

TLALOC AMH

TLALOC-AMH. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH • septiembre-diciembre, 1998 • Año V • No. 13

- Bienvenida a los participantes en los congresos XVIII Latinoamericano y XV Nacional de Hidráulica
- Una visión prospectiva de los recursos naturales
- Origen de los incrementos del coeficiente de pérdida de carga por fricción en los acueductos

XVIII
Congreso Latinoamericano
de Hidráulica



XV
Congreso Nacional
de Hidráulica

GUÍA PARA AUTORES

Sección Interiores

Incluirá la información que emane de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Presentación

Título

Nombre del autor o autores

Lugar de trabajo

Desarrollo libre del tema

Enviar textos al doctor Gustavo Paz Soldán Córdova, miembro del Consejo editorial a: Av. Insurgentes Sur 1960 4o. Piso, Col. Florida México, D.F. C.P. 01050.
Teléfono: 663-21-92
Fax: 91 (5) 663 41 36

Sección Artículos técnicos

Incluirá textos técnicos, de divulgación, de transferencia y de adaptación de tecnología, de aspectos de infraestructura, educativos y docentes, relacionados con el sector agua.

Presentación

Título.

Nombre del autor (es).

Lugar (es) de trabajo.

Resumen. Se describirán brevemente el objetivo, el método, los resultados y las conclusiones de trabajo.

Introducción.

Desarrollo. Las notas a pie de página estarán integradas al texto y los cuadros, las gráficas, las fotos y las ilustraciones deberán ser de muy buena calidad y acompañarse de sus respectivos pies de foto.

Conclusiones y recomendaciones.

Referencias. Únicamente se publicarán aquellas que se citen explícitamente en el texto.

Enviar textos al doctor Nahun Hamed García Villanueva, Coordinador de Artículos técnicos a: Paseo Cuauhnáhuac No. 8532 Col. Progreso, Jiutepec, Morelos.
Teléfonos: (73) 19-40-12; 19-41-11.
Extensión: 516,
Fax: (73) 19-42-81
E-mail: nahung@tlaloc.imta.mx

Sección Contextos

Incluirá artículos y trabajos de análisis en torno a la problemática del agua en el país en sus diferentes aspectos: políticos, sociales, económicos, ambientales, históricos y culturales.

Presentación

Título

Nombre del autor (es)

Lugar (es) de trabajo

Se describirá brevemente la finalidad del trabajo, así como las características más relevantes del tema a tratar y su importancia en relación al sector agua.

Desarrollo del trabajo: Incluirá la mayor cantidad posible de datos precisos (económicos, financieros, matemáticos). Los cuadros, las gráficas, las fotos y las ilustraciones deberán ser de muy buena calidad y acompañarse de sus respectivos pies de foto. Deberá exponer la manera en que la naturaleza y la trascendencia del tema tratado impactarán al sector agua y, si es el caso a los miembros de la AMH en particular.

Enviar textos a la licenciada Leonor Pintado Cortina, Coordinadora de *Contextos* a: Insurgentes Sur 2140, 1er. piso, Col. Ermita, San Ángel, C.P. 01070, México, D.F. Teléfono: 237-40-00. Extensión 4018, Fax: 237-40-20

Formato

- La extensión máxima de los trabajos, incluidas ilustraciones, será de diez cuartillas a doble espacio con una tipografía no mayor de 11 puntos.
- Los trabajos habrán de presentarse capturados en *diskettes* de 3.5 pulgadas y procesados en *Word* o *Word Perfect* en cualquier tipo de letra.
- Se incluirá una página con el domicilio, teléfono, el fax y el correo electrónico del autor o autores.

TLALOC AMH

TLALOC-AMH. Órgano informativo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH

Año V, Núm. 13, septiembre-diciembre, 1998

XXIII CONSEJO DIRECTIVO DE LA AMH

PRESIDENTE: César Herrera Toledo
VICEPRESIDENTE: Jesús Campos López
TESORERO: Héctor Merino Guevara
SECRETARIO: Julio Acosta Rodríguez
SECRETARIO DESIGNADO: Gustavo Paz Soldán Córdova
VOCALES: Francisco Javier Aparicio Mijares, Óscar Hernández

CONSEJO EDITORIAL

EDITOR RESPONSABLE: César Herrera Toledo
MIEMBROS: Jesús Campos López, Gustavo Paz Soldán Córdova

COMITÉ EDITORIAL

EDITOR TÉCNICO: Polípropto Martínez Austria

COORDINADORES DE SECCIÓN:

Interiores: Gustavo Paz Soldán Córdova
Contextos: Leonor Pintado Cortina
Artículos técnicos: Nahun Hamed García Villanueva

MIEMBROS: Felipe I. Arreguín Cortés, Moisés Berezowsky, Daniel Campos Aranda, Jaime Collado, Rubén Chávez Guillén, Óscar Fuentes Mariles, Humberto Marengo, Franz Rojas, María Rosa Sauri Riancho, Gilberto Sotelo Ávila, Rolando Springall

POLÍTICA EDITORIAL

TLALOC-AMH es una revista destinada a servir a a los socios de la AMH, y en general a la comunidad involucrada con el agua en México, mediante la publicación de información relacionada con la AMH así como con temas de interés para el sector. En ella se podrán expresar opiniones y divulgar conocimientos. Además, se constituye en un medio para cultivar y estrechar vínculos entre colegas y establecer una participación cada vez más entusiasta y comprometida con la sociedad y con la Asociación Mexicana de Hidráulica.

AUTORES: Las páginas de la revista estarán abiertas, tanto a los miembros de la AMH como a todas aquellas personas interesadas en la temática de la especialidad, independientemente de su formación académica, nacionalidad y lugar de trabajo.

CALIDAD: El Comité editorial evaluará los textos y aquellos que apruebe para su publicación se afinarán, de común acuerdo con el autor.

TLALOC-AMH es una publicación cuatrimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH. Camino Santa Teresa 187. Colonia Parques del Pedregal. C.P. 14010, México. D. F. Certificado de licitud de título Núm. 8279 y de contenido Núm. 5828. Reserva de derechos al uso exclusivo Núm. 04-1998-062419345900-102. Página Web: <http://atl.imta.mx/~amh>
 Correo electrónico: amh@atl.imta.mx

El tiraje es de 2500 ejemplares, incluyendo los de reposición. Diseño, originales, negativos e impresión: *Impresión y Diseño*. Avenida Río Churubusco Núm. 2005, Lote 15, Manzana 19. Colonia Rodeo, México, D.F.

Editorial

3

Bienvenida a los participantes en los congresos XVIII Latinoamericano y XV Nacional de Hidráulica

Interiores

Asamblea General Ordinaria: Informe del XXIII Consejo Directivo	5
Rolando Springall Galindo: Premio Nacional Francisco Torres H. 1998	8
Álvaro A. Aldama: Premio Nacional Enzo Levi, 1998	9
Curso de operación y mantenimiento en sistemas de agua potable y alcantarillado	10
Visitas técnicas	11
Reunión con Andrés Henestrosa	12

Contextos

Una visión prospectiva de los recursos naturales <i>Reseña de la conferencia de la maestra en ciencias Julia Carabias en la AMH</i>	13
Organización comunitaria para el servicio rural de agua potable en el estado de Oaxaca <i>Rubén Darío Herrera Cabrera</i>	17

Artículos técnicos

Origen de los incrementos del coeficiente de pérdida de carga por fricción en los acueductos <i>Jorge Luis de Victorica</i> <i>José Luis Sánchez Bribiesca</i>	20
La investigación y el desarrollo de tecnología como un sistema de soporte para la toma de decisiones en el sector agua <i>Álvaro A. Aldama</i>	24

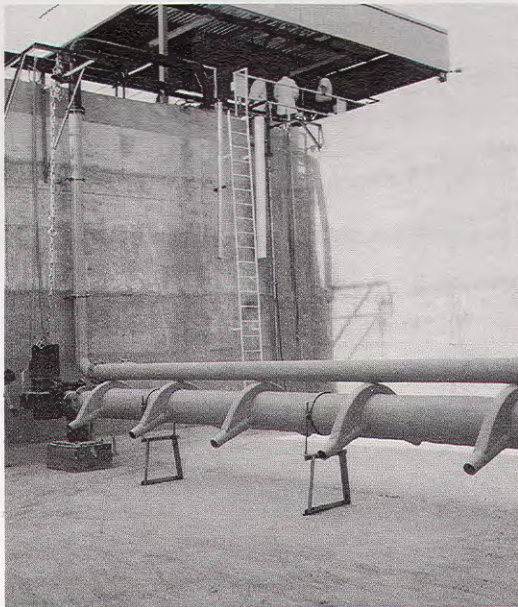
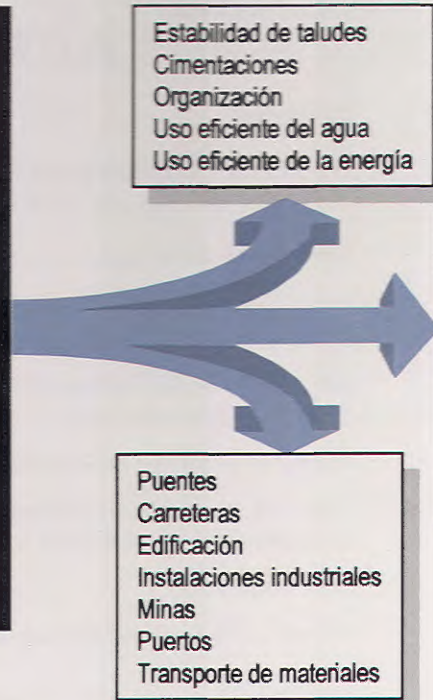
Agenda

32



Portada:
Patio central del Centro Cultural
Santo Domingo, Oaxaca
Foto:
Roberto Menéndez
y José Luis Martínez

Hidráulica
 Hidrología
 Geohidrología
 Geología
 Geofísica
 Planeación
 Estructuras
 Mecánica de suelos
 Mecánica de rocas
 Administración
 Informática
 Topografía
 Evaluación de proyectos
 Ingeniería de minas
 Ingeniería eléctrica
 Ingeniería mecánica
 Ingeniería ambiental
 Ingeniería económica
 Ingeniería financiera



Ingeniería MEXICANA
20 años de experiencia
Más de 900 estudios y proyectos
Más de 150 clientes satisfechos



GRUPO DE SERVICIOS, Ingeniería y Proyectos SA de CV

OFICINAS Y REPRESENTACIONES EN EL D.F.,
 AGUASCALIENTES, MORELOS, OAXACA, JALISCO,
 GUANAJUATO, VERACRUZ Y SAN LUIS POTOSI

Retorno 11 #2, Colonia Avante, México, 04460 D.F.,
 teléfonos: 689-3134, 689-5764 (fax),
 E-Mail: seinpro@cnic.org

S

antiago de Chile fue la sede del "Congreso 0", como suele llamarse al Seminario Internacional de Hidráulica y Mecánica de Fluidos, celebrado en 1962, durante el cual se propuso crear una sociedad latinoamericana de hidráulica, idea que apoyada por la Asociación Internacional de Investigaciones Hidráulicas (AIH), dio origen a la División Regional Latinoamericana de esta Asociación.

Con la realización del I Congreso Latinoamericano de Hidráulica efectuado en 1964 en Porto Alegre, Brasil, la División Regional Latinoamericana inició la organización de diversos grupos de trabajo, como el de hidromecánica, en Uruguay, y de congresos bienales, conjuntamente con la asociación de hidráulica de la nación sede correspondiente. A la fecha diez diferentes países de la región han sido anfitriones de 17 congresos; en dos ocasiones ha correspondido a México este honor.

Hoy, recibimos nuevamente a los profesionales y técnicos participantes en el XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, en la Exposición Internacional de Hidráulica, organizados por la AIH y la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH), y en el XV Congreso Nacional de Hidráulica, organizado simultáneamente por la AMH en la ciudad de Oaxaca.

La AMH entregará, durante la ceremonia de inauguración de los congresos, dos reconocimientos que ha instituido con el fin de promover, apoyar y estimular el desarrollo de los profesionales en esta disciplina: el Premio Nacional Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica, que se otorga por tercera ocasión, y el Premio Nacional Francisco Torres H., a la Práctica Profesional de la Hidráulica, creado por el actual Consejo Directivo.

Reuniones como las que ahora nos ocupan, tienen como metas primordiales proponer soluciones viables, bien fundamentadas y adecuadas a problemáticas vinculadas con el manejo del agua, tanto en México como en Latinoamérica; estamos seguros de alcanzarlas con la participación de todos los asistentes.

El XXIII Consejo Directivo de la AMH y los comités organizadores de ambos congresos, desean que su estancia en la bella y hospitalaria ciudad de Oaxaca les sea provechosa y placentera.

ATENTAMENTE
CÉSAR HERRERA TOLEDO
Presidente del XXIII Consejo Directivo, AMH

Tecnología IMTA

ERIC (Extractor rápido de información climatológica)



Variables climatológicas en 5,000 estaciones del país:

- Precipitación
- Temperatura
- Evaporación
- Cobertura del cielo
- Tormentas eléctricas
- Granizo

Permite el acceso rápido y eficiente a la información climatológica que se almacena en la base de datos Clicom, que opera el Servicio Meteorológico Nacional. Contiene 300 millones de mediciones en superficie durante el intervalo 1920-1990. La base de datos se organiza para consultar las variables meteorológicas seleccionadas en una ventana en el tiempo y en el espacio.

Tecnologías alternativas en hidráulica



Recomendado para comunidades rurales menores de 500 habitantes con condiciones climáticas y fisiográficas adversas. El paquete está formado por: guías técnicas, programa de cómputo (MS-DOS versión 5.0) y video.

Captación de agua

- Cisternas
- Captanieblas
- Presas subterráneas

Saneamiento y tratamiento

- Filtros de cantera y caseros
- Fosas sépticas
- Letrinas rurales

Riego

- Dispositivos para riego de huertos
- Cápsulas porosas

Extracción y bombeo de agua

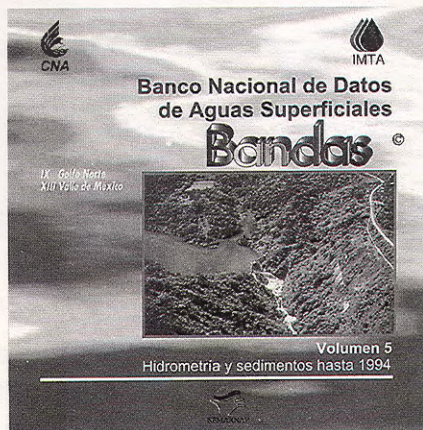
- Bomba de ariete

Bandas (Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales)

Información sobre 1,527 estaciones hidrométricas y 118 vasos de almacenamiento

- Gasto o caudal
- Volumen escurrido
- Peso y volumen en sedimentos
- Régimen de almacenamiento en vasos
- Periodo variable entre 1902 y 1994
- Valores: horarios, medios y extremos
- intervalos: diario, mensual, anual e histórico

Bandas facilita la elaboración de gráficas de: hidrogramas, curvas de gasto, limnigramas, avenidas, volúmenes de almacenamiento, derrames, entradas netas, salidas totales, síntesis hidrometría. Facilita la impresión de reportes y consultas, así como exportar información a otros paquetes.



Informes en: Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos. Teléfonos: (73) 19-40-81 y 19-40-00 Ext. 130; Fax: (73) 19-38-01. E-mail: cocom@tlaloc.imta.mx.

ASAMBLEA GENERAL ORDINARIA: INFORME DEL XXIII CONSEJO DIRECTIVO

(7 DE MAYO DE 1998)

Ingeniero Óscar Vega Argüelles,
Presidente de la Junta de Honor

Doctor Fernando González Villarreal,
Presidente del Consejo
Consultivo Nacional

Miembros del XXIII Consejo Directivo

Distinguidos colegas:

Me es muy grato dirigirme a ustedes para informarles sobre las actividades que este Consejo Directivo, el cual me honro en presidir, ha realizado durante su primer año en funciones.

La Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH) está cumpliendo ahora 32 años de prolífica vida, los objetivos que motivaron su creación se han cumplido y se ha logrado conocer y atender la problemática del agua en nuestro país, con una mayor participación de la sociedad en general. Es labor y responsabilidad de la AMH colaborar en ello con la sociedad mexicana.

Actualmente, la cobertura de la AMH es nacional: se cuenta con 1,330 socios activos, se tienen siete secciones regionales: Aguascalientes, La Laguna, Michoacán, Morelos, Sonora, Veracruz y la península de Yucatán, las cuales operan con el apoyo de 42 coordinaciones. De éstas, 17 se encuentran en la ciudad de México.

El 7 de mayo de 1997, hace exactamente un año, entró en ejercicio el XXIII Consejo Directivo de nuestra asociación; en el mensaje que con motivo de la toma de protesta dimos entonces, anunciamos varias líneas de trabajo que aseguraban y que hoy siguen asegurando la congruencia y la continuidad de nuestras acciones. Menciono enseguida, brevemente, las principales que en el transcurso de este año realizamos.

En primer término, comentaré que hemos puesto énfasis en la actualización del registro de los socios y coordinadores de todo el país, a quienes por escrito les ratificamos su nombramiento, dado el caso, les extendimos uno

nuevo. El 26 de marzo del presente año nos reunimos con todos los coordinadores y presidentes regionales para acordar una colaboración activa, así como también para asumir, de nuestra parte, el compromiso de propiciar que la AMH participe mayormente en eventos regionales.

