

Flow

19
AMH

* Rediseño de la red nacional de monitoreo de calidad del agua * Contaminación difusa * Uso y validación de mapas de vulnerabilidad * El agua como factor económico en la política ambiental * Abastecimiento y reutilización de aguas en el Valle de México * Manejo de las descargas de aguas residuales en Cd. Juárez



Medio ambiente

+ Entrevistas Publicaciones Cultura





EXPOAGUA 2000

Agua y Medio Ambiente
Soluciones para el Tercer Milenio



La Sociedad Mexicana de Aguas, A.C.
La Asociación Mexicana de Aguas, A.C.

Con la colaboración de la Water Environment Federation, La American Water Works Association y la Water Environment Association of Texas; se complacen en invitar a Usted a participar en nuestra 8a. Reunión Internacional Expo Agua 2000, que se llevará a cabo los días 12, 13 y 14 de septiembre del 2000 en el Centro Internacional de Negocios (Cintermex) en la Ciudad de Monterrey, N.L. México.

PROGRAMA DE CONFERENCIAS

Martes 12 de Septiembre

- * Registro de Participantes
- * Recepción de invitados
- * Inauguración de la 8a. Reunión Internacional:
- * Reporte del Banco Mundial sobre el Agua
- * Receso
- * La WEF (Water Environment Federation) y su presencia en el mundo
- * Las aportaciones de la AWWA (American Water Works Association) al mundo
- * Receso
- * Visita a Expo Agua 2000 y presentaciones técnico- comerciales de los expositores

Miércoles 13 de Septiembre

- * La Recarga de Acuíferos con Agua Residual Tratada como Solución a los Problemas de Abasto de Agua Potable
- * Xeriscaping: Sembrando las Semillas para reducir el Consumo de Agua
- * Solución de las dificultades Técnicas, Administrativas y Psicológicas para la Implementación de Sistemas Automáticos de Distribución de Agua
- * Disponibilidad de Financiamiento para Proyectos de Tratamiento y Reuso de Aguas Residuales
- * Status de las Descargas de Aguas Residuales a Cauces Federales y Estímulos Fiscales disponibles
- * Control Biológico de vectores para evitar molestias y daños a la población
- * Visita a Expo Agua 2000 y presentaciones técnico- comerciales de los expositores

Jueves 14 de Septiembre

- * Tecnología de Aereación Combinada para el Tratamiento de Aguas Residuales por Lodos Activados
- * Aplicaciones exitosas de la Tecnología de Aereación Combinada
- * Estudio de Biocinética y su Implementación para el Tratamiento de Aguas Residuales Industriales y Domésticas, con fines de Reutilización y Comercialización
- * Tecnologías de Digestión Anaerobia y Recuperación de Metano en Cumplimiento de la Norma 503 de los Estados Unidos
- * Alternativas para la Remoción de Grasas y Aceites de las Aguas Residuales Industriales
- * Diseño de Tratamientos Físico-Químicos para Aguas Residuales Industriales
- * Alternativas de Confinamiento de los Residuos Tóxicos en México
- * Visita a la Expo Agua 2000

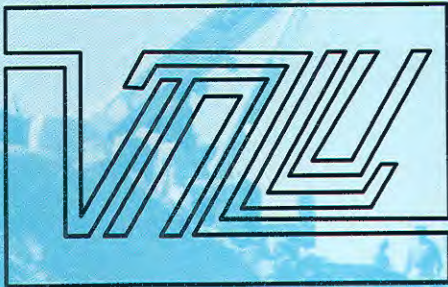
- * 100 STANDS DE EXPOSICION DE EQUIPOS Y SERVICIOS DE LA INDUSTRIA DEL AGUA
- * CURSOS DE CAPACITACION AUTORIZADOS PARA LA CERTIFICACION DE OPERADORES
- * PROGRAMA DE ACOMPAÑANTES

Para mayores informes dirigirse a: La Sociedad Mexicana de Aguas, A.C.
a los Teléfonos (8) 115-0262 y 129-3160 o bien via Email a: smaac@infosel.com

Visite nuestra pagina en internet: come.to/expoagua



SI DE HIDROLÍNEAS SE TRATA



VAZLU, S. A.

Av. de las rocas No. 1501

Playas de Tijuana, Tijuana, B.C. 22200

**DESDE 1985 HEMOS
SIDO LOS
PREFERIDOS POR
NUESTROS
CLIENTES EN
INSTALACIÓN DE
LÍNEAS
HIDRÁULICAS DE
TODOS LOS TIPOS,
USOS Y
DIÁMETROS
QUINCE AÑOS DE
EXPERIENCIA NOS
RESPALDAN**

TELÉFONO 6-30-10-53

FAX 6-80-13-73

E-MAIL: vazlusa@cablemas.com



■ El deterioro ambiental ocasionado en las últimas décadas por la deforestación de los bosques, la urbanización, la invasión de cauces y costas, el crecimiento desmedido de los centros de población, y todo ello sin la infraestructura necesaria, ha propiciado que con mayor frecuencia se vean afectados los ecosistemas, con un valor social significativo y un elevado costo económico.

Los recursos naturales son el motor productivo del planeta, del cual depende el bienestar de la humanidad; por ello debemos conservarlos y frenar su deterioro que día con día se incrementa. El agua es el recurso con mayor importancia y es necesario evitar su degradación; su consumo aumentó seis veces en los últimos 100 años, más del doble que el crecimiento poblacional y su demanda continuará incrementándose.

Hoy en día, una tercera parte de la población mundial vive en países donde la disponibilidad del recurso se ubica entre moderada y baja; de no tomarse las medidas necesarias, en 30 años la población con esa disponibilidad podría ascender a dos tercios.

El agua sostiene los ecosistemas y debe estar disponible en cantidad y calidad adecuadas; por tanto, de no revertir las tendencias de sobreexplotación y contaminación actuales, no sólo la vida vegetal y animal de los cuerpos de agua están en peligro, también los ecosistemas.

En México, las principales cuencas hidrológicas están severamente contaminadas, e importantes acuíferos sobreexplotados; se prevé que de no tomar las medidas pertinentes, en el 2025 se convertirá en un país con baja disponibilidad de agua y, en consecuencia, con severas limitaciones en su desarrollo.

Esto demuestra que, tanto en México como en el mundo, los patrones de producción y desarrollo han descuidado la protección al ambiente, así como el costo derivado de su explotación. Los costos financieros y ambientales de las nuevas fuentes para abastecimiento de agua van en aumento, ya que las más cercanas han sido agotadas.

Por tanto, es indispensable integrar como ejes de la política para el desarrollo nacional y de los estados, la ambiental y la hidráulica; poner en práctica incentivos para que los usuarios (doméstico, agrícola e industrial) paguen el costo real por el servicio que reciben, cambien sus hábitos de uso y consumo, y tomen las medidas necesarias para proteger el medio ambiente y conservar el agua.

Mientras ésta no sea tratada como un bien económico, como sostén de los ecosistemas y por ende del país, y se busquen alternativas viables para el uso y reúso del agua, continuará la misma tendencia con impactos en todas las esferas de la vida. Este deterioro de los ecosistemas condicionará la calidad de vida de las futuras generaciones en las décadas por venir.

La AMH, con el apoyo de sus agremiados, debe promover en el país el desarrollo de una cultura para el manejo eficiente, económico y equitativo de los recursos naturales, especialmente del agua.

Jesús Campos López

Presidente del XXIV
Consejo Directivo de la AMH

19

AÑO VII, NÚM. JULIO-SEPTIEMBRE 2000.

TLÁLLOC-AMH.
ÓRGANO DE INFORMACIÓN
DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA
DE HIDRÁULICA, AMH

XXIV CONSEJO DIRECTIVO DE LA AMH**PRESIDENTE** Jesús Campos López**VICEPRESIDENTE** Álvaro A. Aldama Rodríguez**TESORERO** Héctor F. Fernández Esparza**SECRETARIO** Óscar Ávalos Domenzain**SECRETARIO DESIGNADO** Luis Eduardo de Ávila Rueda**VOCALES** Graciela Paredes García, Víctor del Razo Tapia**EDITOR RESPONSABLE** Jesús Campos López**COMITÉ EDITORIAL** Luis Aboites Aguilar, Felipe Arreguín

Cortés, Moisés Berezowsky Verduzco, Daniel Campos

Aranda, Rafael Carmona Paredes, Jaime Collado, Ramón

Dominguez Mora, Roberto Llanas Fernández, Humberto

Marengo Mogollón, Alejandra Martín Domínguez,

Poliopetro Martínez Austria, César O. Ramos Valdés,

Gilberto Sotelo Ávila, Ma. de los Ángeles Peralta Arias,

Rolando Springall Galindo, Adolfo Urías Martínez.

COORDINACIÓN TÉCNICA Ignacio Castillo Escalante,

Luis Eduardo de Ávila Rueda

COORDINADORA EDITORIAL Leonor Pintado Cortina**EDICIÓN Y DISEÑO** Trilce Ediciones, S.A. de C.V.

Euler 152-403, Col. Chapultepec Morales, México, D.F.

Tel: 5 2555804 E-mail: trilce@data.net.mx

DISEÑO Juan Carlos Mena, Óscar Reyes**REDACCIÓN** Eduardo Durán**FORMACIÓN** Patricia Ortiz**FOTO PORTADA** Demetrio Carrasco

TLÁLLOC-AMH es una publicación trimestral de la Asociación Mexicana de Hidráulica. Para otros interesados, dirigirse a Camino a Santa Teresa 187. Colonia Parques del Pedregal. C.P. 14010, México, D.F., Correo electrónico: asmexhca@podernet.com.mx Tel y fax: (5) 666-08-35. Certificado de licitud de título Núm. 8279 y de contenido Núm. 5828. Reserva de derechos al uso exclusivo Núm. 04-1998-062419345900-102. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de sus autores y no necesariamente representan la opinión de la AMH. Ninguna parte de esta revista puede ser reproducida en medio alguno, incluso electrónico, ni traducida a otros idiomas sin autorización escrita de sus editores. El tiraje es de 2,500 ejemplares, incluyendo los de reposición.

Índice

**4 Ciencia y tecnología**

Rediseño de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua

ALICIA VÁZQUEZ
JESÚS GARCÍA CABRERA
IGNACIO GONZÁLEZ**8 Contaminación difusa**FELIPE I. ARREGUÍN CORTÉS,
MA. ANTONIETA GÓMEZ BALANDRA,
JORGE L. IZURIETA DÁVILA**11 Uso y validación de mapas de vulnerabilidad**

JOSÉ ALFREDO RAMOS LEAL

14 Gestión del agua

El agua como factor económico en la política ambiental

VÍCTOR L. URQUIDI

20 Abastecimiento y reutilización de agua en el Valle de México

ANTONIO CAPELLA VIZCAINO

24 Manejo de las descargas de aguas residuales en Ciudad Juárez

ALBERTO RAMÍREZ LÓPEZ

30 Entrevistas

Las auditorías ambientales

ANTONIO AZUELA

32 La normatividad del agua en México

ENRIQUE PROVENCIO

34 La participación de la industria en el cuidado del ambiente

CARLOS SANDOVAL

36 Noticias de la AMH

Primer informe del XXIV Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica

37 Premio BANOBRAS**38 Publicaciones**

Publicaciones, foros, INTERNET

39 Cultura

Movimiento Ciudadano por el Agua

RUBÉN BAROCIO RAMÍREZ

Por Ignacio D. González Mora,*
Alicia Vázquez Martínez,*
Jesús García Cabrera*

Rediseño de de monitoreo de

Durante los años de operación de la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua (RNM), el problema más grave fue generar información con base en amplios objetivos. En 1996, se inició el rediseño de la RNM con el propósito principal de generar de manera eficiente, información útil, representativa y confiable de la calidad del agua en el país. El cambio incluye el replanteamiento estructural de la red, así como de los enfoques para medir la calidad del recurso.

Respecto a la nueva estructura de la RNM, ésta cuenta con varios componentes, entre otros: la Red Primaria, que se encuentra operando y la Red Secundaria, que tiene un avance significativo. El rediseño favorece las actividades de seguimiento de la calidad del agua, acorde con los objetivos de descentralización de la Comisión Nacional del Agua

INTRODUCCIÓN

Las actividades de observación sistemática de la calidad del agua en el país mediante la Red Nacional de Monitoreo (RNM), se han llevado a cabo desde 1974. En ese año se implementó un primer programa con 239 estaciones para la toma de muestras, repartidas en 14 regiones de trabajo, cada una con un laboratorio.

Con el paso del tiempo, la RNM incrementó su número de estaciones: 415 en 1982, 786 en 1988, 805 en 1995, 732 en 1996; 729 en 1997 y 745 en 1998.

Durante los años de operación de la RNM, el problema más grave ha sido generar información con base en objetivos amplios e incluso poco claros. El programa de monitoreo nunca incluyó un procedimiento periódico de revisión sistemática, por lo que la conformación de la red, hasta 1998, no muestra criterios homogéneos, presenta sesgos evidentes y no responde a los



La evolución de la RNM no ha derivado en una cobertura nacional, sino que ha creado un grupo de redes estatales. Bajo el concepto de rediseño, la finalidad es conformar una red que tenga objetivos claros y que sus actividades se planeen con metas alcanzables, que parta de lineamientos y criterios de aplicación en el ámbito nacional, y que represente adecuadamente los recursos hídricos del país.

problemas de calidad del agua que actualmente hay en el país.

La situación descrita hizo inminente que en 1996 se iniciara el rediseño de la RNM, con el principal objetivo de generar de manera eficiente información útil, representativa y confiable.

La calidad del agua en corrientes, lagos, embalses y otros cuerpos acuáticos varía continuamente con el tiempo, tanto de manera natural como por la influencia de las actividades socio-económicas que se suceden en las comunidades adyacentes.

Por lo anterior, es de primordial importancia conocer la calidad y las tendencias de cambio en los cuerpos de agua, cuyas características puedan, en combinación con los volúmenes de escurrimiento, definir los usos adecuados a los que se destinará el recurso para aprovecharlo al máximo.

El conocimiento de un sistema —sus presiones

* Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, CNA.

e la red nacional calidad del agua

y su respuesta a las influencias naturales y las acciones del hombre como agente de alteración— es objeto de un programa de monitoreo.

Con base en ello se ha trabajado en la elaboración del Programa Nacional de Monitoreo, documento normativo que provee la guía y coherencia de las actividades de seguimiento y vigilancia de la calidad del agua, cuyos objetivos presentamos a continuación:

- Realizar una evaluación de tendencias de la calidad del agua a nivel nacional, por regiones o localidades.
- Apoyar, y en su momento evaluar, el desempeño y cumplimiento de la regulación de la contaminación en los cuerpos de agua.
- Identificar problemáticas asociadas a contaminantes específicos (como metales pesados y compuestos orgánicos) presentes en el medio acuático.
- Iniciar el diseño de un sistema para la detección oportuna de contaminantes, a fin de proteger las fuentes de abastecimiento.
- Cumplir los acuerdos y compromisos internacionales correspondientes.

DESARROLLO

La evolución de la RNM no ha derivado en una cobertura nacional, sino que ha creado un grupo de redes estatales. Bajo el concepto de rediseño, la finalidad es conformar una red con objetivos claros y actividades planeadas con metas alcanzables, que parta de lineamientos y criterios de aplicación en el ámbito nacional, y



^ FOTO BENJAMÍN PEREA JUÁREZ

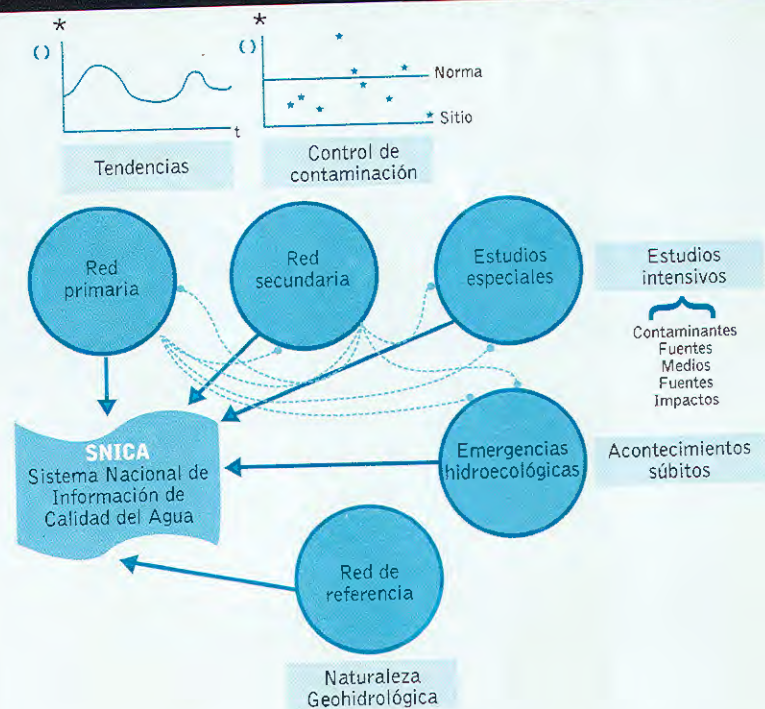
represente adecuadamente los recursos hídricos del país.

Además, aproximarse al conocimiento de la calidad del agua de un cuerpo hídrico, requiere lograr un monitoreo integral que mida las características físicas, químicas y biológicas de los sistemas en diferentes medios (agua, sedimento, organismos), y el empleo de indicadores ambientales y biológicos.

Para cumplir los objetivos del programa se establecieron los siguientes componentes de red (ver Fig.1):

- **Red Primaria.** Esencial y permanente en la RNM, cuyo objetivo es generar información descriptiva y a largo plazo en los cuerpos de agua más importantes del país, ya sea por el tipo de uso asignado al recurso o por la sensibilidad del sistema a la contaminación. Es la red de las tendencias de cambio en la calidad del agua.
- **Red Secundaria.** Componente flexible de la RNM asociada con fuentes específicas de impacto en los sistemas acuáticos; tiene como objetivo generar información prescriptiva a corto y mediano plazos, que sirva de apoyo a las acciones de regulación y control de la contaminación.
- **Estudios Especiales.** Componente puntual de la RNM con el cual quedarán integradas todas las actividades generadoras de datos sobre calidad del agua que realiza la Comisión Nacional del Agua. En términos generales la información será tanto descriptiva como prescriptiva, generada a corto plazo y asociada con una problemática muy específica.

FIGURA 1 COMPONENTES DE LA NUEVA RNM



* Concentración de la variable de interés (oxígeno, nitratos, hidrocarburos, metales pesados, etc.).

■ **Emergencias Hidroecológicas.** Componente extraordinario de la RNM; en la actualidad señala situaciones de alerta en los sistemas acuáticos del país y en el futuro deberá evolucionar para cumplir las funciones de un sistema de detección temprana y oportuna en casos de emergencia.

■ **Red de Referencia.** Para el caso de las aguas subterráneas será un elemento permanente, cuyo objetivo será la caracterización hidrogeoquímica de los acuíferos; la información podrá servir para prevenir la contaminación difusa a mediano y largo plazos.

Estos componentes, salvo en el caso de la red de referencia, se deben instrumentar en los tres grandes tipos de sistemas acuáticos considerados: epicontinentales, costeros y subterráneos.

