

Tráilóc

18
AMH

● El saneamiento y la calidad del agua ● Tratamiento de agua residual ● Plantas para el tratamiento de aguas ● Desinfección del agua por radiación solar ● Saneamiento de aguas residuales y reúso de agua tratada



sanea MÉXICO

+ Publicaciones Sitios en Internet Cultura



El agua se agota



el problema no...

Hoy, más que nunca, el cuidado del agua, se ha convertido en una necesidad fundamental de quienes buscan contribuir al bienestar y desarrollo de México. Es por ello que **ICA** (constructora líder en América Latina) y **VIVENDI** (firma francesa líder en el manejo de sistema de agua a nivel mundial) en atención a esa necesidad, han unido su amplia experiencia y recursos en la conformación de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua S.A de C.V (**OMSA**); empresa que apoya a los organismos operadores de agua en nuestro país en la búsqueda de soluciones hoy, que ofrezcan beneficios permanentes.

OMSA y la experiencia adquirida en los diversos proyectos que actualmente maneja con importantes resultados, le permite ser la alternativa en el servicio de: *abastecimiento y distribución de agua potable, redes de drenaje de alcantarillado y pluvial, potabilización, tratamiento y reuso de aguas residuales y comercialización del servicio de agua.*

OMSA, ya es la solución en: Aguascalientes, Distrito Federal, Acapulco y Puebla, entre otros.

Para que la falta de disponibilidad del agua y el manejo deficiente de los servicios, dejen de ser un problema.

Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua

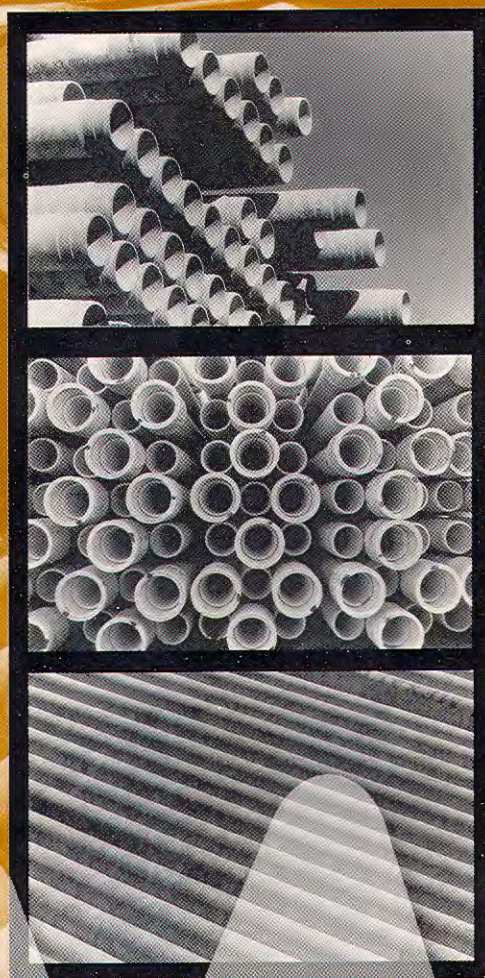


Con su experiencia en la preservación y manejo de agua

Le ofrece soluciones

Soluciones hoy, beneficios permanentes

Operación y Mantenimiento de Agua, S.A. de C.V.
Tomás Alva Edison 176 Col. San Rafael, México D.F.
Tel. 5722-7711, Conmutador 57227700 Ext.7410,7411
sapsa@mailcity.com



La mejor alternativa para cualquier Proyecto Hidráulico



MEXALIT

DIVISION NORTE

Ave. de las Industrias No. 6920
Col. Nombre de Dios
C.P. 31110 Chihuahua, Chih.
Tels.: (14) 17-17-37, 17-19-79
Fax: (14) 17-33-30

DIVISION OCCIDENTE

Calle 22 No. 2610
Zona Industrial
C.P. 44940 Guadalajara, Jal.
Tel.: (3) 145-14-65
Fax: (3) 145-02-24

OFICINA EN MONTERREY, NL.

Bernardo Reyes No.4723 Nte.
Col. Niño Artillero
C.P. 64280 Monterrey, N.L.
Tels.: (83) 31-46-22, 31-46-82

COMECOP, S.A. DE C.V.

Lote 7 y 8 Manzana 8
Zona Industrial
C.P. 43800 Tizayuca, Hgo.
Tels.: (779) 620-36, 623-65, 623-66
Fax: (779) 621-65

POLYDUCTO, S.A.

Km. 1.5 Camino la Palma
Estación el Ahorcado
C.P. 76700 Pedro Escobedo, Qro.
Tels.: (427) 500-49, 506-35
Fax: (427) 501-15

DIVISION SURESTE

Ave. Plomo No. 203
Cd. Industrial
C.P. 86010 Villahermosa, Tab.
Tels.: (93) 53-06-93, 53-05-98
Fax: (93) 53-06-05

DIVISION CENTRO

Ave. Hidalgo No. 180
C.P. 55540 Sta. Clara, Edo. de Mex.
Tels.: (5) 569-36-48, 569-30-55
Fax: (5) 569-35-08

■ El saneamiento de aguas residuales en México no se limita a la construcción de infraestructura, más bien es el resultado de factores técnicos, ambientales, sociales, políticos y económicos, todos indispensables. Dentro de los aspectos sociales y económicos, cabe resaltar las inversiones necesarias para construir, operar y mantener la infraestructura, situación que en general los responsables de la prestación de servicios no pueden afrontar. En cuanto a los técnicos y ambientales, se debe seleccionar la tecnología acorde con los cuerpos receptores y la capacidad de pago de los usuarios.

Visto así, el saneamiento de aguas residuales es un proceso integral que involucra a todos y no es un asunto exclusivo de técnicos. En la medida en que se logre la participación de todos se garantizará que las siguientes generaciones cuenten con el agua suficiente en calidad y cantidad, y un medio ambiente sano.

En la actualidad los cuerpos de agua son utilizados para depositar los desechos urbanos y agrícolas y en ocasiones son transformados en vías de comunicación terrestres, lo que ocasiona que los cauces de ríos, arroyos y lagos se contaminen y vean disminuida su área hidráulica, con los problemas que de ello se derivan.

A partir del año 2000 entró en vigencia la NOM-001-ECOL-1996, que establece que todas las ciudades mayores de 50,000 habitantes y la industria que genera una contaminación equivalente, deben tratar el agua residual; sin embargo, solo algunos municipios han cumplido. Cuando una industria descargue el agua usada a un cuerpo receptor, deberá atender las normas establecidas y, si lo hace al drenaje municipal, la NOM-002-ECOL-1996.

A nivel nacional, los centros urbanos producen un promedio de 240m³/s de aguas residuales y tratan 41 m³/s, en tanto la industria con mayor carga contaminante genera alrededor de 134m³/s, y trata 22m³/s. Si bien es cierto que se han hecho esfuerzos por cumplir con las normas de descargas de aguas residuales, porcentualmente los resultados son bajos.

