la Junta de Honor, en cumplimiento del artículo 54 de los estatutos, presentó su Informe Anual en el que hizo mención a la labor desarrollada por el XXII Consejo Directivo Nacional, que ha cumplido ampliamente con las obligaciones que marcan los estatutos.

A la reunión asistió como invitado especial el ingeniero Horacio Lombardo Pérez-Salazar, Coordinador de Asesores de la Dirección General de la Comisión Nacional del Agua.

Reunión del Consejo Consultivo Nacional

De acuerdo con el artículo 51 de los Estatutos de la Asociación Mexicana de Hidráulica, en mayo de los años pares corresponde celebrar la reunión del Consejo Consultivo Nacional.

Para cumplir con esta disposición, el ingeniero Jorge Carlos Saavedra Shimidzu, Presidente del Consejo Consultivo Nacional, convocó a los Expresidentes de la AMH a reunirse el 28 de mayo pasado.

Durante el evento, en que se nombró como Presidente del Consejo Consultivo Nacional al doctor Fernando J. González Villarreal, se revisó el número de miembros que integran la Junta

de Honor y se acordó aumentarlo a cinco, quedando electos los tres miembros actuales y los expresidentes Luis Robledo Cabello y Gilberto Sotelo Avila. Como Presidente se ratificó al ingeniero Oscar Vega Argüelles.

Entre los asistentes estuvieron los expresidentes de la Asociación. En la fotografía aparecen de izquierda a derecha, de pie: Gabriel Echávez Aldape, Roberto Carvajal Rodríguez, Rolando Springall Galindo, Antonio Maza Alvarez, Eugenio Laris Alanís y Luis Robledo Cabello; sentados: Fernando J. González Villarreal, Jorge Carlos Saavedra Shimidzu, G. Enrique Ortega Gil, Gilberto Sotelo Avila y Humberto Luna Núñez.





Tratamiento parcelario para el uso seguro de las aguas residuales

El uso de aguas residuales en el riego agrícola es práctica común en los países en desarrollo, sobre todo en las zonas áridas y semiáridas donde escasea el agua.

Comparadas con las de primer uso, las llamadas aguas negras tienen la ventaja de estar disponibles en cantidades constantes o aún crecientes, y con un contenido orgánico de alto valor por los fertilizantes que contienen, lo cual aumenta la productividad de los cultivos. Por ello, los agricultores, en especial los campesinos de menores recursos, las prefieren y utilizan con regularidad.

Esta situación, que por un lado apoya el desarrollo económico regional, tiene implicaciones negativas desde el punto de vista sanitario ya que el uso de las aguas residuales sin ningún tratamiento constituye un riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas y para los consumidores de los productos, sobretodo cuando se trata de hortalizas que se consumen crudas.

La experiencia de México

Las aguas residuales se aprovechan para

satisfacer demandas que no requieren calidad de agua potable, destinándolas a fines agrícolas, industriales o de servicios municipales.

En el caso del uso agrícola, éste ha sido una consecuencia espontánea no prevista, ni planificada y han sido los mismos campesinos los principales promotores de su uso.

Se estima que en México se riegan, directa o indirectamente, poco más de 300 mil hectáreas con 100 metros cúbicos por segundo de aguas residuales municipales, algunas mezcladas con aguas superficiales, subterráneas o de origen industrial.

En abril de 1991, se identificaron 24 mil 100 hectáreas con cultivos de hortalizas y de otros frutos que se consumen crudos. En la actualidad, dadas las medidas adoptadas, esta superficie se ha reducido significativamente.

En las ciudades de Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Cd. Juárez, León, Monterrey, Morelia, Cd. Obregón, Puebla y la Comarca Lagunera se utilizan en forma importante las

Carlos Tejeda González
Gerencia de Saneamiento y
Calidad del Agua, Comisión
Nacional del Agua

aguas residuales con fines agrícolas, sin control sanitario adecuado.

En México, el mayor aprovechamiento agrícola de aguas residuales —85 mil hectáreas— se realiza en el valle del Mezquital, Hidalgo, que comprende los distritos de riego 03 y 100 de Tula-Alfajayucan, donde se aprovechan las aguas residuales, crudas o mezcladas con aguas blancas, provenientes de la zona metropolitana de la Ciudad de México, desde hace casi 100 años.

Medidas adoptadas para el uso seguro del agua residual

Dada la controversia generada por el uso de aguas residuales en la agricultura —ya que por un lado son altamente apreciadas por los campesinos que fomentan su uso y, por el otro, ofrecen un alto riesgo sanitario—, las

medidas se orientan hacia un ordenamiento del uso actual tendiente a disminuir los riesgos y aprovechar sus ventajas.

Hasta el momento, las medidas de ordenamiento han actuado en dos sentidos principales:

• **Acciones normativas**

En octubre de 1991 se estableció la instrumentación económica, cuyo punto de partida es la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua, que establece el pago de derechos por el uso o aprovechamiento de las aguas nacionales y de los bienes del dominio público como los cuerpos receptores de descargas de aguas residuales.

La necesidad de formular criterios y reglamentos para limitar la concentración de

Cuadro 1. Calidad bacteriológica para riego agrícola (NOM-CCA-033/93).

Tipo de riego	Tipo de agua	T-mínimo. Días entre riego y última cosecha	Cultivos no permitidos
INUNDACION	1	20	Los señalados en el punto 3.1, excepto ajo, frijol ejotero, pepinillo pickle, pepino, jícama, melón y sandía.
	2	20	Los señalados en el punto 3.1, excepto melón y sandía.
	3	20	Los señalados en el punto 3.1
	4	20	Los señalados en el punto 3.2
SURCO	1	15	Los señalados en el punto 3.1, excepto ajo, frijol entero, pepino, pepinillo pickle, jícama, melón y sandía, así como el tomate verde o de cáscara.
		20	Libre cultivo.
	2	20	Los señalados en el punto 3.1, excepto ajo, pepino, jícama, melón y sandía, así como el tomate verde o de cáscara.
	3	20	Los señalados en el punto 3.1, excepto melón y sandía.
	4	20	Los señalados en el punto 3.2
ASPERSION	1	20	Los señalados en el punto 3.1, excepto ajo, pepino, pepinillo pickle, jícama, melón y sandía.
	2	20	Los señalados en el punto 3.2
	3		
	4		

CULTIVOS NO PERMITIDOS

3.1. *Hortalizas: acelga, ajo, aplo, berro, betabel, brócoli, cebolla, cilantro, col, coliflor, epazote, espinaca, frijol ejotero, hierbabuena, hongo, lechuga, pápalo, perejil, quellte, quintonil, rábano, zanahoria, pepinillo pickle, pepino, calabacita, jitomate, tomatillo y tomate verde o de cáscara, con excepción de las cinco últimas cuando se siembre con espaldera. Se equiparan a las hortalizas los siguientes frutos: fresa, jícama, melón, sandía y zarcamora.*

3.2. *Productos hortofrutícolas: Los señalados en el inciso anterior y todas las demás hortalizas y frutos en general.*

TIPO DE AGUA

Tipo 1. *La que contenga menos de 1,000 coliformes totales por cada 100 ml y ningún huevo viable de helminto por litro de agua.*

Tipo 2. *La que contiene de 1 a 1,000 coliformes fecales por cada 100 ml y máximo, un huevo viable de helminto por litro de agua.*

Tipo 3. *La que contiene de 1,001 a 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml.*

Tipo 4. *La que contiene más de 100,000 coliformes fecales por cada 100 ml.*

organismos patógenos en las descargas de aguas residuales para reúso agrícola ha recibido un gran impulso con la publicación de las directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura de la Organización Mundial de la Salud (1989), lo cual permitió a México, después de varias reuniones de expertos, emitir la Norma Técnica Ecológica número 33, de 1991 y, finalmente, la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-033-ECOL/93 que, junto con la Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-032-ECOL/93, establece las condiciones para el uso de aguas residuales de origen urbano y municipal en el riego agrícola.

Estas normas califican y condicionan el aprovechamiento del agua residual, restringiendo los cultivos permisibles en función del tipo de riego; el lapso entre el último riego y la cosecha; y la calidad físico-química y bacteriológica del agua, definida ésta última por la presencia de coliformes totales y fecales y huevos de helmintos. Junto con la clasificación del cuerpo receptor, todas estas normas sirven de base para emitir las condiciones particulares de descarga para el reúso agrícola de cada sistema de tratamiento instalado o por instalar.

Con base en la Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de La Federación el primero de diciembre de 1992, se propició la organización de los usuarios y se establecieron mecanismos para canalizar su participación. Entre ellos destaca la constitución de los consejos de cuenca y las acciones para la administración del recurso y el desarrollo hidráulico.

• Acciones de saneamiento

En 1991, se adoptaron los Programas Agua Limpia (PAL) y el Nacional de Agua Potable y Alcantarillado en zonas urbanas (APAZU), entre cuyas estrategias sobresalen las siguientes:

- Desinfectar todas las fuentes de abastecimiento de agua.
- Operar eficientemente las plantas de tratamiento de aguas residuales ya construidas.
- Cancelar las áreas de cultivos restringidos —como hortalizas y frutales que se consumen crudos— regadas con aguas residuales sin ningún tratamiento.
- Fomentar el tratamiento apropiado de las

descargas de industrias, hospitales y otros centros de alto riesgo.

- Proteger las fuentes de abastecimiento.
- Mantener la supervisión y vigilancia de la calidad del agua.