El rediseño estructural de la RNM se inició con la definición de sitios potenciales para la red primaria; los criterios básicos considerados fueron los aspectos socioeconómicos que definen los usos de los cuerpos de agua, la presencia de estaciones hidrométricas y los compro-



REFERENCIAS

- Barrios Ordóñez, J.E. y González Mora, I.D. 1997. Red Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua: *Rediseño y Descentralización*. Memorias: XI Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Zacatecas, Zac. México.
- Barrios Ordóñez, J.E. y González Mora, I.D. 1999. *Indicadores ambientales de calidad del agua*. Ingeniería y Ciencias Ambientales. núm. 42, pp. 6-12.
- Chapman, D. y Jackson, J. 1996. *Water Quality*. En: *Water Quality Monitoring*. Eds.: J. Bartram y R. Ballance. UNEP. WHO. E&fn Spoon. Chapman & Hall. Londres, pp. 263-299.
- González Mora, I.D. y Barrios Ordóñez, J.E. 1997. *Diagnóstico global de la calidad del agua en México en 1996*. Memorias: XI



misos internacionales en materia de monitoreo de la calidad del agua. Como resultado, se identificaron 402 sitios ubicados en sistemas acuáticos epicontinentales, subterráneos y costeros.

Posteriormente, se realizó la calibración de los sitios (actividad de revisión de criterios y su cumplimiento); la verificación, en campo, de datos sobre las fuentes de impacto a los sistemas, usos y vías de acceso, y microlocalización de lugares y caracterización ambiental de cada uno de ellos. De esta manera, se documentó por primera vez la justificación e importancia de los datos generados por la RNM.

Del análisis de información realizado para calibrar los sitios se obtuvo, además, una propuesta de cada una de las Gerencias Regionales de la CNA relacionada con lugares potenciales para la red secundaria y algunos prospectos de estudios especiales.

Durante 1999, se inició la fase de implementación de la red primaria y se continuó con el monitoreo de los sitios que, perteneciendo a la antigua red, fueron considerados como lugares potenciales para la secundaria.

Hasta el momento se tienen en operación, para la red primaria, 235 sitios en sistemas epicontinentales, 57 en costeros y 155 en acuíferos. La red secundaria opera en 227 sitios potenciales, y durante el año 2000 serán calibrados.

Además, se continúa con actividades de verificación y confirmación permanentes para lograr que este elemento sea lo más eficiente en razón del costo-beneficio de su operación y utilidad de la información generada.



CONCLUSIONES

Bajo el concepto de rediseño, la RNM está consolidando una estructura y enfoques metodológicos, que le permitan lograr un esquema global de monitoreo y generar información para obtener una evaluación integral de la calidad del agua. En el futuro, este programa deberá incorporar la participación de otras dependencias generadoras de información de calidad del agua.

◀ FOTOS BENJAMÍN PEREA JUÁREZ

Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Zacatecas, Zac. México.

Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua (GSCA). 1999. Programa Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua. Documento para su desarrollo e implementación. Documento interno. Comisión Nacional del Agua. México.

Mäkelä, A. y Maybeck, M. 1996. *Designing a monitoring programme*. En: *Water Quality Monitoring*. Eds.: J. Bartram y R. Ballance. UNEP. WHO. E&fn Spoon. Chapman & Hall. Londres, pp. 35-59.

Meybeck, M., Kuusisto, E., Mäkelä, A. y Mäkki, E. 1996. *Water Quality*. En: *Water Quality Monitoring*. Eds.: J. Bartram y R. Ballance. UNEP. WHO. E&fn Spoon. Chapman & Hall. Londres, pp. 9-32.

Asimismo, la RNM debe transitar hacia su conformación definitiva en el Programa Nacional de Monitoreo, el cual está constituido por componentes con objetivos específicos que actúen de manera coordinada, y que dé respuesta a las problemáticas específicas de calidad del agua a través de los Programas Regionales de Monitoreo, lo cual posibilitará la descentralización de funciones y gestión.

La red primaria está operando y se ha logrado un avance sustancial en el diseño de la secundaria. Deben afinarse aún algunos aspectos en la implantación de componentes en las aguas subterráneas.

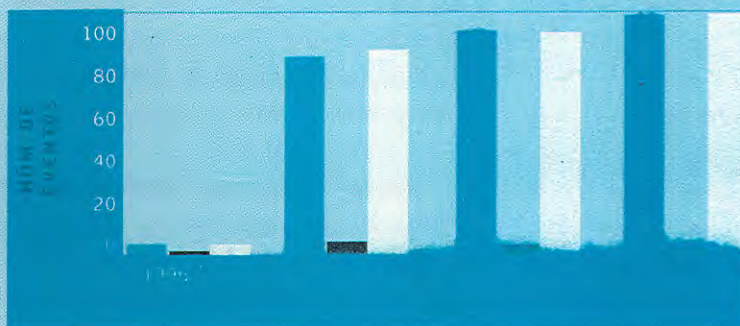
El empleo de enfoques innovadores para medir la calidad del agua se ha incluido en esta modernización y se tienen propuestas para instrumentar indicadores ambientales, bioindicadores y aspectos toxicológicos. ✧

h2oinfo

RESUMEN DE EMERGENCIAS Y CONTINGENCIAS PRESENTADAS EN EL TERRITORIO NACIONAL DESDE 1996 HASTA 1999

AÑO	CONTINGENCIAS TOTALES	EMERGENCIAS TOTALES	CONTINGENCIAS CONCLUIDAS	EMERGENCIAS CONCLUIDAS	EMERGENCIAS SIN CONCLUIR	CONTINGENCIAS SIN CONCLUIR
1996	4	0	3	0	0	1
1997	83	10	73	10	0	0
1998	88	2	85	2	0	3
1999	98	1	97	1	0	1

TOTAL DE EVENTOS PRESENTADOS 1996-1999



■ Contingencias
■ Emergencias
■ Total

Emergencia Hidroecológica es un evento súbito e inesperado de evolución rápida que altera la calidad de un cuerpo de agua nacional y pone en peligro la salud o vida de los integrantes del ecosistema acuático y organismos relacionados.

Contingencia Ambiental es un suceso que puede o no suceder y que además es susceptible de ser controlado al aplicar medidas preventivas.

Fuente: Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, CNA.

Contaminación

Felipe I. Arreguín Cortés,*
Ma. Antonieta Gómez Balandra,*
Jorge L. Izurieta Dávila*

Este trabajo describe las fuentes no puntuales o difusas de contaminación, discute cómo pueden evaluarse y presenta un modelo que permite calcular las cargas de nitrógeno y fósforo asociadas a cada fuente. ■ El modelo evalúa las fuentes difusas mediante la simulación de los procesos de escurrimiento, erosión, aporte de zonas urbanas y aguas subterráneas. Se aplicó en la cuenca del río Apatlaco, Mor., con los siguientes resultados: 58% de los aportes de nitrógeno a la cuenca son debidos a fuentes puntuales y 42% a difusas; de éstas, 48% corresponde a sistemas sépticos, 41% a la agricultura de riego y de temporal, al uso urbano y escurrimientos de bosques; 11% es producto del aporte de las aguas subterráneas. Con relación al fósforo, 75% proviene de fuentes puntuales y 25% de las difusas. ■ Para verificar la bondad del modelo se hizo una comparación entre valores promedio, obtenidos con datos de una estación de monitoreo ubicada al final de la cuenca, encontrando buena correspondencia.

INTRODUCCIÓN

En años recientes se ha impulsado el control de las fuentes de contaminación puntuales, aquellas que de alguna manera concentran en un sitio a los contaminantes (como una chimenea, centros de acopio de basura o puntos de descarga de los sistemas de alcantarillado sanitario) que recolectan las aguas residuales para disponerlas en un lugar determinado: una barranca, un río, un lago o una planta de tratamiento.

Sin embargo, algunos organismos operadores de sistemas de agua potable y alcantarillado reconocen que en materia de aguas negras han estado equivocados, pues aunque las plantas de tratamiento han operado correctamente, los cuerpos receptores están altamente contaminados debido a que el aporte de las fuentes difusas supera al de las puntuales.

La contaminación difusa es producida por las aguas de lluvia que se mueven, sobre y a través del suelo, acarream contaminantes naturales y los resultantes de la actividad humana, los que finalmente son depositados en lagos, ríos, costas, pantanos, humedales y aguas subterráneas.

La contaminación difusa es producida por las aguas de lluvia que se mueven sobre y a través del suelo, acarream contaminantes naturales y los resultantes de la actividad humana, y los depositan finalmente en lagos, ríos, costas, pantanos, humedales y aguas subterráneas (Clean Water Act, 1972, enmendada en 1987).

Las fuentes difusas incluyen actividades agrícolas, escurrimientos urbanos e industriales, rellenos de desechos peligrosos, sistemas de tanques sépticos, actividades mineras y forestales, derrames y deposición atmosférica (la Agencia de Protección al Ambiente, EPA, actualmente promueve mecanismos para controlar los escurrimientos provocados por las lluvias en las industrias National Pollutant Discharge Elimination System, 2000) y los principales componentes de este tipo de contaminación son los nutrientes, plaguicidas, compuestos orgánicos, sedimentos, metales, salinidad y patógenos.

EXAMEN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

Una forma de evaluar la carga producida por la contaminación difusa en una corriente, puede ser restar la aportación de las fuentes puntuales a las concentraciones que se registran en los cuerpos receptores. Este enfoque no identifica en forma específica las fuentes de contaminantes, ni las áreas prioritarias de atención. Otra manera es la que se muestra en seguida:

MODELACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DIFUSA

El flujo de contaminantes en una corriente se presenta en fases disuelta y sólida. El primer tipo está asociado con el escurrimiento superficial y el aporte de las aguas subterráneas, el segundo se debe a la contribución de fuentes puntuales y de áreas urbanas, así como a la erosión de suelos.

*Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA.

difusa

El modelo Generalized Watershed Loading Functions, GWLF, fue desarrollado por la Universidad de Pensilvania y adaptado, junto con el IMTA, a las condiciones de México. Permite evaluar las fuentes difusas mediante simulación de los procesos de escurrimiento, erosión, aporte de áreas urbanas y de aguas subterráneas; las fuentes puntuales se consideran como cargas de masa constante. El balance hidráulico es calculado con base en datos de precipitación diaria; la carga mensual de nitrógeno y fósforo en la corriente se puede evaluar mediante las siguientes ecuaciones:

$$LD_M = DP_M + DR_M + DG_M + DS_M \quad (1)$$

$$LS_M = SP_M + SR_M + SU_M \quad (2)$$

Donde:

LD_M carga de nutrientes en fase disuelta

LS_M carga de nutrientes en fase sólida

DP_M carga de nutrientes de fuentes puntuales en fase disuelta

DR_M carga de nutrientes de escurrimiento rural en fase disuelta

DG_M carga de nutrientes de aguas subterráneas en fase disuelta

DS_M carga de nutrientes de sistemas sépticos en fase disuelta

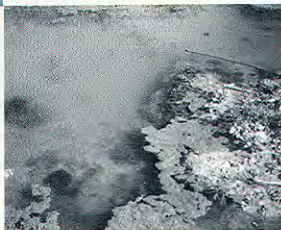
SP_M carga de nutrientes de fuentes puntuales en fase sólida

SR_M carga de nutrientes de escurrimiento rural en fase sólida

SU_M carga de nutrientes de áreas urbanas en fase sólida

APLICACIÓN DEL MODELO A LA CUENCA DEL RÍO APATLACO

La cuenca del río Apatlaco, comprende 10 municipios del estado de Morelos, donde se concentra 55% de la población, siendo las ciudades más



importantes Cuernavaca, Jiutepec y Zacatepec. En esta cuenca se localiza, además, 75% de la actividad industrial de la entidad y parte del distrito de riego 16.

El valle de Cuernavaca está situado en la subprovincia denominada Balsas-Mezcala. El drenaje de la zona está representado por dos corrientes principales: el río Apatlaco y el Salado. El primero tiene una longitud de 42 km y sus afluentes son el río del Pollo, la barranca Amanalco y el arroyo Palo Escrito; se origina al noreste de la ciudad de Cuernavaca y mantiene una dirección norte-sur. En su recorrido recibe las aguas residuales de las poblaciones aledañas. El río Salado se origina en las inmediaciones de la ciudad industrial del valle de Cuernavaca, pasa al este de Jiutepec, hasta unirse al río Apatlaco en el sur; también conduce aguas residuales municipales e industriales.

El 67% del volumen de agua extraído en el estado se utiliza en la agricultura, 17% en uso urbano, 15% en el sector industrial (el cual incluye los ingenios azucareros) y finalmente, la recreación y la acuicultura consumen una proporción mínima.

Para aplicar el modelo en la cuenca del río Apatlaco fue necesario integrar la información correspondiente a las cargas por escurrimientos en áreas agrícolas y urbanas, las provenientes de las fuentes subterráneas, así como las obtenidas a partir de los registros de las estaciones Temixco, Tetlama y Zacatepec de la Red Nacional de Monitoreo, además de los resultados del muestreo en 52 estaciones, considerando el cauce principal, sus afluentes, retornos agrícolas y manantiales.

RESULTADOS

Mediante el modelo se obtuvieron las cargas mensuales de sedimentos, nitrógeno disuelto y total, así como fósforo disuelto y total, para los distintos usos del suelo identificados. El modelo reconoce además la carga proveniente de los sistemas sépticos, las aguas subterráneas y las fuentes puntuales (ver Figs. 1, 2 y 5).

REFERENCIAS

- U.S. Environmental Protection Agency. 1987. *Nonpoint Source Controls and Water Quality Standards*. EPA Water Quality Standards Handbook. U.S. EPA. Washington D.C.
- EPA, Clean Water Act's National Pollution Discharge Elimination System, www.epa.gov/owm/sw/industry/mssgp/mdex.htm.
- Gómez B., Izurieta J., Mijangos C., Guzmán G. y Saldaña P., *Evaluación de la contaminación difusa en un área agrícola-urbana del río Apatlaco*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Cuernavaca, Mor. 1999, 145 pp.

FIGURA 1. RESULTADOS OBTENIDOS CON EL MODELO GWLF.

Resumen de resultados de nutrientes por fuentes

GWLF Resumen de Nutrientes para feb03

Fuente	(Kg/Ha)			Cargas de Nutrientes (Kg)				
	(Ha) Área	(cm) Escurr	Erosión	Sedimento	N Dis.	N Total	P Dis.	P.Total
AGRIC (Ar)	16,472	9.4	5,680	312.4	107,852.554	124,839.561	25,638.495	28,727.042
AGRIC (At)	27,420	4.9	20,530	1,129.15	19,959.608	122,146.34	2,661.281	21,240.687
BOSQUE (Fc1)	5,802	0.3	20	1.1	18.457	35.134	2.307	5.339
BOSQUE (Fc4)	29,149	0.3	60	3.3	88.885	387.795	11.111	65.458
BOSQUE (Fs1)	9,794	1.4	10	0.55	158.748	182.805	19.843	24.218
BOSQUE (Fs3)	3,075	0.3	20	1.1	9.377	17.837	1.172	2.71
PAST (P)	4,044	0.3	1,400	77	177.118	1,207.985	23.616	211.046
MINA (X)	24	5.3	3,980	218.9	0.153	17.472	0.024	3.173
HUERTOS (Uf)	5,431	1.2	30	1.65	0	1,040.867	0	52.043
URBANO (Uu)	11,727	12.5	10	0.55	0	33,572.807	0	559.547
Agua subterránea					86,875.369	86,875.369	11,331.57	11,331.57
Cargas puntuales					931,198.8	931,198.8	188,511.6	188,511.6
Sistemas sépticos					328,992.363	328,992.363	0	0
Totales	112,938	4.2	5,884.249	323,633.695	1,475,331.432	1,627,427.884	228,201.019	250,173.115

En las figuras 2 y 3 puede notarse que la fuente predominante de nutrientes en la cuenca del Apatlaco son las descargas puntuales, resultado de un asentamiento humano con alrededor de 660,000 habitantes, y de la actividad industrial instalada en la misma. Estas fuentes contribuyen con 58% del nitrógeno en la cuenca y con 75% del fósforo. La actividad agrícola (riego y temporal) aporta 15% del total de nitrógeno y 20% del total de fósforo. Los sistemas sépticos agregan 20% del nitrógeno, cantidad superior a la de las áreas agrícolas.

CONCLUSIONES

Con la información de la Red Nacional de Monitoreo y de la estación hidrométrica de Zaca-tepec, ubicada al final de la cuenca del Apatlaco, en el periodo 1985-1994, se calculó la carga anual de nitrógeno y fósforo. El valor promedio obtenido para el primero fue de 1,631 t/año, y para el segundo de 163 t/año, en tanto que con el modelo GWLF los valores obtenidos fueron de 1,627 t/año de nitrógeno y 250 t/año de fósforo, lo cual muestra su utilidad.

Figura 2 Aportes de nitrógeno por tipo de fuente

Aportación de nitrógeno por fuente Cuenca del Río Apatlaco (1989-1997)

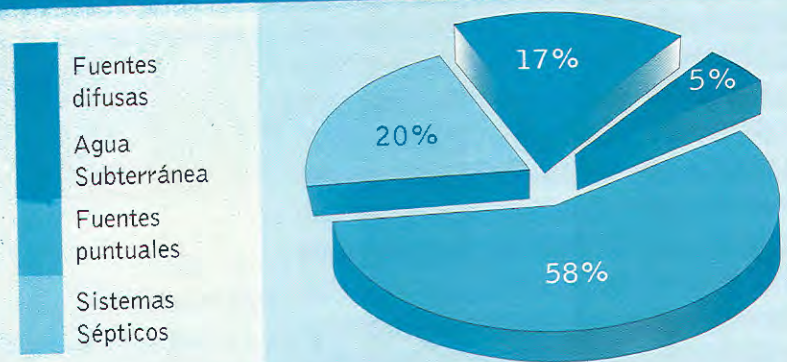
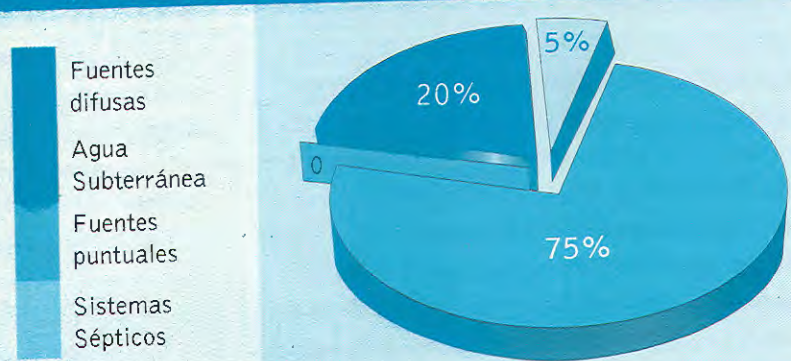


Figura 3 Aportes de fósforo por tipo de fuente

Aportación de fósforo por fuente Cuenca del Río Apatlaco (1989-1997)



Uso y validación de mapas de vulnerabilidad

Por M. en C. José Alfredo Ramos Leal*

El concepto de vulnerabilidad para la contaminación del agua subterránea fue introducido por el hidrogeólogo francés Margat en la década de los sesenta, quien afirma: "es una propiedad natural del sistema acuífero que depende de la sensibilidad de éste a ser alterado por una sustancia contaminante debido a las actividades del hombre o a causas naturales, tales como la disolución de las rocas que conforman el acuífero y que pueden generar sustancias tóxicas, en algunos casos" (Vrba y Zaporec, 1994). ■ La vulnerabilidad de un acuífero depende de la facilidad de acceso a la zona saturada y a las características de los materiales que se encuentran por arriba del nivel estático. La absorción del medio puede ser el resultado de su retención física y de la reacción química con los contaminantes.