Para dar cumplimiento a lo anterior, la próxima semana se iniciará una serie de reuniones regionales. En ellas se presentarán y revisarán los resultados de los diagnósticos hidráulicos, que la Comisión Nacional del Agua (CNA) realizó el año pasado y que forman parte fundamental del actual proceso del cambio.

Serán trece las reuniones regionales, mismas que se llevarán a efecto en las sedes de cada una de las nuevas regiones en que el país ha sido sectorizado para la administración del agua. Serán convocadas por la AMH, quien invitará a los socios de la región de que se trate, y a todos aquéllos que tengan interés en participar, a fin de que intercambien opiniones sobre su particular problemática del agua. La AMH recabará todos los comentarios emitidos en las reuniones y los entregará a la Comisión Nacional del Agua.

Tal como se planteó al inicio de las actividades de este Consejo, la AMH cuenta con su página en *Internet* desde el 21 de mayo del año pasado, a través de la cual ha dado a conocer las principales noticias de interés para los socios, los estatutos de la asociación, la revista Tlaloc-AMH y las invitaciones a los cursos y reuniones que la propia AMH organiza. Asimismo, desde el mes de agosto de 1997 se incluye como información principal la invitación que la AMH y la Sección Latinoamericana de la Asociación Internacional de



El ingeniero César Herrera (al micrófono), presidente del XXIII Consejo Directivo de la AMH mencionó que las sugerencias, comentarios o críticas son bienvenidos, pues su primer objetivo es la búsqueda del mejoramiento de la AMH

Investigaciones Hidráulicas (IAHR, por sus siglas en inglés), hacen conjuntamente para asistir al XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica y al XV Congreso Nacional de Hidráulica. Esta Sección concedió amablemente a México la sede para organizar la primera de estas importantes reuniones. Hasta hoy nuestra página en *Internet* ha recibido más de 1,200 visitas.

Los dos congresos se realizarán paralelamente del 13 al 16 de octubre en la ciudad de Oaxaca, para lo cual el 22 de enero pasado el Comité Organizador visitó al gobernador del estado, licenciado Diódoro Carrasco, quien ofreció su hospitalidad y apoyo.

El programa técnico del congreso contempla mesas de trabajo, en las que se presentarán y discutirán las ponencias recibidas sobre los doce temas establecidos:

- Planeación de los recursos hidráulicos.
- Aprovechamientos hidroagrícolas.
- Hidráulica urbana.
- Calidad del agua e impacto ambiental.
- Abastecimiento y saneamiento rural.
- Generación de energía.
- Economía y finanzas del agua.
- Investigación y desarrollo tecnológico.
- Capacitación y docencia.
- Usos industriales, acuicultura y turismo.
- Hidrometeorología y control de inundaciones.
- Uso de las aguas residuales tratadas como una fuente alterna de suministro.

Por otra parte, se han contemplado cinco sesiones plenarias con los siguientes temas:

- Abastecimiento y saneamiento.
- Planeación y financiamiento del aprovechamiento de los recursos hidráulicos.
- Agua y energía.
- Riego y drenaje.
- Los ciclones y sus efectos.

Finalmente, se dictarán dos conferencias magistrales.

De suma importancia será la Exposición Internacional de Hidráulica, para

la cual esperamos contar con cerca de cien expositores.

La primera invitación a los congresos mencionados fue emitida y distribuida en el país en agosto del año pasado, así como en el Congreso Internacional de la IAHR celebrado en San Francisco, California, EUA, el mes de agosto de 1997. El primer boletín fue distribuido en febrero de este año y la semana próxima será editado el tercero, con información detallada de la sede, temas de los congresos, información de hoteles y fichas de preinscripción.

El 31 de julio del año pasado y el 21 de abril del presente, el Consejo Directivo se reunió en dos oportunidades con el Consejo Consultivo. En la primera reunión se platicó sobre los planes a desarrollar, y en la segunda se nos solicitó informar sobre las acciones realizadas. Fue en esta segunda reunión que se acordó incrementar a 50 mil pesos mexicanos el monto del premio Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica, e instaurar el premio Francisco Torres H. a la Práctica Profesional de la Hidráulica, para honrar la memoria de uno de los profesionales de la materia que dedicaron su vida al desarrollo hidráulico de México. Francisco Torres H., cuyo deceso notificamos con profunda pena el pasado primero de noviembre fue, además, parte de aquel grupo de profesionales que hace 32 años fundaron nuestra Asociación. El premio que lleva su nombre se otorgará a aquel profesional de la hidráulica cuya trayectoria haya sido ejemplar, que haya contribuido a la formación de profesionistas en la materia y cuya aportación al bienestar de México haya sido notable. El premio consistirá en un diploma, 50 mil pesos en efectivo y la presentación de la Conferencia Magistral Francisco Torres H., en los próximos y ya mencionados congresos de Hidráulica. Las convocatorias de los dos premios, se publican en los últimos números de las revistas *Tlaloc-AMH* y de *Ingeniería Hidráulica en México*, así como en la hoja de *Internet* de nuestra Asociación.

Con la finalidad de atender los principales problemas nacionales del agua, así como de promover la participación en los congresos de Hidráulica y en la exposición, se tienen programadas reuniones técnicas regionales previas al Congreso Nacional.

La primera de ellas se realizará el próximo 13 de mayo en Reynosa, Tamaulipas, con un seminario sobre *Fugas en redes de agua*, tópico de suma importancia dentro del tema de hidráulica urbana.

Los temas sobre los cuales se realizarán las siguientes reuniones previas a los congresos son:

- Fenómeno de El Niño.
- Centrales hidroeléctricas.
- Prospectiva de los usos del agua.
- La privatización de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- Saneamiento de cuencas.
- Infraestructura hidroagrícola.

La revista *Tlaloc-AMH* cambió su formato y para la integración de su consejo y comité editoriales aceptaron nuestra invitación connotados profesionistas de la hidráulica, quienes trabajan en sectores tan diversos como el educativo, la investigación, distintas empresas privadas, la Comisión Federal de Electricidad, el Gobierno del Distrito Federal, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y la Comisión Nacional del Agua. Se han editado y distribuido dos números; el 10 y el 11. En el nuevo formato se incluyen secciones culturales, y para publicar en la sección de artículos técnicos se requiere de la aprobación del Consejo Editorial. En los próximos días se distribuirá el número 12, y quiero aprovechar esta oportunidad para exhortarlos a que escriban para la revista no sólo artículos técnicos, sino cualquier información que consideren de interés para nuestros socios. En cuanto nos hagan llegar sus colaboraciones, las turnaremos de inmediato para su dictamen y posible inclusión en *Tlaloc-AMH* y en nuestra hoja de *Internet*.

La Asociación forma parte del Consejo Técnico del Colegio de Ingenieros Civiles de México, y como tal participó activamente con el Consejo Directivo del Colegio, especialmente dentro de la integración del Comité de Certificación de Especialistas en Ingeniería, donde uno de los miembros es el presidente de la Asociación Mexicana de Hidráulica.

Asimismo, la AMH colabora con la Unión Mexicana de Asociaciones de Ingenieros y, conjuntamente con ésta y con la Federación de Colegios de Ingenieros Civiles, en el mes de agosto pasado organizó el Mes del Agua, cuyo evento central fue la conferencia impartida por el Presidente de nuestra Asociación.

En el periodo del que se informa, la AMH organizó tres cursos:

1. *Programas de cómputo para el análisis de flujo transitorio en conductos a presión y para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado*, el cual se efectuó del 25 al 28 de noviembre de 1997. Este curso tuvo por objeto dar a conocer a los participantes la teoría y los programas de cómputo existentes en México sobre el tema. Además de que los creadores y los usuarios de los programas fueron parte de los instructores del curso, ellos mismos montaron una exposición para la demostración y venta de los respectivos programas de cómputo. Se tuvo una participación de 25 asistentes.

2. *Hidrología urbana*, realizado del 11 al 13 de febrero de 1998 y cuyo objeto fue intercambiar experiencias y revisar la transferencia de tecnología desarrollada recientemente en México, para su aplicación a problemas típicos de las condiciones hidrológicas en los centros urbanos del país. Se contó con 29 asistentes.

3. *Tratamiento de aguas residuales*, llevado a cabo del 20 al 24 de abril de 1998. Este curso se realizó conjuntamente con la Federación Mexicana de

Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento. Su objetivo consistió en dar a conocer a los participantes los fundamentos legales y técnicos para el tratamiento de aguas y lodos residuales. Los instructores fueron los profesionistas e investigadores más connotados de cada tema, así como también representantes de los equipos más utilizados. Este curso contó con 35 participantes.

Además, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y la CNA, la AMH organizó a principios de abril un *Taller de consulta sobre el agua*, destacándose en él los aspectos de especial relevancia vinculados al recurso: la sociedad, las actividades productivas y el manejo integral del propio recurso.

Como parte culminante de los dos primeros cursos se organizaron otros tantos paneles:

El primero, llamado *El agua potable en México*, se realizó el 28 de noviembre pasado, y en él fueron tratados los siguientes temas:

- Programas de cómputo.
- Los organismos operadores.
- El agua potable en los próximos 25 años.
- El uso eficiente del agua.
- La privatización de los servicios de agua potable.

El segundo panel, llamado *Efectos causados por el paso del huracán Pauline* se efectuó el pasado 13 de febrero. Este tema despertó gran interés, y las ponencias presentadas fueron las siguientes:

- Situación meteorológica del huracán.
- Efectos del huracán.
- Actuación en la emergencia.
- Regulación de los cauces y arroyos.

Para los siguientes meses se tiene en programa impartir el curso de *Man-*

tenimiento y operación de sistemas de agua potable, a celebrarse en la ciudad de Aguascalientes. Debido al interés que despertó el curso de Hidrología Urbana, se piensa repetirlo en la ciudad de Torreón, en fecha que daremos a conocer oportunamente.

Otros cuatro cursos que la AMH ofrecerá en las semanas previas a los Congresos, mismos que ya han sido boletínados, serán impartidos por instructores nacionales y extranjeros. Los cursos programados son:

- Hidráulica ambiental.
- Conservación y manejo integral de cuencas.
- Regionalización hidrológica.
- Aplicación de fractales a la hidrología.

Con relación a las finanzas de la Asociación, los activos a la fecha suman 846 mil 800 pesos. Los ingresos han sido de 387 mil 873 pesos, y los egresos de 432 mil 845 pesos. En el informe de la Tesorería se detallan estos números.

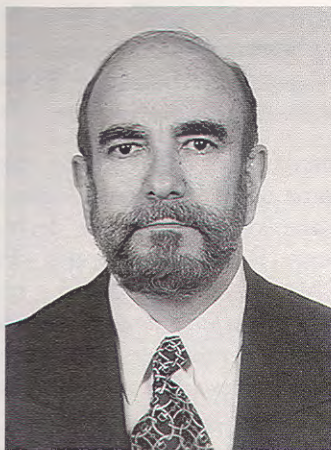
A partir de julio de 1997, la AMH tiene un administrador de tiempo completo, que es el contador público Alejandro Alcocer, además de seguir contando con el apoyo de la licenciada Blanca Rubio, que muchos de ustedes ya conocen. La sede de la AMH se encuentra en las instalaciones del Colegio de Ingenieros Civiles de México (CICM) y, en noviembre de 1997, estrenamos oficinas en la nueva Sección de Asociaciones Técnicas del Colegio. Para equipar debidamente estas instalaciones se adquirió otra línea telefónica.

Quiero finalizar este informe agradeciendo su presencia y solicitando su máximo apoyo en todas las actividades que nos hemos comprometido a realizar. Más aún, cualquier sugerencia, comentario o crítica que deseen ustedes hacernos, serán siempre bienvenidos, pues nuestro primer objetivo es la búsqueda continua de lo que pueda resultar mejor para nuestra Asociación. Estoy seguro de que trabajando juntos, como hasta ahora, lograremos remontar muy alto la hidráulica nacional.

ROLANDO SPRINGALL GALINDO: PREMIO NACIONAL FRANCISCO TORRES H. 1998

La Asociación Mexicana de Hidráulica otorgó al doctor Rolando Springall Galindo el *Premio Nacional Francisco Torres H.*, a la Práctica Profesional de la Hidráulica 1998 (ver número 12 de TLALOC AMH) en reconocimiento a su relevante labor de más de 35 años en este campo: como formador de profesionales, tanto individualmente como en grupos de trabajo, por sus contribuciones al conocimiento, la difusión y la práctica de la hidrología, por sus contribuciones en el diseño hidrológico de numerosas obras y por su participación en actividades de innovación del desarrollo de la práctica hidráulica en nuestro país.

El Premio Nacional Francisco Torres H. 1998 es ingeniero civil, así como maestro y doctor en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México, institución en la que es un distinguido profesor y donde ha sido subjefe del área de Ingeniería de los Recursos del Agua y del Suelo, jefe de la Sección de Hidráulica, y jefe de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, DEPFI. También realizó una destacada labor como investigador en el Instituto de Ingeniería, donde



La realización de más de 360 trabajos técnicos avalan el prestigio y la trayectoria profesional del doctor Rolando Springall Galindo

participó en el desarrollo de modelos físicos de ríos y costas, así como en el diseño de vertedores, determinación de tormentas de diseño, arrastre playero, y oleaje debido a huracanes. Desde 1968 es profesor titular de las cátedras de Hidrología Superficial y Diseño de Obras Marítimas en la DEPFI.

Sus contribuciones a la práctica de la ingeniería se han continuado en el ejercicio de su actividad como consultor privado, desde donde ha contri-

buido al conocimiento de la hidrología del país, y al diseño hidrológico y fluvial en muy diversos sitios de México.

La realización de más de 360 trabajos técnicos, entre estudios y proyectos, avalan el prestigio y la trayectoria profesional del doctor Springall, condiciones que lo sitúan como uno de los expertos más destacados en lo que se refiere a control y calidad del agua en México y uno de los especialistas nacionales más connotados en ríos y costas así como en obras hidráulicas y marítimas.

Entre las publicaciones de su autoría, destacan sus notas del curso Hidrología de Superficie y su participación en el Manual de Diseño de Obras Fluviales para la Protección Contra Inundaciones.

El doctor Rolando Springall, que cuenta con el aprecio del gremio hidráulico, ha sido presidente de la AMH y actualmente distingue a esta revista como miembro de su comité editorial.

A la fecha el doctor Rolando Springall es director general de BASIN, S.A. de C.V., empresa de consultoría dedicada a la realización de estudios y proyectos de obras relacionadas con el control y calidad del agua.

VISITE LA PÁGINA WEB DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA

Manténgase informado oportunamente acerca de las actividades y noticias relacionadas con la Asociación Mexicana de Hidráulica en:

<http://atl.imta.mx/~amh>

- Cursos
- Congresos
- Publicaciones
- Conferencias
- Inscripciones
- Convocatorias

ÁLVARO A. ALDAMA: PREMIO NACIONAL ENZO LEVI, 1998

La Asociación Mexicana de Hidráulica otorgó al doctor Álvaro Alberto Aldama Rodríguez el Premio Nacional Enzo Levi a la Investigación y Docencia Hidráulica 1998 como un reconocimiento a su destacada y consistente labor en los campos materia de este Premio, a su distinción nacional e internacional como investigador y docente de prestigio y a su labor como formador, dentro del país, de grupos de investigación.

El Galardonado es ingeniero civil y maestro en Ingeniería Hidráulica por la Universidad Nacional Autónoma de México, y doctor en Ingeniería Mecánica de Fluidos, por el Instituto Tecnológico de Massachussetts (MIT, por sus siglas en inglés).

Como investigador y especialista en hidráulica, el galardonado ha ocupado importantes cargos entre los que destacan el de director de Ingeniería de Ríos, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1986), profesor-investigador de ingeniería civil en la Universidad de Princeton (1988-1992) y, desde 1993 a la fecha, el de director general del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

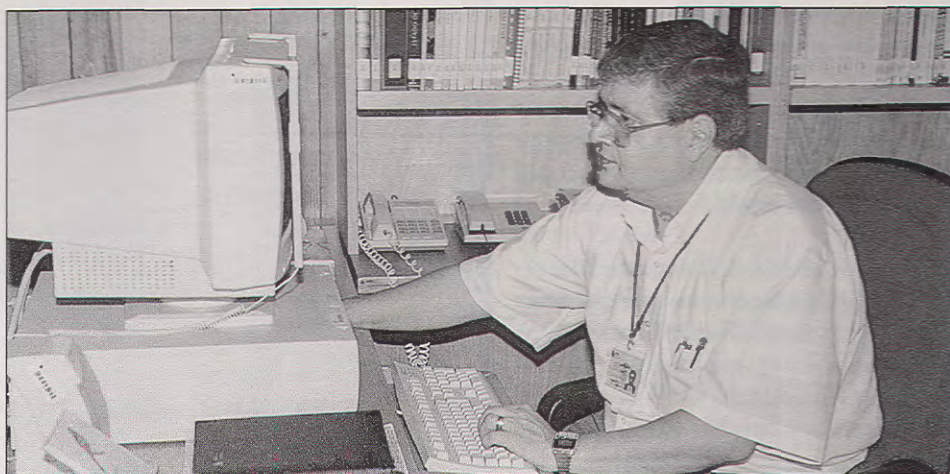
Además de haber publicado más de noventa trabajos técnicos, incluyendo artículos arbitrados en revistas internacionales, conferencias y cuatro libros, el doctor Aldama ha realizado una intensa actividad como promotor y divulgador de la ciencia y tecnología especializadas en temas del agua como editor en jefe de la revista *Ingeniería Hidráulica en México*, así como miembro del comité editorial de las revistas *Advances in Water Resources* e *Ingeniería*; árbitro para cinco revistas internacionales; es revisor

editorial para *Cambridge University Press* (Mecánica de Ríos) y para *Prentice-Hall* (Análisis Numérico); ha sido editor-huésped del *International Journal of Water Resources Development*; es miembro honorario del Consejo Consultivo Editorial de la *Encyclopaedia of Life Support Systems* y de la *Encyclopaedia of Desalination and Water Resources*; es miembro del comité editorial de la serie de libros *Advances in Water Resources*.