A más de cinco años de iniciadas estas acciones, se eliminaron 99 por ciento de 24 mil 100 hectáreas de cultivos restringidos que se regaban con aguas residuales crudas. Respecto a la infraestructura, están terminadas o en fase de construcción 68 nuevas plantas para tratar cerca de 30 metros cúbicos por segundo y se están desarrollando 45 proyectos ejecutivos que representan la posibilidad de tratar más de 50 metros cúbicos por segundo. Estas plantas, junto con la infraestructura instalada, permitirán tratar cerca de 70% del total de las aguas residuales generadas actualmente por la población.

Además, se tomaron medidas para que operen las plantas que no funcionaban, así como para mejorar la eficiencia y cumplir con la normatividad vigente. Al mismo tiempo, se implantaron mecanismos de evaluación de la calidad del agua tratada.

Importancia de utilizar aguas residuales en la agricultura

Se estima que para satisfacer los requerimientos y mejorar los servicios de agua potable de las grandes ciudades, cuyo crecimiento representa más del 60% del aumento total de la población, es necesario incrementar la dotación de las localidades medias y grandes en alrededor de 50 metros cúbicos por segundo. Además, se espera tener una cobertura de 90% en áreas urbanas hacia el año 2000. Para ello, se estima que 60% de la dotación de agua provendrá de las fuentes que actualmente proveen al riego agrícola, ya que es indispensable atender las demandas de los centros urbano-industriales y mantener las fuentes de abastecimiento con niveles de sobre-explotación similares a los actuales.

Por ello, para evitar la suspensión del riego de por lo menos 60 mil hectáreas cercanas a las ciudades medias y grandes con escasez del líquido, se debe considerar la sustitución de aguas claras por aguas residuales tratadas, así como el uso de estas últimas en termoeléctricas y otras actividades industriales, a través de lagunas de estabilización u otros procedimientos.

El tratamiento parcelario: una opción viable

Del alto riesgo que implica el uso de aguas residuales crudas en el riego agrícola deriva la necesidad de darle un tratamiento seguro.

De acuerdo con el panorama descrito, la estrategia principal se basa en la aplicación de la normatividad, así como en el uso eficiente e incremento de la infraestructura de tratamiento. Esto implica la necesidad urgente de reforzar y acelerar las acciones de construcción y la puesta en marcha de las plantas de tratamiento, además de mejorar su operación que representa costos muy elevados, en especial en ciudades medias y grandes, donde los caudales son mayores.

Ante esta situación, cuando los caudales se utilizan para riego es justificable tratar sólo el volumen de agua que se destinará a cultivos prohibidos o restringidos. Este tratamiento, llamado parcelario, se realizaría en un área específica, contemplada para este fin, dentro de los mismos terrenos de cultivo.

Este sistema permite tratar un menor volumen del agua residual descargada, satisfacer los requerimientos de calidad de productores y consumidores, reducir los riesgos de contaminación y no afectar la productividad de las zonas donde se utilizan aguas residuales.

Con el tratamiento parcelario no se reducirá totalmente la materia orgánica de las aguas residuales que, de acuerdo con varios estudios, ha mostrado tener una gran capacidad como formadora de suelos y amortiguadora de condiciones nocivas para el riego. Otra ventaja es que se evitarán conflictos sociales entre los campesinos que, con otro tipo de tratamiento, tendrían merma en su productividad por la reducción de esta materia orgánica.

La legislación vigente prohíbe regar cultivos con alto riesgo de contaminarse por el uso de aguas residuales sin tratar. Sin embargo, su alto valor comercial, principalmente el de las hortalizas, provoca que se siga haciendo aun fuera de ley. Este procedimiento conlleva un riesgo permanente de deterioro de la salud pública, razón por la que se detectan estos sembradíos y se procede a destruirlos. Además, los productos que logran ser introducidos al mercado pierden valor

comercial y el campesino no obtiene una ganancia adecuada.

El tratamiento parcelario no es otra cosa que la instalación de lagunas de estabilización u otros sistemas económicos y adecuados de tratamiento a nivel de la parcela. El tratar sólo el volumen destinado a los cultivos restringidos le ofrece al campesino una alternativa viable para que él mismo trate sólo el agua que destinará a ese propósito, reduciendo los riesgos inherentes al uso de aguas residuales.

Este procedimiento permite cumplir la normatividad, ya que: (a) brinda la posibilidad de regar con aguas residuales los cultivos restringidos, sin rebasar el límite de mil coliformes fecales por cada 100 mililitros y un huevo viable de helminto o menos por cada litro. (b) Alcanza estos parámetros con sistemas de tratamiento a base de lagunas de estabilización que son sistemas eficientes, económicos y no disminuyen el potencial productivo de las aguas residuales crudas.

Por lo regular, las aguas residuales domésticas requieren de un área de tratamiento parcelario de no más de una hectárea por cada 10 litros por segundo tratados. Esto hace posible dedicar sólo una parte del terreno al sistema de tratamiento que después permitirá regar el resto, o agrupar varias parcelas para que se rieguen con el mismo sistema.

Por otra parte, los ahorros que se logran en infraestructura de tratamiento son enormes. Baste citar como ejemplo el costo del tratamiento de las aguas residuales de la Ciudad de México, que se estima en poco más de cuatro mil millones de pesos de inversión inicial, sin incluir los costos de operación y mantenimiento. Esta cantidad equivale a cerca de un millón de pesos por cada 10 litros por segundo tratados.

El tratamiento parcelario requerido para la autorización de cinco mil hectáreas de hortalizas en el Valle del Mezquital —6% de la superficie total de riego en la zona— tendría un costo aproximado de 40 millones de pesos, sólo 1% del costo total de la inversión. Por lo anterior, el tratamiento parcelario es una opción viable en el uso seguro y productivo de aguas residuales con fines agrícolas.

Ingenio de las organizaciones indígenas para administrar sus sistemas de riego



*Theodore E. Downing
Universidad de Arizona*

Uno de los recursos más relevantes y menos reconocidos de los pueblos indígenas es la capacidad organizativa inherente a sus culturas. Un buen ejemplo es la manera en que los zapotecas del Valle de Tlacolula, en Oaxaca, administran sus recursos naturales con lo que yo llamo “burocracias temporales”.

Esta ingeniosa forma de administración pública permite a la comunidad indígena administrar sus recursos en forma sostenible y con mínimos costos económicos y sociales; además de resolver problemas entre los co-usuarios de la comunidad, minimizando los conflictos legales de manera extra-judicial.

Diversas investigaciones antropológicas han confirmado que el uso de los recursos naturales implica la constitución de múltiples organizaciones humanas para planear su explotación, algunas con mejores resultados que otras.

El caso del Valle de Tlacolula es un buen ejemplo de organización indígena eficaz para aprovechar la escasez de

agua, vencer límites biológicos e incertidumbres climáticas y proveer a la población de lo fundamental para su desarrollo socioeconómico: dos cosechas de maíz al año. Al decir eficaz, me refiero a un punto ideal en un espectro donde se obtienen los máximos beneficios productivos con el mínimo conflicto y costo social.

En Tlacolula, la comunidad realiza este objetivo por medio de una organización que aparece y desaparece según las necesidades biológicas del maíz, por lo que la llamo “burocracia temporal”. Sería conveniente que las autoridades relacionadas con el sector agrícola conocieran con detalle dicho sistema con el fin de maximizar la producción y distribución del recurso en forma democrática, con mínimos costos administrativos.

Aspecto agroecológico del riego

Desde el punto de vista agroecológico, un sistema de riego debe proveer agua en tiempo de sequía, con el propósito de asegurar y eventualmente aumentar la producción. En algunos casos, como en el Valle de Oaxaca, el riego

también extiende la etapa productiva. La cosecha del maíz —el cultivo principal— es de cuatro meses, mientras que las lluvias son muy variables, no sólo en su intensidad y distribución espacial, sino también en el ciclo de inicio y duración que fluctúa entre cinco y seis meses. El riego permite la extensión del periodo de humedad necesaria para la milpa, dándole suficiente tiempo para obtener dos cosechas al año. En Mesoamérica, dicho aumento define la diferencia entre la pobreza y la riqueza agrícola.

Todo cultivo tiene etapas de máxima sensibilidad al agua. En el maíz son tres y corresponden a su germinación, al punto de espigar y cuando comienza a salir el elote. Si el maíz recibe agua, pero no en los puntos conocidos biológicamente como etapas críticas de sensibilidad a la humedad, aumenta el tamaño de la planta (zacate) sin incrementar la producción de la mazorca.

Para una máxima producción de maíz, cualquier sistema de riego debería proveer el agua en los tres puntos críticos. En Oaxaca, donde las lluvias y flujos de los ríos son sumamente variables, se presenta un serio problema para los agricultores. Dado que usualmente no hay suficiente agua, necesitan un sistema que optimice la distribución entre las diferentes parcelas.

Con el fin de resaltar la importancia de la relación entre la organización social y los procesos agroecológicos, basta tratar de imaginar lo que pasaría si todos los agricultores oaxaqueños tuviesen canales de riego y todos sembrasen sus milpas exactamente al mismo tiempo. El reloj biológico de la milpa sería motivo de serios conflictos sociales en los puntos críticos y significaría grandes pérdidas en las cosechas.

Aspecto social

Oaxaca es una de las pocas regiones del mundo en donde

todavía se utilizan tres distintas soluciones tecnológicas de riego y, de manera complementaria, existen también múltiples formas de organizaciones sociales igualmente ingeniosas para su administración².

Mi interés en la forma en que se organizan las sociedades indígenas para garantizar el abasto de agua y mitigar las incertidumbres físicas y biológicas propias de un medio ambiente dinámico, me ha llevado a una serie de investigaciones de largo plazo sobre un sistema de riego zapoteco ubicado en *Huj San Domin*, mejor conocido como Santo Domingo del Valle de Villa Díaz Ordaz, en el Valle de Tlacolula.