USOS DE MAPAS DE VULNERABILIDAD

La mejor manera de representar la vulnerabilidad de un acuífero, es por medio de mapas que muestren cómo varían espacialmente en sus diferentes niveles de riesgo (ver Fig. 1).

Con estos mapas se identifican áreas sensibles que pueden alterar la calidad del agua subterránea debido a la interacción con materiales del subsuelo, los cuales pueden aumentar o retardar el movimiento de contaminantes hacia las zonas de abastecimiento.

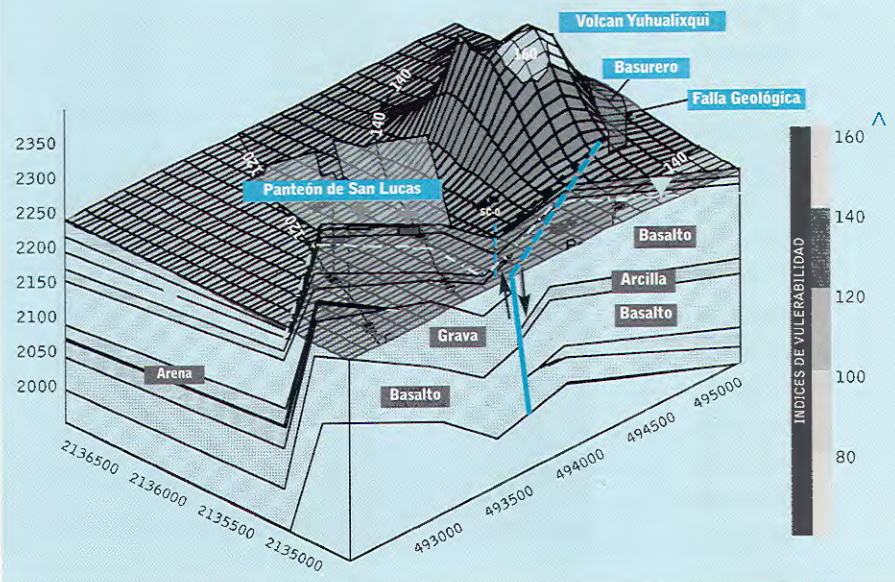
Los mapas son de gran utilidad para planear el crecimiento de zonas urbanas, ubicar basureros, rellenos sanitarios, zonas de recarga artificial, monitoreo de calidad del agua subterránea, estudios de calidad del agua en lugares donde se ubiquen fuentes potencialmente contaminantes como canales de aguas residuales, red de drenaje urbano, gasolineras y ductos para hidrocarburos u otras sustancias peligrosas.

METODOLOGÍA DE VULNERABILIDAD

Hay un gran número de metodologías de vulnerabilidad, los elementos que utilizan son los que se considera influyen más en la alteración

del agua. El DRASTIC (Aller *et al.* 1985) es un método muy útil que se basa en siete parámetros, de los cuales se derivan sus siglas en inglés (Depth Recharge Aquifer Soil Topography Impact to Vadoso Zone Conductivity Hydraulic).

Figura 1 Modelo geológico con zonas de vulnerabilidad y ubicación de fuentes potenciales de contaminación



* Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geofísica, UNAM.

En esta metodología la contaminación potencial de un acuífero se obtiene mediante la expresión:

$$DrDw + RrRw + ArAw + SrSw + TrTw + IrIw + CrCw = \text{Contaminación potencial (1)}$$

D = profundidad del agua subterránea

R = recarga neta

A = medio acuífero

S = tipo de suelo

T = topografía (pendiente)

I = impacto a la zona vadosa

C = conductividad hidráulica del acuífero

A cada componente de la expresión (1) se le asigna un valor (w) que representa el grado de influencia en la sensibilidad del acuífero. Algunos elementos considerados en DRASTIC pueden ser medidos en campo, otros son obtenidos en estudios previos de la zona como mapas climatológicos, topográficos, geohidrológicos, geológicos y tablas de permeabilidad. Una vez obtenido cada parámetro éste es referido a tablas con rangos ya definidos por los autores del método, de donde se obtiene un índice parcial (r).

Valores altos de la expresión (1) representan riesgos potenciales de contaminación del agua subterránea o una gran vulnerabilidad del acuífero.

VALIDACIÓN DE LOS MAPAS DE VULNERABILIDAD

De acuerdo con el tipo, cantidad y calidad de información utilizada en su construcción, los mapas de vulnerabilidad tienen diferentes grados de confiabilidad.

Los de baja confiabilidad no cuentan con exploración del subsuelo de ningún tipo, tan sólo con un reconocimiento geológico superficial.

Los de mediana o regular confiabilidad sólo poseen estudios indirectos del subsuelo, como la prospección geofísica.


Un mapa de vulnerabilidad con alta confiabilidad cuenta con una gran cantidad de investigaciones del subsuelo, ya sean directas (cortes litológicos), o indirectas mediante métodos geofísicos.

Una parte importante de los mapas de vulnerabilidad es su validación, ésta se puede realizar al aplicar dos métodos diferentes a una misma región y comparar los resultados, los cuales deben ser similares en caso de que ambas técnicas estén bien aplicadas. Si éstos difieren, hay la posibilidad de que alguno de los parámetros esté mal evaluado.

Otra forma de validar este tipo de mapas es analizar el comportamiento de los componentes químicos de la región, de tal manera que las concentraciones químicas altas correspondan a zonas altamente vulnerables.

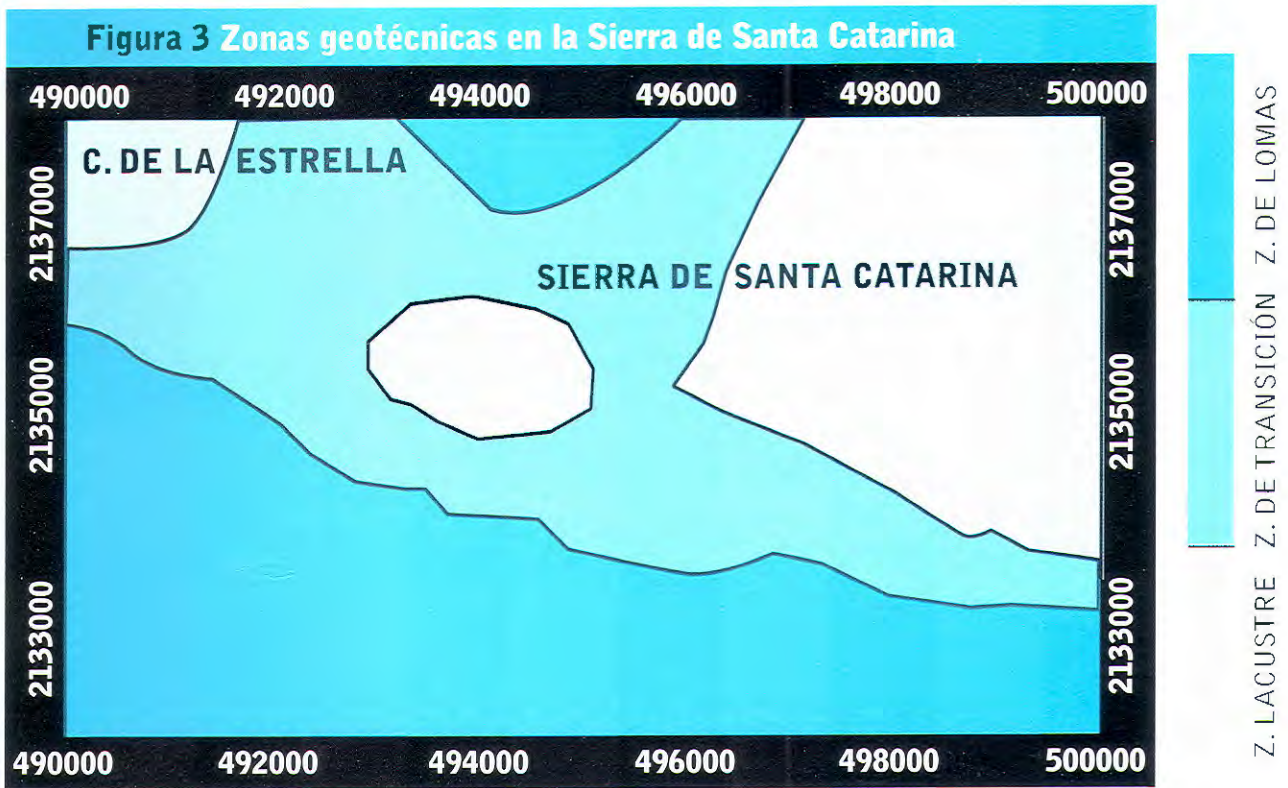
El modelo de la Fig. 1 fue construido con información de cortes litológicos. Se ubican dos fuentes potenciales de contaminación: la primera es un basurero inactivo, ubicado en una zona altamente vulnerable constituida por piroclastos (gravas y arenas); la segunda, es un panteón situado en un área también débil. La vulnerabilidad se ve notablemente incrementada por la presencia de una falla geológica que atraviesa ambas fuentes.

Otros ejemplos de mapas de vulnerabilidad se presentan en las Figs. 2 y 3. Para validarlos se utilizó la zonificación geotécnica de Marsal y Mazari (1969) de la cuenca de México, la cual es agrupada en tres grandes regiones: montañosa, lacustre y de transición. La primera corresponde esencialmente a las sierras circundantes y sitios volcánicos ubicados dentro de la cuenca. Se caracteriza por tener material fracturado con valores altos de conductividad hidráulica (K). La segunda está representada por sedimentos de origen lacustre, alternancias de limos, arcillas y arenas finas con valores bajos de conductividad hidráulica, y la última representa áreas de transición entre las dos primeras. Generalmente se le asignan valores medios de conductividad hidráulica.

Los rangos de los índices DRASTIC obtenidos van de 85 a 130. Desde el punto de vista de afectación al acuífero, los valores mayores a 120 señalan zonas de alto riesgo y corresponden a la región montañosa, en tanto que medidas menores a 105 indican áreas de mínima afectación a las aguas subterráneas y concuerdan con la zona lacustre. Los valores de 105 a 120 coinciden con el área de transición. 

BIBLIOGRAFÍA

- Aller, L., T. Bennet, J.H. Lehr, R.J. Petty, and G. Hackett, 1985. DRASTIC: A Standard System for Evaluation Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting, EPA/600/2-85/018, U.S. Environmental Protection Agency, Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, Ada, OK.
- Marsal, R. J. y Mazari M., 1969. *El Subsuelo de la Cd. de México*, 2nd ed., Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Fac. de Ingeniería, UNAM, México, D.F.
- Vrba, J., y Zaporozec, A., *Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability*. International Association of Hydrogeologists. Vol. 16, 1994, 131 p.



El agua como factor económico en la política ambiental

Victor L. Urquidí*

Una de las paradojas que viven los economistas en relación con el agua es que, salvo excepciones, no es por lo regular un elemento importante de costo en la producción, aunque siempre ha sido un insumo indispensable cuya propia producción ha tenido costos.



◀ Foto: BEJAMÍN PEREA JUÁREZ



Por “producción” del agua puede entenderse el tener que efectuar inversiones y gastos de operación para ponerla a disposición del usuario, así sea un pequeño canal o ducto, una obra de riego, un pozo, un sistema urbano de abasto o una instalación especial para recibirla y hacerla pasar por los procesos necesarios de uso.

Por “costo” deberá entenderse no sólo el costo monetario —inversiones, materiales, instrumentos, salarios y otros gastos normales de producción y distribución—, sino lo que los economistas llamamos el “costo real” o sea el insumo de bienes materiales y mano de obra que, de no emplearse en esa producción del agua, tendrían o podrían tener otros usos económicos.

Hoy día deberá añadirse el “costo ambiental”, es decir, el costo pleno del agua deberá incluir el desgaste del medio ambiente, su deterioro o destrucción parcial en el pasado, el presente y el que se prevea en el futuro, en que se haya incurrido o se incurra para “producir” agua, en función de la deforestación, degradación de suelos, reducción de las reservas freáticas, impactos de la canalización por ríos o su desviación, el desecamiento y la contaminación de ríos, lagunas y esteros, la pavimentación de las ciudades y las carreteras, el bombeo, y otros costos y daños que no han solido medirse en términos económicos.

Si en el caso extremo llegara a generarse agua mediante la desalación o purificación por medio de energía eléctrica, deberá añadirse el costo “real” y el “ambiental” de la producción

respectiva de la energía utilizada, sobre todo si se ha basado en combustibles de origen fósil, que contaminan o que podrán agotarse; pero también si se trata de energía nuclear y aun de ciertos proyectos hidroeléctricos que hayan causado daños ambientales.

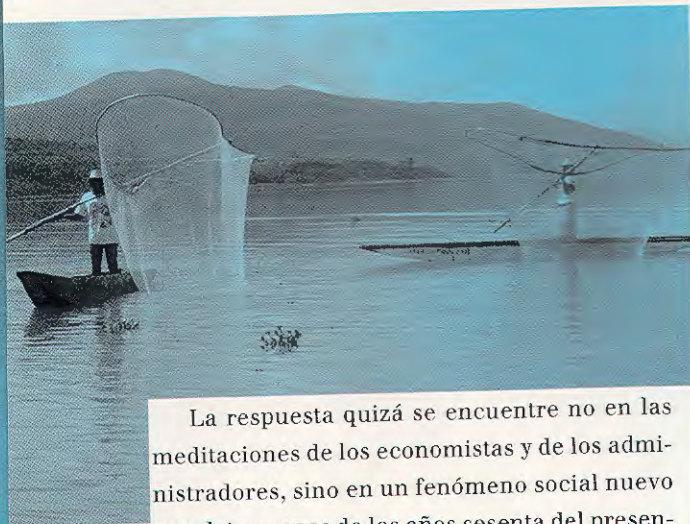
Así, la idea que prevalecía hace unas pocas generaciones, y que se nos enseñaba a los economistas aún hace 50 años, de que el agua es gratuita, un don de la naturaleza que puede emplearse sin límite, no sólo ha sido un mito absurdo sino que obliga a repensar muchos aspectos de la política económica y fiscal, de las estrategias de inversión, de las metodologías para evaluar proyectos y de los estudios de impacto ambiental.

El agua es todo, pues sin ella no es posible la vida humana ni la conservación de la naturaleza; pero su disponibilidad en la era industrial y comercial, y en la agricultura moderna, tiene límites como los exhiben tantos otros productos naturales. En tanto la disponibilidad del agua esté sujeta a límites, tiene un costo para la humanidad. Los límites no son fijos, pero se han ido estrechando a medida que la población mundial ha seguido aumentando y, de más en más, se ha localizado en grandes ciudades y megalópolis, y en tanto la actividad económica se ha extendido a todo el orbe en el marco de la creciente globalización económica y sigue incrementándose con regular velocidad.¹

Mientras tanto, lo más prudente es conservar el agua, en sus orígenes geológicos, en los medios creados para hacerla disponible y en usos agropecuarios, industriales, en los servicios y en los hogares; y asimismo, reaprovecharla donde sea factible, es decir, tratarla y reciclarla. Ello entraña la necesidad de decidir las grandes prioridades y de instrumentar las políticas y los programas para lograr estos nuevos objetivos. Es una gran tarea económica, social, administrativa y, en el fondo, cultural.

Queda la paradoja anunciada: ¿por qué si el agua no constituye un elemento importante de costo en la mayoría de las actividades, no se reconoce y valora su costo real y ahora ambiental?

¹ El consumo doméstico de agua se ha incrementado 10 veces durante los últimos 90 años, principalmente en los países desarrollados. Véase “*Water conservation*”, en *Industry and Environment*, París, UNEP, vol. 13, # 3-4, julio-diciembre de 1990, p. 2. Sobre el consumo creciente de agua y las tendencias en la calidad del líquido, véase Mostafa K. Tolba y Osama A. El-Kholy *et al.*, compiladores, *The World Environment 1972-1992: Two Decades of Challenge*, Cap. 4, “*The availability of fresh water*”, pp. 83-103. Londres, UNEP/Chapman & Hall, 1992.



FOTOS BENJAMÍN PEREA JUÁREZ

La respuesta quizá se encuentre no en las meditaciones de los economistas y de los administradores, sino en un fenómeno social nuevo que data apenas de los años sesenta del presente siglo: la conciencia que se ha creado —hoy aceleradamente— acerca de la imperiosa necesidad de establecer políticas ambientales, empezando por evitar los desechos peligrosos, reducir la contaminación del agua, suelos y atmósfera, y crear barreras a las amenazas que se ciernen con cada día mayor intensidad sobre la salud humana.² Toda política ambiental en la actualidad, por más elemental que sea, requiere ocuparse del problema del agua. Y en lo económico, el costo pleno del agua tendrá que reflejarse en la estructura de los precios y conducir a programas y medidas para reducirlos, y servir además como incentivo a los empresarios y demás usuarios para economizar, tratar y reciclar, y aprovechar mejor el agua.

Las políticas ambientales han mejorado en muchos países y abarcan la conservación del agua. Sin embargo, a nivel mundial no parece haberse avanzado lo suficiente, sobre todo en los países en vía de desarrollo. Es más, la protección ambiental como componente de una política de desarrollo sustentable a largo plazo tropieza con la dificultad de que este último, consagrado como objetivo en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo y Medio Ambiente, en Río de Janeiro en 1992, dista mucho de haberse definido con precisión y de ser susceptible de convertirse en políticas nacionales y globales suficientemente articuladas.

No obstante, los principios expuestos respecto a la economía del agua pueden aplicarse de un



² Según el Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente (PNUMA), "cada día mueren 25,000 personas debido a la mala administración del agua"; por la impureza del agua, "anualmente mueren a causa de la diarrea 4,600,000 niños menores de cinco años". Véase PNUMA, *Reseña del PNUMA*, Nairobi, Kenia, 1992, p. 12.

³ Donald G. Kaufman y Cecilia M. Franz, *Biosphere 2000: Protecting our Global Environment*, Nueva York, HarperCollins College Publishers, 1993, pp. 289-290.

modo general en cualquier sociedad. Sin embargo, entra en juego el factor cultural. En los países de mayor adelanto económico, industrial y aun agrícola, existe mayor conciencia, tanto del aspecto ambiental como del de la posible escasez actual o futura del recurso hídrico, de manera que tanto las autoridades como el sector empresarial y los hogares responden con una actitud más positiva a los requerimientos de la economía del agua. Además, dichas sociedades poseen conocimientos y práctica tecnológica, así como recursos materiales, humanos y financieros, que les permiten abordar la nueva problemática que se plantea. En cambio, en sociedades de menor nivel de desarrollo, de reducido ingreso por habitante, incluso de menores o escasos niveles educativos, la situación es distinta: se desperdicia el agua sin preocupación, se deja correr donde las válvulas no funcionan, se contamina sin misericordia para la fauna y la especie humana, se usa en exceso en el regadío (con graves consecuencias de ensalitramiento) y en otras actividades, se muestra indiferencia hacia la posibilidad del tratamiento y el reciclado. Cuando se dispone de agua se trata de que sea gratuita para el usuario sin reparar en los costos sociales y ambientales. Falta la cultura del agua, y tal vez habría que llegar a extremos de escasez —como en algunas partes del mundo ha ocurrido— para movilizar a la sociedad a favor de la conservación y el buen aprovechamiento.