Si tomamos en cuenta la disponibilidad de agua y el crecimiento poblacional, en el corto plazo estaremos clasificados como un país de baja disponibilidad de agua, con el impacto económico consecuente. Ante esto, debemos rescatar —en calidad y cantidad— el agua superficial y subterránea, impulsando el saneamiento y el reúso.

La falta de tarifas representativas del costo de los servicios, provoca el deterioro de la infraestructura, lo que disminuye la calidad y cobertura de los servicios. Ante esta situación, los usuarios recurren con mayor frecuencia a formas alternas de abasto que resultan más costosas. La sociedad tiene que pagar por los servicios, ya sea a través de tarifas, o bien de impuestos, siendo más justo el primero en función del consumo.

Frente a este panorama la Asociación Mexicana de Hidráulica debe coadyuvar con la sociedad para que participe en el saneamiento de las cuencas, pague el costo real de los servicios y adopte alternativas racionales y sustentables de consumo, uso y reúso del agua.

Jesús Campos López

Presidente del XXIV
Consejo Directivo de la AMH

18

AÑO VII, NÚM. ABRIL-JUNIO 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.

COORDINADORA TÉCNICA Blanca Jiménez Cisneros**COORDINADORA EDITORIAL** Leonor Pintado Cortina**EDICIÓN Y DISEÑO** Trilce Ediciones S.A de C.V.

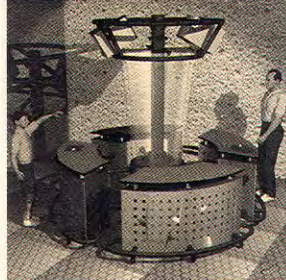
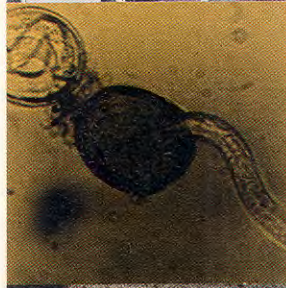
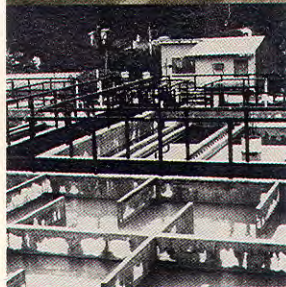
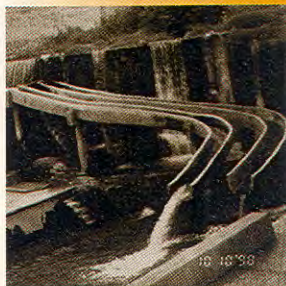
Euler 152~403, Col. Chapultepec Morales, México D.F.

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

DISEÑO Juan Carlos Mena, Óscar Reyes, Aurora Morfín**REDACCIÓN** Elvía Navarro**FORMACIÓN** Patricia Ortiz**FOTO PORTADA** Floculadores, sedimentadores y al fondo filtros

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**

El saneamiento y la calidad del agua

IGNACIO CASTILLO ESCALANTE

10 El tratamiento de agua residual

BLANCA ELENA JIMÉNEZ CISNEROS

13 Principales aspectos que hay que considerar en los proyectos de plantas para el tratamiento de aguas residuales municipales

ENRIQUE MEJÍA MARAVILLA

20 Desinfección del agua por radiación solar

ALEJANDRA MARTÍN DOMÍNGUEZ

JUANA E. CORTÉS MUÑOZ

CLAUDIO ESTRADA GASCA

MIRIAM RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

23 Resistencia de los huevos de helmintos a la desinfección con ozono y luz ultra violeta

MA. NEFTALÍ ROJAS VALENCIA

MA. TERESA ORTA DE VELÁSQUEZ

25 Histórico-social

Palenque

ROBERTO LLANAS FERNÁNDEZ

26 Letrinas y excretas en el siglo XVIII

ROBERTO LLANAS FERNÁNDEZ

28 Gestión del agua

Saneamiento de aguas residuales y reúso de agua tratada

ALEJANDRO GARZA RUZAFÁ

MARCOS RAMOS ARRAS

32 Noticias de la AMH

XVI Congreso Nacional de Hidráulica

Programa de cursos pre-Congreso

Dirección página web de la AMH

34 Publicaciones

Libros, foros y direcciones de INTERNET

35 Cultura

Exposición "Viva el agua"

MARIBEL IBARRA

El saneamiento y

Por Ignacio Castillo Escalante*

La gestión de la calidad del agua debe garantizar una condición adecuada para los diferentes usos del recurso; así, se debe procurar un uso eficiente e intensivo del agua cumpliendo con las condiciones cualitativas que permitan su uso posterior, ya sea por otros usuarios o por el medio ambiente. De este modo, es necesario conjugar los elementos que integran el monitoreo de la calidad del agua, el sistema de información, las bases técnicas para el control de las descargas de aguas residuales y el saneamiento de cuencas.

El monitoreo de la calidad del agua se inició en 1974 en la extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos, con objeto de conocer la calidad de los principales cuerpos de agua del país y determinar los efectos de las aguas residuales descargadas; el monitoreo se ha mantenido de manera sistematizada hasta nuestros días, por conducto de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Sin embargo, dado que entre 1974 y 1995 la red se amplió considerando básicamente la cobertura de las aguas superficiales y subterráneas, fue necesario rediseñar la Red de Nacional de Monitoreo de la Calidad del Agua (RNMCA), con objeto de optimizar la información necesaria para preservar, prevenir y controlar la calidad del recurso, y satisfacer las necesidades actuales para: 1) controlar la evolución de la calidad del agua en los ríos y demás cuerpos de agua del país; 2) vigilar las condiciones de calidad del agua en las fuentes de suministro destinadas al abastecimiento de las poblaciones, y 3) vigilar el cumplimiento de las condiciones particulares de descarga mediante el muestreo selectivo a los principales usuarios.

La evaluación de la información captada en la RNMCA, se realiza a través del Índice de Calidad del Agua (ICA), una de las herramientas para su análisis. Agrupa 18 parámetros convencionales para medir su deterioro, clasificando en seis los tipos de calidad, de acuerdo con el uso al cual se destine el agua (abastecimiento público, recreación, pesca, industrial, agrícola y vida acuática); asimismo, permite definir la calidad del agua como muy contaminada, contaminada, aceptable y adecuada para los usos del agua antes citados.