Como varios de los pueblos del Valle, Santo Domingo fue restablecido en 1526 como estancia de ganado, después de que quedó prácticamente despoblado. Durante el Porfiriato, ganó un litigio sobre su derecho de riego, río arriba de la hacienda Soriano, lo que le dio el derecho a establecer lo que es ahora un sistema sumamente productivo. Hasta en los años sumamente secos, el pueblo es un exportador de maíz. Su éxito se debe a que no sólo riegan con aguas que temporalmente fluyen por el río, sino a que también aprovechan las crecientes y el agua subterránea utilizando un sistema de origen árabe denominado *Kanat*, introducido hace casi cincuenta años por el entonces estudiante de ingeniería y hoy difunto, ingeniero Jorge Tamayo.

Estructura física

Los zapotecos de Santo Domingo del Valle identifican dos clases de aguas de río (*nis heu*). La primera, *nis ba'in*, se refiere a crecientes que bajan en forma inesperada, usualmente entre una y seis veces al año. Dichas crecientes duran entre dos y seis horas y acarrear mucha materia nutritiva, vegetal y tierra buena, que arrasan de los campos agrícolas de las laderas por las que atraviesan, por lo cual son de mucho valor para los agricultores. La segunda clase es la *nis nialse*, que se refiere al agua limpia que fluye diario por el río.

Las aguas del *hu'u ro'* o "río seco" que cruzan sus terrenos se distribuyen a los campos agrícolas a través de un sistema de nueve presas reguladoras (llamadas *ru'tom* o bocatomas). Estas obras son muy rústicas, tienen bases de mampostería en donde se colocan verticalmente troncos de Pirú entrelazados con ramas y ramitas de carrizo y huizache. Su objetivo es llevar las ricas aguas (*nis bian*) a las parcelas y proveer suficientes nutrientes para la germinación de la milpa; además sirven para retener pequeños flujos de agua en tanques que se abren cuando se llenan. La mayoría de estas presas se destruye con la primera inundación. Para su reconstrucción, que se hace hasta dos o tres veces al año, se necesitan aproximadamente 20 días-hombre.

De cada presa derivadora parte una zanja principal que se extiende hasta tres kilómetros. Cada zanja está dividida en





varias partes llamadas *bias*, más un nombre específico por cada lugar o paraje, como: *bias le in nuj*. En Santo Domingo hay más de 70 tramos en terrenos privados y otras tres secciones (lo mismo que tramos) de las dos zanjas que riegan los terrenos ejidales del pueblo (La estructura y ecología de este sistema de riego están descritas en mi libro *Irrigation's Impact on Society*, 1973).

Estructura administrativa

Una burocracia sumamente complicada mantiene esta red de presas, zanjas, canales menores, calicantos y otras estructuras físicas. Los regantes de cada tramo (o secciones en el caso de los terrenos ejidales) seleccionan a tres de sus miembros para formar un comité —integrado por un encargado, un secretario y un tesorero— que sirve gratuitamente durante un año, en la administración del agua y las tareas complementarias de su tramo. Los puestos son obligatorios y les toca a cada regante en forma rotativa.

El comité de cada tramo tiene varias responsabilidades incluyendo organizar tareas para construir y reparar la bocatoma, limpiar partes de la zanja principal y las regaderas del tramo, recolectar impuestos y repartir las aguas de riego entre sus miembros. Dado que muchas gentes tienen parcelas en tierras de pequeña propiedad y también en terrenos ejidales, la mayoría de los agricultores

son miembros de comités en varios tramos. Cuando “el agua está en regla”, los encargados trabajan día y noche, pasando de casa en casa para tratar asuntos de la organización. En esas fechas, es común que el campo esté alumbrado con lámparas de mano y ver gente regando toda la noche que al terminar su turno chifla para que otro empiece a regar.

Llamo burocracia a este sistema porque abarca tres niveles de organización e involucra a casi todas las familias del pueblo en tareas de una o dos organizaciones, dependiendo del número de parcelas de riego que posee cada familia. Todos los encargados (70 en este caso) se reportan al Síndico Municipal, quien mantiene una lista para la distribución del agua, tramo por tramo. Igualmente, los encargados de cada tramo mantienen una lista de los turnos de los regantes. Con esta lista se va distribuyendo el agua en forma rotativa a menos que alguien rechace su turno.

Distribución de las aguas

El Síndico distribuye las aguas de riego de *nis nia* equitativamente entre los miembros integrantes del ejido y los pequeños propietarios en términos de días por tramo. Los encargados de cada tramo reparten el agua entre sus regantes en términos de horas y no en función del tamaño de las parcelas.



Burocracias Temporales: “Agua en regla” y no

Lo más sorprendente de esta complicada organización que acabo de describir es que se desintegrará antes del Día de Muertos. Para entonces, si alguien va a Santo Domingo no encontrará ni rastros de dicha organización.

Dentro de todo este proceso es importante explicar el tiempo, que es el factor crítico para que opere el sistema, y la forma en que se interrelaciona la organización social de riego con las necesidades agroecológicas.

La primera cosecha se siembra en abril o mayo utilizando la humedad del año anterior que se quedó guardada en el suelo y que permite la germinación de la planta antes de que empiecen las lluvias. Esta siembra se llama “siembra de humedad”. En los puntos críticos de la primera cosecha se aplican las aguas lodosas (*nis bae in*) con el sistema de presas derivadoras. Esta cosecha también recibe las aguas de flujo normal (*nis nai*) y las de lluvia durante junio y julio. De esta manera, la milpa pasa sus puntos críticos sin problema. Cabe señalar que durante la primera cosecha, cualquier agricultor puede regar sin permiso. El agua “no está en regla” y la burocracia mencionada no existe.

Después de la primera cosecha, de inmediato se siembra la segunda, usualmente a finales de julio o principios de agosto. Para la germinación hay suficiente humedad, pero al acercarse el fin del periodo de lluvias, el flujo del río disminuye. Cuando la milpa de la segunda siembra entra a los puntos críticos —el punto de espiga y cuando el elote comienza a salir— es el momento en que aumentan los conflictos por el agua.

Al principio los conflictos se expresan en forma de quejas y solicitudes de agua que formulan a los encargados para que soliciten al Síndico Municipal “poner el agua en regla”. Cuando el Síndico recibe dicha solicitud, declara que “el agua está en regla”. Inmediatamente, aparece la burocracia. Los encargados de todos los tramos y secciones acuden al Síndico y piden que se ponga su grupo en la lista; el Síndico, a su vez, dicta cuantos días u horas de riego recibirá cada tramo. Usualmente, las secciones más distantes al río reciben agua primero, pero esto puede variar dependiendo de la ubicación del primer grupo de solicitantes. Según las necesidades biológicas de sus milpas, los regantes toman o no sus turnos; a veces los dejan pasar con la esperanza de que su siguiente turno corresponda al momento en que su milpa verdaderamente necesite el agua. Este sistema continúa hasta que el agua se agota. Entonces, la burocracia desaparece. Se borran las listas de espera y el nuevo encargado de cada tramo toma su turno según su posición en la lista. Lo maravilloso es que la aparición y desaparición de este sistema de organización coincide con las necesidades de la milpa y la sensibilidad de la planta a la humedad.

Después de conocer esta capacidad de organización, Oaxaca debería ser reconocida no solamente por su diversidad biológica y cultural, sino también como fuente de diversidad en la organización para administrar sus recursos naturales. En el caso de los sistemas de riego, las comunidades indígenas oaxaqueñas han desarrollado organizaciones sociales ingeniosas que proveen de agua al maíz en sus fases de máxima sensibilidad con un mínimo costo administrativo para su sociedad³.

¹ *Theo E. Downing, Research Professor of Social Development, Arizona Research Laboratories: Interdisciplinary Division, University of Arizona.*

² *Gracias a los dioses, el mitólogo Van Dannigan no ha rechazado la hipótesis de que platillos voladores hayan importado estos sistemas a Oaxaca, así como hicieron con las pirámides mayas. A mi juicio, ésta es una forma de racismo extremo en que se niega la posibilidad de que existan soluciones indígenas mesoamericanas autóctonas.*

³ *Desafortunadamente, los antropólogos han tenido poco éxito en lograr que se incorporen las organizaciones existentes en las comunidades indígenas, en las actuales políticas de administración de los recursos naturales. Sin duda, parte del rechazo se debe a la dificultad de creer en la capacidad e ingenio de las organizaciones sociales para solucionar algunos de los problemas de su medio ambiente.*

El agua, un recurso para la paz y el desarrollo

*David Gerardo Norla Sánchez
Subgerente de Promoción
Gerencia de Servicios a Usuarios
Comisión Nacional del Agua*



“Sólo faltan los planos que deben atender nuestras necesidades inmediatas y nuestras aspiraciones infinitas”.

Desde tiempos remotos y en diversos periodos históricos y culturas contrastantes, el agua y su administración han sido factores centrales en la configuración y desarrollo de complejos esquemas de organización social. Como se sabe, los estados teocráticos mesopotámicos, andinos, mesoamericanos o mayas, por mencionar algunas referencias conocidas, estaban sustentados en grandes y pequeñas obras de almacenamiento, regulación y distribución orientadas a garantizar la producción y abasto de alimentos, el desarrollo del transporte y comercio fluvial, la planeación urbana, la configuración de estructuras funcionales de división del trabajo y eventualmente la expansión política territorial.