Por otra parte, el doctor Aldama ha recibido 14 importantes honores y premios, entre los que destacan: El Premio Nacional de la Juventud, otorgado al mejor estudiante de México por el Presidente de la República (1976); las Medallas Gabino Barreda, otorgadas al mejor promedio de la Carrera de Ingeniería Civil y al mejor promedio de la Maestría en Ingeniería (Hidráulica), Universidad Nacional Autónoma de México (1977 y 1980); el Premio a la Mejor

Nota Técnica publicada en 1990 en el *Journal of Hydraulic Engineering* de la *American Society of Civil Engineers* (ASCE) (1991); el Premio Nacional de Ingeniería Civil Miguel A. Urquijo (1991) y el Premio Nacional Nabor Carrillo Flores a la Investigación (1994), otorgados por el Colegio de Ingenieros Civiles de México; es Investigador Nacional del Sistema Nacional de Investigadores (1992 a la fecha), y vicepresidente de la Academia Nacional de Ingeniería (1997 a la fecha).

En cuanto a su actividad gremial el doctor Álvaro Aldama es miembro de la Academia Mexicana de Ciencias, de la *American Geophysical Union*, de la Asociación Mexicana de Hidráulica, del Colegio de Ingenieros Civiles de México, de la *International Water Resources Association*, de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, y de la *Society for Industrial and Applied Mathematics*.



La AMH otorgó el Premio Nacional Enzo Levi al doctor Álvaro Aldama, como un reconocimiento a su distinción nacional e internacional como investigador y docente de prestigio y a su labor como formador, dentro del país, de grupos de investigación

CURSO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

La Comisión Nacional del Agua, CNA, la Asociación Mexicana de Hidráulica, y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento, convocaron al Curso de operación y mantenimiento en sistemas de agua potable y alcantarillado que se realizó del 10 al 12 de junio del presente año en la ciudad de Aguascalientes, Aguascalientes, como uno de los eventos previos al XVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica y al XV Congreso Nacional de Hidráulica.

El ingeniero Roberto Cortés Ocampo, presidente de la Sección Regional de la AMH en la entidad, al inaugurar el Curso agradeció al XXIII Consejo Directivo de la AMH haya designado al estado de Aguascalientes como sede de esta reunión técnica que redundará en la consolidación y desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el país.

Cabe señalar que los 53 especialistas, originarios de 16 estados, que asistieron al Curso manifestaron su satisfacción por el valioso intercambio de experiencias y su interés en seguir participando en reuniones de este tipo que mucho aportan a su desarrollo profesional.

Por su parte, el ingeniero Martín Molina Ochoa, gerente estatal de la CNA en Aguascalientes, entregó los diplomas a los participantes y, finalmente, el licenciado Onésimo Ramírez Jasso, secretario general de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, clausuró el Curso de operación y mantenimiento en sistemas de agua potable y alcantarillado.



Las reuniones técnicas de este tipo redundan en la consolidación y desarrollo de los sistemas de agua potable y alcantarillado en el país



Al curso asistieron 53 especialistas de 16 estados

VISITAS TÉCNICAS

Como parte del programa de actividades que la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH, realiza en apoyo al desarrollo profesional de sus agremiados, se llevaron a cabo sendas visitas técnicas al Centro Nacional de Control del Sistema Eléctrico, CENASE, a la central hidroeléctrica de Zimapán, y a la planta potabilizadora del sistema Cutzamala.

Centro Nacional de Control del Sistema Eléctrico

Hacia mediados del presente año se realizó la primera visita técnica de la AMH al CENASE de la Comisión Federal de Electricidad, CFE, a esta interesante y formativa reunión asistieron quince especialistas provenientes de entidades públicas y privadas.

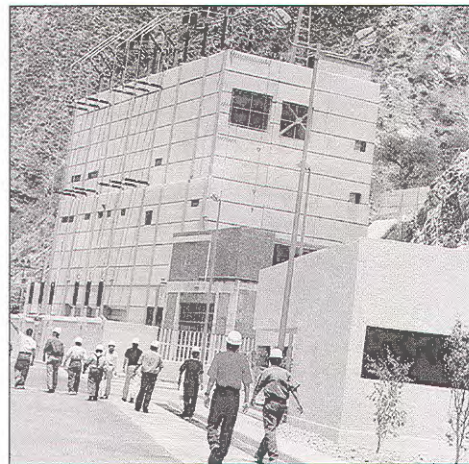
Cabe mencionar que los conocimientos adquiridos en el CENASE y el gran interés que despertaron entre los participantes dieron la pauta para organizar una visita a la central hidroeléctrica de Zimapán, Hidalgo.

Central hidroeléctrica de Zimapán

Un tiempo después de la visita al CENASE, la AMH organizó una visita técnica a la central hidroeléctrica de Zimapán, Hidalgo, en la que tomaron parte, además del grupo que visitó el CENASE, especialistas de diversas instituciones educativas, así como del Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Comisión Nacional del Agua y la propia Comisión Federal de Electricidad.

En las instalaciones de la CFE en Zimapán los asistentes pudieron percatarse de la importancia de uno de los proyectos de generación de energía eléctrica más importantes en México.

Durante su estancia en este lugar los especialistas tuvieron la oportunidad de conocer la casa de máquinas desde donde se atiende la demanda de electricidad de la región central del país. La obra de referencia se en-



Vista parcial de la central hidroeléctrica de Zimapán

cuentra ubicada en el cañón del Infiernillo sobre el río Moctezuma, en los límites de Querétaro e Hidalgo en la confluencia de los ríos San Juan, al oeste y Tula, al este.

Cutzamala

El 29 de agosto del presente año, un grupo de agremiados de la AMH realizó una visita técnica a la planta potabilizadora del Sistema Cutzamala integrado por seis plantas de bombeo que consumen una cantidad de energía equivalente a la que utiliza el estado de Puebla.

Las plantas 2, 3 y 4 bombean 24 metros cúbicos por segundo de agua de la presa Valle de Bravo y la trasladan 150 kilómetros hasta la ciudad de México. Sólo la planta número 5 de 12 mil caballos de fuerza, considerada la más importante ya que es la única que bombea agua potable, utiliza 8 mil kilowatts de energía y funciona las 24 horas del día.



La AMH cuenta con un programa de visitas técnicas en apoyo al desarrollo profesional de sus agremiados

REUNIÓN CON ANDRÉS HENESTROSA

Invitado de Honor de la Asociación Mexicana de Hidráulica



El escritor Andrés Henestrosa (al centro) durante el convivio que le ofreció la AMH, lo acompañan (de izquierda a derecha) los ingenieros Rubén Ríos Ángeles, gerente de la Región Pacífico Sur, CNA; César Herrera Toledo, presidente del XXIII Consejo Directivo, AMH; Bernabé Henestrosa Zárate, y el doctor Gustavo Paz Soldán Córdova, Secretario Designado, AMH

El 5 de junio del presente año el escritor Andrés Henestrosa aceptó la invitación que el ingeniero César Herrera, presidente del XXIII Consejo Directivo de la AMH, le hiciera para participar como invitado de honor a la ceremonia de clausura de los Congresos XVIII Latinoamericano y XV Nacional de Hidráulica, durante la que se presentará el libro *Obra Hidráulica en Oaxaca*, cuyo prólogo fue redactado por el autor de *Los hombres que dispersó la danza*.

Andrés Henestrosa

Nace en Ixhuatlán, Oaxaca, en 1906.

Estudia leyes y letras en la Universidad de México.

Participa en el movimiento vasconcelista de 1929.

Obtiene la importante beca internacional Salomón Guggenheim para investigar sobre vocablos y leyendas históricas zapotecas

Es profesor de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) de 1935 a 1975.

Pertenece al Partido Revolucionario Institucional (PRI) desde 1946.

Ha sido, en el terreno de la promoción de la cultura, director del Departamento de Literatura del INBA y, en el de la política, Diputado Federal por su estado y Senador de la República.

Dirigió las revistas *El libro y el pueblo* y *Letras patrias*.

Como periodista, tanto cultural como político, escribió las columnas *Pretextos* en la revista de la UNAM, y *Alacena de minucias* en el periódico *El Nacional*.

Es coautor del libro *Cuatro siglos de literatura mexicana*, de 1946.

Es autor de los relatos (algunos publicados como libros autónomos) *Los hombres que dispersó la danza* (1929), *Retrato de mi madre* (1940), *Los cuatro abuelos* (1961), y de (1965), *Sobre el "mi"*. *Los caminos de Juárez* (1972) y *Espuma y flor de corridos mexicanos* (1977), entre otras obras.

UNA VISIÓN PROSPECTIVA DE LOS RECURSOS NATURALES

Reseña de la conferencia de la maestra en ciencias Julia Carabias en la AMH

El pasado 4 de septiembre, la maestra en ciencias Julia Carabias Lillo, titular de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), ofreció la conferencia magistral *Una visión prospectiva de los recursos naturales* en el auditorio del Colegio de Ingenieros Civiles de México, CICM, como una actividad previa a los trabajos de los congresos Nacional y Latinoamericano de Hidráulica a celebrarse en la ciudad de Oaxaca en el mes de octubre.

Acompañaron en el presidium a la maestra Julia Carabias el ingeniero César Herrera Toledo, presidente del XXIII Consejo Directivo de la Asociación Mexicana de Hidráulica, el doctor Álvaro Alberto Aldama Rodríguez, director general de los congresos Latinoamericano y Nacional de Hidráulica, y los ingenieros Óscar Vega Argüelles, presidente de la Junta de Honor de la AMH y Luis R. Lignan, presidente del CICM.

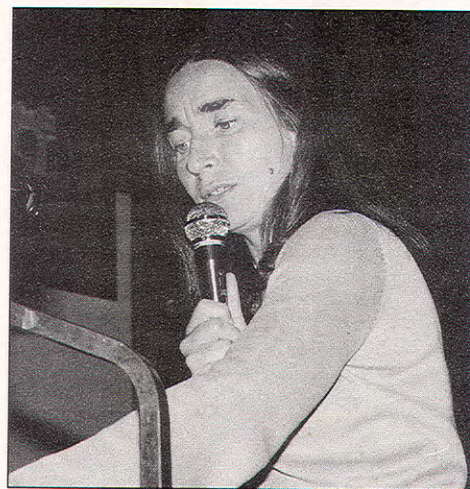
Después de agradecer la invitación y resaltar que la conferencia consistiría en llevar a cabo un ejercicio de reflexión amplio y compartido, la maestra Carabias definió que el objetivo central de su plática sería el provocar una serie de ideas que, sin pretender agotarlas, pudieran ser trabajadas y enriquecidas en el transcurso de los meses futuros mediante el concurso de un colectivo conformado por miembros de distintas profesiones, todo ello dirigido a la maduración de una sociedad ambientalista. Luego, señaló los temas a exponer: ecosistemas terrestres, pesca, aire y, por último, algunos aspectos sobre el recurso agua.

En el inicio de su exposición la Secretaria de la Semarnap refirió que el gran problema de México, en cuanto a su deterioro ambiental, tiene que ver con el mal uso de los recursos naturales y sus desechos. Es decir, por una parte, la utilización inadecuada de la biodiversidad y los ecosistemas implica la pérdida de los hábitats, de la biodiversidad biológica y de los ciclos hidrológicos, lo cual se traduce en una deforestación que genera un cambio en el uso de suelo; y por otra parte, la contaminación, vinculada a procesos urbanos e industriales, donde se hallan las emisiones al aire, las descargas a cuerpos de agua y afectación de los suelos. Son dos tipos de procesos distintos, subrayó, que tanto en sus dinámicas sociales y económicas, como en sus propios efectos ambientales a corto y largo plazos, se comportan de manera diferente. Por ello requieren de metodologías de análisis separadas.

Ecosistemas terrestres

Al tocar el tema de los recursos de los ecosistemas naturales, la maestra Carabias señaló que México tiene 196 millones de hectáreas. El 30% de esta superficie corresponde a zonas áridas y semiáridas, un 16% a zonas arboladas en bosques templados y 12% a zonas arboladas en selvas tropicales, que representan 30 y 26 millones de hectáreas, respectivamente, y que el resto es vegetación alterada, dedicada a las actividades agropecuarias.

Más adelante informó que la tasa de deforestación en el mundo asciende a 15 millones de hectáreas al año



Maestra en ciencias Julia Carabias, titular de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca

(80% acaecida en los trópicos) y que nuestro país aporta el 4% con la deforestación de 600 mil hectáreas anuales, equivalentes a la superficie territorial del estado de Aguascalientes o del de Tlaxcala. La principal zona afectada se distribuye en el sureste, seguida por la zona noreste-noroeste.

Mencionó que la mayoría de la superficie deforestada en el país se localiza entre la selva baja y la selva alta e hizo notar que la causa de la deforestación depende de los ecosistemas de que se trate. En las zonas templadas que corresponde al 30%, el factor principal son los incendios, mientras que el 70% se ubica en las zonas tropicales, encontrándose el origen en las actividades agropecuarias, que luego derivan en ganaderas propiciándose así el cambio de uso de suelo.

Para enfrentar las altas tasas de deforestación, comentó que la Secretaría a su cargo ha desarrollado programas siguiendo tres lineamientos, los cuales calificó de fundamentales: conservar las áreas estratégicas, evitar el cambio de uso de suelo y restaurar las zonas afectadas. Dentro de estas estrategias se han creado diversos programas: el de Áreas Naturales Protegidas, de Vida Silvestre, de Desarrollo Forestal, el Nacional de Reforestación, el Prodeplan y el de Reconversión de la Frontera Agrícola en Silvícola.

Como cierre para este primer tema, concluyó que en los ecosistemas terrestres mexicanos es factible lograr un proceso de equilibrio si se van consolidando las tendencias que se han venido gestando junto con la sociedad.

Pesca

En el caso de la pesca, la maestra Carabias dio a conocer que en el país se extraen 350 especies marinas distintas, pero que se administran y se atienden 109, que éstas se constituyen en 54 pesquerías y que el grueso de la producción (65% del volumen y 77% del valor total) se localiza en 18 pesquerías. Aclaró que el problema de las pesquerías es su alta concentración en pocos recursos: 51% en el atún, camarón, calamar, langosta y sardina mientras que el 64% se encuentra en pocos estados, los del golfo de California: Sonora, Sinaloa, Baja California y Baja California Sur.

Por otro lado, señaló que la flota pesquera nacional, constituida por 102,000 embarcaciones, es fundamentalmente ribereña, mientras que la flota de altura, integrada por tres mil embarcaciones es, en su mayor parte, camaronera.

Estableció que los problemas de la pesca en México son, básicamente, tres: acceso libre que genera sobreexplotación, la existencia de artes de

pesca no selectivas ni ambientalmente amigables, la destrucción de los hábitats por el desarrollo urbano, el empleo de tecnologías no apropiadas y la contaminación.

Comentó que también en este rubro, las medidas de la Semarnap se dirigen hacia la conservación, al fomento productivo y a la restauración, a la conservación de áreas naturales protegidas mediante acuerdos internacionales y ordenamientos, al fomento productivo sustentable vía información vertida sobre los estados de salud de las pesquerías, así como a una actividad pesquera mejor organizada y la rehabilitación de áreas protegidas, dragados y escolleras.

Para concluir este apartado, hizo referencia a que siguiendo las proyecciones de lo hecho hasta el momento, para el año 2000 ya se podrá hablar de treinta pesquerías evaluadas y otro tanto de pesquerías ordenadas. Así entonces, para los años 2010 a 2015, México habrá alcanzado un nivel de sustentabilidad en el rubro de las pesquerías.

Aire

En el caso del aire, la maestra Carabias informó que en el país existen de diez a 12 ciudades con problemas, debido a que tienen alrededor de un millón de habitantes y más de doscientos mil vehículos. Recordó que el índice IMECA para estar en la norma es de 100 y presentó los siguientes índices a promedio anuales: ciudad de México, 170; Guadalajara, 125; Monterrey, 70. En cuanto a Toluca y Ciudad Juárez, la primera tiene sesenta días fuera de norma y la segunda 42.

Las medidas que expuso la titular de la Semarnap para enfrentar la contaminación del aire, también se ubican dentro de las estrategias de conservación, fomento y restauración. Entre ellas sobresalen: modernizar el transporte público, dotar a las flotillas de reparto con gas natural



El ingeniero Óscar Vega Argüelles, presidente de la Junta de Honor de la AMH, reconoce la participación de la maestra en ciencias Julia Carabias en las reuniones previas a los congresos XVIII Latinoamericano y XV Nacional de Hidráulica

como combustible, acelerar la eliminación de vehículos anteriores a 1985, consolidar la verificación, pavimentación de calles, cambio a gasolinas con bajo contenido de azufre, terminar la quema de basura y, cuando sea posible, reubicar a la industria.