EQUIPO DE SEGURIDAD Y AUTOMATIZACIÓN EN UNA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE LODOS ACTIVADOS (II-UNAM)

Actualmente, la RNMCA está integrada por una Red Primaria, una Red Secundaria y los Estudios Especiales. La Red Primaria opera 435 estaciones permanentes distribuidas en todos los estados de la República, en ellas se genera la información descriptiva y a largo plazo de los principales cuerpos de agua (superficiales, subterráneos y costeros) del país, ya sea por el tipo de uso asignado al recurso o por la sensibilidad del sistema a la contaminación. La Red Secundaria considera 220 estaciones semifijas o móviles, asociadas a las principales descargas de aguas residuales municipales e industriales, con el fin de vigilar, regular y controlar la contaminación. Finalmente, los Estudios Especiales constituyen un componente asociado a la detección y el control de problemáticas específicas.

La operación de la RNMCA genera aproximadamente 4,000 muestras por año, periodo en el que se les practican más de 100,000 análisis. La evaluación de la información captada en la RNMCA, se realiza a través del Índice de Calidad del Agua (ICA), una de las herramientas para su análisis. Agrupa 18 parámetros convencionales

* Gerente de Saneamiento y Calidad del Agua, CNA.

la calidad del agua



para medir su deterioro, clasificando en seis los tipos de calidad, de acuerdo con el uso al cual se destine el agua (abastecimiento público, recreación, pesca, industrial, agrícola y vida acuática); asimismo, permite definir la calidad del agua como muy contaminada, contaminada, aceptable y adecuada para los usos del agua antes citados.

Las muestras captadas en la RNMCA son analizadas en una red de 34 laboratorios de calidad del agua, entre los cuales destacan el Laboratorio Nacional de Referencia (LNR) y los 15 laboratorios regionales. El LNR es el eje del Sistema Nacional de Laboratorios de Calidad del Agua, que integra el procedimiento de aprobación de laboratorios que opera la CNA, en cumplimiento con las atribuciones legales en la materia, a fin de garantizar la competencia técnica de los laboratorios que aplican métodos analíticos normalizados que utilizan los laboratorios a nivel nacional. En este Sistema concurren laboratorios privados y públicos. El LNR tiene a su cargo el desarrollo de las normas mexicanas en materia de análisis de calidad de aguas naturales y residua-

▲ MÓDULOS DE TRATAMIENTO
PTA. POTABILIZADORA CARRIZAL
MUNICIPIO CENTRO, TABASCO



▲ SALIDA DEL EMISOR HACIA
LA ZONA DE RIEGO EN EL VALLE
DEL MEZQUITAL (II-UNAM)



▲ RIEGO CON AGUAS RESIDUALES
EN EL VALLE DEL MEZQUITAL
(II-UNAM)

les, y la directriz en materia de acreditamiento, aseguramiento y control de calidad analítica en los laboratorios de calidad del agua de la CNA. Los 15 laboratorios regionales realizan los análisis de calidad del agua de los diferentes programas que lleva a cabo la CNA. Éstos se apoyan en 20 laboratorios ubicados en la mayoría de los estados del país.

La información obtenida es manejada por el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Agua (SNICA), cuyas funciones son entre otras, integrar los datos de la RNMCA, los Inventarios Nacionales de Descargas, de Plantas Potabilizadoras y de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales e Industriales, y llevar a cabo el control y seguimiento oportuno de las contingencias y emergencias hidroecológicas que se presentan en el territorio nacional.

El SNICA cuenta con dos plataformas para la operación y el manejo de la información, que se sustentan en una amplia base de datos en lenguaje Access. Ella le permite ser utilizada en sistemas de información geográfica compatibles con el Sistema Geográfico del Agua (SIGA), y con software específico para el manejo de información de calidad del agua (RAISON).

La mayoría de los cuerpos de agua superficial del país reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento, tanto domésticas e industriales, como agrícolas y pecuarias. Esto ha ocasionado grados variables de contaminación en los cuerpos receptores que limitan el uso directo del agua.

En México existen 314 cuencas de ríos superficiales; la CNA ha realizado estudios de calidad del agua en 228 de ellas, lo que ha permitido clasificarlas de acuerdo con el grado de alteración de su calidad natural. Las demás cuencas, situadas principalmente en la península de Baja Ca-

h2oinfo

Movimiento Ciudadano por el Agua

El pasado 17 de marzo, el presidente Ernesto Zedillo Ponce de León presidió la instalación y toma de protesta del Consejo Consultivo del Agua, "cuya misión será impulsar el Movimiento Ciudadano por el Agua y crear en la sociedad una conciencia clara de la importancia vital que el manejo adecuado del agua tiene para el futuro de México, no para un futuro lejano, sino para el futuro de los mexicanos y las mexicanas que ya son adultos jóvenes y por supuesto de sus hijos.

El reto de lograr y consolidar la disponibilidad suficiente y uso sustentable del agua, no podrá superarse sin la participación consciente y decidida de todos y cada uno de los grupos sociales del país.

La del agua es una de las causas que deben unirnos a todos los mexicanos por encima de cualquier diferencia. Es un asunto vital que debemos resolver en un tiempo menor al del cambio generacional.

El Consejo Consultivo del Agua estará conformado por:

Presidente

Ing. Manuel Arango Arias

Consejeros

Ing. Gilberto Borja Navarrete

Arq. Eduardo de la Vega Echavarría

Lic. Fernando Hiriart Balderrama

Ing. Alfonso Romo Garza

Dr. Feliciano Sánchez Sinencio

Dr. José Sarukhan Kermez

Lic. Carlos Sempe Minvielle

Ing. Carlos Slím Helú

Lic. Leopoldo Solís Manjarrez

Consejeros Institucionales

Consejo Coordinador Empresarial

Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento

Consejo Nacional de Publicidad

Asociación Nacional de Usuarios de Riego

Cámara Nacional de la Industria de la Radio y la Televisión

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto Politécnico Nacional

lifornia, no han sido estudiadas porque, o bien sólo conducen agua en época de lluvias, o bien se encuentran en zonas deshabitadas.

En las 228 cuencas estudiadas, que cubren el 80 por ciento del territorio nacional, se asienta el 95 por ciento de la población y se ubican el 75 por ciento de la producción industrial y el 98 por ciento de la superficie bajo riego.

En 20 cuencas se genera más del 89 por ciento de la carga orgánica total del país, medida en términos de demanda bioquímica de oxígeno. Dentro de estas cuencas se encuentran las del Valle de México, Lerma, San Juan y Pánuco, que reciben más del 50 por ciento de las descargas de aguas residuales, incluyendo las descargas industriales y las correspondientes a las principales ciudades: la zona metropolitana de la ciudad de México, Toluca, Querétaro, León, Salamanca, Morelia, La Piedad y las ubicadas en la ribera del lago de Chapala, la zona metropolitana de la ciudad de Monterrey y el corredor Tlaxcala-Api-zaco-Puebla-Cuernavaca, respectivamente. A estas últimas se agregan las cuencas de los ríos Coatzacoalcos, Blanco, Papaloapan, Conchos, Coahuayana, Culiacán, Fuerte, Yaqui, Mayo y Bajo Bravo, debido a la magnitud y características de la contaminación industrial que reciben, y en particular en las cuencas de los ríos que descargan en el Mar de Cortés, por los agroquímicos que reciben de los retornos agrícolas.