Sin duda, todos tenemos presente alguna experiencia concreta que alimente nuestro punto de vista a favor o en contra de semejantes aseveraciones. Si embargo, conviene rebasar el caso concreto y tratar de entrever lo que pasa a nivel global, para de allí descender a los ámbitos nacionales, regionales y locales.

En lo global, apenas 3% del agua del planeta es dulce, siendo el resto agua salada. El 75% del agua dulce se encuentra en los casquetes polares y en los glaciares, y cerca de 25% son aguas freáticas encontradas en formaciones rocosas, arenosas o de grava. Apenas 0.5% del total del agua se localiza en lagos, ríos, arroyos y la atmósfera.³ Los cultivos agrícolas son los principales

demandantes de agua. El 65% del agua proveniente de las cuencas hídricas, incluidos los yacimientos acuíferos, se destina a la agricultura, mientras que la industria absorbe el 25% y los hogares y los usos municipales se llevan el restante 10%.⁴ Una tonelada de grano cosechado requiere 1,000 toneladas de agua, en todas sus formas y sin contar las mermas por ineficiencia de los sistemas de riego.⁵ Es obligado preguntarse, en cualquier caso concreto, con qué eficiencia se emplea el agua, cómo se almacena, cuál es su destino final. Se citan ya algunos casos, en Rusia y en China, en que el agua ha dejado de correr por los ríos y se han secado las lagunas. El problema se plantea en todos los continentes.

En las zonas de regadío, si con el agua que las beneficia se han logrado mayores cosechas y mayores rendimientos, con resultados pecuniarios bonancibles para los agricultores, es obvio que, desde un punto de vista social y ambiental, cabría inducirlos a pagar por el agua lo que realmente cueste. Si de ello resultan economías y racionalización, tanto mejor. Si por lo demás el fisco o la entidad encargada de administrar nacional o regionalmente el agua obtiene ingresos adicionales, lo primero que debería hacerse con los nuevos ingresos es reinvertirlos en mejorar las zonas de regadío y su administración para que en el futuro se desperdicie menos agua y se extienda su uso eficiente. Lo segundo sería construir plantas de tratamiento para abastecer a las localidades urbanas comprendidas en dichas zonas. Y sin duda habrá otras prioridades, entre ellas la educativa y de capacitación.

A futuro, se estima que si el promedio de consumo anual de granos por habitante se mantuviera fijo, el incremento demográfico mundial de 90 millones de habitantes al año haría necesario contar con 27,000 millones de metros cúbicos adicionales de agua dulce cada doce meses, o sea 780 miles de millones de metros cúbicos de agua para la producción de las necesidades de consumo de granos de una población mundial que alcanzaría en el año 2025 un total de más de 8,000 millones. Esto quiere decir —aunque estas



⁴ Sandra Postel, "Forging a sustainable water strategy", en Lester R. Brown y Janet Abramovitz, compiladores, *State of the World 1996*, Washington, World Resources Institute, 1996, Cap. 3, p. 41. (Hay versión en español.)

⁵ *Ibid.*

⁶ *Ibid.*, p. 41. El Nilo, por cierto, está expuesto a bastantes incertidumbres, y para el año 2025 se calcula que Egipto habrá pasado de una condición de abundancia de agua a una de escasez. Véase Aly M. Shady, *A new challenge for the ancient Nile*, en *Ecodecision*, Montréal, # 17, verano de 1995, pp. 69-72. En el mismo número de esta prestigiosa revista se hayan varios artículos analíticos sobre otros ríos y cuencas, en diversos países.

⁷ Véase el trabajo de Sandra Postel citado el cuadro 3.1, que enumera y estima los descensos de los niveles freáticos en nueve áreas geográficas, en tres de los continentes (*ibid.*, p. 42).

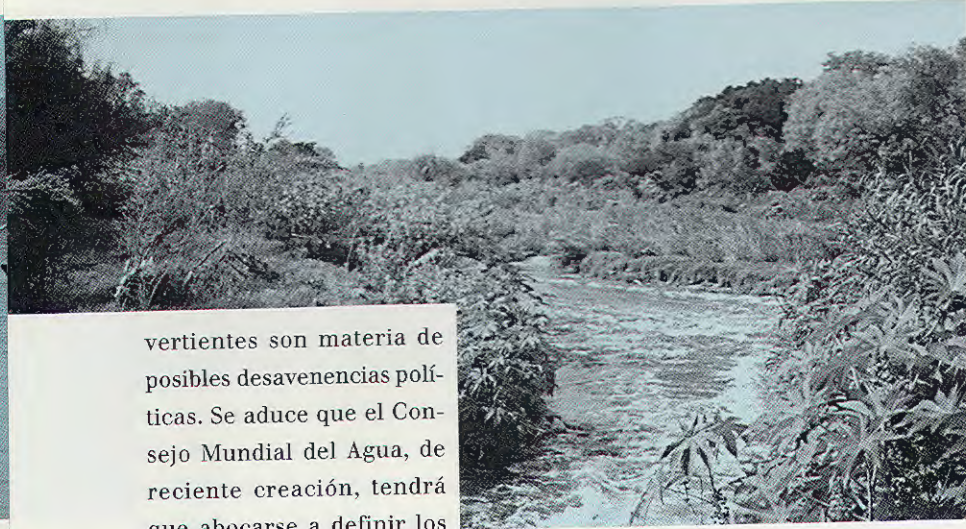
⁸ *Ibid.*, p. 44.

comparaciones son un poco engañosas— más de nueve veces el flujo anual actual del caudaloso Nilo.⁶ Entre otras cosas, ya que los usos del agua son múltiples y no sólo se concentran en la agricultura, ello quiere decir que el agua se puede encarecer, o tendrá que economizarse, aun para los abastecimientos urbanos, ya que los fenómenos de uso y desperdicio afectan también los niveles de los mantos freáticos en muchas partes del mundo.⁷

En cuanto a los usos urbanos, se estima que el número de habitantes en localidades urbanas alcanzará unos 5,000 millones hacia el año 2020, o sea más de dos tercios de la población mundial. Ello presenta la posibilidad de una lucha por satisfacer las necesidades urbanas a costa, en muchos casos, de las agropecuarias. Antes habría sin duda que mejorar y racionalizar los sistemas de abastecimiento urbano e industrial del agua, en todos sus aspectos, tanto físicos como económicos. Según la fuente citada, "nadie ha calculado el efecto que tendría en la futura producción de alimentos el desplazamiento del agua de la agricultura hacia las ciudades, además del multidesperdicio del recurso hídrico en todas sus formas".⁸

Por supuesto que la perspectiva varía según las distintas regiones. Algunos países, sobre todo en el Medio Oriente y en África, son ya "importadores" de agua en el sentido de que el agua que emplean se origina fuera de su territorio, hasta en más de 60%. En cambio, son bien conocidos los casos de países "exportadores" de agua. Hace algunos años se publicó en Canadá, país de abundantes y sobresalientes fuentes acuíferas, un libro que sin embargo se titulaba *To the Last Drop* (Hasta la última gota), que alertaba respecto a los peligros de una inconciencia generalizada sobre el agua y de las acechanzas del país vecino del sur para asegurar agua de origen canadiense o de tránsito por Canadá en los usos agrícolas.

Por otra parte, hay países sujetos a frecuentes y dañinas inundaciones. Los déficit y superávit de agua en ciertas regiones se han citado como posibles causas de guerras futuras, o por lo menos de conflictos irresolubles. Se informa que por lo menos 214 ríos del mundo pasan por dos o más territorios nacionales, de modo que las



vertientes son materia de posibles desavenencias políticas. Se aduce que el Consejo Mundial del Agua, de reciente creación, tendrá que abocarse a definir los principios que deberán seguirse y los métodos para compartir y administrar de común acuerdo las fuentes hídricas entre las naciones cuando ello sea necesario. Existen casos de tratados de cooperación en el uso del agua que han funcionado con éxito, mientras en otras instancias ocurre lo contrario.⁹

La conclusión a que se puede llegar a nivel global es que hay que pasar de una relación supuestamente simple entre las necesidades de agua (como quiera que se definan) y las obras hidráulicas destinadas a satisfacerlas a cualquier costo, a una estrategia de mayor complejidad que tenga en cuenta todas las interrelaciones en que el agua intervenga, en el contexto de desarrollo sustentable recomendado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992, en particular en la *Agenda 21* emanada de esa reunión.¹⁰ Ello demanda añadir el punto de vista ecológico y ambiental, no sólo en cuanto a la eficiencia del uso del agua sino con respecto a las interrelaciones entre el agua y los demás sectores de la actividad humana.

El examen de esta interrelación y el diseño de programas y políticas a seguir para cumplir los objetivos de la sustentabilidad pueden resultar más difíciles de precisar en los países en vía de desarrollo, a causa de su grave atraso tecnológico-científico, de los fuertes incrementos poblacionales, de la pobreza de los suelos, de las prácticas agrícolas obsoletas, de las demandas de las localidades

urbanas, y en último análisis, por la escasez de recursos materiales, humanos y financieros.

De cualquier manera, aun en los países industrializados y con mayor conciencia ambiental falta mucho para llegar a asegurar usos racionales del agua en términos ambientales y a la vez económicos. Algunos países miembros de la OCDE han reconocido la problemática desde hace muchos años y han implantado disposiciones no sólo reglamentarias sino incentivos (o desincentivos, según desde donde se vea) para reducir los consumos excesivos de agua, reciclarla y proteger sus fuentes.

En los países en vía de desarrollo, en cambio, donde la conciencia ambiental ha sido bastante reducida, se mantiene la creencia de que cuanto más barata sea el agua para el usuario, mejores resultados económicos y sociales se podrán obtener. En esta materia, como en tantas otras, "lo barato sale caro". Ni el agricultor dejaría de producir con agua de riego si se actualizara el costo real del uso del agua, ni las fábricas dejarían de producir, ni la economía doméstica de los hogares dejaría de emplear el agua en las necesidades básicas de la casa. A nadie se privaría de agua.

Por otra parte, tampoco sería cuestión de incrementar en X veces, o aun en un porcentaje razonable, el costo del agua para el usuario sin disponer y garantizar al mismo tiempo mayor eficiencia en el suministro y mejor calidad. A la vez, habría que impulsar programas educativos y de capacitación para lograr los objetivos ambientales. Todo tiene que hacerse de manera conjunta y coordinada, y con participación de las comunidades locales, pero el definir las políticas a seguir deberá hacer de manera que se aprecie que todos saldrán ganando. Cada caso particular requerirá soluciones pertinentes, sin ir a los extremos de regalar el agua *versus* hacerla demasiado cara en términos reales. Los programas deberán desarrollarse a través de un periodo adecuado que permita consolidar los logros marginales.

Son muchos los elementos concurrentes, ya que no se trata simplemente de modificar precios

El agua y sus usos no concierne nada más a los hidrólogos, como la economía no es terreno exclusivo de los economistas, como la política de salud no debe estar en manos de los médicos solamente. El agua es parte de la economía general, del medio ambiente, es parte de la calidad de vida. Tanpreciado deberá ser el suministro y el empleo del agua como la especie humana misma que la tendrá que seguir usando para sobrevivir en el futuro.

⁹ Postel, *op. cit.*, pp. 51-53.

¹⁰ Véase la *Agenda 21* (Programa 21), documento de la Conferencia de Río de Janeiro, en especial el cap. 18, "Protección y gestión de los recursos de agua dulce".

▼ FOTO BENJAMÍN PEREA JUÁREZ

relativos. Por ejemplo, podrían crearse fondos nacionales para subsidiar plantas de tratamiento del agua a distintos niveles, desde las urbes medianas y pequeñas hasta los establecimientos fabriles, comerciales, educativos, de la salud, e institucionales, que requieren agua con determinada calidad, según el uso. Debiera además haber mecanismos de financiamiento para los usuarios a fin de estimularlos a adquirir e instalar plantas para tratamiento del agua adecuadas a sus necesidades, en redes articuladas con otros usuarios y con los sistemas públicos. Las empresas medianas y pequeñas, que son a veces usuarias inconscientes de demasiada agua y cuyos eflujos líquidos van sin más a los sistemas de drenaje o a las barrancas, riachuelos, ríos y lagunas, necesitarían acogerse a un programa de incentivos fiscales y financieros que les permitan hacer las inversiones tecnológicas necesarias, adiestrar a su personal y, en su caso, modificar sus tecnologías para hacer más “limpia” (menos sucia) su producción de bienes y servicios. Podrían imaginarse múltiples sistemas de acopio, de racionalización y de aprovechamiento efectivo: a nivel de los hogares y los pequeños talleres es mucho lo que podría hacerse para inducir mejor aprovechamiento del agua, reducir consumos dispendiosos y valorar adecuadamente lo que acabará por volverse un recurso escaso y de mala calidad o que ya lo es, como en muchas ciudades, sobre todo en poblaciones pequeñas. El instrumento económico —la tarifa de cobro por consumo de agua— puede emplearse como “desincentivo”, a favor del ambiente y la conservación.

Para todo ello, los países en desarrollo deberán adoptar estrategias a largo plazo acerca del suministro y uso del agua —comprendidos los aspectos educativos y culturales— como parte de un plan a largo plazo, de protección ambiental y desarrollo sustentable y equitativo. En los países donde ya exista escasez de agua o su distribución regional e irregularidad pongan en peligro las cosechas e impidan dotar de agua potable a los asentamientos humanos, podría hacer falta una gran cruzada nacional en pro del agua,



incluso como parte de una política municipal a nivel nacional, con todo el respeto necesario a los ecosistemas, en especial a las cuencas hídricas en su integridad y en su interrelación con las demás.¹¹

Se ha transitado en pocos años de una situación en el planeta en que la disponibilidad y el uso del agua para las distintas actividades económicas no era materia de políticas y programas de conjunto, a una en que se aprecia cada día más que el agua, como cualquier otro elemento —por ejemplo, la energía—, no es sino un instrumento físico-químico que tiene características ambientales y económicas, en un contexto interrelacionado de creciente complejidad. Ha pasado ya a la historia la época en que la política sobre los recursos hídricos podía tratarse de manera aislada, tanto nacional como internacionalmente. El agua y sus usos no concierne nada más a los hidrólogos, como la economía no es terreno exclusivo de los economistas, como la política de salud no debe quedar en manos de los médicos solamente.

El agua es parte de la economía general, es parte del medio ambiente, es parte de la calidad de vida. Tan preciado deberá ser el suministro y el empleo del agua como la especie humana misma que la tendrá que seguir usando para sobrevivir en el futuro. Como ha dicho un funcionario de la Organización Meteorológica Mundial, “el agua es el último dilema del ambiente y el desarrollo”.¹² Ya en 1992, las autoridades del PNUMA decían muy claramente: “...el agua, como la energía en los años setenta, se convertirá hacia fin de siglo y principios del siglo XXI en el problema más crítico relativo a los recursos en la mayor parte del mundo”.¹³

¹¹ Véase Janet Abramovitz, *Sustaining freshwater systems*, en *State of the World 1996*, op. cit., cap. 4, pp. 60-77. Tanto este trabajo como el de Sandra Postel, anteriormente citado, contienen abundante bibliografía.

¹² John C. Rhodda, *Water, the ultimate dilemma for environment and development*, en *Ecodecision*, # 6, septiembre de 1992, pp. 25-29.

¹³ Tolba y El-Kholy, op. cit., p. 101.

Abastecimiento y re en el Valle de México

Por Antonio Capella Vizcaíno*

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) requiere abastecer de agua potable a una población creciente y al mismo tiempo reducir la extracción del acuífero local para eliminar su sobreexplotación, la cual provoca hundimientos en la urbe y amenaza con deteriorar su calidad.

Acudir a fuentes externas para obtener agua de primer uso es cada vez más costoso, y política y socialmente más conflictivo. Las alternativas son:

1. Aumentar la eficiencia en la distribución del agua, en particular mediante la disminución de fugas de la red y la reducción de consumos.
2. Sustituir el uso de agua de pozos en riego, por agua residual tratada.
3. El reúso potable del agua residual tratada mediante reinyección al acuífero y usando el agua residual infiltrada al acuífero del Mezquital después de utilizarla en riego.

Datos obtenidos en 1995 indican que la extracción de agua del acuífero del Valle de México alcanza los 50 m³/s. En el abastecimiento municipal se utilizan 43 m³/s, para el suministro particular a industrias 2 m³/s y en riego de áreas agrícolas 5 m³/s. La estimación realizada por los geohidrólogos es que la recarga natural del acuífero es aproximadamente de 25 m³/s. Esta sobreexplotación provoca hundimientos del suelo de la ciudad, bien conocidos y documentados, que actualmente son de 6 cm/año en el centro de la

Acudir a fuentes externas de agua de primer uso es cada vez más costoso, y política y socialmente es más conflictivo. Las alternativas son: 1. El aumento en la eficiencia de la distribución del agua, en particular la disminución de fugas de la red, y la reducción de consumos. 2. La sustitución del uso de agua de pozos usada en riego por agua residual tratada. 3. El reúso potable del agua residual mediante reinyección al acuífero y usando el agua residual infiltrada al acuífero del Mezquital después de su empleo en riego.

capital, 25 cm/año en la zona del aeropuerto y 40 cm/año en el área de Chalco. Adicionalmente, empieza a deteriorarse la calidad del acuífero debido a la migración de agua contaminada hacia las regiones de explotación.

Las aguas residuales de la ciudad son utilizadas para regar 100,000 ha, en zonas agrícolas del Estado de México dentro del Valle y, principalmente en el del Mezquital, en Hidalgo.

Por otro lado, el abastecimiento de 62 m³/s de agua potable para la ZMCM provienen, 43 m³/s del acuífero del Valle, 6 m³/s del acuífero de Lerma y 13 m³/s de aguas superficiales importadas mediante el sistema Cutzamala.

La eficiencia del sistema de distribución es mala; se estima que de los 62 m³/s que son abastecidos, alrededor de 38%, 24 m³/s, se pierden por fugas en la red de distribución. Parte importante de este gasto se va al drenaje, otra se evapora y el resto se infiltra al acuífero en las zonas de lomeríos. El consumo, alrededor de 40 m³/s significa 150 l/persona/día para usos domésticos y 50 l/persona/día para empleo no doméstico, un total de 200 l/persona/día, considerado como normal moderado.

* Asesor del Director General de la CNA.