Diversos estudios en paleohidrología han definido con claridad la interacción que se ha dado a lo largo de la historia, entre el

manejo del agua, la estabilidad y gobernabilidad de las sociedades y el desarrollo de la ciencia y la técnica. En sentido contrario, no han sido pocos los historiadores que han planteado la tesis según la cual, el agotamiento o la reducción en la disponibilidad de ese vital recurso en zonas de asentamientos humanos o la destrucción de obras de almacenamiento y distribución han conducido al periclitamiento de diversas comunidades.

En la actualidad, diversos factores como el disponer de abundante información científico-técnica referente a la disponibilidad cuantitativa del agua o su estado físico-químico (calidad); así como la generalizada tendencia a conocer el desequilibrio en la ecuación oferta-demanda han

contribuido a replantear los tradicionales enfoques normativos y operativos que venían aplicándose por parte de los estados nacionales para la explotación y regulación del agua.

Mientras en los países desarrollados los avances científicos y tecnológicos, así como la disponibilidad de cuantiosos recursos financieros permiten la solución gradual de los problemas intrínsecos a la preservación, abasto o tratamiento del agua; en las naciones pobres, que transitan fatalmente por crisis recurrentes, los problemas se acumulan y multiplican, haciéndose cada vez más complejas y costosas sus posibles soluciones.

En plena época de globalización, cuando los estados y las economías están articulados simbióticamente a las grandes inercias del mercado mundial, los recursos naturales y en especial el agua, se ven compelidos a presiones extremas por un incremento en la cadena producción-consumo. Este conjunto de factores ha ocasionado un cada vez más intenso debate científico-técnico y filosófico, orientado a encontrar las fórmulas que permitan primero, revertir el agudo y generalizado deterioro ecológico garantizando en forma simultánea el crecimiento y el desarrollo, para luego replantear la relación entre cultura y naturaleza con toda la compleja gama de mediaciones que le son propias.

Nuestro país reporta actualmente agudos desequilibrios y deformaciones en el sector agua. Se sabe, por ejemplo, que los usuarios de la Ciudad

Desde la perspectiva historiográfica, en diversas civilizaciones americanas y asiáticas se contaba con instituciones de alto rango, especializadas en la formación de recursos humanos para la observación astronómica o el desarrollo de las matemáticas aplicadas, pues ese conocimiento y esas prácticas especializadas permitían planificar con certeza la interacción de los ciclos estacionales e hidrológicos con las actividades agrícolas y de éstas con los rituales cívico religiosos que caracterizan la organicidad de esos estados y sociedades.

de México gastan cerca de 300 litros por persona —50% más del porcentaje reportado para los países desarrollados—, siendo la población pobre y marginada la que paga más por acceder al vital líquido. También, se conoce que como resultado de un conjunto de factores intrínsecos a la condición de marginalidad, con frecuencia el agua deviene en vector de diversas enfermedades como el cólera, filariasis, hepatitis A, oncocercosis y otras afecciones que en conjunto reportan un alto costo en servicios y productividad al país.

Debieron pasar muchos años para que, en un escenario de inmovilismo y obsecuencia generalizada, algunas voces alertaran sobre los graves riesgos que implicaba continuar con esta tendencia. Sólo a partir de la última década, un número creciente de agrupaciones ciudadanas y organismos no gubernamentales han cobrado cabal conciencia del papel protagónico que habrán de asumir, junto con la comunidad científica e instituciones responsables en la administración de este recurso, para lograr rediseñar el marco cognoscitivo y administrativo del agua con una clara orientación de resguardo, redistribución y compensación social.

En México, escenario de la primera revolución agraria del siglo XX, una de las demandas más reiteradas del campesinado es la tierra y el agua, elementos indisolubles que, con objetividad y realismo representan mucho más que bienes económicos con valor de cambio. Su connotación abarca dimensiones de seguridad psico-colectiva; estabilidad familiar y comunitaria; aspectos simbólico-religiosos articulados frecuentemente a la diáda fertilidad-nacimiento; y la garantía de trabajo como factor de certidumbre, pertenencia organizada y realización humana. Con variantes significativas, hoy en día, los productores ubican el acceso al recurso hidráulico como el detonador de la recuperación biológica y socioeconómica, así como de la dinamización de los mercados.

El agua, como el trabajo y la tierra,

En algunas regiones críticas del planeta previsiblemente el acceso al líquido tendrá altísimos costos económicos y políticos. De hecho, las soluciones a la sed han alcanzado dimensiones hasta hace poco consideradas como privilegio de la ciencia-ficción o la novela negra; como los acueductos internacionales procedentes de los casquetes polares con ramificaciones a diversidad de ciudades y puntos ecuatoriales; la construcción de grandes complejos desmineralizadores o de tratamiento de aguas residuales; el remolque de icebergs por rutas oceánicas y la generación artificial de lluvia, entre otras.

Un ejemplo de esta situación lo constituye Jordania, país en el que, aun cuando de ahora en adelante los recursos hídricos se asignarán y planificarán racionalmente, todas las fuentes conocidas de agua se habrán utilizado al máximo para el año 2025, a partir de entonces, las únicas opciones serán reducir las superficies regadas, desmineralizar el agua o importarla. En la actualidad 22 países cuentan con menos de 1,000 metros cúbicos por persona al año, cifra que indica gran escasez.

Fuente: El manejo de los recursos hídricos. Banco Mundial, 1994.

continúa siendo en el mundo rural un factor determinante de certidumbre y posibilidades, o de desastre e inestabilidad. Así lo indican viejos y recientes hechos en diferentes lugares: la Lacandona, Chimalapas, Valle del Mezquital, Tepoztlán, Guanajuato, etcétera. De ahí la enorme responsabilidad de mantenerse abiertos y receptivos a la diversidad de opciones, percepciones y alternativas que socialmente se generan en contextos de abundancia o escasez del multicitado recurso.

En la actualidad, mientras que en algunas comunidades campesinas e indígenas existen esquemas de manejo y administración del agua versátiles y eficientes, los organismos y corporaciones, que gozan de apoyos y subsidios gubernamentales y privados, no han podido repuntar y superar los números rojos y las deficiencias.

De lo anterior se derivan por lo menos dos hipótesis que habría que revisar: (1) los usuarios multiplican el efecto de las deficiencias de las políticas públicas, o (2) la limitada permeabilidad institucional impide aprovechar la experiencia y las propuestas de la sociedad rural.

México es un país de diversas y contrastantes realidades. Querer homologar e imponer desde los centros formales y ecuménicos una

sola racionalidad económica y cultural sin una activa participación e interacción de la población en marcos prospectivos es un acto que con toda seguridad tendrá cada vez más, efectos de limitado alcance.

De manera preliminar, puede concluirse que el manejo y la administración de los recursos naturales, incluyendo el agua, no debe seguir ejecutándose de manera unidimensional y discrecional y que la multiplicación de vasos comunicantes entre las instituciones encargadas de su resguardo y buen uso y la sociedad usuaria es un instrumento eficaz para la paz y el desarrollo.

“Un ingeniero me dijo ayer que la tecnología moderna no tiene nada que aprender de aquella de los antiguos, porque ahora se pueden construir mejores canales con base en la tecnología moderna de concreto. Pero, ¿acaso los canales constituyen la tecnología? Para mí, la verdadera tecnología de riego no es el canal ni el material con que se construye, sino el conocimiento de donde colocarlo, su grado de elevación, el ritmo de fluidez y los sistemas para arreglar el movimiento de los volúmenes de agua”.

Cipolla M. Carlo, Historia económica de la población mundial, Conaculta-Grjalbo, México, 1990.

Avances en la investigación del cólera



En junio de 1991, se presentó en San Miguel Totolmoloya, Estado de México, el primer caso de cólera en México desde la pandemia ocurrida entre 1852 y 1860.

De inmediato, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) inició la búsqueda, revisión y adaptación de técnicas de muestreo y análisis que pudieran transferirse con rapidez a los laboratorios de calidad bacteriológica del agua.

Tres días después de haberse presentado el primer caso, el IMTA había instalado un laboratorio aguas abajo de la presa Vicente Guerrero que recibe las aportaciones de los ríos Sultepec y Almoloya, cuyas aguas pasan por el lugar donde comenzó la pandemia. En

10 estaciones de muestreo se colocaron boyas de flotación fijas sosteniendo hisopos de Moore a diferentes profundidades y tiempos, para concentrar *Vibrio cholerae*. También se usó la red de plancton y el sistema de filtración Swinex. Mientras tanto, en el laboratorio se montaba la técnica de aislamiento e identificación de *Vibrio cholerae* establecida por la Secretaría de Salud.

Más tarde, en el IMTA se adaptaron otras técnicas de detección en muestras ambientales y la técnica denominada ELISA, que caracteriza, cuantifica o visualiza antígenos de *Vibrio cholerae* y otras bacterias, y determina su toxigenicidad.

Desarrollo tecnológico

El IMTA colaboró en la disminución de las

*Felipe I. Arreguín Cortés,
Juana Cortés Muñoz y
Pedro Ramírez García
Instituto Mexicano de
Tecnología del Agua*

enfermedades diarréicas en varias localidades mediante la adaptación y desarrollo de métodos de saneamiento básico para comunidades rurales de hasta mil habitantes y el diseño de letrinas adecuadas a las condiciones del suelo y disponibilidad de agua en diferentes regiones del país. También, llevó a cabo el diseño y la prueba de filtros lentos de arena para remover turbiedad, sólidos suspendidos totales, coliformes totales y fecales, y *Vibrio cholerae*. Sobre el tema, se publicaron los capítulos “Saneamiento rural” y “Sistemas rurales” del *Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*, dirigidos a quienes trabajan en campo y gabinete, respectivamente.