En el país se generan al año 7.4 km³ (259 m³/s) de aguas residuales municipales, de las cuales sólo 5.89 km³ se recolectan en el alcantarillado (187 m³/s).

La infraestructura de tratamiento con que se cuenta tiene una capacidad instalada de 65 m³/s, con 914 plantas de tratamiento. La capacidad en operación es de 41 m³/s. Con una operación adecuada de las plantas se obtiene un gasto de 29.5 m³/s, por lo que se descargan sin tratar 146 m³/s.

En el caso de las aguas residuales industriales se estima un volumen de 5.36 km³/año, equivalentes a 170 m³/s, sin considerar las descargas de las centrales termoeléctricas. El caudal de las aguas residuales tratado es de 0.69 km³/año

(21.9 m³/s), lo que representa el 13 por ciento de lo generado. Lo anterior se lleva a cabo en 1,514 plantas de tratamiento inventariadas.

Un indicador que refleja la alteración de la calidad de los cuerpos de agua superficiales, es la infestación por malezas acuáticas. De acuerdo con las investigaciones realizadas por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, existen cerca de 46,000 hectáreas infestadas con malezas en 114 presas y lagos del país, además de 12,000 km de canales y 19,000 km de drenes en distritos de riego.

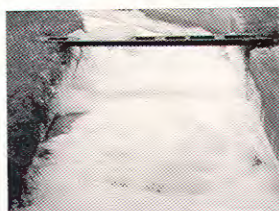
Un problema menos visible, pero también grave desde los puntos de vista de la salud y de la preservación del medio ambiente, es la contaminación natural de algunos acuíferos, como la originada por la disolución de sales arsenicales en la región lagunera, así como la causada por el vertido de desechos urbanos, industriales y agrícolas sin tratar en zonas de recarga. Dentro de las zonas con mayor deterioro se encuentran: la Comarca Lagunera y los acuíferos de zonas urbanas como el Valle de México, la región del Bajío y el Valle del Mezquital, debido a la infiltración de lixiviados, de desechos sólidos y a la descarga de aguas residuales no incorporadas al drenaje municipal. Respecto a las aguas costeras, existe contaminación diversa en el Golfo de México, ocasionada por hidrocarburos, metales pesados y plaguicidas, así como problemas de eutroficación; estos últimos principalmente en las lagunas de Ensenada (Sinaloa), Madre (Tamaulipas), Nuxco (Guerrero), Tampamachopo, Alvarado, Mandinga, Ostión, Pueblo Viejo (todas ellas en Veracruz) y Celestum (Yucatán).

El Programa Nacional de Saneamiento de Cuencas cuenta con las bases para su implantación y desarrollo, así como con las estrategias para su aplicación en los Consejos de Cuenca.

Este Programa se ha orientado a intensificar las acciones de ampliación de la infraestructura de alcantarillado y de tratamiento de las aguas residuales en las 15 cuencas prioritarias señaladas en el Programa Hidráulico 1995-2000



▲ BALNEARIO TEZONTEPEC CON AGUA DE LA NORIA DEL VALLE DEL MEZQUITAL (II-UNAM)



▲ FORMACIÓN DE ESPUMAS POR EXCESO DE REACTIVOS EN LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE AGUAS BLANCAS, ACAPULCO (II-UNAM)



▲ EFLUENTE TRATADO DE LA PLANTA DE AGUAS RESIDUALES DE AGUAS BLANCAS, ACAPULCO (II-UNAM)



▲ CÁMARA DE COAGULACIÓN - FLOCULACIÓN FUERA DE OPERACIÓN (II-UNAM)

(Pánuco, Lerma, Balsas, San Juan, Coahuacoalcos, Blanco, Papaloapan, Valle de México, Conchos, Coahuayana, Culiacán, Fuerte, Yaqui, Mayo y Bajo Río Bravo). Adicionalmente, el replanteamiento de la normativa en materia de descargas de aguas residuales, que permite el cumplimiento de manera gradual, de acuerdo con la carga contaminante descargada por los usuarios, orienta la atención hacia los principales contaminadores de los cuerpos receptores.

Los resultados de la implantación de la infraestructura de saneamiento en seis cuencas, se muestran en la Tabla 1.

La puesta en marcha y la operación de la infraestructura antes descrita en diferentes fechas, se ha reflejado en el comportamiento de la calidad del agua de las cuencas prioritarias. A continuación se muestran las gráficas de comportamiento del ICA en los años comprendidos entre 1974 y 1999, de algunas cuencas.

Cuenca del Río Pánuco
Cuenca del Río Lerma
Cuenca del Río Balsas
Cuenca del Valle de México (Tula)
Cuenca del Río Bravo
Cuenca del Río San Juan

CONCLUSIONES

Es evidente que en México se ha intensificado la construcción de infraestructura de saneamiento y que, en particular, en los últimos 12 años se ha cubierto la demanda generada por el incremento poblacional y se ha atacado el rezago en la materia. Sin embargo, se requiere sostener el esfuerzo en el corto, mediano y largo plazos.

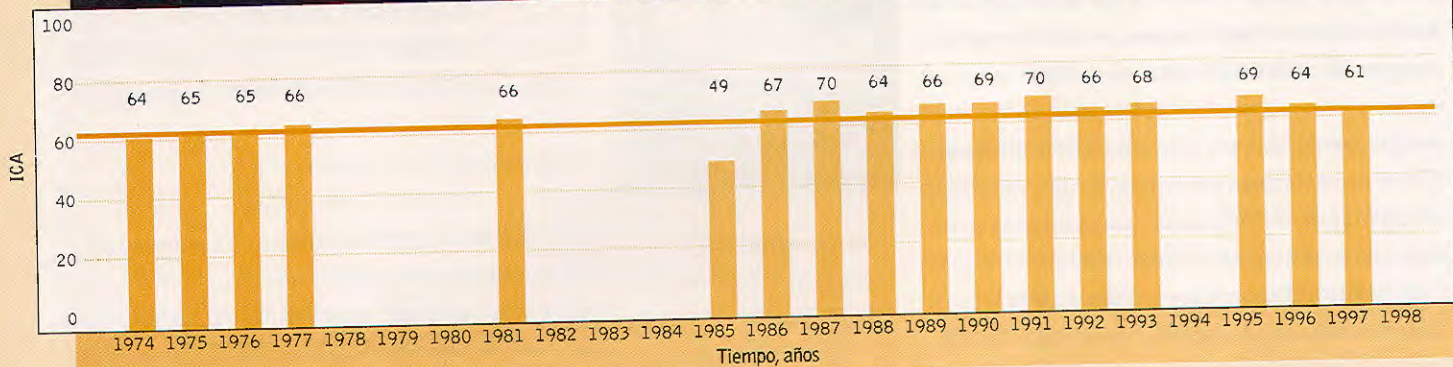
La puesta en marcha y la operación de la infraestructura de saneamiento ha permitido que en todas las cuencas prioritarias se haya detenido el deterioro en la calidad del agua y que en la mayoría de los casos se revierta el proceso. Las tendencias en la calidad del agua muestran que hay un decremento en los índices de contaminación del agua.