Utilización de agua

La Fig.1 muestra un balance grueso del agua en el Valle de México. ▲ FOTO DANIEL H. CLIMENT

Para este balance, se conocen los valores de la extracción del acuífero, los gastos de abastecimiento a la ciudad, de manera aproximada los valores de las fugas y de los consumos, así como los gastos del drenaje. Los retornos de agua usada al alcantarillado, están supuestos en 80% del consumo. A partir de estos datos se estiman las

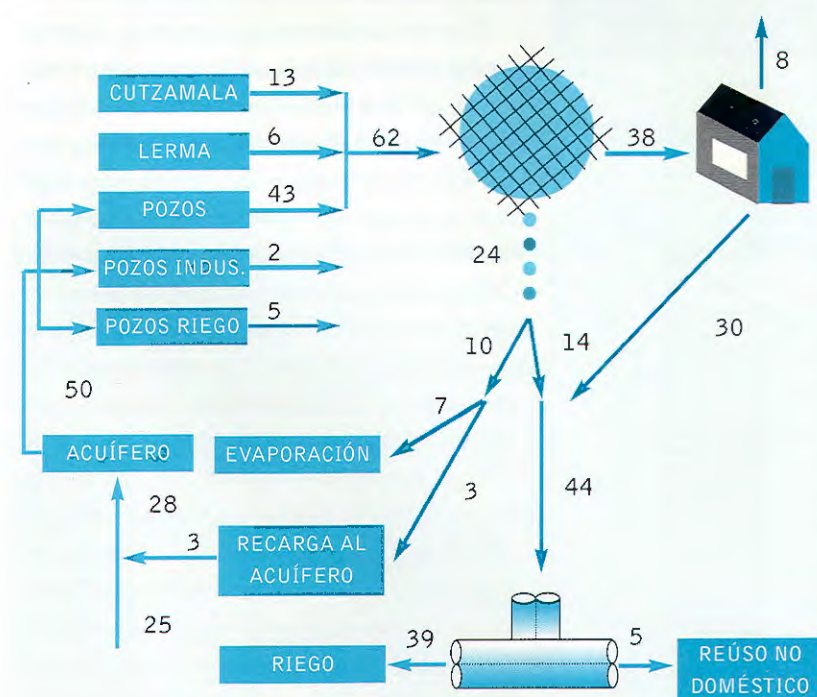
fugas en la red de agua potable que llegan al drenaje, el resto tiene como destino en parte, la evapotranspiración y en parte la infiltración al acuífero, calculadas en 70% y 30% respectivamente, en función de las áreas urbanas en zonas permeables e impermeables y tomando en cuenta las estimaciones de recarga del acuífero.

Si bien estas cifras no pueden ser muy precisas, las diferencias con los números reales no modificarían el panorama general, ni el diagnóstico de la situación, ni las acciones que de esta situación se derivan.

En la Fig. 1 puede verse que lograr el equilibrio del acuífero requiere (si no se acude a fuentes externas en abundancia), disminuir fugas en la red, sustituir el agua del acuífero usado en riego por agua tratada y acudir a reúsos potables y no potables del agua residual. Está claro, también, que todas las medidas para aumentar la eficiencia del uso del recurso en el Valle, repercutirán en menos agua residual disponible para riego en el valle del Mezquital. Este distrito requerirá, por tanto, de inversiones para mejorar su eficiencia, especialmente para reducir las pérdidas por infiltración en los canales de riego.

Es evidente que en la ZMCM es necesario mejorar la eficiencia de la red de distribución y lograr, mediante tarifas adecuadas, medición y campañas de ahorro, una reducción del consumo. A continuación se presentan tres hipótesis de lo que se podría lograr para aumentar esta eficiencia.

FIGURA 1 BALANCE DEL AGUA EN LA ZMVM 1999 (m³/s)

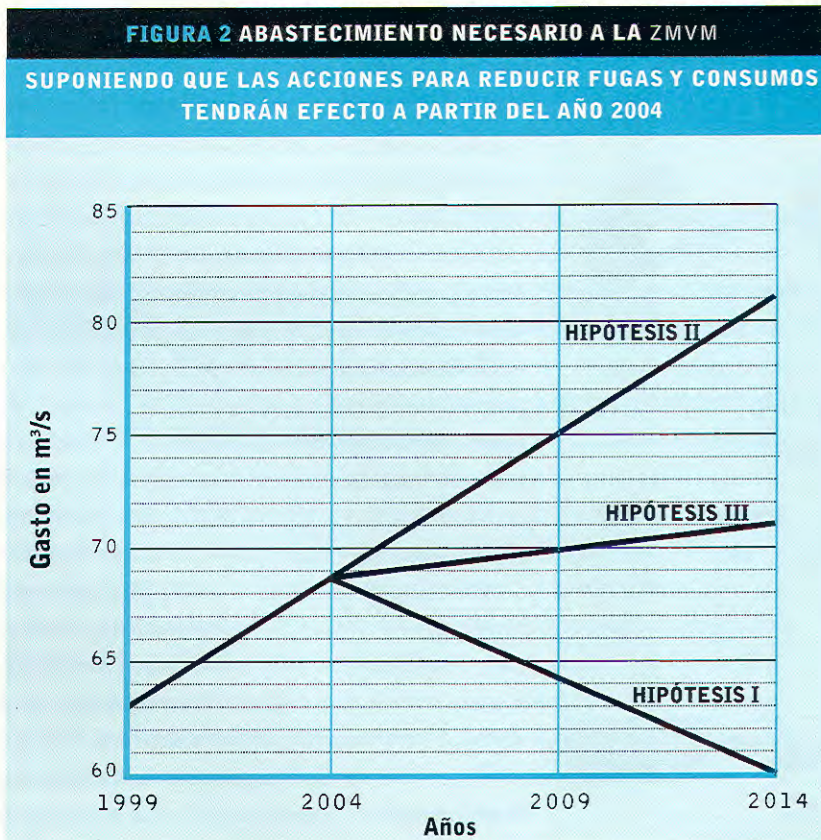


La tabla 1 y la Fig. 2 muestran la demanda futura para cada una de estas hipótesis

TABLA 1			
HIPÓTESIS I			
REDUCCIÓN DE CONSUMO	10%	:	2004 (200 l/hab/día)
			2014 (180 l/hab/día)
REDUCCIÓN DE FUGAS	13%	:	2004 (38%)
			2014 (25%)
HIPÓTESIS II			
REDUCCIÓN DE CONSUMO	0%	:	NINGUNA (200 l/hab/día)
REDUCCIÓN DE FUGAS	0%	:	NINGUNA (38%)
HIPÓTESIS III			
REDUCCIÓN DE CONSUMO	5%	:	2004 (200 l/hab/día)
			2014 (190 l/hab/día)
REDUCCIÓN DE FUGAS	8%	:	2004 (38%)
			2014 (30%)

Es clara la necesidad de aumentar la eficiencia de la distribución e incidir en la reducción de consumos. Es razonable aspirar a que se cumpla la hipótesis III, en cuanto a eficiencia futura.

(Issues in Potable Reuse.
National Academy Press. 1998)



La Fig. 3 muestra el balance hidráulico que podría esperarse en el año 2014 con esta hipótesis, si se realizan las siguientes acciones:

Disminuir la demanda (reducción de fugas y de consumo), se considera una demanda de 71 m³/s.

Sustituir agua de pozos usada en riego por residual tratada.

Reúso potable del agua.

Este balance para el año 2014, supone que se realizarán trabajos para mejorar la eficiencia; que el sistema Cutzamala funcione a toda su capacidad; que los reúso no potables en la ciudad aumenten 40%, de 5 a 7 m³/s, que se recargan al acuífero de la ciudad 7 m³/s de agua residual potabilizada y se sustituya el agua de los pozos para riego del Valle por 5 m³/s agua residual tratada.

Aún así, son necesarios 9 m³/s adicionales. De las alternativas señaladas, seguramente la más conveniente es la del reúso potable del agua del acuífero del valle del Mezquital en la zona de Tula, cuya recarga proviene de las aguas residuales utilizadas en riego.

El reúso potable del agua residual es posible con las actuales técnicas de tratamiento, se recomienda no hacer un reúso directo sino mantener el agua en el acuífero antes de su empleo y prestar especial atención a los riesgos microbiológicos mediante múltiples barreras en el tratamiento, y a los peligros por compuestos químicos mediante un proceso de tratamiento adecuado y estudios toxicológicos in vitro y in vivo para asegurar la calidad aceptable del agua reusada. Esto requiere de análisis cuidadosos y costosos durante algunos años.

La Comisión Nacional del Agua ha iniciado estudios para el reúso potable del agua del acuífero de Tula, actualmente es fuente de agua potable para la población de la zona, unos 300,000 habitantes. Los análisis hasta el momento muestran que está libre de patógenos, parásitos, bacterias y virus, y no se encuentran compuestos

químicos orgánicos que rebasen los límites establecidos para el agua potable; se exceden los límites en sólidos disueltos totales, principalmente sales de sodio, bicarbonatos y sulfatos, lo que requerirá tratamiento terciario como nanofiltración u ósmosis inversa. Será necesario realizar estudios toxicológicos y epidemiológicos en la zona, relacionados con los posibles efectos teratogénicos y carcinogénicos de los compuestos orgánicos.

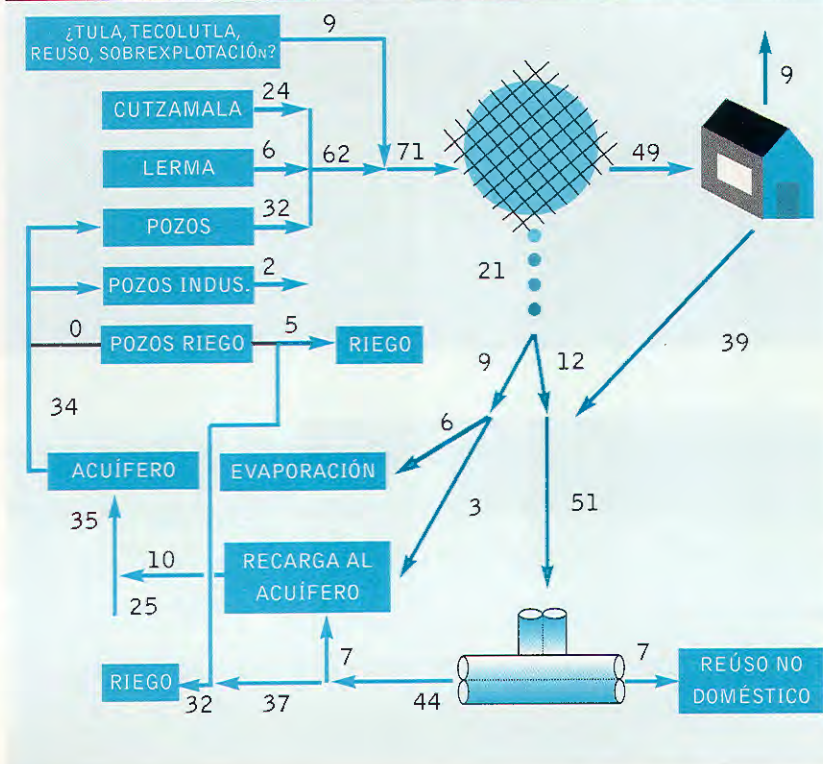
Por otro lado, el gobierno del DF está iniciando estudios para el tratamiento y potabilización de agua del drenaje y reinyección al acuífero local. Los estudios requerirán pruebas de tratabilidad e igualmente análisis toxicológicos.

La sustitución del agua de pozos usada en riego en el Valle de México requiere de un proyecto cuya dificultad principal está en la regulación del agua para ajustarse a las demandas estacionales del riego, ya que la competencia por el uso de las aguas residuales en época de secas será un problema central de la región en el futuro próximo, como puede deducirse de estos balances.

Hay otros planes no considerados aquí, como el llamado *Ciudad Lacustre* que plantea la construcción de lagos en las áreas del antiguo lago de Texcoco y que requerirá del uso de aguas residuales tratadas. Esta construcción de lagunas quizá podría combinarse con las capacidades de regulación necesarias para la sustitución del agua de pozos usada en riego en la zona oriente del embalse de Texcoco.

Todas estas medidas permitirían satisfacer la demanda de agua potable en el futuro y eliminar la sobreexplotación del acuífero. Los hundimientos de la ciudad disminuirían radicalmente y en el largo plazo se detendrían.

FIGURA 3 BALANCE DEL AGUA EN LA ZMVM 2014 (m³/s)



✓ Foto DANIEL H. CLIMENT

Dichas acciones tendrían para la Zona Metropolitana un costo, adicional a los actuales, de unos 500 millones de dólares anuales, incluyendo amortización de inversiones y operación, que debe estar al alcance de la economía de la región con 20 millones de habitantes para resolver un problema vital. Este costo significa aproximadamente el 0.5% del PIB local. Para tener una referencia que sirva de comparación, la población del lugar gasta alrededor de 900 millones de dólares anuales en bebidas no alcohólicas embotelladas y unos 70 millones de dólares anuales en comprar chicles. 🌪



Manejo de las descargas de aguas residuales en Ciudad Juárez

Por Dr. Alberto Ramírez López*

Este artículo muestra en forma concisa el Programa de Control de Descargas instrumentado por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento (JMAS) en Cd. Juárez, Chihuahua, desde 1993; se ha enriquecido con algunas observaciones y comentarios derivados de la experiencia práctica resultante de su aplicación.

Describe los principales aspectos del programa que se instrumentó en esa ciudad e incluye desarrollo del marco legal, reestructuración administrativa del JMAS, desarrollo de programas específicos para actividades de inspección y monitoreo de la calidad de aguas residuales y reúso de aguas tratadas.

INTRODUCCIÓN

Como parte del proyecto de saneamiento integral de la localidad —que considera la rehabilitación de la red de alcantarillado y colectores así como la construcción de dos plantas para tratamiento de aguas residuales—, la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cd. Juárez (JMAS) implementó desde principios de 1993 el Programa de Control de Descargas, cuyo objetivo principal es identificar y regular las descargas (de la industria, el comercio y los servicios), que sean vertidas a los sistemas de alcantarillado municipal, a fin de asegurar que las plantas de tratamiento que actualmente se construyen operen adecuadamente.

Por otra parte, es conveniente señalar que, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales, el JMAS tiene las siguientes responsabilidades:

- Debe cumplir a partir del 2000 con la NOM-001, relativa a la calidad de las descargas a cuerpos receptores.
- Debe aplicar la NOM-002, en materia de descargas al alcantarillado.
- Le corresponde la aplicación de la NOM-003, relativa al reúso de aguas tratadas.

ASPECTOS LEGALES

El desarrollo del Programa requirió el establecimiento de un marco legal apropiado que permita al organismo operador contar con facultades

* Director de Saneamiento, Junta Municipal de Agua y Saneamiento, Ciudad Juárez, Chih.



para regular las descargas que llegan a su sistema de recolección y, eventualmente, al de tratamiento. Por tanto, se elaboró un Reglamento Municipal de Ecología, en el cual se especifica el papel de la JMÁS en el control y regulación de las descargas de aguas residuales.

INSTRUMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Una vez establecido el marco legal, se inició la implantación del Programa, para lo cual fue creado el Departamento de Normatividad dentro de la Dirección de Saneamiento; se publicaron los formatos correspondientes y fueron definidos los programas de trabajo.

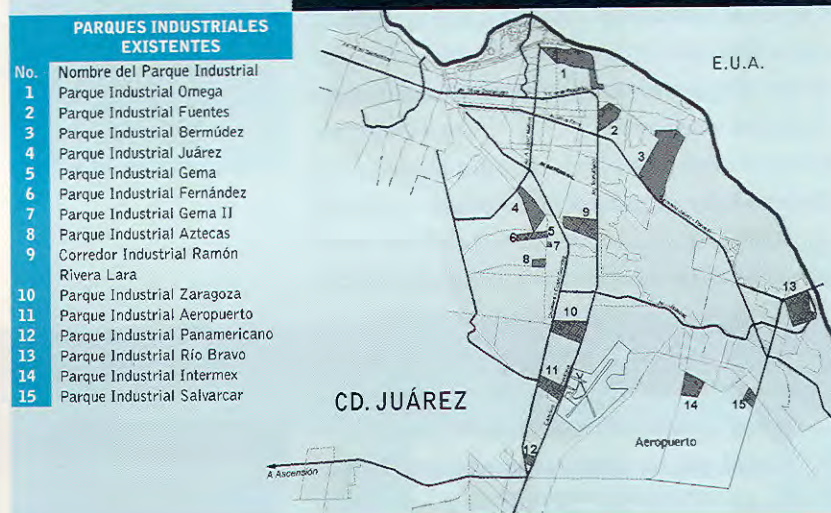
El Departamento de Normatividad tiene como objetivo vigilar que todas las descargas de agua residual, vertidas al sistema de alcantarillado municipal, cumplan los lineamientos establecidos en las reglamentaciones vigentes en materia de agua.

Para ello, se han realizado varios programas específicos de control, enfocados a las principales fuentes potenciales de contaminación del agua. A continuación se describen brevemente las actividades mencionadas.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE FUENTES

Primero, es importante localizar en un plano de la ciudad las zonas industriales y sus interconexiones con el sistema de alcantarillado municipal (Fig. 1).

FIGURA 1 LOCALIZACIÓN DE PARQUES INDUSTRIALES



La Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Cd. Juárez, como parte de su proyecto de saneamiento integral para la localidad, implementó desde principios de 1993 el Programa de Control de Descargas cuyo objetivo principal es identificar y regular todas las descargas de la industria, el comercio y los servicios que sean vertidas a los sistemas de alcantarillado municipal, a fin de asegurar que las plantas de tratamiento que actualmente se construyen operen adecuadamente.

IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE CONTAMINANTES

Los contaminantes descargados pueden depender de insumos utilizados en los procesos de manufactura, productos o su pretratamiento.

Es necesario llevar un registro actualizado de las industrias, actividades comerciales y servicios por giros e ir marcando los avances comparativos en materia de pretratamiento y medidas de control, en forma gráfica.

MÉTODOS PARA IDENTIFICAR Y LOCALIZAR FUENTES DICTÁMENES TÉCNICOS:

La ubicación y planos del proyecto a desarrollar dan a conocer los requerimientos mediante los

cuales las empresas quedaran normadas desde el inicio de operaciones.

El método para conducir la búsqueda de contaminantes es el siguiente:

- Compilar y actualizar las listas maestras de todas las instalaciones industriales, comerciales y de servicios localizadas en el área de influencia de la planta, para el tratamiento de aguas residuales.
- Recopilar, mediante encuestas diseñadas ex profeso, todas las descargas en el sistema, identificarlas y obtener información específica de cada una de ellas.
- Realizar actividades sistemáticas que conduzcan a validar la información obtenida, conseguir datos complementarios y precisos sobre las actividades a desarrollar.

Toda la información básica y general obtenida mediante las encuestas y las actividades mencionadas, debe ser evaluada y resumida para utilizarla en el programa de pretratamiento.