La tecnología de tratamiento de aguas residuales evolucionó también al difundir criterios de diseño para remoción de patógenos, opuestos a los criterios tradicionales que se basan en la disminución de carga orgánica. Como parte del manual citado, se publicó el capítulo “Potabilización y tratamiento”.

Investigación

- El cloro como desinfectante

Se investigó la eficiencia del uso de blanqueadores comerciales como desinfectantes de agua para consumo humano. Preocupaba entonces la presencia de metales pesados en estos productos. Como no se detectaron, se les consideró apropiados para desinfectar el agua y evitar las enfermedades diarréicas en el medio rural.

También se investigó en campo por qué, a

pesar del saneamiento, no disminuían las infecciones gastrointestinales. En una encuesta aplicada en 20 localidades del estado de Morelos se encontró que 25% de los entrevistados no tomaban agua desinfectada con cloro “debido a su mal sabor”; 65% la tomaba porque sabía que protegía su salud, y el restante 10% tomaba agua embotellada o la hervía. También se encontró que faltaba capacitación para la operación de los cloradores, no había recursos para adquirir el cloro y, en varios lugares, no funcionaban los equipos.

La investigación empezó a profundizarse cuando se plantearon dos grandes interrogantes: ¿Podría ser resistente *Vibrio cholerae* al cloro en algún momento? y ¿Podría *Vibrio cholerae* ocupar un nuevo nicho ecológico y ser una especie endémica en nuestro país, debido a sus interacciones con otros organismos en el ambiente acuático?

- Variantes resistentes al cloro

La cloración es el método de desinfección de agua más utilizado por su bajo costo y efectividad. Sin embargo, la literatura reporta que en el ambiente existen cepas de bacterias y parásitos enteropatógenos que sobreviven al proceso de desinfección con cloro, por lo que representan riesgos potenciales de salud pública. Entre los microorganismos con tal resistencia destacan *Escherichia coli*, *Entamoeba histolytica* y *Giardia lamblia*.

La actual pandemia evidenció que la variante rugosa de *Vibrio cholerae* biotipo El Tor ha incrementado su resistencia al cloro, tal vez porque el desinfectante no es capaz de penetrar la matriz mucoide en que los agregados celulares están embebidos.

El incremento de coliformes fecales en aguas cloradas ha generado gran interés, ya que se sabe que los niveles convencionales de cloro son incapaces de eliminar éstos y otros microorganismos. Desde el punto de vista de la salud pública, este hecho cobra importancia porque los coliformes son capaces de recrecer en las biopelículas que se forman dentro de los sistemas de distribución a expensas del carbono orgánico y nutrientes biodisponibles.

Las bacterias con concentraciones adecuadas de nutrientes para favorecer su multiplicación, que después se exponen a condiciones



ambientales desfavorables, parecen adaptarse mediante más de un mecanismo de supervivencia. Tal es el caso de los géneros *Vibrio*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Aeromonas*, *Legionella*, *Campylobacter* y *Shigella* que permanecen viables y activos en el ambiente, sin la posibilidad de cuantificarlos mediante las técnicas de cultivo tradicionales y estandarizadas.

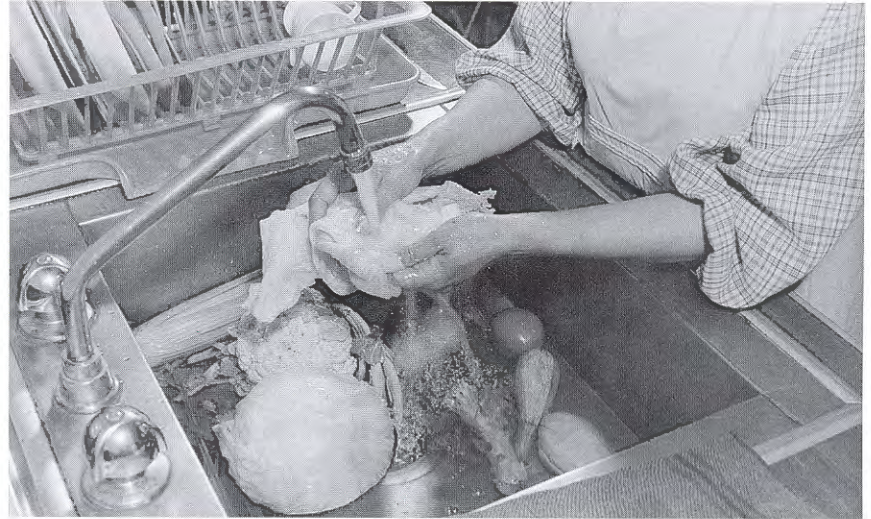
Por otro lado, existen cepas de coliformes capaces de sobrevivir a las concentraciones de cloro comúnmente utilizadas, como células dañadas que pueden restaurar los daños y recrecer en los sistemas de distribución. En condiciones controladas, se demostró en cepas de *Escherichia coli* enterotoxigénica que las células dañadas por la exposición al cloro son tan persistentes como las no dañadas y que algunas de ellas tienen la capacidad de autorreparar los daños.

La afinidad de las bacterias a las superficies y a las partículas en suspensión, además de las condiciones específicas de crecimiento de los cultivos bacterianos, incrementan la resistencia de las bacterias al cloro. El crecimiento de una cepa de *Klebsiella pneumoniae* encapsulada en una solución con bajo contenido de nutrientes incrementa su resistencia al cloro libre.

Factores que influyen en la supervivencia de las bacterias

Los estudios más recientes de agua potable tratada con cloro relacionan la supervivencia de las bacterias con sus interacciones con otros organismos; por ejemplo, con los protozoarios. Se ha visto que durante el proceso de cloración las bacterias sobreviven dentro de los invertebrados presentes en el agua o en los sistemas de distribución. Las tasas de digestión y supervivencia de las bacterias en otros organismos dependen de la temperatura, el tipo de bacteria y su patogenicidad. Los protozoarios *Giardia lamblia* y *Entamoeba histolytica* tienen la capacidad de enquistarse cuando se encuentran en condiciones adversas, por lo que las dosis de cloro y tiempos de contacto comúnmente utilizados son insuficientes. Donde no hay posibilidad de someter el agua a los procesos de sedimentación y filtración, es necesario aumentar las dosis y los tiempos de contacto.

Por otro lado, se comprobó que la cloración de aguas residuales o con alto contenido de



materia orgánica y partículas suspendidas no ejerce su acción desinfectante sobre las bacterias. Además, la presencia de *Vibrio cholerae* no cultivable permite inferir la posibilidad de que *Vibrio* sea una bacteria endémica en el medio acuático.

Nicho ecológico

En relación con el nicho ecológico de *Vibrio cholerae* es necesario conocer su ecología para explorar posibles reservorios u hospederos, ya que éstos, al favorecer su persistencia en el ambiente extraintestinal, principalmente en el agua, promueven el desarrollo de epidemias y propician la endemidad del cólera.

Igual que otras bacterias enteropatógenas de humanos, *Vibrio cholerae* es capaz de sobrevivir y multiplicarse en ambientes tales como las aguas marinas y salobres (en México, también en aguas de lagos salinos), que pueden servir como reservorio natural de este organismo. Además del consumo de agua contaminada, la infección en humanos también se relaciona con el consumo de moluscos bivalvos —ostiones, almejas, mejillones—, mariscos, cangrejos y, probablemente, pescado crudo. Todos ellos están en contacto con *Vibrio cholerae* aún en lugares en que la enfermedad no es endémica.

Se han encontrado altas cantidades de *Vibrio cholerae* en muestras de agua con salinidades entre 1.0 y 2.5‰, a temperaturas de entre 20 y 35 °C. Además, se aisló en 50% de las muestras de agua de dicho estudio, 45% de las ostras, 30% de sedimentos y 70% de cangrejos, en los mismos sitios en que se muestreó el agua. En agua de mar a 25 °C sin

nutrientes, la supervivencia de *Vibrio cholerae* fue de 70 días. La salinidad óptima para la producción de toxina se encuentra entre 2.0 y 2.5‰, independientemente de la concentración celular y la estabilidad de la toxina.

Vibrio cholerae desaparece rápidamente en presencia de otras bacterias y no puede sobrevivir por largos periodos en agua residual, de tal manera que persistirá sólo si hay contaminación constante con materia fecal de enfermos y portadores asintomáticos. Sin embargo, en aguas naturales con características de pH, temperatura y salinidad favorables, los vibriones pueden multiplicarse y persistir por largos periodos.

En términos generales, se desconoce la relación de *Vibrio cholerae* con el fitoplancton. No obstante, se ha observado la colonización por vibriones de algunas especies de fitoplancton, como adherencia a la superficie mucilaginosas de algunas algas y la cubierta silíceas de algunas diatomeas. También, es posible que exista una relación de *Vibrio* con los organismos bentónicos (mariscos y ostras) y los del merobentos (cangrejos).

Dado que *Vibrio cholerae* es una bacteria común en agua salina, puede servir como alimento para organismos planctónicos, entre los que destacan los ciliados y los flagelados. Aunque se sabe que muchas bacterias patógenas son tóxicas para los protozoarios, pueden ser ingeridas como presa alternativa en sustitución de las bacterias adecuadas, lo cual es muy importante en el proceso de tratamiento de agua para consumo humano, pues los patógenos podrían pasar dentro de los protozoarios y resistir la desinfección.

Por la relación ciliados-copépodos, es posible que la infección en humanos se deba a la ingestión de metazoarios que a su vez han ingerido protozoarios que contienen células de bacterias patógenas vivas.

El monitoreo de esta bacteria patógena, especialmente en América Latina, es de gran interés, pues es común que en el ambiente natural las bacterias patógenas pierdan rápidamente las características que las identifican (actividad bioquímica) y no puedan crecer en los medios de cultivo tradicionales, mientras conservan su patogenicidad potencial.