Tabla 1 PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES 1998

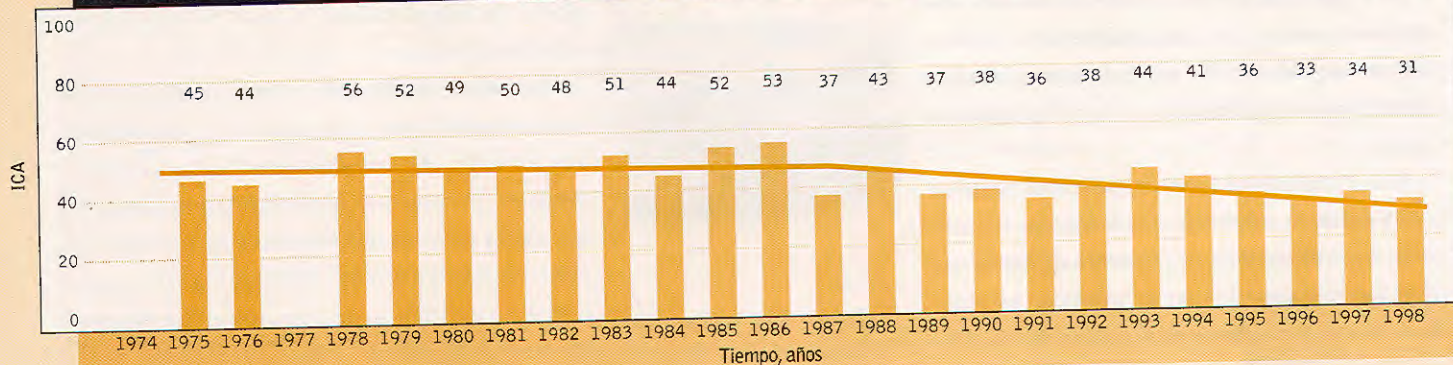
CUENCA	ESTADO	No. PLANTAS	PLANTAS EN OPERACIÓN	PROCESOS DE TRATAMIENTO																GASTO DISEÑO (L/S)	GASTO OPERACIÓN (L/S)	EFICIENCIA %				
				LE	PA	TI	AN	RE	FB	RAFA	LA	ZO	BD	W	FB+LA	B	L.AE	SD								
PÁNUCO	VER.	2	2	2																			31.0	26.0	21	
PÁNUCO	GTÓ.	1	1		1																			5.0	5.0	
PÁNUCO	HGO.	4	4			1	1	2																11.2	6.9	32
PÁNUCO	MEX.	1	1	1																				22.0	4.9	
PÁNUCO	QRO.	22	16					4	2	15	0	1												163.0	30.0	
PÁNUCO	S.L.P.	6	1	1							5													263.0	180.0	60
PÁNUCO	TAMPS.	2	2	1		1																		50.0	34.0	
LERMA	GTÓ.	17	13	6	1	2						6	1								1			1971.5	887.0	83
LERMA	JAL.	18	14	7								5										6		494.1	369.3	90
LERMA	MÉX.	15	15	11								1	2								1			2762.0	1767.0	71.4
LERMA	MICH.	10	7	5																		2		892.0	468.0	64.17
LERMA	QRO.	21	16					3	2	15	1											1		733.0	219.0	
BALSAS	MEX.	3	2	1								1												148.0	75.0	
BALSAS	MOR.	27	16	1		8	1		5	4	4											1		1467.9	725.2	
BALSAS	OAX.	1	1	1																				6.0	3.0	
BALSAS	PUE.	14	12	4		1	3		4		1											1		4847.0	3449.0	
BALSAS	TLAX.	26	16	22					1	1												1		774.3	433.4	
VALLE DE MÉX.	HGO.	1	1																		1			17.4	8.0	56
VALLE DE MÉX.	DF	15	15									12										3		4669.5	2484.5	95
VALLE DE MÉX.	TLAX.	6	4	6																				75.9	45.9	48
BAJO BRAVO	TAMPS.	3	3	3																				485.0	758.5	57
SAN JUAN	N. LEÓN	21	20	10		1					2	8												8666.0	6313.0	79
SAN JUAN	TAMPS.	2	2	2																				23.0	5.0	

Nomenclatura: LE- LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN PA- PRIMARIO AVANZADO TI- TANQUE IMHOFF AN- ANAEROBIO RE- REACTOR ENZIMÁTICO FB- FILTRO BIOLÓGICO RAFA- REACTOR ANAEROBIO DE FLUJO ASCEN- DENTE LA- LODOS ACTIVADOS ZO- ZANJA DE OXIDACIÓN BD- BIODISCO W- WETLAND FB+LA- FILTRO BIOLÓGICO Y LODOS ACTIVADOS B- BIOLÓGICO L.AE- LAGUNA AEROBIA SD- SIN DATO **FUENTE:** CNA

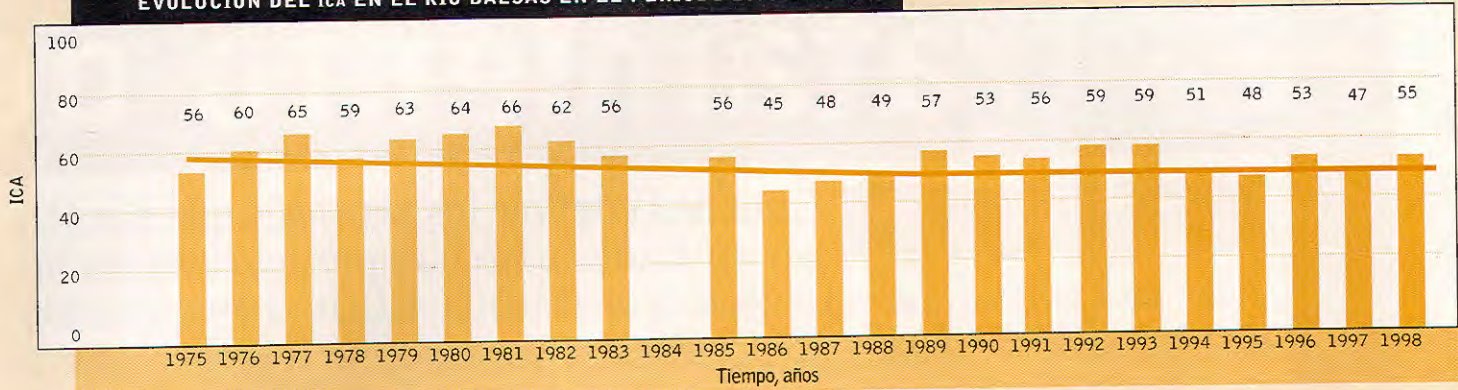
EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO PÁNUCO EN EL PERIODO 1974-1998