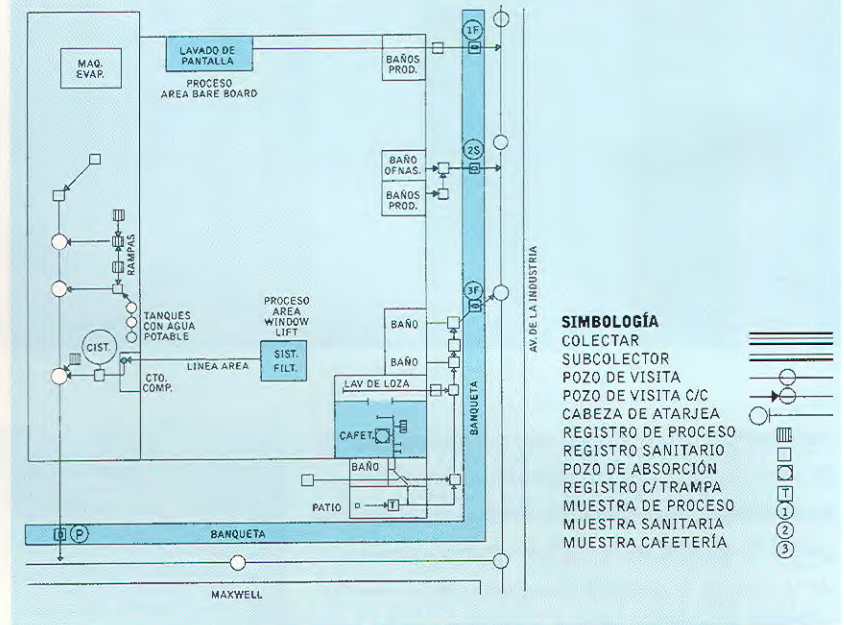
Los datos básicos que deben solicitarse a las empresas son los siguientes:

Nombre de la industria o establecimiento comercial, domicilio, persona legalmente responsable, giro comercial, productos que elabora, número de empleados, horarios de operación, fuente de abastecimiento de agua y promedio de consumo, flujos y tipos de las descargas de agua residual (sanitaria, proceso, enfriamiento).

Asimismo, la información obtenida de aquellas empresas que presentan descargas de aguas residuales, no domésticas, deberá incluir:

- Tipo de contaminantes y concentraciones en el agua residual.
- Pretratamiento utilizado, insumos y productos químicos empleados, o bien almacenados en sus instalaciones.
- Planos hidráulicos (Fig. 2) que muestren las líneas, tanto de drenaje como de agua, coladeras y planos de las áreas de almacén.
- Plano del almacén para residuos peligrosos.
- Localización de tomas de agua y conexiones al sistema de alcantarillado.

FIGURA 2 DIAGRAMA DE LAS INSTALACIONES HIDRÁULICAS DE UNA EMPRESA



CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Tiene como objeto identificar y controlar las descargas de cada industria y mantenerlas dentro de los límites máximos permisibles establecidos por el organismo operador (Fig. 3).

FIGURA 3 DIAGRAMA DE FLUJO DE CARACTERIZACIÓN



MEDICIÓN DEL FLUJO

DE DESCARGA INDUSTRIAL

Este programa ha permitido conocer con aparatos especializados, y en forma muy precisa, los flujos de descarga industrial con objeto de:

- Conocer los horarios pico de descarga.
- Calcular las cargas orgánicas de contaminantes.
- Detectar descargas no registradas.
- Realizar el balance de influentes y efluentes de agua.

REVISIÓN DE LOS SISTEMAS

DE ALCANTARILLADO CON EQUIPO DE VIDEO

Los objetivos de esta actividad son:

- Conocer físicamente las condiciones en las que se encuentran los sistemas de alcantarillado.
- Identificar las fuentes potenciales para descarga de productos corrosivos a los sistemas de alcantarillado.

MONITOREO DE EXPLOSIVIDAD

EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Observación sistemática, con equipo especializado, de la red de alcantarillado para detectar la presencia de gases que pudieran ser explosivos

y tener la posibilidad de tomar medidas oportunas de control y manejo de eventualidades, en coordinación con las demás autoridades locales responsables.

Los procedimientos para llevar a cabo este programa de monitoreo se resumen en:

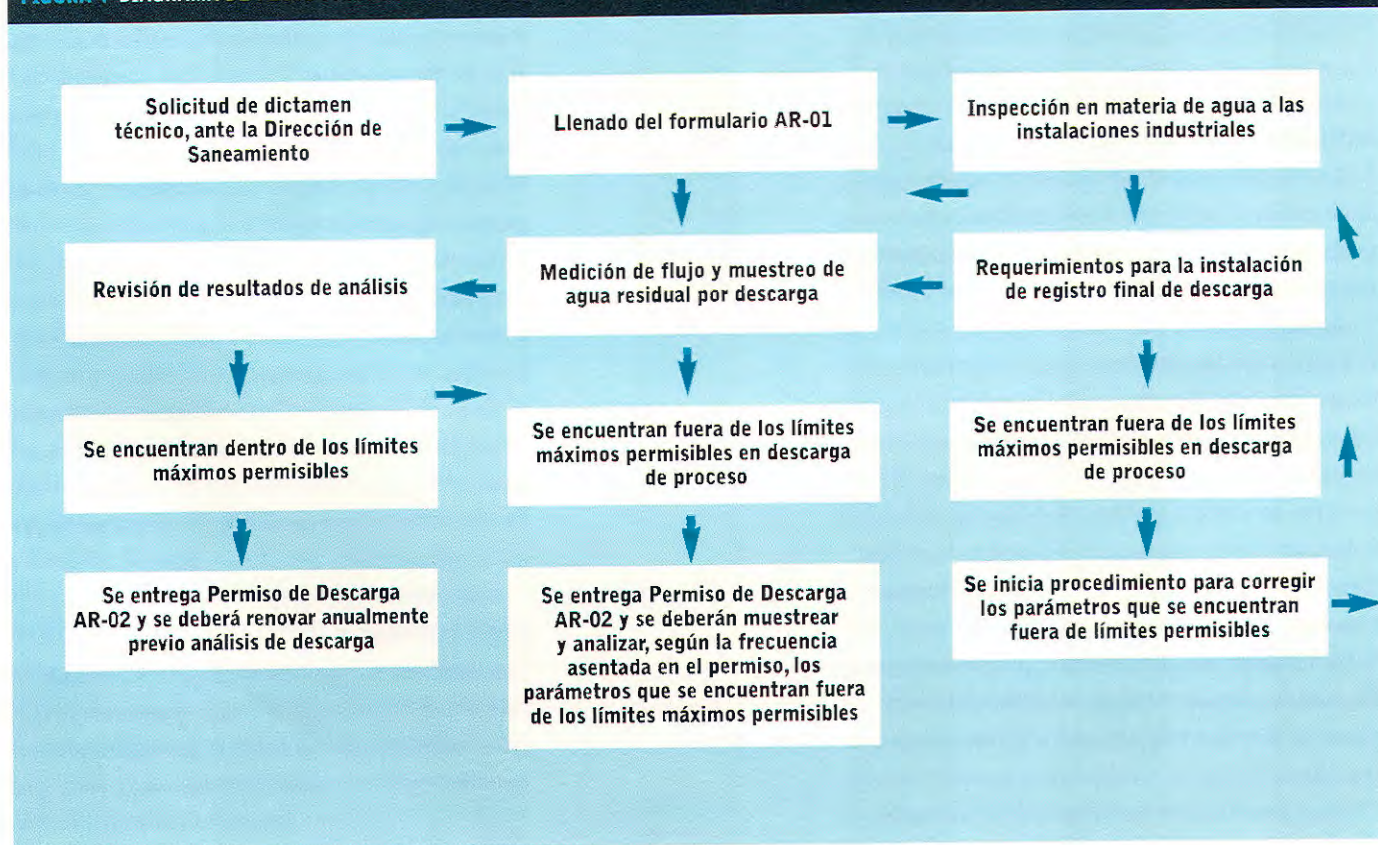
- Inventario de fuentes de riesgo.
- Zonificación.
- Monitoreo programado en colectores y subcolectores.
- Control de derrames y contingencias ambientales.
- Capacitación.
- Apoyo al Subcomité de Protección Civil.

ELABORACIÓN DEL PERMISO

DE DESCARGA

Para otorgar los permisos es necesario describir y ubicar con precisión la descarga, en cantidad y

FIGURA 4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA OBTENER UN PERMISO DE DESCARGA DEL AGUA RESIDUAL AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL



calidad, el régimen a que se sujetará a fin de prevenir y controlar la contaminación del agua, así como la vigencia del permiso.

PROGRAMA DE MONITOREO DE TOXICIDAD

Evaluación del agua residual basado en sus niveles toxicológicos, referenciados a las características físico-químicas.

MUESTREO

- Se realiza para todos los parámetros (físico-químicos, metales, orgánicos).
- Dependiendo de los resultados obtenidos, si los valores de toxicidad son bajos se descartan las muestras para los análisis de orgánicos (Tabla 1).

TABLA 1 Unidades y niveles de toxicidad

Unidades de toxicidad	Nivel
0 - 14	Levemente tóxico
15 - 19	Moderadamente tóxico
20 - 29	Tóxico
30 ó más	Muy tóxico

ACTIVIDADES A REALIZAR:

1. Evaluación cuatrimestral de la calidad del agua residual mediante análisis fisicoquímicos, metales pesados y orgánicos que también incluyen toxicidad (muestras cada cuatro horas durante un día).
2. Evaluación de muestras tomadas semestralmente durante siete días, cada cuatro horas, en los distintos colectores de la ciudad y referenciadas a la caracterización fisicoquímica que también se efectúa.
3. Evaluación de cumplimiento mediante monitoreos en puntos fijados de acuerdo con la sectorización.
4. Mediante planos individualizados de cada sector, se identifican plenamente todas las descargas y se marcan los puntos para muestreo de toxicidad.



IDENTIFICACIÓN EN PLANOS DE LAS INDUSTRIAS QUE DESCARGAN AL SUBSISTEMA

Cada plano consta de:

- Lista de las empresas cuyas descargas confluyen en cada punto de muestreo.
- Actividad de la empresa.
- Uso del agua en el proceso productivo.
- Lista de productos químicos que utiliza cada una de las empresas.

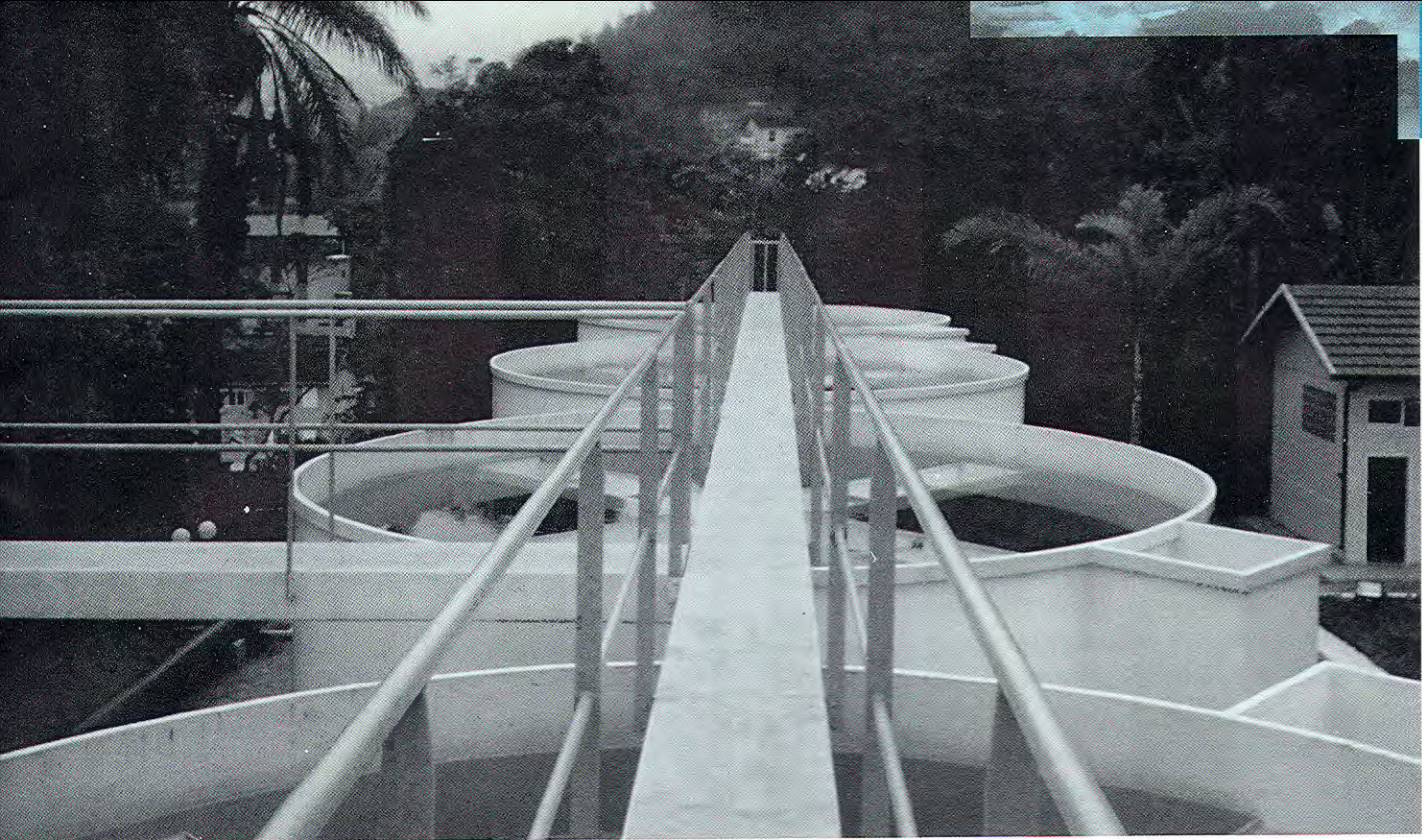
PROGRAMA DE REÚSO DEL AGUA

Con la finalidad de iniciar, a la brevedad posible, el establecimiento de programas de reúso del agua, la Dirección de Saneamiento de la JMÁS estableció un Departamento de Reúso del Agua; las actividades que realiza son las siguientes:

- Identificar y clasificar las industrias de la localidad, en función del uso del agua.
- Inspeccionar empresas que cuentan con sistemas de tratamiento.
- Evaluar el potencial de reúso de las aguas tratadas por las empresas.
- Diseñar e implementar esquemas para reúso de aguas tratadas.
- Seleccionar las industrias cuyas aguas son susceptibles de ser reutilizadas.
- Supervisar, con apoyo del laboratorio, la composición de estas aguas.
- Diseño de los sistemas de conducción y monitoreo.
- Identificar las posibilidades de reutilización del agua.
- Definición de los aspectos legales, normativos y administrativos.

CONCLUSIONES

Con base en la experiencia que se ha tenido en esta ciudad, pueden enumerarse algunos requisitos básicos que permiten al organismo operador establecer un Programa de Control de Descargas:



1 Establecer el marco legal adecuado para aplicar los procedimientos técnico-jurídicos requeridos y la normatividad correspondiente.

2 En caso necesario, reestructurar el organismo operador a fin de contar con los departamentos necesarios para la instrumentación del programa.

3 Contar con un Programa Integral de Manejo del Agua en la localidad, que comprenda los siguientes aspectos:

- Plan maestro de agua y saneamiento.
- Programa de monitoreo de la calidad de las fuentes de abastecimiento y de las aguas residuales.
- Esquemas para dar seguimiento al cumplimiento de la normatividad aplicable.
- Programas de eficientización del servicio y del manejo del recurso, incluyendo reúso y conservación del agua.

4 Mejorar la operación del laboratorio del organismo a fin de dotarlo de capacidad suficiente para apoyar el desarrollo del programa y buscar la certificación del mismo.


5 Elaborar un padrón de laboratorios locales que puedan proporcionar servicios a la industria y demás usuarios para la caracterización y monitoreo de sus descargas.

6 En caso de contar con sistemas para tratamiento de aguas residuales, establecer esquemas de coordinación con los responsables de la operación de los mismos, con el fin de retroalimentar los procedimientos de inspección y vigilancia en el sistema de alcantarillado.

7 Establecer un programa de capacitación y actualización constante de los técnicos (inspectores, muestreadores, laboratoristas), que les permita revisar y actualizar las estrategias de control de las descargas de acuerdo con la dinámica de la ciudad.

8 Definir esquemas y procedimientos para desarrollar programas de reúso del agua tratada, llevando a cabo un análisis de la disponibilidad de dicho recurso, su ubicación y calidad, caracterización de la demanda para ese tipo de agua, los requerimientos específicos de calidad y volumen, y la definición de la estructura tarifaria para su comercialización.

Como puede apreciarse, los programas para control de descargas de origen industrial, comercial y de servicios, no se circunscriben a esta actividad específica, sino que deben enmarcarse en un proyecto de visión a largo plazo para el uso del agua y el mejoramiento de las condiciones de su utilización en las aglomeraciones urbanas. ❄️



Las auditorías ambientales

¿CUÁL ES LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA INSPECCIÓN DE DESCARGAS Y CALIDAD DEL AGUA?

La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) tiene la responsabilidad de vigilar el cumplimiento de las disposiciones legales relacionadas con la prevención y control de la contaminación ambiental, excepto las del agua, atribución que mantiene la Comisión Nacional del Agua (CNA); por tanto, la PROFEPA no realiza visitas de verificación ni impone sanciones en materia de descargas; solamente a través de su área de atención a quejas de ciudadanos canaliza los asuntos sobre agua hacia la CNA.

La Procuraduría ha desarrollado un sistema de auditorías ambientales voluntarias, a fin de dar a las empresas la oportunidad de hacer un análisis exhaustivo de sus instalaciones. Tenemos un programa ambicioso que va todavía más allá del cumplimiento de la ley; suscribimos un convenio con la CNA donde reconoce que las empresas convengan con la PROFEPA en materia de agua, y eso nos ha dado muy buenos resultados porque las que han entrado al programa de auditorías ambientales, han tenido ahorros importantes en consumo de agua y reducciones sustanciales, tanto en las descargas totales como en su carga contaminante.

De 1995 a la fecha, alrededor de 1,400 empresas han participado en ese proceso, 250 instalaciones de PEMEX, plantas generadoras de la CFE, las industrias automotriz y cementera, entre otras; éstas representan el 60% del producto bruto industrial del país: Algunos sectores industriales están ausentes del programa, por ejemplo, los

La Procuraduría ha desarrollado un sistema de auditorías ambientales voluntarias, a fin de dar a las empresas la oportunidad de hacer un análisis exhaustivo de sus instalaciones. Tenemos un programa ambicioso que va todavía más allá del cumplimiento de la ley; suscribimos un convenio con la CNA donde reconoce que las empresas convengan con la PROFEPA en materia de agua, y eso nos ha dado muy buenos resultados porque las que han entrado al programa de auditorías ambientales han tenido ahorros importantes en consumo de agua y reducciones sustanciales, tanto en las descargas totales como en su carga contaminante.



ingenios, de 60 aproximadamente que hay en el país sólo 16 están en el programa de auditoría ambiental y no han hecho grandes progresos.

La PROFEPA no posee atribuciones de verificación y consideró que sería conveniente tenerlas, porque es un organismo especializado. En estos momentos, es la CNA quien tiene atribuciones de multar y sancionar directamente el incumplimiento de la Ley de Aguas Nacionales, tanto de municipios como de empresas que descargan a cuerpos receptores.

¿CUÁLES SERÍAN LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE QUE LA PROFEPA TUVIERA UNA PARTICIPACIÓN MÁS ACTIVA EN EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA?