Vibrio cholerae pierde su capacidad para crecer en medios selectivos principalmente cuando el origen de la contaminación del agua no es reciente, cuando se encuentra en estado de inanición y cuando el ambiente le es desfavorable.

En abril de 1994, en la laguna costera de Mecoacán, Tabasco, se encontró *Vibrio cholerae* no cultivable en diez estaciones de muestreo, tanto en la superficie como a metro y medio de profundidad. En las estaciones próximas al mar y en las muestras superficiales se observó mayor abundancia de estos vibriones, con concentraciones en el orden de cinco a seis unidades logarítmicas. Con base en los muestreos realizados de junio a septiembre del mismo año, puede concluirse que en 12 estaciones se observó que las salinidades entre 1 y 21 partes por mil favorecen la persistencia de *Vibrio cholerae* 01 en sus formas cultivable y no cultivable.

En aguas salobres, la concentración de *Vibrio cholerae* no cultivable está relacionada con la salinidad y el plancton. La frecuencia con que se aísla *Vibrio cholerae* cultivable parece relacionarse con los coliformes fecales. Cuando la frecuencia en el aislamiento de *Vibrio cholerae* 01 cultivable se incrementa, los niveles de las formas no cultivables parecen relacionarse mejor con los estreptococos fecales. Las almejas cultivadas en la laguna constituyen un indicador de exposición a *Vibrio cholerae* 01 Ogawa.

Conclusiones

Aunque los avances alcanzados son importantes, debemos prepararnos para convivir con *Vibrio cholerae* por un largo tiempo. Se requiere atacar el problema de fondo; atender la falta de saneamiento ambiental, aumentar los servicios sanitarios en el medio rural y urbano, sobre todo en las áreas marginadas; así como fortalecer las acciones de educación, comunicación y participación de toda la sociedad para prevenir y controlar estos males.

Por otra parte, es urgente terminar los estudios de persistencia y nicho ecológico de *Vibrio cholerae* para ajustar las concentraciones de cloro y los tiempos de contacto, así como para establecer medidas de control de la cadena trófica en la cual se ubica *Vibrio cholerae*.

Normas que regulan las descargas de aguas residuales industriales

Las normas mexicanas

La legislación ambiental en México cuenta con dos instrumentos para el control de las descargas de aguas residuales: las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Condiciones Particulares de Descarga (CPD). Las NOM son instrumentos de la política ecológica y sus procedimientos son regulados por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización (1992); las CDP son parte de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) y su Reglamento.

Ambos instrumentos son complementarios ya que responden a dos aspectos normativos, deseables en toda regulación de carácter ambiental: la producción o generación de la descarga y el medio receptor de ésta.

El instrumento que regula la producción de la descarga debe ocuparse de los aspectos específicos de la actividad generadora: su

situación tecnológica, económica y social. Las NOM, que regulan el aspecto productivo, deberán ser parte de la dinámica industrial del país, ya que influyen en el desempeño competitivo de las empresas al considerar a la contaminación como resultado de un proceso productivo ineficiente.

Por otro lado, el instrumento que regula la descarga de acuerdo con el lugar donde se realiza considerará aspectos referidos a los efectos de ésta sobre el medio ambiente; es decir, las CPD actuarán como un instrumento de ajuste que regula la capacidad de asimilación de un cuerpo receptor y asegura el nivel de calidad requerido, según el uso al que esté destinado: abasto público, irrigación, recreación, uso industrial y protección de la vida acuática, principalmente. En la práctica, las CPD promueven lo que se conoce como tratamiento “al final del tubo”.

*Jorge Eugenio Barrios
Ordóñez
Gerencia de Saneamiento y
Calidad del Agua
Comisión Nacional del Agua*



TABLA PROMEDIO Y CARGA DE CONTAMINANTES

Tabla 1. Promedio y carga de contaminantes como demanda química de oxígeno (DQO) por giro industrial.

Giro industrial	Número de instalaciones	DQO mg/l			Carga	
		Promedio	Valor máx.	Valor mín.	Ton DQO/D	%
Celulosa y papel	39	940	3,330	120	371.2	1.3
Metálicas básicas	10	1,285	6,938	21	566.2	2.0
Textil	37	793	2,830	75	222.0	0.8
Curtiduría	11	2,978	6,491	200	10.3	0.04
Productos metálicos	33	902	6,627	27	67.0	0.2
Química-petroquímica	105	1,546	14,080	27	1,823.3	6.3
Beneficio de café	153	1,407	6,854	155	187.2	0.7
Azucarera	67	1,900	14,359	11	10,642.5	36.9
Explotación mineral	63	811	10,400	4	63.1	0.2
Alimentaria	172	2,208	25,181	1	1,045.4	3.6
Vitivinícola	18	4,842	15,840	120	16.7	0.06
Petrolera (Pemex)	85	1,064	13,104	1	533.2	1.9
Termoeléctricas (CFE)	41	491	3,820	3	11,066.7	38.4
Otras manufactureras	229	2,032	51,533	1	1,473.0	5.1
Servicios	230	773	6,845	1	183.0	0.6
Pecuaria	116	3,957	19,584	21	174.4	0.6
Cervecería	11	1,656	3,584	350	200.3	0.7
Pesquera	23	947	4,365	4	157.1	0.6

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Estudio de disponibilidad de agua en México en función del uso, calidad y cantidad. Informe final, octubre 1994.

Ambos instrumentos comprenden aspectos diferentes, pero complementarios del objetivo final de prevenir y controlar la contaminación de manera integral y eficiente.

Principio de equidad

El principio de equidad debe regir la normatividad ambiental ya que es expresión de la propiedad comunitaria del medio ambiente. En este caso, la propiedad común de las aguas nacionales, bajo el principio de sustentabilidad, implica a las generaciones presentes y futuras.

En términos económicos, esta equidad implica que las industrias asuman los costos ambientales, equivalentes a los costos que actualmente transfieren a la sociedad, como un daño a la salud, a la propiedad o a los ecosistemas al contaminar más allá del límite justificado por el beneficio social que estas empresas representan.

La búsqueda de esta equidad requerirá que ambos instrumentos —NOM y CPD— actúen profundamente en sus respectivos campos de acción: la producción y el medio ambiente.

Situación actual

Existe un obstáculo que impide la implantación de una normatividad sujeta a los principios expuestos: la gran disparidad de las concentraciones de contaminantes en las descargas de aguas residuales que considera individualmente a las empresas —aun del mismo giro industrial en un solo cuerpo receptor— y la referida a los diferentes giros industriales (Véase la tabla 1).

Estas diferencias evidencian la nula consideración que se ha dado en México al costo ambiental como un concomitante de cierta actividad productiva; en otras palabras, al alto precio que paga la sociedad por las actividades de empresas concretas, en lugares específicos.

Por ejemplo, el valor promedio máximo de la demanda química de oxígeno (DQO) de las descargas de 39 establecimientos dedicados a la industria de la celulosa y el papel, es de tres mil 300 miligramos por litro, el mínimo de 120 y el promedio de 940 (Véase la tabla 2). Esta disparidad revela las exigencias de tratamiento y los costos ambientales asociados de una

empresa que descarga en promedio concentraciones de contaminantes equivalentes a tres mil 300 miligramos por litro de DQO y, otra, cuyas descargas tienen concentraciones tres veces menores.

Esta heterogeneidad impide el desarrollo de cualquier regulación ambiental equitativa y, por tanto, es poco susceptible de ser cumplida; mas aún, refleja un notable vacío normativo que debe ser resuelto urgentemente. Llenarlo no implica establecer niveles de descarga estrictos, sino provocar comportamientos homogéneos; es decir, promover la reducción económicamente productiva, posible y gradual de las concentraciones, así como disminuir la naturaleza de los contaminantes presentes en las descargas, mediante normas equitativas que fomenten la competitividad entre las empresas.

La figura 1 ilustra la complementariedad de las NOM y las CPD al regular diferentes tipos de industrias (II) que descargan en un mismo cuerpo receptor. Las NOM serán el cimiento normativo y las CPD el instrumento de ajuste para lograr el nivel de calidad deseado. El nivel de exigencia dependerá de la clasificación del cuerpo receptor que, en términos esenciales, representará su capacidad de asimilación de contaminantes y el uso de sus aguas: abasto público, protección de la vida acuática y riego (niveles 1, 2 y 3).

En un nivel de exigencia bajo (nivel 3), el peso normativo recaerá en las NOM. Puede darse el caso de que el nivel de exigencia de las NOM se encuentre por arriba del nivel requerido (I2 y I6); sin embargo, a escala nacional, no se justifica que cierta actividad industrial contamine más allá de los niveles mínimos establecidos para empresas que realizan la misma actividad por tratarse de un cuerpo receptor que así lo permita. En los casos de niveles de exigencia mayores (niveles 1 y 2), las CPD se convertirán en el principal instrumento normativo, pero siempre sobre el sólido cimiento que significan las NOM.

El enfoque de este esquema es válido para un mismo tipo de contaminantes como la DQO, ya que entre diferentes actividades industriales la composición de las aguas residuales es muy variada. Así, mientras que para algunas industrias los compuestos tóxicos pueden ser

un problema, para otras son la carga orgánica o los metales pesados.

Entendida de esta manera, la normatividad deberá reforzar las ventajas de las NOM y las CPD para eliminar de manera integral y contundente el vacío mencionado. Esta consideración es muy importante frente a las expectativas del país pues, según el Banco Mundial, el control de emisiones al “final del tubo” debe ser menos importante para los países en vías de desarrollo que para los países desarrollados, en virtud de que la industria tenderá a expandirse rápidamente en los próximos años. Esto significa que los que están en desarrollo pueden hacer inversiones nuevas e incorporar tecnologías limpias en lugar de instalar costosos sistemas de tratamiento.