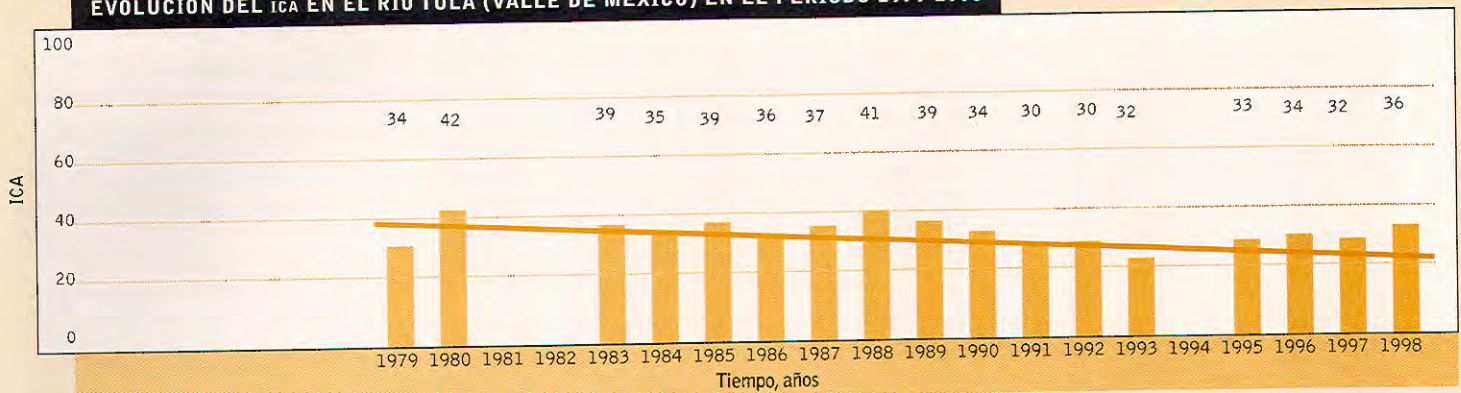
EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO LERMA EN EL PERIODO 1975-1998



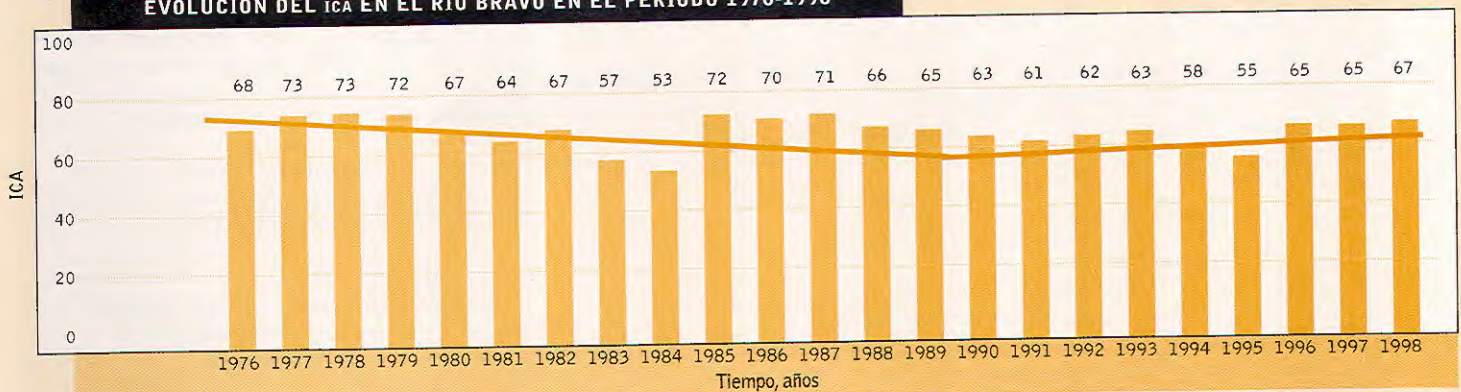
EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO BALSAS EN EL PERIODO 1975-1998



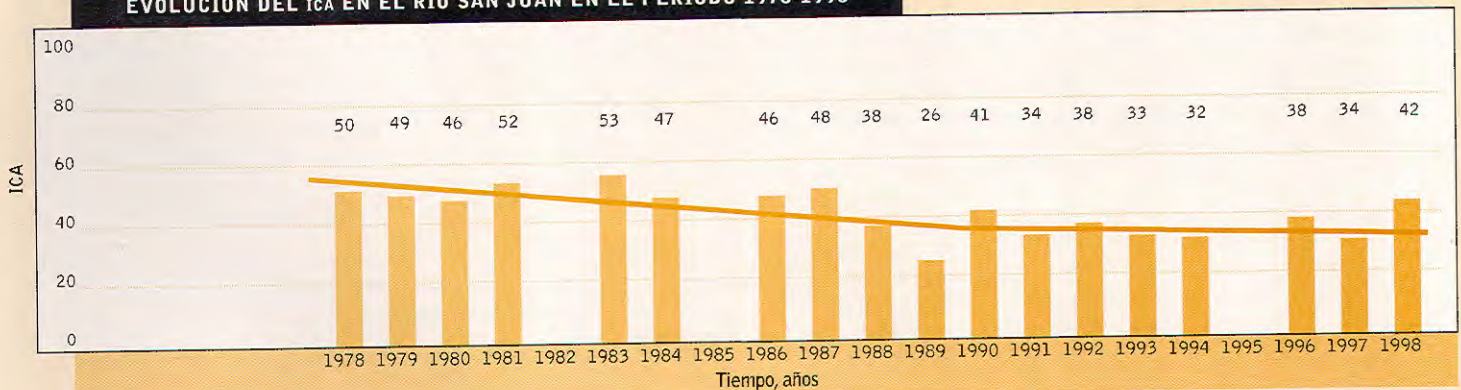
EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO TULA (VALLE DE MÉXICO) EN EL PERIODO 1979-1998



EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO BRAVO EN EL PERIODO 1976-1998



EVOLUCIÓN DEL ICA EN EL RÍO SAN JUAN EN EL PERIODO 1978-1998



El tratamiento de

Por Blanca Elena Jiménez Cisneros*

Guía para definir los procesos que pueden ser aplicados para cumplir los diversos niveles de calidad que establece la NOM-001-ECOL-1996, cuando el agua residual es de tipo doméstico. Su selección final dependerá de los resultados que se obtengan en pruebas de tratabilidad.