Para finalizar, declaró que de no seguirse los lineamientos habría riesgo de estancamiento de los índices de calidad del aire en la ciudad de México, mientras que en Guadalajara se necesita reforzar y adelantar la aplicación de medidas. Por otra parte, proyectó que para el 2005 las ciudades de Monterrey, Toluca y Ciudad Juárez estarán bajo norma.

Agua

Respecto al agua, algunos aspectos tratados por la maestra Carabias fueron los siguientes: se prevé un problema muy serio por el crecimiento de la población mundial, que puede llegar a duplicarse en el año 2050. Ello significa que las necesidades globales de agua van a ser diez veces mayores a las de principio de siglo y el recurso será exactamente el mismo.

Sobre la disponibilidad de agua que se tiene en el país, de los cerca de 150 millones de metros cúbicos que

se precipitan anualmente, 69% se evapora como parte de los ciclos naturales, 27% escurre y 4% se infiltra. La precipitación promedio en todo el país es de 777 mm, y por ello a México se le considera como un país de humedad, un país con suficiente agua, que dividida entre el número de habitantes nos da un promedio de 4,780 m³ por habitante.

Sin embargo, indicó, la cifra no es aritmética por dos factores: primero, la precipitación pluvial no es homogénea en el país, sino que su distribución genera una disponibilidad desigual. Hay zonas del territorio nacional, como las partes áridas en que la lluvia alcanza un promedio anual de 571 m³ por habitante (10% del promedio anteriormente mencionado), mientras que en otras zonas se precipita una cantidad que llega a ser hasta de 25,000 m³ por habitante, seis veces más que el promedio nacional. Por lo tanto, hay una desigual precipitación. Segundo, hay una desigual precipitación temporal: los cuatro meses en que se concentra el agua van de junio a septiembre. El resto de los meses no se tiene esa disponibilidad.

Añadió que a dichos problemas de distribución y disponibilidad, hay que agregar los de contaminación. Las principales cuencas del país están contaminadas lo que constituye otra limitante de disponibilidad del agua.

El consumo del agua se distribuye de la siguiente manera: 83% para irrigación, 12% para la población y 3% para la industria.

Luego, la maestra Carabias comparó la oferta con la demanda en las distintas regiones del país. Observó que en el noroeste la oferta es ya casi igual que la demanda, mientras que en la parte sur-sureste la oferta es enorme y la demanda es muy baja. La población se concentra en la parte donde hay menos agua. Casi el 60% de la población nacional se concentra

donde se presenta el 30 o el 40% de la precipitación.

Posteriormente planteó algunos escenarios para ver qué podría pasar con el agua potable, con el agua en la industria y con los alimentos, en el largo y mediano plazos. Afirmó que el número de habitantes, según el Consejo Nacional de Población, crecerá para el año 2020 a cerca de 110 millones. Con una población de esta magnitud el consumo de agua potable se incrementaría notablemente, si no se toman medidas correctivas tendientes hacia un uso más racional de este recurso y así disminuir la demanda, a pesar del crecimiento de la población. Por ende, todas las medidas a tomar se dirigen, fundamentalmente, a una cuestión de cultura de ahorro, de un uso mejor y más eficiente del agua.

En el caso de la demanda de agua para la industria y generación de electricidad, manifestó que los escenarios van en sentido opuesto ya que las tendencias actuales proyectadas darían un consumo determinado, es deseable que se tuviera un consumo —dado por la generación de energía eléctrica, por la industria y por el crecimiento del país— de mayor volumen. Esto implica forzosamente tasas de crecimiento de la economía nacional —que es lo que se desea— y con una proyección de ese tipo, se producirá un incremento importante en el consumo industrial.

En cuanto al consumo de agua para riego, dijo que pensando en un escenario de crecimiento e incorporación de nueva superficie de riego, existe también la posibilidad de tener un mayor consumo. A pesar de aplicar medidas mucho más eficientes del uso de agua hidroagrícola, se crecería en su consumo, puesto que se supone que el país estaría concentrando una mayor superficie en actividades agrícolas.

Si se analizan las tendencias actuales y no se adoptan las acciones

conducentes, una proyección a futuro con una población mayor y sin tomar ninguna medida, se traduciría para los casos de consumo de agua de la industria, la agricultura y la población, en zonas en que la demanda ya habría sido rebasada. Sin embargo, ejecutando con éxito las políticas previstas y considerando el crecimiento de la industria y de la agricultura, combinadas con una mejor y más eficiente forma de uso y de ahorro del agua, se considera que se podrían alcanzar situaciones de oferta y demanda mucho más satisfactorias.

Posteriormente, mencionó que hoy en día se trata poco el agua, pero existe la idea de que en el año 2000 se trate prácticamente toda el agua de la industria, y así arribar a una situación en que todo lo que se usa, sea tratado.

En lo que se refiere a tratamientos de los efluentes municipales, se puede observar una dramática situación actual, donde muy poca del agua municipal que hoy se produce como agua residual, se trata. Pero paulatinamente, hacia el año 2000, se podrá incrementar de manera muy importante, más del doble, para que la tendencia de incremento casi empate con la demanda en el año 2010, estando cerca de tratar casi toda la que se produce. Esto, simplemente, manteniendo las mismas tendencias y esfuerzos que se registran en este momento.

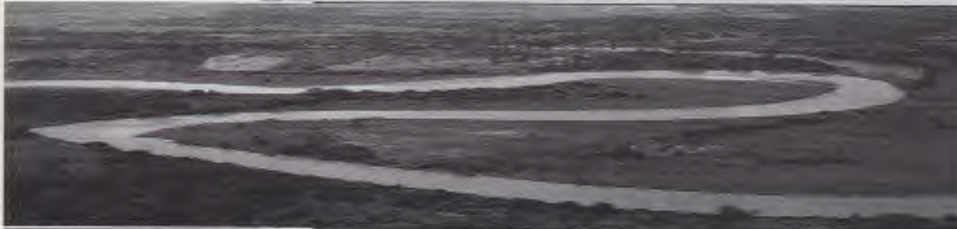
Conclusión

Ya para terminar, la maestra Julia Carabias Lillo señaló que en el horizonte de los años 2010 al 2015 el panorama es bastante alentador. Concluyó afirmando que su plática deseaba compartir una visión de por dónde en el largo, mediano y corto plazos se puede seguir transitando hacia el desarrollo sustentable, así como dejar el mensaje de que, desde su punto de vista, sí se puede.



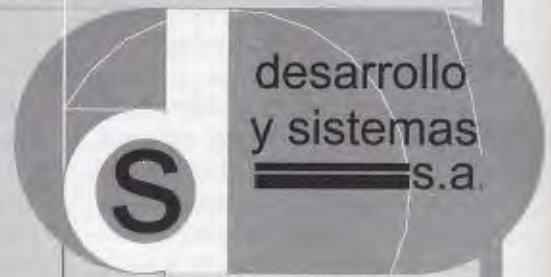
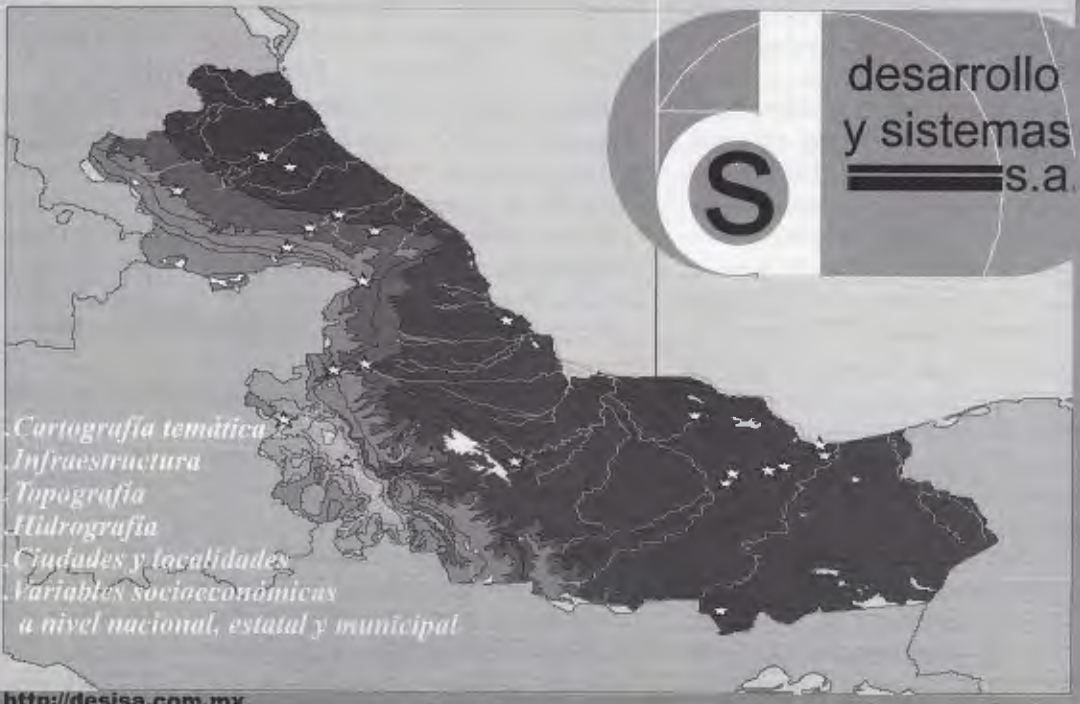
Nuestra firma, creada en 1973, cuenta con 25 años de experiencia en Consultoría, Estudios de Factibilidad y Proyectos Ejecutivos, en diversas ramas de la Ingeniería, el desarrollo de la infraestructura y los servicios en nuestro país.

Nos especializamos en Consultoría para la planeación de sistemas complejos, tales como el manejo del agua en una región, una cuenca, una ciudad o una zona de riego, su administración y financiamiento, y la ingeniería de las obras para su desarrollo.



Para asegurar la óptima atención de nuestros compromisos, nos hemos mantenido con tecnología de punta para el manejo de información y sistemas.

Contamos con un extenso acervo de cartografía y fotografía digital, que entre otros temas a nivel nacional ofrece:



<http://desisa.com.mx>

ORGANIZACIÓN COMUNITARIA PARA EL SERVICIO RURAL DE AGUA POTABLE EN EL ESTADO DE OAXACA

Rubén Darío Herrera Cabrera
 Director General del Instituto Estatal de Agua, Oaxaca

La población rural en el estado de Oaxaca está asentada a lo largo de ocho regiones geográficas: Cañada, Costa, Istmo, Mixteca, Papaloapan, Sierra Norte, Sierra Sur y Valles Centrales; regiones conformadas en su mayor parte por serranías y con escasos recursos hidrológicos. Sólo en las zonas costeras y Valles Centrales hay pequeñas planicies. Esto significa que la mayoría de las comunidades en la entidad (tercer estado con mayor concentración de población rural), se ubican en las inmediaciones de una orografía agreste; ésta y la escasez del recurso agua han significado un reto para el suministro y mantenimiento de los servicios de agua potable y alcantarillado a la población.

Oaxaca tiene una población total de 3,228.895 habitantes (INEGI, 1995); 1,824.408 viven en 9,676 comunidades menores a 2,500 habitantes, y de éstas 5,859 son menores a cien habitantes. Las comunidades son indígenas, en su mayoría, y presentan altos niveles de marginación que se reflejan en las siguientes cifras de coberturas: 68% en agua potable, 28% en alcantarillado y 55,004 sanitarios ecológicos (IEA, 1998).

Esta excesiva fragmentación de la población, también se refleja en el aspecto político, 570 municipios agrupados en treinta distintos, responsables de la presentación de los servicios; para ello cuentan dentro del cabildo con un regidor de obras públicas o regidor de agua potable. Cabe señalar que algunos ayuntamientos han constituido un organismo operador descentralizado, con personalidad jurídica

y patrimonio propios, para prestar de los servicios mencionados. A la fecha existen 61 organismos operadores, que en su mayoría sólo atienden a la cabecera municipal.

Dada la complejidad de la problemática y la falta de capacidad en los municipios para enfrentarla, en 1993 la *Ley de Agua Potable y Alcantarillado* estableció la participación del Instituto Estatal del Agua (IEA), como la entidad normativa encargada de organizar y regular a los organismos prestadores del servicio y coordinar el sistema de agua potable y alcantarillado en el estado.

Desde 1993, el IEA apoya la operación y mantenimiento de sistemas el medio rural, a través de nueve residencias ubicadas estratégicamente en las ocho regiones que conforman la entidad oaxaqueña y cuyas funciones principales son:

- ❑ Proporcionar mantenimiento preventivo y correctivo a los sistemas y capacitar operadores
- ❑ Construir, reparar y ampliar las redes de distribución
- ❑ Vigilar el uso adecuado de maquinaria y equipo
- ❑ Promover la integración de comités comunitarios.

En Oaxaca, la mayoría de las comunidades rurales aún mantienen tradiciones y costumbres de vida colectiva, como el *tequio* o trabajo voluntario, la elección democrática de representantes y el respeto a las decisiones colectivas en la asamblea comunitaria. A través de estos *usos y costumbres*, la comunidad busca esquemas para la gestión y manejo del sistema de agua potable. Conforme a ello, se elige en asamblea a los representantes que se harán cargo de la



Entrega del sistema de agua potable a la comunidad indígena de Ahuejutla, municipio de San Martín Peras, Oaxaca, 1998



Personal de la Residencia General Zona Istmo del IEA y los servicios que ofrece

operación, administración y mantenimiento del sistema dentro del comité de agua. Esta encomienda es honorífica y temporal (*tequio*) y sus funciones duran de uno a tres años (aunque hay excepciones de hasta diez años). El IEA recibe el acta de integración del comité de agua y expide una constancia de acreditación.

Por lo general, estos comités están integrados por un presidente, tesorero, secretario y dos vocales. El presidente es responsable de realizar las gestiones para obtener los apoyos requeridos, el tesorero se encarga de manejar las cuotas de los usuarios, el secretario de extender los recibos correspondientes, los vocales, de la operación y mantenimiento del sistema.

Cada dos meses el comité rinde un informe de la situación del sistema y, en caso necesario, solicita apoyo a los usuarios (económico o físico). Todos los comités tienen su propio reglamento según sean las costumbres de la localidad.

Los ingresos de los comités son los siguientes: pagos por el servicio de agua potable, conexiones, rezagos, multas y recargos, así como cualquier otro título legal (donaciones, subsidios). Dentro de los egresos se consi-

deran: la energía eléctrica, papelería, pasajes, teléfono, cloro, gastos de mantenimiento y reparación de equipos.

Las atribuciones contempladas no se cumplen en algunos casos por dos razones principales:

- ❑ Falta de cooperación de los usuarios en los pagos de las cuotas, lo que no permite cubrir gastos de operación, sobre todo aquéllos que corresponden al consumo de energía eléctrica; esto conlleva a que las autoridades municipales afecten recursos de la tesorería municipal.
- ❑ Falta de conocimiento y preparación en los integrantes de los comités, que cada año deben ser sustituidos, por tanto no permite que haya continuidad en el manejo de los sistemas. En consecuencia año con año los comités requieren capacitación para operarlos.