Se calcula que en diez años la mitad de las emisiones industriales provendrán de instalaciones nuevas y, en veinte, el total de ellas. Por tanto, las políticas ambientales encaminadas a establecer una adecuada combinación de procesos con tecnologías limpias y controles del tipo “final del tubo” permitirán a los países en desarrollo reducir las emisiones a un menor costo que a los países desarrollados.



Correo electrónico

Salvador Villamil Córdova
Gerencia del Servicio
Meteorológico Nacional
Comisión Nacional del
Agua

Muchos de nosotros hemos recibido cartas o documentos en el buzón de nuestra oficina o casa, cuyos remitentes son amigos o contactos comerciales. Al recibir la correspondencia notamos que tardó en llegarnos varios días o semanas y, en algunos casos, hasta meses.

Quando se trata de amigos o familiares es posible que el retraso no ocasione problemas graves, pero cuando los documentos se relacionan con actividades de trabajo, frecuentemente tienen un tiempo para atenderse.

En la actualidad, para evitar estos contratiempos nos vemos obligados a pagar servicios especializados de mensajería, cuya efectividad, en términos generales, es entregar los documentos en 24 horas cuando el servicio es nacional y en 48 horas cuando es internacional, con algunos otros detalles que dependen de la empresa y el tipo de servicio contratado. Por cada envío se paga alrededor de 100 o 200 pesos que, multiplicados por el número de servicios al año, resulta costoso.

Por fortuna, desde hace algunos años existe el correo electrónico, un medio muy rápido de comunicación entre usuarios de

computadoras que permite enviar mensajes, documentos e imágenes ya sea a la oficina, la casa o a una computadora portátil.

Entre los medios de comunicación que ofrece el correo electrónico podemos mencionar tres:

- **En una oficina o red local**

Una red local (Véase la figura 1) es muy útil porque permite mantener comunicado en forma permanente a todo el equipo de trabajo; dar seguimiento a cada una de las tareas asignadas; enviar todo tipo de archivos y recibir acuses de recibo.

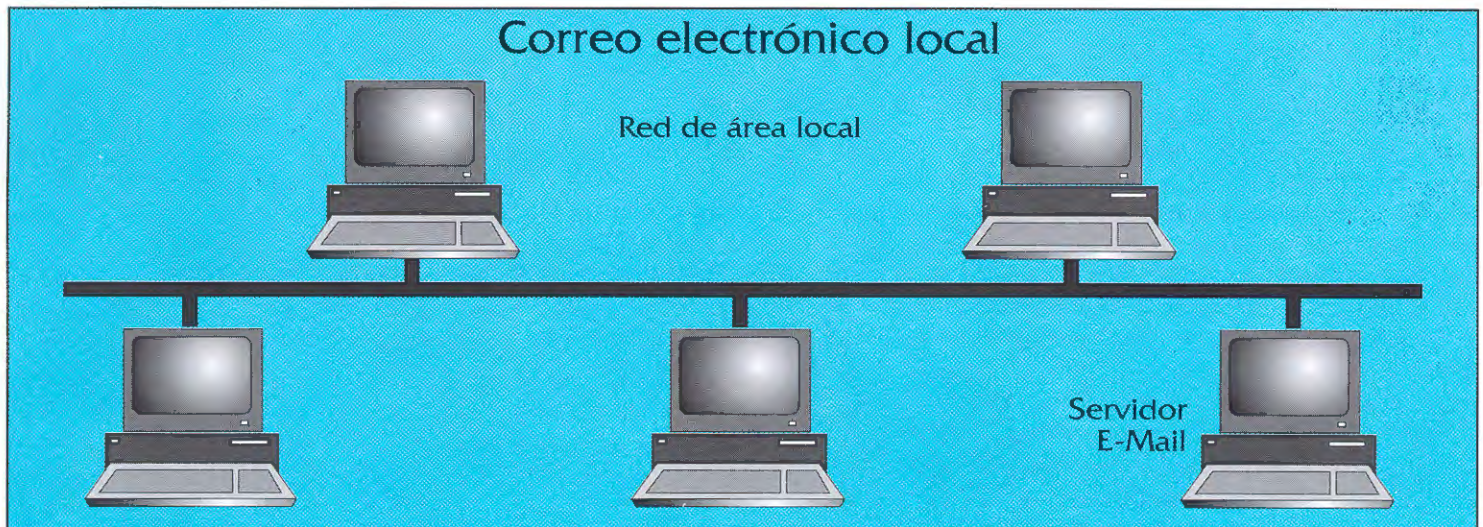
- **Entre diferentes edificios o ciudades**

Quando las oficinas están distribuidas en diferentes edificios de una misma ciudad, el uso de modems, que tienen como medio de comunicación la línea telefónica, permite utilizar este esquema para enviar mensajes de una red local a otra. Los programas de correo electrónico generan automáticamente una llamada cuando existe un mensaje para un usuario que se encuentra fuera de la red local, de esta manera se pueden consultar los mensajes sin estar en la oficina (Véase la figura 2).

- **A nivel internacional**

El correo electrónico internacional es el

Figura 1.



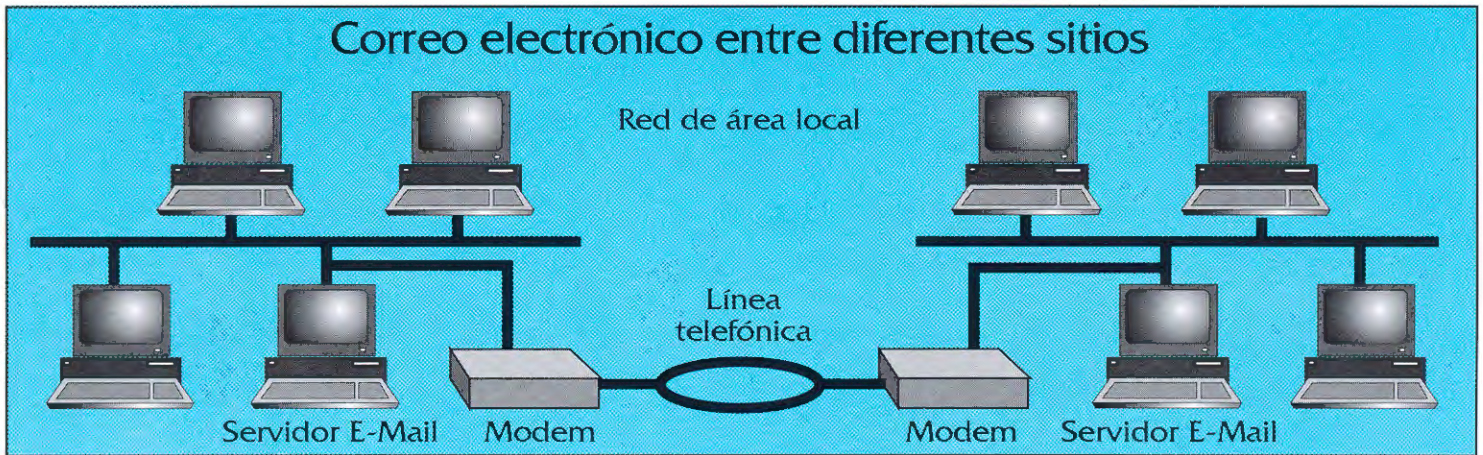


Figura 2.

esquema que utiliza la mayoría de los usuarios, ya que se pueden emplear en uno o varios edificios o, mediante una cuenta personal, establecer comunicación a cualquier parte del mundo, con un costo relativamente bajo y con diferentes niveles de infraestructura según cada necesidad. En la figura 3 se esquematizan dos redes locales comunicadas a través de un medio físico que puede ser una fibra óptica, enlace satelital, un módem de alta velocidad o un radio módem.

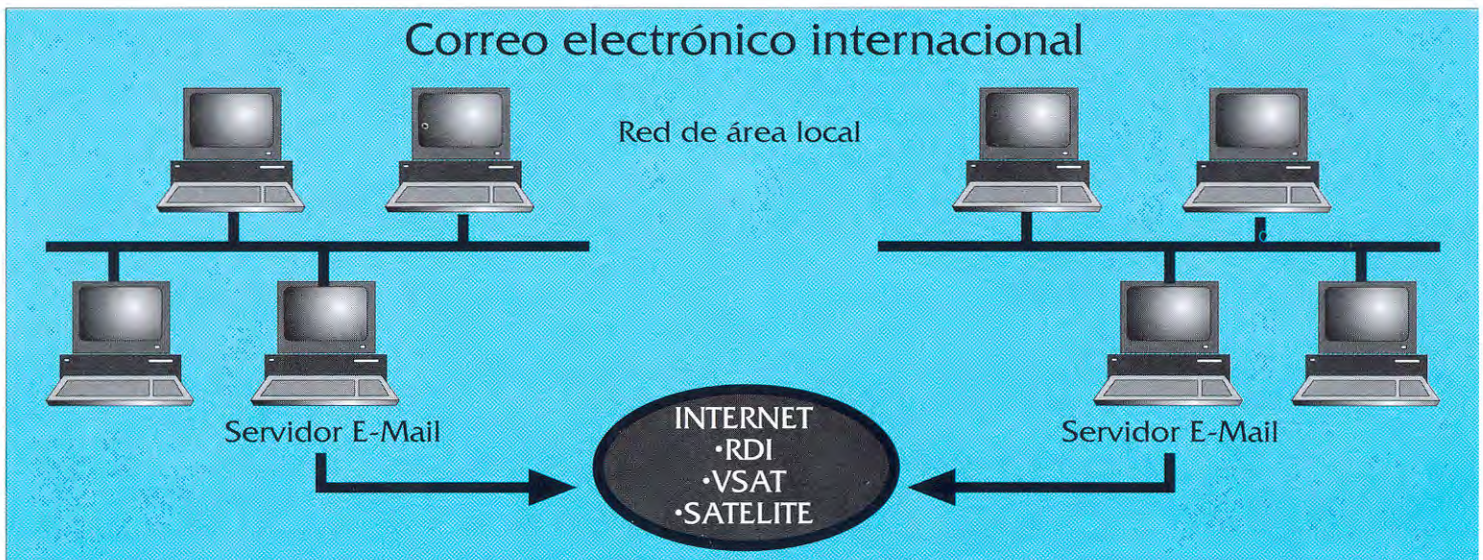
pocas palabras significa romper las barreras del tiempo, costo y distancia.