DESCARGA	PROCESO	COMENTARIO
Ríos		
Uso en riego agrícola (A) DBO y SST de 150	Lodos activados de alta tasa Tratamiento primario avanzado (TPA) Lagunas de estabilización Reactores anaerobios de biomasa floculada o adherida Flotación con aire disuelto Humedales	Combinados con filtración si se requiere cumplir con 1 Huevo de helminto/L o sin filtración para 5 HH
	Lodos activados y sus variantes con excepción de alta tasa Filtro percolador Disco biológico rotatorio	Combinados con filtración si se requiere cumplir con 1 Huevo de Helminto/L o sin filtración para 5 HH. En cuanto al contenido de materia orgánica medida como DBO pueden lograr niveles superiores a los establecidos por la norma generalmente a un costo mucho mayor que los señalados en el renglón anterior
Uso público urbano (B) DBO y SST de 75	Lodos activados y sus variantes con excepción de alta tasa Filtro percolador Disco biológico rotatorio	En cuanto al contenido de materia orgánica medida como DBO pueden lograr niveles superiores a los establecidos por la norma
	Tratamiento primario avanzado (TPA) Lagunas de estabilización Reactores anaerobios de biomasa floculada o adherida Flotación con aire disuelto Humedales	Combinados con una etapa de afinación de la calidad de agua para eliminar la materia orgánica remanente
Protección de vida acuática (C) DBO de 30 mg/L, SST de 40 mg/L, NT de 15 mg/L y P de 5 mg/L	Lodos activados y sus variantes con excepción de alta tasa Filtro percolador Disco biológico rotatorio	Es probable que requieran ser acompañados de procesos específicos para la remoción de nitrógeno o fósforo, los cuales pueden ser la nitrificación-desnitrificación biológica y la precipitación química de fósforo con sulfato de aluminio No se recomienda emplear cloro como desinfectante
	Tratamiento primario avanzado, con biológico y etapa de desnitrificación Series de lagunas incluyendo una etapa de maduración y filtros	No se recomienda emplear cloro como desinfectante

* Subdirectora de Hidráulica y Ambiental, Instituto de Ingeniería, UNAM.

agua residual



Embalses naturales y artificiales

<p>Uso en riego agrícola (B) SST y DBO de 75 mg/L</p>	<p>Lodos activados y sus variantes con excepción de alta tasa Filtro percolador Disco biológico rotatorio</p> <hr/> <p>Tratamiento primario avanzado, con biológico y etapa de desnitrificación. Series de lagunas incluyendo una etapa de maduración y filtros</p>	<p>En cuanto al contenido de materia orgánica medida como DBO se pueden lograr niveles superiores a los establecidos por la norma</p> <hr/> <p>No se recomienda emplear cloro como desinfectante</p>
<p>Uso público urbano DBO de 30, SST de 40, NT de 15 y PT de 5</p>	<p>Lodos activados Filtro percolador Disco biológico rotatorio Filtros sumergidos Lechos fluidificados</p>	<p>Es probable que requieran ser acompañados de procesos específicos para la remoción de nitrógeno o fósforo, los cuales pueden ser la nitrificación-desnitrificación biológica y la precipitación química de fósforo con sulfato de aluminio</p>

Aguas costeras

<p>Explotación pesquera, navegación y otros usos (A) SST y DBO de 150; NT y PT no aplican</p>	<p>Lodos activados de alta tasa Tratamiento primario avanzado Lagunas de estabilización Reactores anaerobios de biomasa adherida o floculada</p> <hr/> <p>Lodos activados y sus variantes con excepción de alta tasa Filtro percolador Disco biológico rotatorio Filtros sumergidos Lechos fluidificados</p>	<p>Para explotación pesquera se recomienda no emplear cloro como desinfectante</p> <hr/> <p>En cuanto al contenido de materia orgánica medida como DBO se pueden lograr niveles superiores a los establecidos por la norma</p>
---	--	--

Suelo, uso en riego agrícola (A)

<p>DBO, SST, PT y NT no aplica.</p>	<p>Tratamiento primario avanzado Lagunas de estabilización Reactores anaerobios</p> <hr/> <p>Lodos activados Filtro percolador Disco biológico rotatorio</p>	<p>Combinados con procesos de desinfección</p> <hr/> <p>Para todos los parámetros que no aplican estos procesos, se pueden lograr niveles superiores a los establecidos además de cumplir con lo señalado por la NOM requiriendo casi siempre estar acompañados de un filtro para los sistemas de biomasa suspendida Combinados con procesos de desinfección</p>
-------------------------------------	--	--

Humedales naturales (B)

<p>DBO y SST de 75 mg/L</p>	<p>Lodos activados Filtro percolador Disco biológico rotatorio</p>	<p>En cuanto al contenido de materia orgánica medida como DBO, se pueden lograr niveles superiores a los establecidos por la norma No se recomienda emplear cloro como desinfectante</p>
-----------------------------	--	--

DEFINICIONES Y NOTACIÓN EMPLEADA:

Agua residual doméstica aquella que contiene más de 500 mg/L de DBO, en la que más de la mitad de la materia orgánica se encuentra en forma biodegradable y cuyo contenido de metales pesados y cianuros es cercano a lo que establece la NOM 001 para las descargas.

(A), (B) y (C): tipos de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos.

Proceso biológico de biomasa suspendida: aquel en el cual los microorganismos se encuentran nadando o flotando libremente dentro del reactor, por ejemplo lodos activados y sus variantes.

Proceso biológico de biomasa adherida: aquel en el cual los microorganismos se encuentran adheridos a algún soporte, como los biodiscos, el filtro percolador, el filtro sumergido y el lecho fluidificado.



▲ MALEZA EN LAGUNA DE MADURACIÓN



▲ PLANTA DE LODOS ACTIVADOS (II-UNAM)



▲ PLANTA SAN LUIS TLAXIALTENANGO (LÓDOS ACTIVADOS) (II-UNAM)

Notas

- ▶ En caso de que los niveles de metales sean de 30 a 70 por ciento mayores a los valores de la norma, se debe aplicar preferentemente los procesos fisicoquímicos de coagulación-floculación en lugar de los biológicos, en los casos en que ambos son recomendados.
- ▶ Para remover SST los procesos de floculación-coagulación son más confiables que los sistemas biológicos de biomasa suspendida.
- ▶ Cuando el contenido de DBO del agua doméstica sea superior a 125 y se requiere cumplir con 75 o 250 mg/L para cumplir con 150 se deberá optar por un proceso biológico en lugar de un fisicoquímico.
- ▶ Siempre que se requiera cumplir con un valor de CF menor a 103 o al valor del contenido normal de las aguas residuales domésticas (de 107 a 109), será necesaria una desinfección.
- ▶ Para cumplir con valores de HH menores a 1 se requiere completar cualquier esquema con filtración en arena, con excepción de los tratamientos primarios avanzados de alta eficiencia (de lecho de lodos o con arena como lastre).
- ▶ Para valores de 5 HH/L los procesos biológicos, en especial los de biomasa suspendida, requieren una etapa de filtración como complemento. Para los fisicoquímicos ésta no es necesaria.