A fin de apoyar a los comités, el IEA utiliza las residencias regionales como centros de servicio para los sistemas de agua potable y alcantarillado, previa solicitud del comité o municipio. Por el servicio otorgado, los centros recaudan una cuota de recuperación destinada a reforzar a las

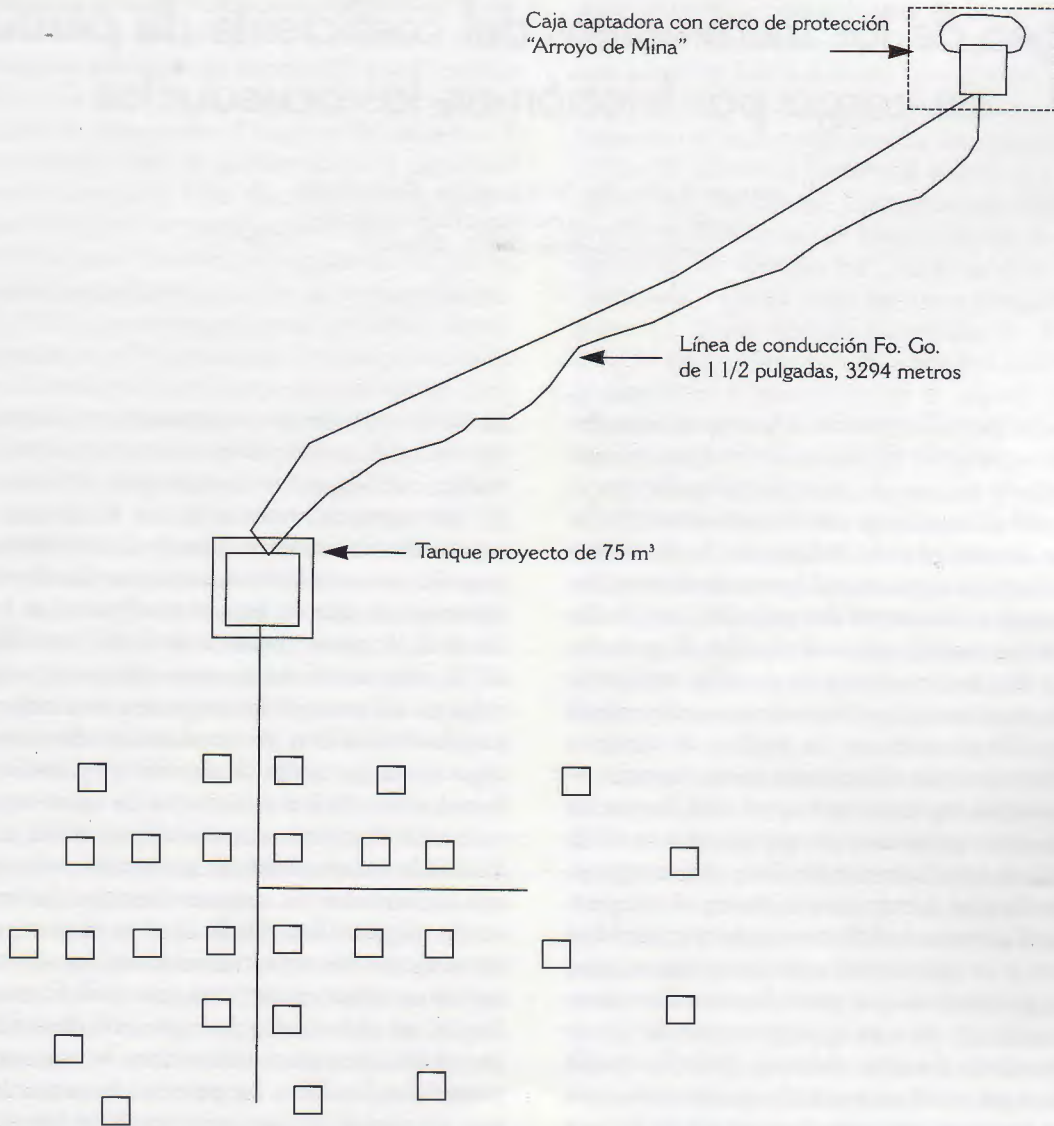
residencias con equipos y herramientas, de modo que cuenten con lo necesario para realizar los trabajos requeridos.

Estos centros ofrecen diversos servicios para mantener y reparar los equipos de bombeo y cloración, de capacitación, controles eléctricos, líneas de conducción o redes de distribución; realizan estudios y proyectos para agua potable y alcantarillado, y a solicitud del municipio también construyen obras, capacitan y asesoran la operación y el mantenimiento de los sistemas.

Ejemplo de una organización comunitaria exitosa para la prestación de los servicios es la población Colonia Obrera de San Juan Bautista, en Tuxtepec. Esta comunidad de 753 habitantes cuenta con un sistema que tiene 105 tomas domiciliarias. Su fuente de abastecimiento es un pozo tipo cárcamo, con una línea de conducción de 5 km, con tubería de 4" para llevar agua hacia un tanque superficial de 40 m³. El comité responsable del sistema, está integrado por un presidente, un tesorero y un secretario. El presidente es, a su vez, el encargado de operar el equipo de bombeo.

La comunidad se encuentra a 8 km de la cabecera municipal, ciudad en donde se ubica la residencia del IEA, lo que le facilita estar en contacto permanente y reportar cualquier anomalía que no pueda superar. Los recursos de los usuarios se utilizan para el pago de energía eléctrica y el sueldo del operador de la bomba; de manera esporádica se presentan usuarios morosos para el pago de cuotas.

El gran número de comunidades rurales en Oaxaca, su ubicación geográfica, características culturales, dispersión y lejanía de las cabeceras municipales, dificulta al ayuntamiento la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, ya que su capacidad es insuficiente para dar respuesta a la demanda.



Croquis del sistema de agua potable de la comunidad indígena de Ahuejutla, municipio de San Martín Peras, Oaxaca

En ocasiones resulta más costoso el traslado de personal técnico municipal a la comunidad, que la reparación efectuada. Por lo tanto, es indispensable que cada comunidad asuma un papel activo en la administración, operación y mantenimiento de su sistema; esto no implica suplir al municipio en una obligación constitucional, es una estrategia para avanzar en su propio desarrollo. Quién mejor que la comunidad conoce sus necesidades y la solución a sus problemas.

La organización comunitaria para el abastecimiento y prestación de los servicios resulta indispensable, a fin de asegurar que la infraestructura responda a las necesidades de la población y en el tiempo, continúe proporcionando un servicio adecuado. En Oaxaca, los 4166 sistemas rurales en operación cuentan con su comité de agua.

El reto ahora es fortalecer la organización natural en cada comunidad para la operación, administración y

mantenimiento de su sistema y capacitar al personal a cargo de los organismos operadores y de los municipios, para que a su vez éstos apoyen a las comunidades

Una cultura para el uso adecuado del agua en municipios y comunidades, donde cada parte asuma el papel que le corresponde, facilitaría a los primeros cumplir con su obligación y a las comunidades rurales contar con un servicio de calidad y cantidad acorde a su realidad

Origen de los incrementos del coeficiente de pérdida de carga por fricción en los acueductos

Jorge Luis de Victorica Almeida
 José Luis Sánchez Bribiesca
 Instituto de Ingeniería, UNAM

Diversos estudios para determinar el funcionamiento hidráulico de los acueductos han puesto de manifiesto que después de cierto tiempo de iniciada su operación, el coeficiente (f) de pérdida de carga por fricción dentro de las tuberías tiende a incrementarse, reduciendo la capacidad hidráulica de conducción, aspecto que ha resultado en el derramamiento de agua en las torres de oscilación y en la disminución de los volúmenes de agua entregados. En este documento se presentan los resultados de estudios realizados en dos acueductos para establecer las causas que dan origen a tales problemas. De acuerdo con los análisis de campo y laboratorio se determinó que el problema tiene su origen en la calidad del agua que ingresa y que existe una formación de depósitos de materia orgánica e inorgánica, que se inicia con la adherencia de partículas de arcilla y microorganismos filamentosos. Esto va formando una trama mucilaginoso (biopelícula) que permite la adherencia del material suspendido del agua y la colonización de otros organismos, como crustáceos y moluscos que contribuyen al engrosamiento de la biopelícula, la cual es responsable del incremento del coeficiente de fricción. Además de la formación de la biopelícula, se encontró un problema de corrosión, que tiene su origen en la acción conjunta de procesos químicos y bioquímicos. Para solucionar estos problemas, es necesario considerar acciones simultáneas, como el recubrimiento del interior de las tuberías con materiales resistentes a la corrosión y someter las aguas, antes de ingresar a los acueductos, a un pretratamiento para reducir la concentración de los sólidos y controlar a los microorganismos que participan en los procesos de corrosión y formación de las biopelículas.

Introducción

La insuficiencia de aguas subterráneas para satisfacer las demandas de este líquido en algunas ciudades de nuestro país, ha inducido a la construcción de grandes acueductos. En estudios previos y de visitas al interior de dos acueductos, uno construido con tuberías de concreto presforzado y la mayor parte del otro con tubería de ace-

ro, se ha encontrado la presencia de depósitos de material de aspecto lodoso en las paredes internas de las tuberías, que han incrementado en 1.69 veces el coeficiente (f) de rugosidad normal de los tubos que conforman el acueducto de concreto (desde 0.0146 hasta 0.0247) y de manera considerable el correspondiente al de la tubería de acero, ya que en éste el coeficiente se ha incrementado en 2.38 veces, pasando de 0.0133 en 1987 a 0.0317 en 1992, además de haberse encontrado problemas de corrosión. Lo anterior ha originado una reducción en la capacidad hidráulica de conducción, derrames de agua en algunas de las torres de oscilación y, consecuentemente, la reducción de los volúmenes de agua entregados.

La pérdida de la capacidad hidráulica se ha visto asociada a la acumulación de materiales en las paredes internas de las tuberías, que se conocen de manera genérica como biopelículas. Dado que se supuso que en ambos acueductos las disminuciones de los gastos entregados tenían su origen principalmente en la formación de biopelículas, en el Instituto de Ingeniería de la UNAM se realizaron estudios para determinar la naturaleza básica del material adherido a las paredes internas de los acueductos, los probables mecanismos de su formación y, con estos fundamentos, proponer acciones para prevenirla. Los principales resultados de tales estudios son la base para la presentación de este trabajo.

Desarrollo

Se realizaron inspecciones internas en diversos sitios a lo largo de las tuberías y se tomaron muestras del material adherido y del agua que transita por ellas. Las muestras se sometieron a análisis fisicoquímicos y biológicos para determinar el origen, la naturaleza y las posibles causas de la formación de tales depósitos. Los análisis fisicoquímicos se enfocaron a la cuantificación de parámetros que determinan agresividad e incrustabilidad (índice de Langelier, IL) y los biológicos a la identificación de microorganismos que suelen observarse en las biopelículas.

Con respecto del acueducto de concreto presforzado, el IL calculado muestra que el agua que ingresa al acueducto es de carácter incrustante, tendiendo a ser corrosiva en la medida que fluye hacia el punto de entrega; sin embargo, durante la inspección al interior del acueducto no se encontró ningún tipo de incrustación ni deterioro de la tubería por corrosión. Esta discrepancia se debe a que la magnitud del IL no permanece constante, por causa de los cambios naturales del pH ocasionados por el proceso de productividad primaria, que se caracteriza por el consumo de CO_2 que participa en el equilibrio carbonatos-bicarbonatos, por lo que tampoco éste permanece constante. Esto concuerda con las mediciones de las concentraciones de oxígeno disuelto realizadas en diversos puntos de la tubería, las cuales son mayores a la concentración de saturación, estimada en 7.2 mg/l. El comportamiento de los sólidos también es de importancia, ya que los datos muestran que la concentración de las diversas formas de sólidos se incrementa al transitar el agua desde el inicio del acueducto hasta el sitio de entrega. Todo indica que este incremento es el resultado de la actividad biológica que se da entre estos sitios, ya que los cambios en la concentración se manifiestan en aquellos sólidos que están relacionados con la actividad biológica (volátiles, suspendidos y disueltos). Esta hipótesis también se fundamenta en el hecho de que durante la actividad biológica se produce dióxido de carbono, el cual tiende a desplazar el equilibrio de carbonatos-bicarbonatos hacia la formación de bicarbonatos y en consecuencia, a reducir la magnitud del pH y la alcalinidad del agua. En lo que se refiere al material adherido, se sometió a un análisis elemental para determinar las concentraciones de cationes polivalentes que suelen encontrarse en las biopelículas debido a sus características de adsorptividad. Los resultados, como era de esperarse, indican concentraciones importantes de sílice, fierro, calcio y magnesio en casi todas las muestras, compuestos que se relacionan con la presencia de ciertos tipos de microorganismos.

Con respecto del agua que transita por el acueducto construido con tuberías de acero, no obstante que se determinó que ésta es ligeramente alcalina, con tendencia a la formación de depósitos calcáreos según la magnitud del IL, los resultados de una inspección del interior de la tubería no mostraron incrustaciones de tipo calcáreo, mientras que se observó la presencia de material adherido y problemas de corrosión. Tomando en cuenta las características fisicoquímicas globales y las observaciones realizadas, es posible afirmar que en este caso los problemas de corrosión resultan del sinergismo entre el oxígeno disuelto, los cloruros, los sulfatos, el pH, la alcalinidad y dureza presentes en el agua, todos ellos promotores de la corrosión. Este fenómeno se debe a que el oxígeno en el

agua reacciona con el hierro de las tuberías para formar óxido ferroso-férrico, Fe_3O_4 (magnetita, de color negro) que luego se oxida a óxido férrico (color naranja-rojizo). Por otro lado, dado que la composición del material de las tuberías no es homogénea, se forman de manera natural zonas de diferente potencial eléctrico y por ende zonas catódicas y anódicas, circunstancias bajo las cuales, en presencia del agua, el hierro tiende a disolverse en la forma de ion ferroso, Fe^{2+} , originándose la corrosión por "picadura". Estos iones ferrosos forman con el oxígeno presente óxido férrico hidratado o "herrumbre rojo" ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Éste, por su poca solubilidad, tiende a depositarse en la superficie de la tubería formando paulatinamente cúmulos de material oxidado o "tubérculos" que además de disminuir los diámetros de las tuberías, facilitan la adherencia de materiales arcillosos y la formación de biopelículas que restringen la difusión del oxígeno disuelto hacia la superficie de la tubería, y por ende la corrosión se atenúa, fenómeno conocido como "pasivación"; sin embargo, por la presencia de sulfatos y cloruros en el agua, que en esas circunstancias sí se difunden, la corrosión se acelera dentro y fuera de la picadura, mediante procesos de óxido-reducción, hidrólisis y precipitación.

Como consecuencia de estos procesos se generan protones (H^+) lo que produce condiciones ácidas dentro de la picadura y por debajo de los tubérculos, permitiendo que continúe la corrosión del material, mientras que fuera de la picadura ocurren las reacciones de oxidación, hidrólisis y precipitación. Todo esto indica que uno de los orígenes del problema de corrosión y formación de depósitos es la calidad del agua, siendo el oxígeno disuelto uno de los factores más importantes (aunque la oxidación del fierro también se presenta en ausencia del oxígeno). Lo expuesto concuerda con las observaciones microscópicas practicadas a las muestras del material sólido en las que se observaron tres estratos: el basal de color negro-verdoso, constituido por óxidos ferroso y ferroso-férrico (magnetita); sobrepuesto a éste, un estrato de color naranja-rojizo formado por óxido férrico y finalmente sobre éste, un estrato de colores café claro y blanco, constituido por carbonatos, compuestos silícicos y bacterias filamentosas del hierro y del azufre que contribuyen a la formación de los tubérculos y a la corrosión.

Los estudios biológicos del agua y del material adherido en las paredes internas de las tuberías indicaron la presencia de gran diversidad de microorganismos como bacterias intestinales, levaduras, actinomicetos (hongos filamentosos), géneros de protozoarios de vida libre y algas característicos de aguas con elevados contenidos de materia orgánica, en especial diatomeas que tienen sus esqueletos formados por sílice. También fue posible

1. Aspecto de la biopelícula y detalle de un tubérculo en la tubería de acero



2. Aspecto del material adherido en el interior de la tubería de concreto

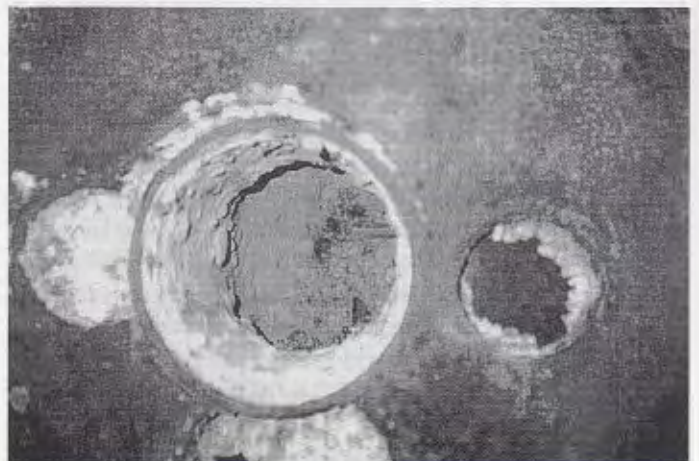


observar abundantes partículas de arcilla en las muestras de tipo gelatinoso y escamoso, siempre en el estrato correspondiente a la parte adherida directamente a la pared de las tuberías y en la parte externa de la biopelícula, huevos de anfípodos (moluscos), abundantes crustáceos del grupo de los gastrópodos y algunas bacterias filamentosas (*Crenothrix sp.* y). En las muestras de las tuberías de acero, dado que había un problema de corrosión, se realizaron análisis específicos para detectar el grupo de bacterias "del hierro y el azufre", demostrándose la presencia de *Thiobacillus ferrooxidans*, *Gallionella ferruginea*, *Crenothrix polyspora*, *Sphaerotilus sp.* y *Thiodendrum mucosum*. Éstas forman un grupo morfológica y fisiológicamente heterogéneo (filamentosas, unicelulares, autótrofas, heterótrofas, aerobias o anaerobias) que comparten la habilidad de transformar o depositar cantidades significativas de hierro y azufre usualmente en la forma de limos o cienos y se ha demostrado que causan la formación de tubérculos (cavernas) en las tuberías de conducción, además de corrosión en los conductos metálicos. Una de sus características más importantes es que bajo condiciones ambientales diversas se comportan indistintamente como del hierro o del azufre. Por ejemplo, *Gallionella* obtiene su energía de la oxidación del ion ferroso, mientras que *Thiobacillus ferrooxidans* puede transformar el ion ferroso a férrico u oxidar los compuestos reducidos de azufre en condiciones de pH bajos, para producir ácido sulfúrico.