Si todos los miembros de la Asociación Mexicana de Hidráulica contaran con un medio de comunicación similar, estaríamos en comunicación permanente, con la posibilidad de enviar las ponencias en forma electrónica y de conocer los programas de actividades, conferencias y eventos sin problemas de tiempo y difusión; además seríamos parte de los tiempos por venir.

Entre la ventajas que ofrece el correo electrónico, se pueden mencionar: ahorro de papel; comunicación a cualquier parte del mundo al mismo precio de una llamada local; transferencia de archivos de datos de cualquier tamaño; intercambio de experiencias sobre proyectos específicos; independencia de horarios; entrega inmediata; bajos costos. En

De acuerdo con las facilidades de comunicación existentes, la implantación o disponibilidad del correo electrónico es un paso que en muy poco tiempo dará la mayoría de las instituciones y empresas, ya que el mundo de la comunicación nos ofrece cada vez más posibilidades a nuestro alcance.

Figura 3.



A

G

E

EVENTOS RELACIONADOS CON LA HIDRAULICA

NACIONALES

23 al 26 de octubre
XIV Congreso Nacional de Hidráulica
Organizado por la AMH
Acapulco, Gro. México
Tel (915) 626 8653
Fax (915) 666 0835

3 al 7 de noviembre
XXV Congreso Interamericano
Organizado por SMISAAC/
AIDIS
México, D.F.
Tel (915) 579 4809
Fax (915) 530 3390

INTERNACIONALES

AGOSTO

1 de agosto
Simposio Internacional del Agua
Bordeaux, Francia
Organizado por International Water Lily Society
Tel 95 (301) 874 5503
Fax 95 (301) 874 2959

4 al 9
Efectos de desarrollo de aguas y manejo de ecosistemas acuáticos
Snowbird, Utah, EUA
Organizado por Engineering Foundation
Tel 95 212 705 7836
Fax 95 212 705 7441

5 al 7
Congreso bienal sobre control de avenidas
The Lost City, Sudáfrica



Organizado por IAHR
Tel 98 011 716 5091
Fax 98 011 339 7835

5 al 9
12o. Simposio internacional sobre bioquímica medio ambiental
Río de Janeiro, Brasil
Organizado por la oficina de la Convención de Río
Tel 98 021 259 6165
Fax 98 5521 511 2592

7 al 9
Contaminación costera 96: Problemas ambientales en zonas costeras
Río de Janeiro, Brasil
Organizado por Wessex Institute of Technology
Tel 98 440 1703 293 223
Fax 98 440 1703 292 853

8 al 11
7o. Simposio internacional de la IAHR sobre hidráulica estocástica
Queenisland, Australia
Organizado por University of Central Queenisland
Dep. Of Civil Engineering and Building Rockhamton,
MC QL 4702, Australia

17 al 21
Conferencia de la Federación de Agua y Medio Ambiente sobre biosólidos y residuales
Denver, Colorado, EUA
Organizado por la Federación de Agua y Medio Ambiente
Tel 95 703 684 2400
Fax 95 703 684 2475

SEPTIEMBRE

1 al 6
II Diálogo interamericano sobre administración de aguas
Buenos Aires, Argentina
Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas
Tel 98 541 480 0094
Fax 98 541 480 9162

2 al 6
Conferencia sobre manejo y tecnología del agua
Nevada, EUA
Organizado por NRWA
Tel 95 405 252 0629
Fax 95 405 255 4476

2 al 15
Diplomado en tecnología y administración ambiental
Monterrey, N.L. México
Organizado por ITESM
Campus Monterrey
Tel 91 8 328 432
Fax 91 8 328 4144

2 al 27
Rehabilitación de los Sistemas de riego
Organizado por la Universidad del Estado de Colorado
Tel 95 303 491 5247
Fax 95 303 491 6787

4 al 6
Envirosoft 96
Como, Italia
Organizado por Wessex Institute of Technology
Tel 98 4401 703 293 223
Fax 98 4401 703 292 853

5 al 8
6o. Simposio internacional sobre modelación de fluidos
Tallahassee, Fla, EUA
Organizado por FSU
P.O. Box 2175, Tallahassee, Fla.
3216-2175, EUA

9 al 13
Conferencia internacional sobre tormentas y drenaje urbano
Hannover, Alemania
Organizado por Universidad de Hannover
Tel 98 511 762 2237
Fax 98 511 762 3731

9 al 13
Contaminación del agua
México, D.F.
UNAM
Tel 91 5 622 4168
Fax 91 5 550 8834

24 al 26
Conferencia: Agua y agua residual
Springfield, Missouri, EUA
Organizado por AWWA
Tel 95 314 635 3365

25 al 28
47o. Encuentro del Consejo Ejecutivo Internacional y 16o. Congreso sobre irrigación y drenaje

N D A

El Cairo, Egipto
Organizado por ICID
Tel 98 262 959 383
Fax 98 262 959 153

26 al 27
Asociación Europea del Control de la Contaminación del Agua
Amsterdam, Holanda
Organizado por EWPCA
Tel 98 31 7 2589 9062
Fax 98 31 0 72589 9040

OCTUBRE

5 al 9
Conferencia anual de la Federación de Agua y Medio Ambiente
Dallas, Texas, EUA
Organizado por la Federación Americana de Agua y Medio Ambiente
Tel 95 703 684 2400
Fax 95 703 684 2475

6 al 10
WEFTEC'96-69 Conferencia Anual y Exposición
Dallas, Texas, EUA
Organizado por la Federación Americana de Agua y Medio Ambiente
Tel 95 703 684 2400
Fax 95 703 684 2475

7 al 11
Curso: Academia de los estándares de calidad del agua
Washington, DC, EUA
Organizado por USEPA
Tel 95 202 260 1320
Fax 95 202 260 9830

14 al 17
Conferencia internacional sobre control y calidad

1996
Yokohama, Japón
Organizado por la Unión de Científicos Japoneses e Ingenieros
Tel 98 03 5379 1227
Fax 98 03 3225 1813

17 al 19
Encuentro anual de la Asociación Internacional de Agua Embotellada
Nashville, Tennessee, EUA
Organizado por la Asociación Internacional de Agua Embotellada
Tel 95 703 683 5213
Fax 95 703 683 4074

20 al 23
Conferencia Internacional del Agua
Pittsburg, Pensilvania, EUA
Organizado por Dianne Liotta
Tel 95 412 261 0710

21 al 25
VII Congreso Latinoamericano de Hidráulica
Guayaquil, Ecuador
Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas
Tel 98 593 424 1841

23 al 25
Conferencia sobre control de la contaminación del agua
North Dakota, EUA
Organizado por North Dakota Health Dept.
Tel 95 701 221 6622

29 al 31
Conferencia sobre investigación ambiental y recursos del agua: Torres

del siglo 21
Kyoto, Japón
Organizado por Water Resources Research Center
Tel 98 81 774 32 3093
Fax 98 81 774 32 3093

NOVIEMBRE

4 al 7
10a. Conferencia regional e internacional del suplemento del agua
Asociación (Water Hong Kong 96)
Hong Kong
Organizado por Philippine Water Works Association
Tel 98 02 819 0886
Fax 98 02 990 2600

17 al 21
Conferencia de la Asociación Americana de Trabajos del Agua: Tecnología y calidad del agua
Boston Mass, EUA
Organizado por AWWA
Tel 95 301 794 7711
Fax 95 301 794 7310

17 al 21
11a. Conferencia



internacional de la Sociedad Israelí de Control de Calidad
Jerusalén, Israel
Organizado por ISAS International Seminars
Tel 98 972 2 661 356
Fax 98 972 2 868 165

26 al 30
Conferencia sobre evaluación de seguridad del 2o. dam
Trivandrum, India
Organizada por Central Board of Irrigation and Power
Tel 98 91 11 301 5984
Fax 98 91 11 301 6347

S I G L A S

AIDIS Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y ambiental; **AMH** Asociación Mexicana de Hidráulica; **AWRA** American Water Resources Association; **AWWA** American Water Works Association; **EWPCA** European Water Pollution Control Association; **FSU** Florida State University; **IAHR** Asociación Internacional de Recursos Hidrológicos; **ICID** International Commission on Irrigation and Drainage; **ITESM** Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey; **NRWA** National Rural Water Association; **SMISAAC** Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, A.C.; **USEPA** United States Environmental Agency

Con motivo de la realización del

XIV Congreso Nacional de Hidráulica

la Asociación Mexicana de
Hidráulica
a través del XXII Consejo Directivo

invita a todos los ingenieros, especialistas e
investigadores relacionados con este sector,
a participar en el XIV Congreso que se celebrará
del 23 al 26 de octubre de 1996,
en Acapulco, Guerrero.