La principal ventaja que tendría la PROFEPA, consistiría en ser un órgano especializado en asegurarse que la ley sea acatada, y ser un organismo que responde a la demanda social. La CNA tiene la imponente tarea de administrar el agua de la nación, tiene que lidiar con sequías e inundaciones y ése es un trabajo monumental; por tanto, es comprensible que la aplicación estricta de la ley en materia de descargas no sea una prioridad de la CNA. En cambio para la PROFEPA es su única responsabilidad y ha dado buenos resultados en recursos naturales; por ejemplo, las vigilancias forestal y pesquera ahora están en manos de PROFEPA. Antes estaban en manos de las autoridades forestal y pesquera por separado, la forestal por ejemplo, tenía en cada estado 20 técnicos que daban permisos, hacían inspecciones, estudios agronómicos y muchas otras cosas, además de vigilar y dar cumplimiento a la ley. En el momento

* Procurador Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

en que ese personal se va a la PROFEPA, se dedica exclusivamente a verificar el cumplimiento de la ley.

En las épocas críticas, los forestales se suman al asunto pesquero y viceversa, todos empiezan a tener una formación común como inspectores en recursos naturales. Tenemos indicadores muy claros de cómo ha aumentado la eficiencia por la especialización; creo que este mismo cuerpo podría extender sus visitas a la parte de agua sin un costo adicional muy grande.

¿CÓMO SE VE A LA PROCURADURÍA EN EL FUTURO Y QUÉ FALTA POR HACER?

Actualmente, hay dos asuntos que se discuten sobre la Procuraduría; el primero, cuál es el mejor estatuto jurídico y qué tipo de órgano debería ser y el segundo, las metas a futuro. El primero es una discusión muy interesante porque hay iniciativas de dos partidos de oposición, una para reformar la Constitución y otra para reformar la PROFEPA; el segundo, que sea autónoma.

Yo creo que lo anterior se deriva de una percepción errónea de la gestión ambiental, ya que se cree que la autonomía es una garantía de que las cosas van a mejorar porque suponen que la PROFEPA dentro de la SEMARNAP es juez y parte; por lo tanto, quieren que haya alguien autónomo que esté interpellando al gobierno en materia ambiental. Considero que más bien habría que fortalecer el programa ambiental de la Comisión Nacional de Derechos Humanos, ya que el derecho al ambiente sano es parte de éstos.

Hay una idea muy errónea de lo que es la aplicación de la ley; se piensa que la atribución de la ley es automática, pero la atribución de la ley requiere interpretarla, y al interpretar la ley estamos haciendo política ambiental. Mi batalla ha sido defender la idea de que la aplicación de la ley es parte de la política ambiental.

¿CUÁL ES EL FUTURO DE LA APLICACIÓN DE LA LEY?

La discusión es muy pobre, porque muy poca gente se ha metido a estudiar lo que hace la PROFEPA y cuáles son los dilemas que enfrenta. Hay quien la ve como una EPA (Agencia de Protección



Ambiental de EUA) pero tendría que sumarse la parte normativa y la parte del agua para que fuese una EPA. No considero que éste sea el esquema a seguir, el de la PROFEPA en general ha funcionado bien.

¿CUÁL HA SIDO LA RESPUESTA DE LA SOCIEDAD?

La percepción de la sociedad respecto a la PROFEPA es todavía muy borrosa; en mi opinión, la próxima fase debería considerar objetivos ambientales más explícitos; los planes y las metas han sido como un barrido a toda la industria nacional.

Cuando nació la PROFEPA se incrementaron las visitas de inspección, se empezaron a hacer mil visitas al mes; en 1992, en 26% de las visitas realizadas se encontraron irregularidades graves y éstas han ido disminuyendo a 2% en 1995 y 2% en 1997. Cada vez se encuentran menos irregularidades serias, pero esto todavía es una percepción muy borrosa de lo que estamos hablando. ✎



TECNOADecuación AMBIENTAL, S.A. DE C.V.

SAN FRANCISCO 1384-401 B. COL. DEL VALLE
TEL. 55-75-14-67, 55-75-08-02 FAX. 55-75-13-37
CORREO ELECTRÓNICO: ambitec@compuserve.com.mx
DIRECCIÓN INTERNET: www.e-web.com.mx/ambitec

ESTUDIOS Y PROYECTOS:

POTABILIZACIÓN DEL AGUA PARA CONSUMO Y TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL PARA SANEAMIENTO Y REÚSO DIVERSIFICADO.

FABRICACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN: BIOREACTOR ANAEROBIO INTEGRADO.

SISTEMA ECONÓMICO DE APLICABILIDAD PLENA.
IDÓNEO PARA LOS SECTORES QUE CARECEN DE DRENAJE.
FABRICADO CON MATERIALES RESISTENTES AL ATAQUE DEL AGUA.

NO EMPLEA EQUIPO E INSUMOS.
SIN REQUERIMIENTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.
CALIDAD DEL EFLUENTE A NIVEL SECUNDARIO
CUMPLIMIENTO CON NORMAS DE SANEAMIENTO Y REUSO



NOTA: DISTRIBUCIÓN DISPONIBLE EN ALGUNOS ESTADOS DE LA REPÚBLICA MEXICANA.

La normatividad del agua en México

¿CUÁL ES LA SITUACIÓN DE LA NORMATIVA EN MÉXICO, RELATIVA AL AGUA Y MEDIO AMBIENTE?

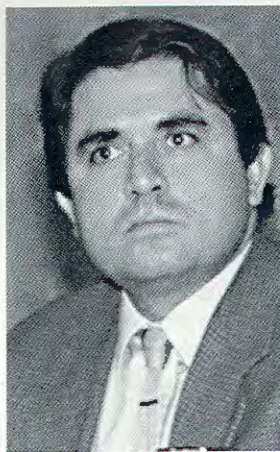
Los usos consuntivos y extractivos se regulan a través de la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento. El control de las descargas de aguas residuales tiene un marco normativo que es, a la vez, innovador y prácticamente completo, salvo en lo que se refiere a inyección e infiltración en acuíferos. Están normadas la totalidad de las descargas de aguas residuales a cuerpos y bienes nacionales y a sistemas municipales, así como las bases para el reúso de agua tratada que tenga contacto con el público, y de lodos provenientes de plantas de tratamiento.

El Instituto Nacional de Ecología promueve la Licencia Ambiental Única, donde se tienen usuarios que requieren permisos de toma y descarga de aguas residuales y que están relacionados con emisiones de contaminantes a otros medios (*atmósfera, residuos sólidos*). Asimismo, vincula instrumentos de participación social que están en proceso de desarrollo —tales como los Consejos de Cuenca— con instrumentos económicos, a través de la Ley Federal de Derechos.

¿CUÁLES HAN SIDO LOS CAMBIOS EN LOS DIEZ ÚLTIMOS AÑOS?

Hasta 1994, se avanzó de manera significativa en el desarrollo de normas para descargas específicas de un número importante de industrias, exigiendo siempre un tratamiento secundario para ellas. Asimismo, se generó un marco de cobro por incumplimiento que se estableció en la Ley Federal de Derechos.

En los últimos cinco años se simplificó el esquema normativo con una norma única para descarga en aguas y bienes nacionales, y otra



para descargas a redes municipales de drenaje y para tratamiento, esta segunda con la finalidad de facilitar el cumplimiento por parte de los responsables en el municipio. La primera establece límites según las características y uso del cuerpo receptor y controla de diferente manera las descargas, según el grado de afectación a los distintos tipos de cuerpos receptores; en general incorpora un número mayor de parámetros que los que incluían las normas específicas anteriores.

Esto conlleva una exigencia tecnológica diferente a la de un tratamiento específico para cada tipo de descarga; allí donde existan características de fragilidad será necesario operar, o bien con cero descarga, o con plantas muy avanzadas de tratamiento, en tanto en aquellos cuerpos menos vulnerables la exigencia puede ser satisfecha con tecnologías relativamente simples. Así, el daño ambiental de la descarga guarda una estrecha relación con el tipo de tratamiento que se le exige. El cambio en la norma para descargas municipales consistió en concebir al sistema de drenaje, alcantarillado y tratamiento como un todo integrado y, a la vez, relacionado con el cuerpo receptor, lo que llevó a replantear parámetros, tanto para la protección de la red de conducción como del sistema de tratamiento, acordes con las exigencias que enfrenta el municipio.

La norma que establece las características que debe reunir un lodo para su reúso (que deberá ser complementada con una norma de aplicación), busca facilitar el aprovechamiento sustentable de los subproductos potencialmente benéficos del tratamiento de aguas residuales, y la que establece condiciones para el reúso de aguas tratadas en contacto con el público busca reducir la presión de la demanda de

* Presidente del Instituto Nacional de Ecología (INE).

agua, dentro de límites sustentables en términos de salud humana.

A medida que se desarrollen los Consejos de Cuenca, podrán dotarse de instrumentos novedosos que están planteados en la NOM-001, pero que sólo pueden ser válidos para tramos particulares de una cuenca.

¿CUÁL HA SIDO LA PARTICIPACIÓN DE LA SOCIEDAD?

El desarrollo del esquema normativo se ha llevado a cabo en el marco de lo establecido por la Ley Federal de Metrología y Normalización; para su aprobación fueron necesarias más de 60 reuniones, en las que participaron representantes del sector académico, social, industrial, diferentes órdenes de gobierno, y organismos operadores, con una asistencia promedio de 50 personas. Además, se llevaron a cabo consultas públicas para cada una de las normas. Asimismo, se han efectuado cursos de capacitación para organismos operadores.

¿QUÉ FALTA POR HACER EN MATERIA DE NORMATIVIDAD?

El marco normativo desarrollado cubre la totalidad de las descargas de aguas residuales a redes municipales y a bienes nacionales, si bien falta por desarrollar una norma que controle la inyección e infiltración de aguas residuales para la recarga de acuíferos que reviste particular importancia en algunas regiones del país, como en las tierras calizas de la Península de Yucatán.

Un reto que se debe enfrentar es el de las descargas difusas o no puntuales que entrañan una complejidad enorme; a lo más que se ha llegado en otros países, es a establecer mecanismos de buenas prácticas en agricultura y ganadería.

Asimismo, falta contar con las especificaciones técnicas para llegar a una declaratoria válida de muchas de las principales cuencas del país, y ello inhibe el desarrollo de condiciones particulares de descarga que prevean problemas específicos o características atípicas del cuerpo receptor. Faltan por publicar una serie de normas mexicanas analíticas que complementen el marco normativo coercitivo.



Con la NOM-001, México se colocó a la vanguardia del proceso de normalización de aguas residuales; dicha norma ha servido como modelo para el desarrollo de otras similares en naciones como Chile y Cuba, incluso algunas provincias de países desarrollados están planteándose los beneficios que ofrece una norma de esta naturaleza. Este esquema puede considerarse un primer paso hacia el objetivo último, que deberían ser las normas de calidad ambiental. Sin embargo, a pesar de lo integral del diseño regulatorio, persiste un problema de falta de credibilidad que reduce su beneficio ambiental.

¿CON RESPECTO A OTROS PAÍSES, EN QUÉ NIVEL ESTAMOS?

Con la NOM-001, México se colocó a la vanguardia del proceso de normalización de aguas residuales; dicha norma ha servido como modelo para el desarrollo de otras similares en naciones como Chile y Cuba, incluso algunas provincias de países desarrollados están planteándose los beneficios que ofrece una norma de esta naturaleza. Este esquema puede considerarse un primer paso hacia el objetivo último, que deberá ser las normas de calidad ambiental. Sin embargo, a pesar de lo integral del diseño regulatorio, persiste un problema de falta de credibilidad, que reduce su beneficio ambiental.

¿CUÁL HA SIDO LA RESPUESTA DE LA SOCIEDAD?

En el desarrollo del marco normativo se han presentado altos niveles de participación social, lo cual expresa una dimensión de la respuesta de la sociedad. ☺



F R O
Ingenieros, S.A. de C.V.

LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS Y ESTUDIOS GEOLÓGICOS.
MECÁNICA DE SUELOS, GEOTECNIA Y GEOHIDROLOGÍA.
SISTEMAS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.

Incluyendo

OBRAS DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, REGULACIÓN, DISTRIBUCIÓN, PLANTAS POTABILIZADORAS Y DE TRATAMIENTOS, CARACTERIZACIÓN DE AGUA, PLANTAS DE BOMBEO, DISPOSITIVOS DE CONTRA GOLPE DE ARIETE, AFOROS Y AUTOMATIZACIÓN DE POZOS Y EQUIPOS DE BOMBEO, ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL, ASÍ COMO SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SUPERVISIÓN DE OBRA.

TODOS NUESTROS TRABAJOS SON ELABORADOS CON TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS ACTUALIZADOS, CONTANDO CON UN GRAN EQUIPO MULTIDISCIPLINARIO DE ASESORES ESPECIALIZADOS EN INGENIERÍA CIVIL, SISTEMAS, ECONOMÍA, CARTOGRAFÍA, BIOLOGÍA ENTRE OTRAS.

Av. Club América No. 32 1er Piso
Col. Villa Lázaro Cárdenas
Tel./Fax 5673-2080 5673-2141 C.P. 14370
Tlalpan, México, D.F. E-mail: froings@mexred.net.mx

La participación de la industria en el cuidado del ambiente

La percepción que se tiene actualmente en el extranjero sobre México es positiva, ya que existe un compromiso del sector industrial para invertir en la protección al ambiente.

Sin embargo, los recursos de la industria mediana y pequeña todavía son limitados; además, en años recientes ha habido una gran disminución en el número de empresas, por ejemplo hace 10 años la industria de la transformación en el Distrito Federal tenía aproximadamente 30 mil empresas, de las cuales quedan alrededor de 10 mil. Las que han subsistido son las que se han modernizado, integrándose a sectores de exportación, sustitución de importaciones o atienden nuevos nichos de mercado y, sobre todo, ven la protección del ambiente como parte de sus procesos de producción.

En la gran industria prácticamente 95% cumple con las normas ambientales, en la mediana 30%, en la pequeña 5% y en la microindustria 2%; sin embargo en cuanto al tratamiento de las aguas residuales el porcentaje de cumplimiento es menor. La gran industria considera el cuidado del ambiente como una inversión, mientras que las mediana y pequeña lo consideran un gasto.

Quienes están a cargo de la protección del ambiente en las empresas grandes son profesionales responsables; por el contrario, en la industria mediana normalmente es el personal de mantenimiento o los contadores son los encargados de esto.

Antes, la industria no tenía incentivos para el cuidado del ambiente, sobre todo para la conservación del agua; actualmente, las grandes empresas utilizan el agua tratada en los procesos industriales.

De la gran industria prácticamente 95% cumple con las normas ambientales; la mediana, 30%; la pequeña, 5% y la micro 2%; sin embargo, en cuanto a las aguas residuales el porcentaje de cumplimiento es menor. La gran industria considera el cuidado del ambiente como una inversión, mientras que la mediana y la pequeña la consideran como un gasto.

En cuanto al cumplimiento en el manejo de aguas residuales de grandes municipios y empresas, el problema es que la capacidad técnica ambiental en los municipios, generalmente es reducida. Además, hay el sentimiento de que a la industria se le obliga a cumplir y a los municipios no; en este sentido la ley debería ser pareja para todos.

¿QUÉ FACTORES HAN CONTRIBUIDO AL CAMBIO?

Creo que han sido varios los detonadores que han contribuido a cambiar la actitud del industrial, ya que hace algunos años el tema ambiental era un tema que nadie quería tratar: **1)** el Tratado de Libre Comercio, sobre todo para la industria grande y exportadora; **2)** las explosiones de Guadalajara, ante las cuales se intentó injustamente responsabilizar, en un principio, a una industria del sector privado; **3)** la Cumbre de Río, donde México asumió una serie de compromisos; **4)** normas más estrictas de la Comisión Nacional del Agua; **5)** la presión de la sociedad civil y, por último **6)** que ahora cuesta más pelear que cumplir con la normatividad.

¿CÓMO PARTICIPA LA CONIECO?

Aunque somos una organización nacional, tenemos mucho más competencia en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En coordinación con las autoridades delegacionales y municipios conurbados damos cursos de capacitación sobre los temas en los que la industria mediana y pequeña tiene problemas. En el INE hemos participado en una serie de reuniones para fijar las normas voluntarias y programas de cumplimiento.

* Presidente del Consejo Nacional de Industriales Ecologistas, A.C. (CONIECO).




¿QUÉ PROPONEN PARA MEJORAR LA NORMATIVIDAD?

Identificamos que la normatividad es más estricta en México que en otros países. Las auditorías ambientales voluntarias han sido muy exitosas, de hecho, todo lo que se ha desarrollado de esta manera ha sido bien recibido. Sin embargo, se requieren un mayor número de auditores ambientales.

La PROFEPA cuenta con un sistema de evaluación de auditores, pero debido a lo estricto del proceso, hay muy pocos; pensamos que esto debería flexibilizarse a fin de elevar el número de auditores calificados, así como lograr una mayor participación de los colegios de profesionales como el Colegio de Ingenieros Civiles de México, que ha creado el comité ambiental y ya tiene un primer grupo de peritos calificados.

En las empresas medianas la única solución que vemos es el cuidado sectorial, por ejemplo la CANACINTRA tiene 120 secciones, las cuales comparten un problema similar; deberían de establecer cursos de capacitación, y ellas mismas, fijar una propuesta para resolver esa dificultad común.

Sería también conveniente simplificar la normatividad y definir las competencias, ya que no siempre quedan claras en ciertas áreas. Los industriales revisan junto con la autoridad y la sociedad civil las normas existentes que ya tienen cinco años de vigencia.

Por otra parte, debe motivarse la participación activa de la sociedad civil, preparar a los colegios de profesionistas, cámaras y asociaciones, impulsar la capacitación técnica y destinar mayores recursos a la protección del ambiente. 

h2oinfo

Procedimiento de Impacto Ambiental en la CNA.

Marco legal

Ley de Aguas Nacionales (LAN).

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental (RLGEEPAMIA).

Bases de Cooperación para la Aplicación del Procedimiento de Evaluación en Materia de Impacto Ambiental entre la CNA y el INE (BC).

Etapas para la Aplicación del Procedimiento de Impacto Ambiental

Fase del Proyecto	Etapas del Procedimiento	Instrumento Aplicado	Área responsable y participante
Identificación - Gran Visión	Integración de Cartera de Proyectos. Dictaminación	RLGEEPAMIA BC	GE GR GSCA INE (Valida dictamen establecido)
Prefactibilidad - Factibilidad	Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, en la modalidad que corresponda	RLGEEPAMIA BC	GE GR GSCA (Supervisa desarrollo del EIA)
Diseño Ejecutivo	Evaluación en Materia de Impacto Ambiental	RLGEEPAMIA	INE (Evalúa y en su caso aprueba ambientalmente al proyecto evaluado)
Construcción, operación y mantenimiento de la obra	Seguimiento del Impacto Ambiental	RLGEEPAMIA	GE GR GSCA PROFEPA (Verifica cumplimiento de las condicionantes establecidas por el INE)
Transferencia a organismos operadores y reponsables de las obras		LAN RLGEEPAMIA	PROFEPA (Verifica cumplimiento de las condicionantes establecidas)

GE GERENCIA ESTATAL GR GERENCIA REGIONAL GSCA GERENCIA DE SANEAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA
INE INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA PROFEPA PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE

Fuente: Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, CNA.