De acuerdo con los datos microbiológicos y las características fisicoquímicas, se determinó que el mecanismo de formación de las biopelículas es similar en ambos acueductos; primeramente se adhieren a la tubería las diatomeas y arcillas presentes en el agua para formar una capa, que a su vez sirve como sustrato para que se vayan

adhiriendo minerales como calcio, hierro, magnesio y sílice, materia orgánica y una variedad de microorganismos, en especial bacterias y hongos filamentosos. Todo esto va formando un nicho para una sucesión de otros organismos como levaduras, hongos, protozoarios, moluscos y crustáceos, que se alimentan unos de otros y de los materiales que contiene el agua, y que incrementan considerablemente el grosor de la biopelícula, hecho que disminuye el diámetro interior de la tubería. En el caso de la tubería de acero, las condiciones resultaron particularmente ideales para la predominancia de las bacterias del grupo del hierro y el azufre, específicamente *Thiobacillus ferrooxidans*, que puede utilizar indistintamente compuestos de hierro o de azufre para su metabolismo, dentro del cual se incluye la producción de ácidos, factor que defini-

3. Adherencias y corrosión observadas en el asiento de una válvula de admisión y expulsión de aire de la tubería de acero



4. Inspección del acueducto



tivamente se suma al de origen químico en el problema de corrosión detectado sólo en este acueducto.

En las figuras 1, 2 y 3 se ilustran algunas de las características del material adherido en el interior de las tuberías, la formación de tubérculos y el problema de corrosión.

Conclusiones y recomendaciones

De los resultados de estos estudios se concluye que en ambos acueductos el problema tiene su origen en la calidad del agua que ingresa y que la formación de los depósitos se inicia con la adherencia de partículas de arcilla y microorganismos filamentosos formando una trama mucilaginosa (biopelícula) que permite la adherencia del material suspendido del agua y la colonización de otros organismos que contribuyen al engrosamiento de la biopelícula. En el caso del acueducto construido con tuberías de acero, el problema de la corrosión tiene su origen en la acción conjunta de procesos químicos y bioquímicos, que dadas las características de calidad del agua que

transita por este acueducto, inciden sobre los procesos de corrosión y en la formación y engrosamiento de la biopelícula dentro de las tuberías.

Dado que el inicio de la formación de los depósitos dentro de los acueductos se debe a la presencia de bacterias y algas en el agua, es recomendable analizar la posibilidad de separar y/o inactivar tales microorganismos antes de que ingresen a los acueductos. Esto puede lograrse mediante los procesos de predesinfección-filtración-pos-desinfección, o bien mediante los procesos de coagulación-sedimentación-desinfección. Para ambos casos, en necesario realizar los estudios de tratabilidad correspondientes para definir los parámetros de diseño y características de operación de tales procesos.

Otro aspecto importante que quedó claro, es lo relativo al significado del IL, ya que desde el punto de vista químico, su determinación no basta para establecer la corrosividad o incrustabilidad de un agua, sino que deben considerarse todos los factores que contribuyen al proceso de corrosión y la formación de los depósitos.

Finalmente, dada la naturaleza y el origen del problema de corrosión en las tuberías de acero, es conveniente abordarlo con acciones simultáneas tales como el recubrimiento del interior de la tubería con materiales epóxicos y someter las aguas crudas, antes de ingresar al acueducto, a procesos de clarificación y cloración, para eliminar sólidos y controlar microorganismos y con ello disminuir las posibilidades de corrosión y atenuar la formación de las biopelículas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al doctor Rafael Carmona y a los maestros en ingeniería Alejandro Sánchez, Eduardo Rodal y Amador Sámano, del grupo de Hidromecánica del Instituto de Ingeniería, su contribución con la información recabada durante algunos de los estudios previos que sirvieron de base para la realización de este trabajo.

La investigación y el desarrollo de tecnología como un sistema de soporte para la toma de decisiones en el sector agua

Álvaro A. Aldama

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Introducción

Recientemente ha habido un gran interés en el desarrollo y aplicación de sistemas de soporte para la toma de decisiones (Ignizio, 1991), en la forma de expertos que pueden auxiliar al tomador de decisiones a discriminar los parámetros y variables que inciden más significativamente en la selección de alguna opción para la solución de un problema. La tesis de este artículo es que la investigación y el desarrollo tecnológico pueden ser vistos como un sistema de soporte para la toma de decisiones. En efecto, cuando los talentos y los esfuerzos de los investigadores se orientan a resolver problemas críticos en el proceso de toma de decisiones, su actividad puede producir notables impactos en la instrumentación de programas, en la operación de infraestructura, en la definición de políticas y estrategias, y, en general, en la gestión institucional. Dicha tesis será demostrada a través de los resultados que han producido seis programas de investigación que el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) ha mantenido a lo largo de varios años, con el objeto de apoyar las acciones que realizan los diversos actores del sector agua en México, principalmente aquéllas desarrolladas por la Comisión Nacional del Agua (CNA). En cada uno de los casos presentados, se ilustra cómo, una vez hecho el diagnóstico de un importante problema nacional en materia de agua, se ha desencadenado un proceso que comprende: investigación básica, investigación aplicada, desarrollo de tecnologías, adaptación de tecnologías y su final transferencia a los beneficiarios de la misma.

Identificación y recuperación de suelos ensalitrados

El avance del ensalitramiento de los suelos agrícolas en zonas de riego se debe principalmente a prácticas deficientes en la aplicación del agua. Esto ha originado una significativa disminución en los rendimientos agrícolas. Se

estima que el 20% de las seis millones de hectáreas bajo riego en nuestro país está afectado por salinidad, y que el ritmo de avance del ensalitramiento de suelos es de 10,000 ha por año (Fernández, 1990).

Por primera vez en el mundo, se ha aplicado una tecnología para estimar la salinidad en suelos agrícolas mediante imágenes de satélite, en superficies de gran escala. Dicha tecnología empleada en los distritos de riego Valle del Carrizo, Río Yaqui y Río Mayo (ilustración 1) consiste en extraer los valores espectrales de las bandas verde, rojo e infrarrojo cercano de las imágenes del satélite Landsat TM, obtenidas en las etapas de floración de cultivos índice. Dichos valores espectrales se correlacionan con un número limitado de observaciones de conductividad eléctrica (que es una medida indirecta de la salinidad) obtenidas en campo, con lo que es posible extrapolar al resto de la zona en estudio y generar así los mapas de salinidad (Pulido *et al.*, 1995; Pulido *et al.*, 1996).

1. Imagen de satélite del distrito de riego Río Mayo, Sonora



Los cultivos de trigo, de algodón y de sorgo se tomaron como indicadores de la salinidad, debido a que se siembran extensivamente y a que son tolerantes a la salinidad. Cuando estos cultivos presentaron su etapa de máximo desarrollo, fueron tomadas muestras de suelo en puntos representativos del terreno, para su análisis en el laboratorio. En estos mismos puntos se tomaron muestras de rendimiento, para estimar el efecto de la salinidad sobre la disminución de la cosecha.

Para reincorporar los suelos ensalitrados del distrito de riego Valle del Carrizo a la producción agrícola, se seleccionó como caso piloto un lote de 22 ha, abandonado por más de 15 años, con el objeto de desarrollar un programa de rehabilitación integral a través de un sistema de drenaje parcelario. Se estimó un espaciamiento entre drenes de 25 m mediante el empleo de la fórmula de Hoodhoudt (Hoodhoudt, 1940), para el caso piloto en cuestión. No obstante, con el objeto de determinar si era posible aplicar una solución más económica, además de emplear dicho valor, también se experimentó con un espaciamiento de 50 m. Con el diseño del drenaje parcelario, se procedió a instalarlo, empleando tubería perforada flexible. Se aplicó una lámina de lavado estimada con la fórmula de Volobuyev (Volobuyev, 1966), así como un tratamiento químico para neutralizar las sales.

La cosecha de trigo en el lote piloto reportó un rendimiento de 5 ton/ha que supera en 1 ton/ha a la media del distrito de riego, sin observarse diferencia apreciable para la producción de grano en las fracciones del lote con drenes espaciados a 25 m y aquéllas correspondientes a drenes espaciados a 50 m (Namucho *et al.*, 1996a). Con el objeto de explicar la insensibilidad del rendimiento al espaciamiento entre drenes, se empleó la teoría de medios autosimilares, habiéndose comprobado la naturaleza fractal del suelo en el lote piloto. Se observó que la conductividad a saturación manifiesta una gran variabilidad espacial y que, como se reporta en la literatura, dicho parámetro sigue una distribución lognormal. Conforme a los resultados de este estudio teórico, se concluyó que los límites de confianza de la estimación del espaciamiento entre drenes son: 29.8 m y 51.8 m, lo cual explica la insensibilidad del rendimiento a la separación (Namucho *et al.*, 1996b). Actualmente se realiza investigación para estimar el gasto a evacuar por el sistema de drenaje, ya que éste influye sensiblemente en la separación interdrenes. Con este propósito, se está empleando la solución de la ecuación de Richards, que describe el flujo de agua en medios porosos no saturados. Asimismo, se desarrolla una teoría para resolver el problema inverso de estimación de los parámetros que caracterizan el suelo a partir de observaciones de la descarga de agua en un sistema de drenaje instalado.

Los costos de recuperación de suelos ensalitrados son muy bajos (del orden de un vigésimo) en comparación con los correspondientes a la incorporación de nuevas tierras agrícolas al riego. Esto ha motivado que la CNA emprenda un ambicioso programa de recuperación de 10,000 ha de suelos ensalitrados en el noroeste del país, que inició en 1997.

Control de inundaciones

México está ubicado cerca de la zona intertropical de convergencia y dentro del campo de influencia de huracanes. El país está sujeto a la incidencia de este tipo de tormentas en ambos litorales y, naturalmente, los estados costeros son los más afectados por dichos fenómenos. Además, México también está afectado por otros fenómenos meteorológicos de consideración, como ciclones extratropicales, frentes fríos y tormentas convectivas extensas. Todos estos fenómenos suelen producir precipitaciones de gran magnitud, que a su vez generan avenidas que inundan extensas regiones del país. Dichas inundaciones causan pérdida de vidas humanas y daños económicos de gran magnitud, que en algunas ocasiones pueden llegar a tener tintes catastróficos.

Se han elaborado modelos para simular inundaciones en las cuencas bajas de los ríos Pánuco, Papaloapan y Grijalva. En particular, se ha desarrollado un modelo que a través de una transformación de coordenadas, resuelve el problema de simular el flujo en una red de ríos en la que, por efecto de una inundación, se forman lagunas que hacen que los tramos de cauce tengan una longitud dependiente del tiempo y que, eventualmente, pueden desaparecer e integrarse a las propias lagunas. Dicho modelo contiene, asimismo, innovaciones algorítmicas que permiten que los sistemas de ecuaciones que se generan sean resueltos en forma muy eficiente. Los modelos de inundación citados se han calibrado y se emplean en forma operativa, para apoyar la toma de decisiones en época de avenidas.

Con mucha frecuencia no se cuenta con suficiente información para aplicar modelos de tránsito de avenidas basados en la solución numérica de las ecuaciones de Saint-Venant. Lo anterior, se debe a que es sumamente caro y laborioso obtener dicha información. Esto ha redundado en que sea común el empleo de modelos hidrológicos. A través de investigaciones recientes, se ha descubierto que en oposición a una generalizada creencia, el método de Muskingum, que constituye el prototipo de los métodos hidrológicos de tránsito de avenidas en cauces, carece de base física. En este sentido, se ha desarrollado un nuevo modelo hidrológico con base física para el tránsito de avenidas en cauces (Aldama y Aguilar, 1998).

Dicho modelo se basa en el empleo de la ecuación de advección-difusión, que aproxima las ecuaciones de movimiento de flujo unidimensional a superficie libre. El modelo ha sido validado con datos reales y se han obtenido excelentes resultados.

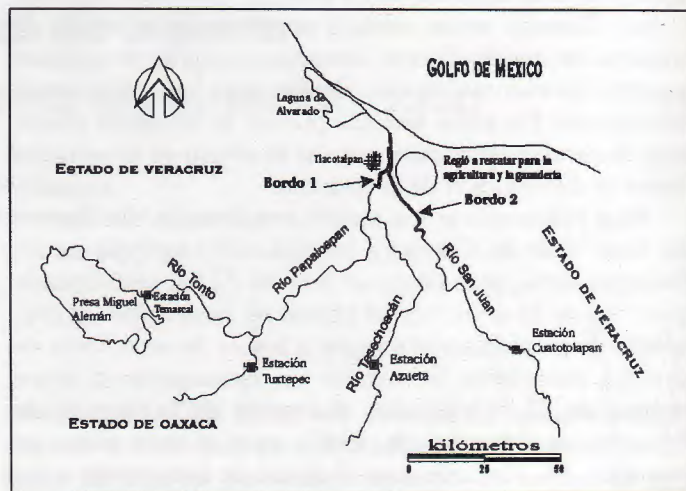
Un problema que ocurre con mucha frecuencia es el relacionado con la planeación, diseño y construcción de obras de control de inundaciones en las partes bajas de las cuencas hidrológicas. En dichas zonas, la red hidrográfica posee topología compleja. Adicionalmente, por razones topográficas, las estaciones hidrométricas se localizan en las partes altas y medias de las cuencas, por lo que es común que se carezca de información hidrométrica en las cuencas bajas. Por tal motivo, cuando se desea construir una obra en las cuencas bajas, es difícil aprovechar la información hidrométrica disponible para diseñar una obra para un periodo de retorno determinado. Para resolver el problema planteado, se ha desarrollado una metodología basada en el empleo de distribuciones de extremos multivariadas (Aldama *et al.*, 1998). En particular, se ha obtenido una expresión para el periodo de retorno conjunto de avenidas que confluyen a un sitio determinado y se han desarrollado distribuciones de extremos multivariadas para poblaciones mezcladas (esto es, avenidas producidas por precipitación convectiva y ciclónica). La metodología descrita ha sido aplicada al estudio de alternativas de solución al problema de inundaciones en la cuenca baja del río Papaloapan (ilustración 2).

Saneamiento de lagos y lagunas

La cantidad de nutrientes en cuerpos de agua, especialmente nitratos y fosfatos, se ha incrementado de manera importante en este siglo, debido a las descargas de desechos de materia orgánica, detergentes y agroquímicos. El análisis de una gran diversidad de cuerpos de agua en nuestro país y en el continente americano, muestra un elevado grado de eutroficación. Se ha llevado a cabo una serie de acciones en un significativo número de lagos y lagunas de México, con el objeto de contribuir a su saneamiento. Entre estas acciones destacan las correspondientes al saneamiento del lago de Chapala, el control de malezas acuáticas en diversos lagos y lagunas y el saneamiento de la laguna de Nichupté en Cancún, Quintana Roo.

El sistema lagunar Nichupté ha estado sometido a una presión de uso intensivo y de modificación de sus condiciones naturales, incluyendo cambios en su morfología generados por dragados y rellenos, así como descargas de aguas residuales en su interior. En el caso particular de la laguna de Bojórquez se ha observado un problema de malos olores que es especialmente pronunciado durante la noche. Este fenómeno ha preocupado a las autoridades locales y

2. Alternativa de protección de zonas inundables en la cuenca baja del río Papaloapan

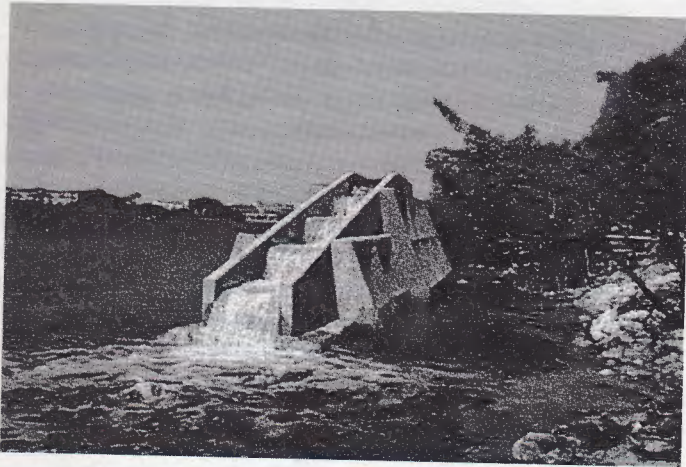


a las responsables del turismo, ya que en las márgenes de la laguna de Bojórquez se han desarrollado un gran número de complejos comerciales y de entretenimiento.

Se han llevado a cabo diversas campañas de monitoreo de calidad del agua, de nutrientes en agua y sedimentos, estudios de algas y otros componentes de la cadena biótica (González *et al.*, 1997). El muestreo de calidad del agua diurno confirmó que, en presencia de luz solar, el oxígeno disuelto alcanzaba concentraciones del nivel de saturación, no siendo así el caso para los datos correspondientes al muestreo nocturno, lo cual demuestra que la actividad biológica abate el oxígeno hasta niveles que propician la oxidación anaerobia de la materia orgánica, produciendo ácido sulfúrico y amoníaco gaseosos, que se manifiestan en malos olores.

Para proponer acciones de recuperación, se desarrolló y aplicó un modelo hidrodinámico bidimensional para determinar zonas de baja o nula circulación. Dicho modelo fue alimentado con la batimetría de la laguna, con datos de viento y con datos de marea. Las simulaciones permitieron determinar que las velocidades del agua en la laguna son pequeñas, con magnitudes del orden de 2 cm/s. Esto indicó la necesidad de instalar dispositivos aireadores para incrementar la circulación y el contenido de oxígeno disuelto y reducir el contenido de materia orgánica en la laguna. Para evaluar el efecto de la posible instalación de aireadores, se desarrolló y aplicó un modelo de transporte de oxígeno disuelto y de demanda bioquímica de oxígeno. Entre otros resultados, este modelo permitió determinar la ubicación y el diseño de los dispositivos aireadores (González *et al.*, 1996).