Primer informe del XXIV Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica

El 11 de mayo pasado, el Ing. Jesús Campos López, presidente del XXIV Consejo Directivo Nacional de la Asociación Mexicana de Hidráulica (AMH), rindió su primer informe anual de actividades durante la Asamblea General Ordinaria efectuada en el Colegio de Ingenieros Civiles de México.



El Ing. Campos destacó la participación de la AMH en cinco foros regionales de consulta sobre legislación, organizados en coordinación con la Comisión Nacional del Agua y la Comisión de Asuntos Hidráulicos de la Cámara de Diputados, a fin de conocer y evaluar propuestas de los usuarios respecto a la utilización del recurso en la agricultura, industria, servicios urbanos y rurales, así como en la protección al ambiente. Estos foros tuvieron como objetivo proponer reformas a la legislación en materia de agua.

Más adelante, el presidente del XXIV Consejo Directivo, se refirió a la organización del XVI Congreso Nacional de Hidráulica que se llevará a cabo del 7 al 10 de noviembre próximo,

en la ciudad de Morelia, Michoacán; por tal motivo, se integró el Comité Organizador, cuyo Presidente Honorario, el Lic. Víctor Manuel Tinoco Rubí, Gobernador Constitucional del Estado, ha ofrecido el apoyo necesario para la realización de este congreso.

Previos a este evento, han sido realizados tres cursos denominados: *Método Zopp, Planeación de Proyectos Orientada a Objetivos, Sequías y Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable.*

El Ing. Jesús Campos expresó que el actual Consejo Directivo convino en actualizar la página de Internet de la AMH, a fin de contar con un mecanismo de difusión y retroalimentación inmediata con los asociados. También hizo mención a la nueva imagen de la revista *Tláloc*, de la cual se han publicado tres números: *El Agua y los Municipios, Infraestructura Hidroagrícola y Saneamiento.*

Posteriormente, el Ing. Óscar Vega Argüelles, presidente de la Junta de Honor, comunicó a la Asamblea que durante el periodo de trabajo reseñado, no hubo ningún caso que requiriera su atención; extendió un voto de confianza al XXIV Consejo Directivo y expresó los mejores deseos por el éxito del Congreso. ✽

Premio BANOBRAS

El Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C. (BANOBRAS), otorgó a José Luis Montesillo Cedillo una mención especial por el trabajo titulado *Los municipios y los organismos operadores en México: una forma alternativa de financiar el suministro de agua potable*, con el que participó en el premio nacional BANOBRAS, 1999.

Este premio ofreció dos modalidades a los concursantes: "Proyecto de inversión" e "Investigación", en la última de las cuales participó el M. en C.E. José Luis Montesillo Cedillo, quien labora en la Subcoordinación de Tecnología Económica y Financiera del Agua, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

El jurado calificador estuvo integrado por representantes de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Instituto Nacional de Administración Pública, Instituto Tecnológico Autónomo de México, Instituto Politécnico Nacional, Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Instituto para el Desarrollo Técnico de las Haciendas Públicas, y Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos, S.N.C.

h2oinfo

PARTICIPACIÓN DE LA INICIATIVA PRIVADA EN PLANTAS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN MÉXICO

NÚM.	ESTADO	CIUDAD	TIPO DE CONTRATO	SITUACIÓN
1	Baja California Sur	La Paz	PTAR BOT	En operación
2	Coahuila	Cd. Acuña	PTAR BOT	En construcción
3	Coahuila	Piedras Negras	PTAR BOT	En construcción
4	Coahuila	Torreón	PTAR BOT	Concurado y asignado
5	Chihuahua	Cd. Juárez norte	PTAR BOT	En operación
6	Chihuahua	Cd. Juárez sur	PTAR BOT	En operación
7	Chihuahua	Chihuahua norte	PTAR BOT	En operación
8	Durango	Gómez Palacio	PTAR BOT	Concurado y asignado
9	Guanajuato	León	PTAR BOT	En construcción
10	Jalisco	Puerto Vallarta	PTAR BOT	En operación
11	México	Toluca norte	PTAR BOT	En operación
12	México	Toluca oriente	PTAR BOT	En operación
13	Morelos	Cuernavaca	PTAR BOT	En operación
14	Morelos	Yautepec	PTAR BOT	En construcción
15	Nuevo León	Monterrey, Dulces Nombres	PTAR BOT	En operación
16	Nuevo León	Monterrey Noreste	PTAR BOT	En operación
17	Nuevo León	Monterrey Norte	PTAR BOT	En operación
18	Puebla	Puebla 2. Barranca del Conde	PTAR BOT	En construcción
19	Puebla	Puebla 5. San Francisco	PTAR BOT	En construcción
20	Puebla	Puebla, parque ecológico	PTAR BOT	En operación
21	San Luis Potosí	S. L. P. norte y Tangamanga II	PTAR BOT	En construcción
22	San Luis Potosí	S. L. P. Tangamanga I	PTAR BOT	En construcción
23	Sinaloa	Culiacán	PTAR BOT	En construcción
24	Sonora	Cd. Obregón Norte	PTAR BOT	En operación
25	Sonora	Cd. Obregón Sur	PTAR BOT	En operación
26	Tamaulipas	Nuevo Laredo	PTAR BOT	En operación

PTAR = Planta de tratamiento de aguas residuales BOT = Siglas en inglés de contrato construcción, operación y transferencia (en este caso incluye variantes)

Fuente: UAPS, CNA.

1. Aguilar Benítez, Salvador. *Ecología del estado de Morelos: un enfoque geográfico*. 2ª. Ed. México: Praxis, 1999, p. 469.
2. Mitchel, Bruce. *La gestión de los recursos y el medio ambiente*. Tr.: Domingo Gómez Orea. Madrid: Mundi Prensa, 1999, p. 290.
3. OECD. *Environmental benefits from agriculture: issues and policies*. The Helsinki Seminar. París: OECD, 1997, p. 158.
4. Instituto Nacional de Ecología (México). *Primer informe sobre la calidad del aire en ciudades mexicanas 1996*. México: SEMARNAP, CENICA, 1997, p. 96.
5. Cutter, Susan L. *Environmental risks and hazards*. New Delhi: Prentice Hall of India, 1999, p. 413.
6. México. SEMARNAP. Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. *Directorio de organismos vinculados con el medio ambiente y el manejo de recursos naturales*. México: PNUD, 1998, p. 167.
7. Instituto Nacional de Ecología (México). *Programa de manejo parque marino nacional costa occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc México*. México: INE, 1998, p. 159.
8. Instituto Nacional de Ecología (México). *Programa de manejo parque marino nacional Arrecifes de Cozumel, México*. México: INE, 1998, p. 164.
9. Instituto Nacional de Ecología (México). *Programa de manejo del área de protección de flora y fauna Maderas del Carmen, México*. México: INE, 1997. 127p.
10. Instituto Nacional de Ecología (México). *Programa de manejo del parque nacional Isla Contoy, México*. México: INE, 1997, p. 123.

www.
SITIOS EN INTERNET SOBRE EL AGUA
h2o

Association of Metropolitan Water Agencies
www.amwa-water.org

Universities Water Information Network
www.uwin.siu.edu/

World Wide Web Water World
www.nrri.ohio-state.edu/water/www.html

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento/ANEAS
www.aneas.com.mx

CONSULTA LA PÁGINA WEB DE LA AMH

www.aguamh.com



EVENTOS

4a. Convención de ANEAS
Fecha: del 2 al 4 de agosto de 2000
Lugar: Acapulco, Guerrero
Informes: (5) 530 6448/9621

Sustainable use of water: Quality and Quantity Seminar
Fecha: del 16 al 21 de julio de 2000
Lugar: Oxford, Reino Unido
Página en internet: www.british-council.org/networkevents

Seminario Internacional del CIRA, XIII Taller Internacional sobre Gestión y Tecnología de Suministro de Agua Potable y Saneamiento Ambiental
Fecha: del 1 de nov. al 6 de dic. de 2000
Lugar: La Habana, Cuba
Email: cih@cih.ispjae.edu.cu

Congreso interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Fecha: del 3 al 8 de diciembre de 2000
Lugar: Porto Alegre, Brasil.
Página en internet: www/comun/eventos/congreso.pdf

Movimiento ciudadano por el agua

Por Rubén Barocio Ramírez*

En México, el uso racional del agua constituye una prioridad fundamental. La disponibilidad de agua en cantidad, calidad y oportunidad es un requisito indispensable para el bienestar de la población y para el desarrollo económico. Sin ese vital recurso no puede concebirse la existencia de niveles adecuados en salud, producción agrícola e industrial. Asimismo, el agua es un elemento esencial para conservar la flora, fauna, diversidad biológica, estabilidad del clima y calidad de vida de los mexicanos.

En el contexto mundial existe una creciente preocupación por la potencial escasez de agua que, por otra parte, se acentúa ya en diversas regiones del globo.

A pesar de importantes esfuerzos realizados, México en varias de sus regiones enfrenta graves problemas por falta de disponibilidad, desperdicio y contaminación del recurso. Por otra parte, se generarán, en el corto y mediano plazos, demandas adicionales de agua que obligan a subrayar la prioridad que tiene como factor fundamental de desarrollo y bienestar; esto hace necesario promover en el país un manejo sustentable del agua para evitar, en pocos años, una situación crítica.

En las regiones con abundancia de agua, la deforestación y la erosión de los suelos dañan la calidad del recurso, disminuyen los volúmenes aprovechables y propician inundaciones.

Alcanzar un manejo sustentable del agua tiene como requisito indispensable que la sociedad en su conjunto reconozca la imperiosa necesidad de considerar el agua como un recurso valioso y finito, y adopte como suyas las medidas —algunas de ellas severas— que será necesario instrumentar

Alcanzar un manejo sustentable del agua tiene como requisito indispensable que la sociedad en su conjunto reconozca la imperiosa necesidad de considerar el agua como un recurso valioso y finito, y adopte como suyas las medidas, algunas de ellas severas, que será necesario instrumentar para lograr una eficiente administración y utilización de las aguas nacionales.

para lograr una eficiente administración y utilización de las aguas nacionales.

Para lograr lo anterior es indispensable modificar las percepciones y actitudes que la sociedad, mayoritariamente, tiene con respecto al agua. El conocimiento realista sobre la disponibilidad del recurso y vivir con la conciencia alerta para contribuir a su cuidado, son elementos esenciales para que, como sociedad, alcancemos el manejo sustentable del recurso. Se requiere por tanto un verdadero cambio cultural en este tema. Se necesita entonces, alcanzar una mejor cultura del agua que tenga como elementos:

- La convicción de que el agua es un bien escaso cuyo uso es necesario racionalizar.
- La conciencia de que, eventualmente, el agua representa un riesgo.
- La motivación necesaria de todos los actores sociales para contribuir a la solución de la problemática, en todo lo que esté a su alcance.
- El conocimiento de cada actor, de la forma específica en la que deberá darse su participación, asumiendo la responsabilidad correspondiente.

* Coordinador de Participación Privada y Servicios, CNA.

El gobierno federal actualmente lleva a cabo un programa denominado *Movimiento Ciudadano por el Agua*, fundamentado en la participación y liderazgo compartido de todos los sectores sociales. Se trata de un plan a largo plazo y alto impacto a nivel nacional, coordinado por la sociedad civil, a la que se le ha asignado la misión de crear una clara conciencia de la importancia que tiene el adecuado manejo y conservación del agua.

Elemento fundamental del mencionado movimiento es la creación del Consejo Consultivo del Agua, instalado por el presidente de México Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, el 17 de marzo del año en curso. Los objetivos del Consejo son apoyar el cambio estratégico necesario en el sector y promover, coordinar y dirigir el esfuerzo de la sociedad en su conjunto para lograr la

El gobierno federal actualmente lleva a cabo un programa denominado *Movimiento Ciudadano por el Agua*, fundamentado en la participación y liderazgo compartido de todos los sectores sociales. Se trata de un plan a largo plazo y alto impacto a nivel nacional, coordinado por la sociedad civil, a la que se le ha asignado la misión de crear una clara conciencia de la importancia que tiene el adecuado manejo y conservación del agua.

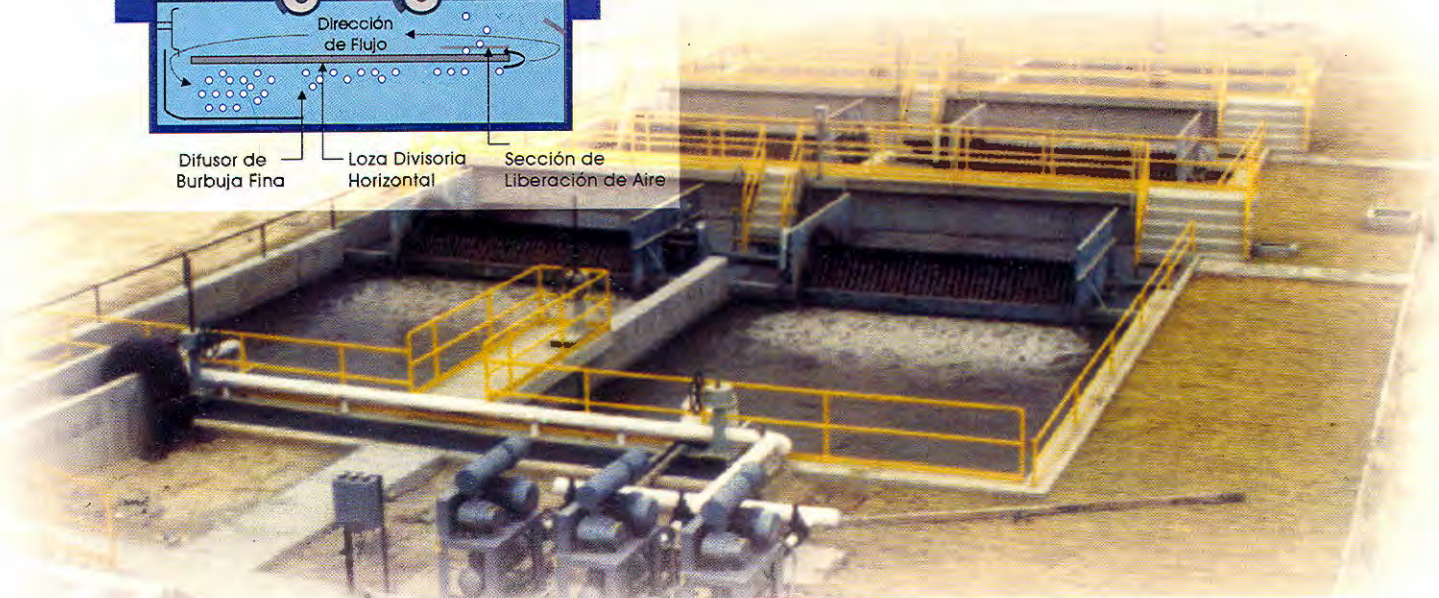
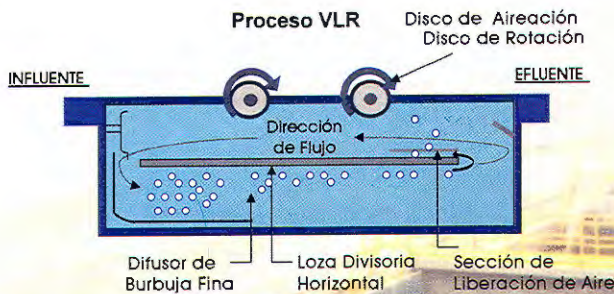
cultura del manejo y uso eficiente del agua en el país; ha sido concebido como un órgano autónomo respecto del sector público. El Consejo está integrado por personas físicas sensibles a la problemática del agua y a la necesidad de resolverla, con vocación altruista y que cuentan con un alto grado de reconocimiento y respeto, logrado en sus actividades en diversos sectores de la sociedad. También incluye representantes de organizaciones, cuya opinión y apoyo se consideran importantes para el mejoramiento de la cultura del agua en el país.

El Consejo Consultivo del Agua está integrado por 10 consejeros numerarios y siete consejeros institucionales. Este número podrá ser incrementado por decisión del propio Consejo. El primer presidente del Consejo es el señor Manuel Arango Arias. ✎

GRUPO TYP
Participando en el Desarrollo
de nuestro Estado y nuestro País

López Cotilla 998-1 y 4 44100 guadalajara; jal.
 Tels: 825-13-13 • 826-66-90 • 826-66-91
 E-mail: typgrupo@vianet.com.mx

EL SISTEMA DE AIREACION MAS EFICIENTE EN NORTE AMERICA..... NO ESTA EN LOS ESTADOS UNIDOS.



Está en Cadereyta, México, cerca de Monterrey, N. L. Fue construida, diseñada, y puesta en operación en tres meses ! Esta exitosa hazaña de diseño/construcción fué realizada en conjunto con Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Como se muestra en la parte superior el Reactor de Flujo Vertical (VLR) instalado en la Planta Cadereyta, es un sistema que consiste en hacer fluir el agua mezclada mediante dos impulsores circulares de discos y difusores de burbuja gruesa.

El diseño de aireación de la Planta incluye celdas de burbuja fina a un lado del sistema VLR. Los impulsores además de hacer circular el caudal, también transfieren oxígeno a una alta eficiencia.

Este sistema de aireación optimizado se le conoce como VertiCel.™

USFilter

PUNTOS CLAVE DEL PROYECTO

- Diseño, construcción y puesta en operación en tres meses.
- Incluye un sistema RBN (Remoción Biológica de Nutrientes).
- 30% menos de potencia requerida que los sistemas de burbuja fina convencionales.

USFILTER, ENVIREX PRODUCTS
1901 S, PRAIRIE AVENUE
P.O. BOX 1604
WAUKESHA, WI 53187-1604
USA
TELEFONO 262-547-0141
FAX 262-547-4120
www.usfilterenvirex.com

USF MEXICO
MARIANO ESCOBEDO 510-10
COL.NUEVA ANZURES
MEXICO, D.F. 11590
TEL (5) 545-3700, FAX (5) 531-2636
LADA SIN COSTO
01800-9091600
www.usfilter.com

a **VIVENDI**
water company

NUESTRA PRIORIDAD ES OFRECER AGUA POTABLE DE CALIDAD CLASE MUNDIAL



Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey cuenta con un programa permanente de aseguramiento de calidad de aguas y el principal instrumento de control es nuestro nuevo Laboratorio Central.

Con capacidad para analizar más de 25,000 muestras anualmente y realizar determinaciones en más de 60 parámetros relacionados con la calidad del agua potable, agua residual, aguas tratadas y biosólidos, este Laboratorio está considerado como el mejor equipado en México.

Contamos con el acreditamiento oficial de nuestros procedimientos y nos encontramos en el Programa de Certificación de ISO/IEC25 para obtener nuestro acreditamiento internacional.

Monitoreamos en línea y efluentes con equipos y personal acreditado y a través de una red de monitoreo en línea en tiempo real.

El Laboratorio Central de Calidad de Aguas de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, ofrece 12 cursos de actualización anualmente en nuestras instalaciones y está en capacidad de ofrecer servicio externo de muestreo, monitoreo, capacitación y análisis de aguas y biosólidos.

Informes:

**SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE
MONTERREY, I.P.D.**

Laboratorio Central de Calidad de Aguas
Juan I. Ramón 331-A Pte.

Tel: 3-40-00-31, 3-47-20-00 Ext. 450

Fax: 3-45-95-87

e-mail: dsaneami@infosel.net.mx