3. Aireador en operación en la laguna de Nichupté



Se desarrolló el diseño de un aireador compuesto por una tubería de succión, una tubería de conducción y una estructura de descarga tipo cascada para proporcionar agua con concentración de oxígeno disuelto a saturación). Empleando ese diseño, se han construido tres aireadores *in situ* (ilustración 3), los cuales fueron puestos en funcionamiento recientemente. Se espera que complementando la operación de los aireadores con acciones de cosecha sistemática de vegetación bética, se logre sanear la laguna de Bojórquez en alrededor de nueve meses.

Control del cólera

Las enfermedades diarreicas continúan siendo un problema de salud pública en México, según lo indican las estadísticas emitidas por el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, el cual reporta que este tipo de padecimientos es la segunda causa de morbilidad (SS, 1991-1998). Las diarreas pueden asociarse no sólo con condiciones de saneamiento básico inadecuadas, sino también con algunos aspectos ambientales (Feachem, *et al.*, 1983).

Entre las enfermedades diarreicas destaca el cólera, debido a la explosividad de los brotes epidémicos asociados con el padecimiento y a su letalidad (Salysers y Whitt, 1994). En México no se habían reportado casos de cólera desde el siglo pasado. El primer caso se presentó en junio de 1991, en el Estado de México. Posteriormente la epidemia se expandió a 17 entidades (SS, 1992). De acuerdo con la información emitida semanalmente por la Secretaría de Salud (SS, 1991-1998), el número de casos anuales continuó en ascenso hasta 1993 y descendió en 1994. En 1995 se presentaron brotes epidémicos, de mayor magnitud que en 1993. Durante 1996, 1997, y 1998 el número de casos ha decrecido (ilustración 4).

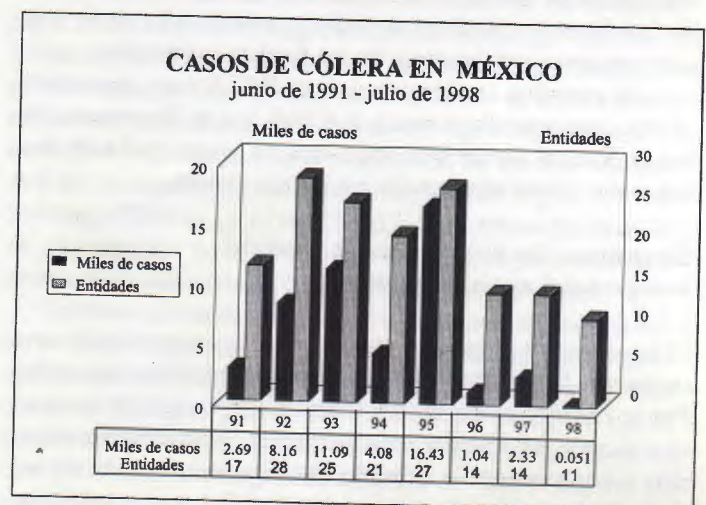
El comportamiento y tendencia de los casos durante la presente pandemia, ha puesto de manifiesto la necesidad de trabajar en el estudio de la ecología de *Vibrio cholerae*, agente causal del cólera, ya que hasta hace poco tiempo se creía que era una bacteria fuertemente adaptada al intestino humano, que no podría sobrevivir periodos prolongados en el ambiente extraintestinal, y que no se reproduce en aguas, particularmente en aguas salobres (Colwell *et al.*, 1984; Colwell y Spira, 1992; Islam *et al.*, 1995).

Los trabajos se iniciaron con la adaptación de las técnicas de muestreo y análisis empleadas en la clínica, comenzando con los procedimientos tradicionales. Posteriormente se trabajó con la prueba miniaturizada API 20E que permite la identificación de enterobacterias con veinte pruebas bioquímicas diferentes y la determinación de la toxigenicidad mediante la prueba de ELISA.

Más tarde, se trabajó sobre los posibles mecanismos de adaptación de *Vibrio* en el ambiente acuático. En general, las enterobacterias en agua utilizan uno o más mecanismos para poder persistir. Uno de los mecanismos de adaptación es la latencia que permite a las bacterias persistir cuando existe poco alimento biodisponible y cuando hay cambios bruscos de salinidad y temperatura (Tamplin y Colwell, 1986). El segundo mecanismo es la adherencia a superficies, en la cual las bacterias se adhieren a material orgánico e inorgánico y crean un microambiente adecuado (MacDonell *et al.*, 1984).

El tercer mecanismo es la transformación a formas viables pero no cultivables que resultan también de condiciones ambientales adversas. *Vibrio* posee esta capacidad, y esto es sumamente relevante, debido a que las formas no cultivables no son detectadas por las técnicas de cultivo tradicionales, sino por inmunofluorescencia (Xu *et al.*, 1982).

4. Evolución de la incidencia de casos de cólera en México



El último mecanismo de adaptación es la interacción con otros organismos de plancton tales como protozoarios, algas y copéodos, los cuales le proporcionan un nicho que les permite persistir e incluso multiplicarse en diferentes tipos de agua (Kaneko y Colwell, 1975). A nivel laboratorio se demostró que *Vibrio cholerae* puede persistir en el interior de protozoarios sin ser digerido.

En un estudio realizado en la laguna costera de Mecoaacán, Tabasco, se demostró que *Vibrio cholerae* puede emplear uno o más mecanismos de persistencia. El primer resultado mostró que *Vibrio cholerae* se encuentra en su forma viable pero no cultivable y que la salinidad es un factor determinante para la persistencia de *Vibrio*. Por ejemplo, con salinidades inferiores a 21 partes por mil, el ámbito se encuentra entre cero y 629 vibriones por ml. Con salinidades superiores los niveles decrecen. Se demostró que *Vibrio* forma parte de la flora natural en el ambiente acuático y que no necesariamente se relaciona con la contaminación de origen fecal lo cual se evidenció mediante regresión. Estas regresiones muestran que la variabilidad de *Vibrio* no puede ser explicada por la variabilidad de las bacterias indicadoras. Por otro lado, se observó que los niveles de *Vibrio* están relacionados con los ciclos de mareas, lo cual proporciona indicios de que *Vibrio* es efectivamente un género de origen marino y que se adapta a las aguas continentales. También se observó que la persistencia de *Vibrio* está relacionada en el ambiente natural con otros organismos planctónicos, y que los ostiones y almejas cultivados en la laguna representan riesgos potenciales de dispersión del cólera. Finalmente, se determinó que el 10% de las cepas fueron O1 toxigénicas mediante las pruebas de ELISA y PCR.

Se concluyó que la bacteria es endémica, que se encuentra integrada al circuito microbiano en interacción con otros microorganismos planctónicos tanto en su forma cultivable como no cultivable, y que el monitoreo de las formas no cultivables de *Vibrio* es necesario, dado que está presente en ausencia de las formas cultivables.

Los estudios realizados por el IMTA han permitido ofrecer recomendaciones a la CNA y a la Secretaría de Salud, lo cual ha contribuido a que se hayan reducido los casos de cólera reportados en el país.

Organización social para la gestión integral del agua en cuencas

El agua es, sin lugar a dudas, el recurso natural más importante. De hecho, sin el preciado líquido no hay vida. Por lo mismo, es de fundamental importancia reconocer que el agua es un bien social y resulta indispensable estudiar y comprender la relación entre el recurso y la sociedad. Para impulsar la gestión integral del agua con crite-

rios de sostenibilidad, se requiere de la participación informada de la población como el canal para que se expresen las necesidades y demandas sociales en las instancias de decisión de la política del agua. Es necesario desarrollar una nueva actitud de la sociedad hacia el recurso y quizá más que eso: una nueva ética del cuidado de este líquido vital. Ninguna solución a los problemas del agua tendrá éxito si se ignoran los aspectos sociales que influyen en su manejo, conservación y rehabilitación.

Enfrentamos pues, un problema de cultura, cuya solución podrá lograrse en la medida que se reconozca que el uso del agua no sólo está determinado por su disponibilidad natural, sino también por el vínculo del recurso con la población. En efecto, las condiciones sociales y económicas de los usuarios del agua asentados en una cuenca, los inducen a recurrir a diversas acciones para lograr el acceso al recurso, generando demandas a las instituciones encargadas de la administración del líquido, y otras veces conflictos.

Las investigaciones realizadas en el IMTA han permitido caracterizar el sistema social que aprovecha el agua de la cuenca del río Laja, como parte del sistema Lerma-Chapala. A partir de esto se identificó que los conflictos sociales por el agua surgen más frecuentemente por la distribución del agua y su calidad, por el costo de la distribución y de los derechos por descarga de aguas residuales, y por la falta de instancias para participar en la toma de decisiones.

El panorama planteado para la cuenca del río Laja, así como otros estudios y experiencias similares, han mostrado la necesidad de desarrollar y aplicar una metodología para elaborar diagnósticos de la problemática social alrededor de la gestión del agua en cuencas. Con el objeto de evaluar las condiciones socioeconómicas y políticas, así como construir indicadores socioambientales que permitan orientar las políticas de gestión del recurso, es imprescindible relacionar los aspectos técnicos con los sociales. Por ejemplo, caracterizar las formas de organización de la población, en torno al aprovechamiento y distribución del recurso entre los usuarios ubicados en una cuenca con las condiciones hidrológicas particulares.

En el caso de la cuenca del río Laja se han llevado a cabo recorridos de campo y un sondeo de opinión a usuarios, organizaciones sociales e instituciones involucrados en la administración y gestión del agua en la cuenca del río Laja. También se han diseñado y aplicado encuestas a usuarios domésticos en las ciudades de Celaya y Querétaro, a productores de pequeña irrigación y de temporal en las áreas de la cuenca con mayor actividad agrícola en los estados de Guanajuato y Querétaro, así como entrevistas que abarcaron a un mayor conjunto de usuarios y a instituciones relacionadas con la problemática del agua a

nivel local, estatal y nacional. Asimismo, se identificaron las condiciones de los recursos hídricos de la cuenca.

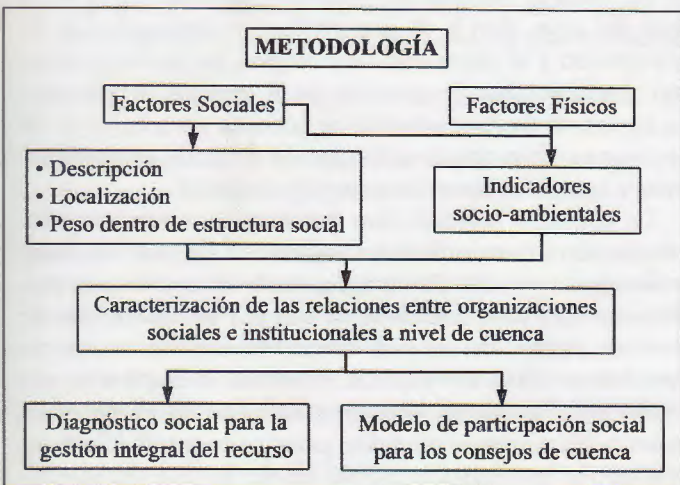
Lo anterior ha permitido desarrollar una metodología que introduce, en forma relevante, la interrelación entre la dimensión social y el proceso de gestión del agua en una cuenca. Dicha metodología reconoce la relación que existe entre los factores sociales y físicos presentes en la cuenca hidrológica; permite la construcción de indicadores socioambientales; plantea la interacción entre los usuarios organizados y el recurso, el diseño de la localización e importancia relativa de los diversos usos y usuarios, la caracterización de las formas de organización social e institucional en torno al recurso, y la realización de diagnósticos sociales para la gestión integral del agua en la cuenca; y propone el desarrollo de una propuesta de participación social para la gestión integral del agua (ilustración 5).

Elementos de la metodología descrita ya han sido aplicados en la conformación de los comités técnicos de aguas subterráneas (Cotas) del acuífero de Celaya. Su instrumentación en otros sitios sería conveniente, como apoyo al proceso de formación y consolidación de otras organizaciones de usuarios.

Economía y finanzas del agua

El agua en México se consideró por mucho tiempo abundante y de bajo o nulo costo. Ahora es evidente que es un recurso finito, escaso en muchas zonas del país, y que su contaminación limita aún más su disponibilidad. Además, recientemente ha surgido la necesidad de mantener un gasto ecológico para no alterar el medio ambiente, lo cual tiene asociados costos de oportunidad. El crecimiento de las demandas de agua en sus diferentes usos incrementa

5. Modelo de participación social para la gestión del agua en una cuenca



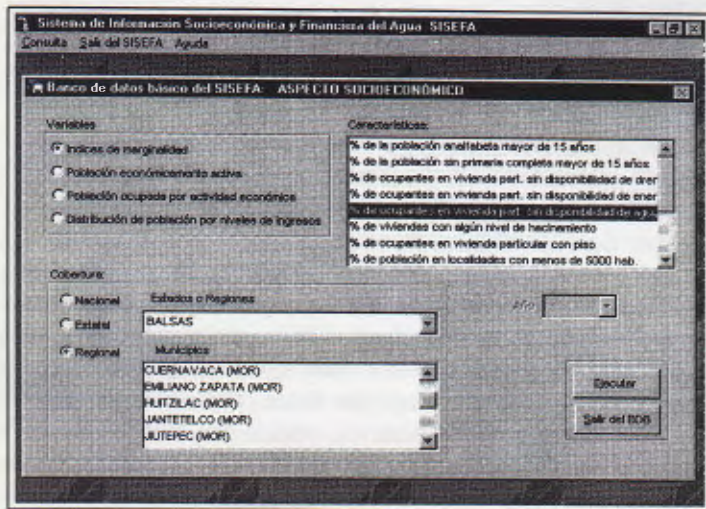
también la presión por el derecho de uso del recurso, notoriamente en algunas regiones y temporadas. Ha llegado el día en que el incremento de la oferta del recurso, para satisfacer necesidades de la población, aparece como una alternativa poco atractiva cuando es comparada con opciones de control de la demanda. Esto ha propiciado que las instituciones encargadas de la gestión del agua, principalmente la CNA, promuevan programas para incrementar la eficiencia en el uso del agua.

Los costos unitarios de extracción, conducción, distribución y tratamiento crecen a medida que transcurre el tiempo y aumentan las demandas del recurso. Por mucho tiempo el gobierno federal subsidió los costos del abastecimiento de agua destinada a usos agropecuario y doméstico. Esto dificultó el desarrollo de una cultura de la valoración del agua en los usuarios y contribuyó al deterioro gradual de la infraestructura, lo cual trajo aparejadas deficiencias en operación y servicio. Las anteriores consideraciones han permitido concluir que la sustentabilidad de los sistemas hidráulicos requiere que el agua sea considerada como un bien económico, cuyo precio deba ser definido en forma racional, considerando los costos reales involucrados en su extracción, almacenamiento, conducción, distribución y tratamiento. En particular, tarde o temprano será necesario considerar seriamente la posibilidad de cobrar derechos por uso o aprovechamiento agrícola del recurso, dado que el riego representa, por mucho, el mayor consumidor de agua en México y el uso eficiente del agua en la agricultura de riego no se propiciará si no se implanta ese cobro.

Se han propuesto montos de derecho del uso del agua utilizada en riego para las trece regiones administrativas de la CNA (Montesillo, 1997). Dichos montos han sido estimados a través del cálculo de los valores paramétricos de la función de producción de la agricultura bajo riego en México, con información anual proveniente de la CNA, de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Con el objeto de analizar la viabilidad de implantar cobros por derecho de uso agrícola del agua, se estimó el impacto que la implantación de los mismos tendría en los costos de los productores de la región Lerma-Santiago-Pacífico, y se concluyó que el cobro del derecho de uso para los agricultores de la región, representaría en promedio solamente el 0.19% de sus costos totales.

También se ha desarrollado un estudio que ha resultado en una propuesta de derecho aplicable al uso o aprovechamiento de agua en la industria, basada en la utilidad marginal del agua y la determinación del punto de cierre (Guerrero, 1997). Esto último para medir el grado en el que se afecta el margen de utilidad de una industria en particular, considerando los incrementos de los costos

3. Pantalla del Sistema de Información Económica y Financiera del Agua



medios variables por aumentos en los derechos del agua, al punto de que no sea posible, en el corto plazo, la permanencia de dicha industria en el mercado.

Finalmente, la información que se requiere para probar y validar modelos como los descritos, no había estado disponible de manera sencilla. Por tal motivo, el IMTA ha desarrollado para la CNA el Sistema de Información Económica y Financiera del Agua (ilustración 6), para apoyar la planeación, la administración y la toma de decisiones en relación con la fijación de precios del agua, y así contribuir a la sustentabilidad de los sistemas hidráulicos (Piña, 1997). El sistema integra información de diversas fuentes en un banco de datos básicos que hasta ahora contiene aproximadamente 1,300 variables.

Comentarios finales

Es común que cuando se discuten políticas de ciencia y tecnología se caiga en la tentación de clasificar la investigación en básica y aplicada. La primera de ellas, se argumenta normalmente, debe llevarse a cabo en las universidades y quienes la cultivan son usualmente seguidores de la máxima de Pasteur: la ciencia no tiene patria. La investigación aplicada, sostienen los puristas académicos, debe llevarse a cabo en instituciones creadas *ex profeso* y, añaden los seguidores del neoliberalismo económico, preferentemente por la iniciativa privada. Estas posiciones han causado dificultades en la definición de claras y eficaces políticas de desarrollo científico y tecnológico en diversos países, en particular en México.

En opinión del que escribe estas reflexiones, al intentar definir políticas científicas y tecnológicas, en lugar de hablar de investigación básica y aplicada, sería más co-

recto clasificar la labor investigativa como científica y tecnológica. La palabra ciencia proviene de la raíz latina *scientia*, que significa conocimiento o discernimiento. De acuerdo con el Diccionario de la Lengua Española, *ciencia* significa conocimiento cierto de las cosas por sus principios y causas y cuerpo ordenado de doctrina metódicamente formado y ordenado, que constituye un ramo particular del humano saber. Por otra parte, el *Webster's New World Dictionary* define *tecnología* como el sistema a través del cual una sociedad provee a sus miembros de aquéllo que necesitan o desean. El primer diccionario citado define investigación como hacer diligencias para descubrir una cosa y el segundo, como el estudio cuidadoso, sistemático y paciente en algún campo del conocimiento, orientado a descubrir o a establecer hechos y principios. En otras palabras, la investigación es la generación de nuevo conocimiento.

La diferencia entre investigación científica e investigación tecnológica estriba, no en si una es básica y la otra aplicada, sino en su motivación. De acuerdo con las definiciones antes ofrecidas, la investigación científica busca la generación de nuevo conocimiento por el conocimiento *per se*. En contraste, la investigación tecnológica busca generar nuevo conocimiento con el propósito de desarrollar tecnologías, esto es, lograr que dicho conocimiento se transforme en productos utilizables por la sociedad, beneficiando así a sus miembros. Los ejemplos que han sido ofrecidos en este artículo demuestran que en el ámbito de la investigación tecnológica hay espacio tanto para trabajo básico, orientado a complementar marcos teóricos o producir evidencia experimental que incluso permitan cuestionar y modificar paradigmas, como aplicado, que eslabona el trabajo básico con el ulterior desarrollo de una tecnología. Dichos ejemplos también muestran fehacientemente que cuando se articula debidamente la actividad de instituciones responsables de la gestión de un recurso natural de importancia vital, como es el caso del agua, con la de una institución dedicada a la investigación y el desarrollo tecnológico, es posible conseguir que la actividad sustantiva de la segunda se constituya en un verdadero sistema de soporte para la toma de decisiones. Este tipo de articulación redundará en significativos y tangibles beneficios para la sociedad.

La estrecha relación que guardan la inversión en investigación y desarrollo tecnológico con el grado de desarrollo de un país ha sido ampliamente discutida por muchos autores y ha sido demostrada por la experiencia de diversos países. En un país como México, donde los recursos financieros son escasos, es necesario emplearlos con prudencia. Por tanto, conviene orientar las inversiones, tanto públicas como privadas, principalmente hacia la investigación tecnológica, con el objeto de que los investi-

gadores dediquen sus esfuerzos a contribuir a la solución de los principales problemas de la nación. Los tomadores de decisiones deben percatarse que aún los países con mayores niveles de desarrollo subsidian la actividad científica y tecnológica, la cual no debe verse exclusivamente como negocio, sino como un medio para alcanzar la competitividad de clase mundial y, principalmente, como un catalizador del desarrollo.

Reconocimientos

Las siguientes personas han participado en las investigaciones descritas en este artículo: Ariosto Aguilar, Ernesto Aguilar, Javier Aparicio, Juana Cortés, Sonia Dávila, Mauricio Escalante, Carlos Fuentes, José Alfredo González, Hilda Guerrero, Isidro López, Polioptro Martínez, Miguel Mejía, José Luis Montesillo, Álvaro Muñoz, Rodolfo Namuche, Gustavo Ortiz, Carola Pereira, Ramón Piña, Leonardo Pulido, Aldo Iván Ramírez, Víctor Ramírez, Carlos Rodríguez, Óscar Santillán, Ana Helena Treviño y Sergio Vargas.

Referencias

- Aldama, A. A., y Aguilar, E., 1998. A physically-based hydrologic method for flood routing in river channels, *Water Resources Engineering '98*, 2, 1601-1606.
- Aldama, A. A., A. I. Ramírez y J. Aparicio, 1998. Design floods in river networks, *Water Resources Engineering '98*, 2, 1607-1612.
- Colwell, R. R., P. A. West, D. Maneval, D. F. Remmers, E. L. Elliot y N. E. Carlson, 1984. Ecology of pathogenic Vibrios in Chesapeake Bay, en R. R. Colwell (ed.), *Vibrios in the Environment*, John Wiley and Sons, New York, 367-387.
- Colwell, R. R. y W. M. Spira, 1992. The ecology of *Vibrio cholerae*, en D. Barua y W. B. Greenough III (eds.), *Current Topics in Infectious Disease*, Plenum, Nueva York, 107-127.
- Feachem, R., Bradley, D., Garelick, H. y Mara, D., 1983. *Sanitation and Disease. Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*, John Wiley and Sons, Nueva York.
- Fernández, G. R., 1990. Algunas experiencias y proposiciones sobre recuperación de suelos con problemas de sales en México, *Terra*, 8, 226-240.
- González, V. J. A., I. L. Robles, L.R. Puente, M.E. Escalante, P.V. Echeverría, M.A.G. Mejía, M.O. Medardo y A.M. Muñoz, 1996. Construcción del sistema de aireación de la Laguna de Bojórquez, Cancún, Q.R., Informe Interno, Informe interno IMTA.
- González, V. J. A., I. L. Robles, L.R. Puente, M.E. Escalante, P.V. Echeverría y A.F. Banderas, 1997. Evaluación y seguimiento del impacto del sistema de aireación de la Laguna de Bojórquez, Informe Interno, IMTA.
- Guerrero, H., 1997. Aplicación de instrumentos de mercado para regular la demanda de agua para uso industrial, Informe interno, IMTA.
- Hoodhoudt, S. B., 1940. *Bijdrage tot de kennis van enige natuurkundige grootheden van den grond*, Verslag Landbouwk, Onderzoek, 46, 515-707.
- Ignizio, J. P., 1991. *Introduction to Expert Systems*, McGraw Hill, Nueva York.
- Islam, M. S., M. J. Alam y S. E. Khan, 1995. Occurrence and distribution of culturable *Vibrio cholerae* O1 in Aquatic Environments of Bangladesh, *International Journal of Environmental Studies*, 47, 217-223.
- Kaneko, T. y R. R. Colwell, 1975. Adsorption of *Vibrio parahaemolyticus* Onto Chitin and Copepods, *Applied Microbiology*, 29, 269-274.
- MacDonell, M.T., R. M. Baker, F. L. Singleton, y M. A. Hodd, 1984. Effects of Surface Association and Osmolality on Seawater Microcosm Populations of an Environmental Isolate of *Vibrio cholerae*, en R. R. Colwell (ed.), *Vibrios in the Environment*, John Wiley and Sons, New York, 535-548.
- Montesillo, J. L., 1997. Efectos económicos en el sector agrícola de riego ante la implementación por el cobro de derechos por uso de agua, Informe interno, IMTA.
- Namuche, R., C. Rodríguez, y L. Pulido, 1996a. Recuperación de suelos con problemas de salinidad: Experiencias en el distrito de riego No. 076, Valle del Carrizo, Sinaloa, Memorias, XIV Congreso Nacional de Hidráulica, Acapulco, México.
- Namuche, Y. R., C. Fuentes R., L. Rendón P., R. Mercado E. y F. Brambila, 1996b. Análisis probabilístico del espaciamiento entre drenes subterráneos parcelarios, Memorias, del XVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, Guayaquil, Ecuador.
- Piña, R., 1997. Servicios de apoyo al sistema de información socioeconómica y financiera del agua (SISEFA), Informe interno, IMTA.
- Pulido, M. L., S. Sanvicente, C. L. Wiegand, y C. Rodríguez Z., 1995. Identificación con imágenes de satélite Landsat TM y Spot. pancromática de suelo ensalitrado en los distritos de riego, *Ingeniero Hidráulica en México*, 10, 95-102.
- Pulido, M. L., C. L. Wiegand, C. Rodríguez Z. y S. Neck, 1996. Imágenes de satélite para identificar la salinidad del suelo en los distritos de riego, *Terra*, 15, 201-210.
- Salyers, A. y D. Whitt, 1994. *Bacterial Pathogenesis. A Molecular Approach*, ASM Press, Washington.
- SS, 1991-1998. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Boletines semanales de junio de 1991 - julio de 1998, Secretario de Salud, México.
- SS, 1992. Manual para la vigilancia Epidemiológica del cólera en México, Secretario de Salud, México.
- Tamplin, M. L. Y R. R. Colwell, 1986. Effects of Microcosm Salinity and Organic Substrate Concentration on Production of *Vibrio cholerae* Enterotoxin, *Applied Environmental Microbiology*, 52, 297-301.
- Volobuyev, V. R., 1966. Investigation of Salt Extraction of Soils by the Method of Washing Monoliths, *Proc., Soil Crop Sci. Soc. Fla.*, No. 26, 12-22.
- Xu, H-S., N. Roberts, F. L. Singleton, R. W. Attwell, D. J. Grimes and R. R. Colwell, 1982. Survival and Viability of Non-culturable *Escherichia coli* and *Vibrio cholerae* in the Estuarine and Marine Environment, *Microb. Ecol.*, 8, 313-323.

26th Annual Conference on Water Resources Planning and Management

Organizador: American Society of Civil Engineers

Tempe, Phoenix, Arizona

Del 6 al 9 de junio, 1999

Fecha límite de recepción de documentos: 1 de agosto, 1988

Informes: Erin Wilson, 165 South Union Blvd. Suite 200
Lakewood, CO80228

Teléfono: (303) 987 3443, Fax : (303) 987 3908

Temas: /RECURSOS NATURALES / ADMINISTRACIÓN DEL AGUA /

AWRA Annual Conference on Water Resources

Organizador: American Water Resources Association.

Point Clear, Alabama.

Del 15 al 19 de noviembre, 1988

Informes: S. Rocky Durrans

Teléfono: (703) 904 1225, Fax : (703) 904 1228

Temas: /RECURSOS HÍDRICOS / CALIDAD DEL AGUA /

Engineering and Construction Conference

Organizador: American Water Works Association.

Kissimmee. Del 14 al 17 de marzo, 1999, fecha límite de recepción de documentos: 980507

Informes: American Water Works Association.

Teléfono: (303) 794 7711

Temas: /INGENIERÍA CIVIL / CONSTRUCCIÓN /

Water Environment Federation Technology Latin America

Organizador: Water Environment Federation.

Río de Janeiro, Brazil.

Del 10 al 14 de mayo, 1999.

Fecha límite de recepción de documentos: 31 de julio, 1998.

Informes: Water Environment Federation

Teléfono: 17 03 684 2452

Temas: /RECURSOS NATURALES / RECURSOS HIDRÁULICOS /

Seminario Internacional. Tratamiento Avanzado de Aguas Residuales Remoción Biológica de Nitrógeno y Fósforo Mediante Aereación Intermitente

Organizador: Coordinación de Tecnología de Tratamiento y Calidad del Agua, IMTA

Jiutepec, Morelos.

Del 9 al 13 de noviembre, 1998.

Informes: Teléfono: 19 40 00, 19 41 11 extensión 432

Temas: / REMOCIÓN BIOLÓGICA / AGUAS RESIDUALES /

XIX Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza.

Simposium Internacional de Control de Maleza en Zonas de Riego.

Primer Congreso Nacional de Control de Maleza Acuática

Del 9 al 13 de noviembre, 1998.

Informes: M.C. Ramiro Vega Nevares y Biol. Ángel Aguilar Zepeda

Teléfono: 73 19 40 41

e. mail. ramiro@riego.imta.mx

jaguilar@riego.imta.mx

Temas: / MALEZAS ACUÁTICAS / ZONAS DE RIEGO /

Aguas Industriales Residuales

Organizador: Universidad Nacional Autónoma de México.

México, D.F.

Del 9 al 13 de noviembre, 1998.

Informes: Carmen Durán,

Ciudad Universitaria, México, D.F.

Temas: / TRATAMIENTO DEL AGUA / AGUAS RESIDUALES /

Medios de Comunicación y Medio Ambiente

Organizador: Universidad Nacional Autónoma de México.

México, D.F.

Del 9 al 13 de noviembre, 1998.

Informes: Delia Crovi,

Ciudad Universitaria, México, D.F.

Temas: / AMBIENTE / RECURSOS NATURALES /

Strategic Networking for the 21st Century in Water Residual and Biologist Management

Organizador: Water Environment Federation

Chalotte, North Carolina

Del 27 al 30 de enero, 1999

Informes: Water Environment Federation

Teléfono: 17 03 684 2452

Temas: / AGUAS RESIDUALES / TRATAMIENTO DEL AGUA /

International Course on Modernization, Rehabilitation, and Transfer of Irrigation Delivery System

Organizador: IIC

Logan, Utah

Del 15 al 19 de marzo, 1999

Informes: Blair Stringam

Teléfono: (435) 797 2800

Temas: / RIEGO / ADMINISTRACIÓN DEL AGUA /

TLALOC-AMH se distribuye gratuitamente a los socios de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH. Para quienes no están inscritos en la AMH el costo por ejemplar es de \$35.00 y se puede adquirir directamente en las oficinas de la Asociación.

INGRESO DE MIEMBROS

RECORTE ESTA FORMA Y ENVÍELA CON SU PAGO DE INSCRIPCIÓN (\$30.00) Y ANUALIDAD (\$90.00) A LA AMH.

ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA

SOLICITUD DE INGRESO

DATOS PERSONALES

_____ R.F.C. _____ SEXO _____
APELLIDO: PATERNO, MATERNO, NOMBRE(S)

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

_____ C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO TELÉFONO

GRADO DE ESTUDIOS _____ PASANTE _____ EGRESADO _____

LICENCIATURA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

MAESTRÍA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

DOCTORADO _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

OTROS _____ AÑO _____

ACTIVIDAD PROFESIONAL

NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN _____

GIRO DE LA EMPRESA _____ PUESTO _____

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

_____ C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO

TELÉFONOS _____ EXT. _____ FAX _____

LUGAR Y FECHA _____ FIRMA DEL INTERESADO _____

Aviso: A los miembros que estén retrasados en el pago de su anualidad, por favor dirigirse con el coordinador local de la AMH o directamente a la oficina central en Camino Sta. Teresa No. 187, Col. Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F. Tel. 606-11-67; Fax 666-08-35.

TLALOC-AMH se distribuye gratuitamente a los socios de la Asociación Mexicana de Hidráulica, AMH. Para quienes no están inscritos en la AMH el costo por ejemplar es de \$35.00 y se puede adquirir directamente en las oficinas de la Asociación.

INGRESO DE MIEMBROS

RECORTE ESTA FORMA Y ENVÍELA CON SU PAGO DE INSCRIPCIÓN (\$30.00) Y ANUALIDAD (\$90.00) A LA AMH.

ASOCIACIÓN MEXICANA DE HIDRÁULICA

SOLICITUD DE INGRESO

DATOS PERSONALES

_____ R.E.C. _____ SEXO _____
APELLIDO PATERNO, MATERNO, NOMBRE(S)

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

_____ C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO TELÉFONO

GRADO DE ESTUDIOS _____ PASANTE _____ EGRESADO _____

LICENCIATURA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

MAESTRÍA _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

DOCTORADO _____ EGRESADO DE _____ AÑO _____

OTROS _____ AÑO _____

ACTIVIDAD PROFESIONAL

NOMBRE DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN _____

GIRO DE LA EMPRESA _____ PUESTO _____

DOMICILIO _____
CALLE NÚMERO COLONIA

_____ C.P. DELEGACIÓN/MUNICIPIO CIUDAD ESTADO

TELÉFONOS _____ EXT. _____ FAX _____

LUGAR Y FECHA _____ FIRMA DEL INTERESADO _____

Aviso: A los miembros que estén retrasados en el pago de su anualidad, por favor dirigirse con el coordinador local de la AMH o directamente a la oficina central en Camino Sta. Teresa No. 187, Col. Parques del Pedregal, C.P. 14010, México, D.F. Tel. 606-11-67; Fax 666-08-35.

Señor Empresario

¡ pague a tiempo !

Si usted se dedica a actividades industriales, comerciales, de servicios y/o:

- Utiliza agua de pozos , ríos, lagos o lagunas
- Descarga aguas residuales en ríos, lagos, lagunas, presas, cauces, mares o las infiltra al subsuelo.

Deberá pagar derechos trimestralmente antes de los días:

15 de octubre
15 de enero

15 de abril
15 de julio

- Utiliza terrenos federales colindantes a ríos, lagos o presas para actividades turísticas.

Pagará bimestralmente en los meses de:

Agosto

Febrero

Octubre

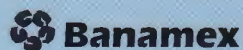
Abril

Diciembre

Junio

- Extrae materiales de cauces de ríos y otros cuerpos de agua, entonces **sus pagos los deberá hacer previos a la operación.**

Realice sus pagos en cualquier sucursal de los siguientes bancos:



<http://www.sgaa.cna.gob.mx>

Estar al corriente en sus pagos le conviene ya que obtendrá:

- Seguridad Jurídica
- Protección de su inversión y patrimonio



¡Confiamos en usted!

Su pago es Autodeclarable.

Si necesita más información, acuda a la "Ventanilla Unica" de la Comisión Nacional del Agua más cercana a su localidad.