Discos biológicos rotatorios: algunas personas les aplican indebidamente el nombre comercial de biodiscos, que corresponde a una marca registrada.

Variantes de los lodos activados: completamente mezclado, de flujo pistón, aeración por etapas, aeración en disminución, estabilización por contacto, aeración extendida y con oxígeno puro.

Reactores anaerobios de biomasa floculada: también se les denomina UASB (Upflow Anaerobic Sludge Reactor) o RAFA (Reactor anaerobio de flujo ascendente).

HH: huevos de helmintos

TPA: tratamiento primario avanzado, el cual es un proceso fisicoquímico de coagulación-floculación combinado con un sistema de sedimentación de alta tasa, ya sea por placas, lecho de lodos o usando arena como lastre.



▲ LAGUNA FACULTATIVA PRIMARIA AZOLVADA

Principales aspectos que hay que considerar en los proyectos de plantas para el tratamiento de aguas residuales municipales

Por Enrique Mejía Maravilla*

Desde que el hombre se volvió sedentario, desarrolló comunidades que demandaron servicios para satisfacer sus necesidades básicas, siendo la primera de ellas el agua, elemento fundamental para su subsistencia. Satisfecho el suministro del vital líquido a las poblaciones, fue necesario desalojar las aguas a fin de evitar condiciones insalubres.

Durante muchos años los ríos, lagos y costas del país han sido el destino final de las descargas de aguas servidas. No obstante su capacidad natural de autodepuración, la calidad de sus aguas se fue deteriorando paulatinamente hasta convertirse en la actualidad en una seria amenaza para las especies que habitan los cuerpos de agua y una severa limitante para su utilización, principalmente como abastecimiento para las poblaciones.

En este contexto, la autoridad responsable del recurso emite normas con el propósito de preservar la calidad del agua en los cuerpos receptores del país y revertir su deterioro. Asimismo, se aboca a construir plantas para el tratamiento de aguas residuales municipales



▲ PLANTA DE TRATAMIENTO DE CERRO DE LA ESTRELLA (DF), ZONA DE FILTROS (II-UNAM)

con el propósito de remover, en cierta medida, los contaminantes presentes en las aguas residuales, utilizando procesos y tecnologías adecuados para cumplir con la normativa aplicable antes de ser descargados sus efluentes.

Al desarrollar un proyecto para una planta de tratamiento, deben tomarse en consideración, entre otros, los siguientes factores:

- ambientales y del sitio que puedan constituir limitantes para ubicar las instalaciones, tales como superficie disponible, variaciones de temperatura, condiciones del suelo, etcétera.
- características de las aguas residuales crudas, ya que presentan variaciones, tanto en el flujo como en la concentración de contaminantes;

*Gerente de Ingeniería Básica y Normas Técnicas, CNA.



- requerimientos para la descarga del efluente, determinados por la normativa aplicable vigente;
- sociales, consistentes en la disponibilidad de mano de obra y el servicio de operadores calificados;
- selección de procesos para determinar el tren de tratamiento o secuencia de operaciones unitarias integradas, capaces de lograr la calidad requerida; y
- económicos, indispensables para lograr un efluente con la calidad requerida dentro de las limitaciones de los factores ambientales y sociales, y aceptable en cuanto a su evaluación económica.

Este artículo aborda los seis factores mencionados y pone énfasis en los aspectos que requieren especial cuidado para que una planta de tratamiento opere adecuadamente, con el menor costo posible.

▲ FLOCULADORES, SEDIMENTADORES Y AL FONDO LOS FILTROS



▲ PLANTA DE AGUAS RESIDUALES EN CIUDAD JUAREZ (II-UNAM)

FACTORES AMBIENTALES Y DEL SITIO

México cuenta con un clima preponderantemente cálido, aun en las regiones del norte del país la temperatura promedio anual es relativamente alta y sólo algunos días de invierno presentan temperaturas bajo cero; por ello, es de esperar que el agua residual sea caliente y por tanto, tenga condición séptica antes de llegar a la planta de tratamiento.

Entre los aspectos que se deben considerar para la selección del sitio donde habrá de construirse la planta de tratamiento, destacan la disponibilidad de superficie y las características del terreno.

El área disponible limita la selección del proceso de tratamiento, así como las condiciones particulares de resistencia y topografía del terreno, esta última en algunos casos podrá favorecer el flujo del agua por gravedad o

requerir bombeos intermedios, con el consecuente aumento en costos, principalmente de la energía.

Finalmente, para la ubicación de la planta, debe preverse evitar molestias a la población en cuanto a ruidos, olores y presencia de insectos; además, no debe construirse sobre fallas geológicas que impliquen algún riesgo de infiltración de las aguas residuales hacia el acuífero subyacente.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales municipales, se requiere evaluar sus características físicas, químicas, bacteriológicas y parasitarias. Es recomendable contar, al menos, con dos años de registros, tanto de caudales aforados como de análisis de calidad, con el propósito de determinar su variabilidad. No debemos pasar por alto que la actividad de la población marca "picos" en la generación de aguas residuales, con una tendencia a menores fluctuaciones en la medida en que las ciudades crecen.

Tabla 1.

Concentraciones críticas de contaminantes que resultan tóxicos para los tratamientos biológicos

CONTAMINANTE	CONCENTRACIÓN
	mg/l
Aluminio	15-26
Amoniaco	480
Arsénico	0.1
Borato	0.05-100
Cadmio	10-100
Calcio	2,500
Cromo (hexavalente)	1-10
Cromo (trivalente)	50
Cobre	1.0
Cianuro	0.1-5
Fierro	1,000
Manganeso	10
Mercurio	0.1-5
Níquel	1.0-2.5
Plata	5.0
Zinc	0.8-10
Fenol	200

h2oinfo

AGENTES INFECCIOSOS POTENCIALMENTE PRESENTES EN EL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

ORGANISMOS	ENFERMEDAD	SÍNTOMAS PRINCIPALES
BACTERIAS		
Escherichia coli	Gastroenteritis	Diarrea
Legionella pneumophila	Legionelosis	Enfermedades respiratorias agudas
Salmonella typhi	Fiebre tifoidea	Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado
Salmonella	Salmonelosis	Envenenamiento de alimentos
Shigella	Shigelosis	Disentería bacilar
Vibrio cholerae	Cólera	Diarreas extremadamente fuertes, deshidratación.
VIRUS		
Adenovirus	Enfermedades respiratorias	
Enterovirus	Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis	
Hepatitis A	Hepatitis infecciosas	Leptospirosis, fiebre
Reovirus	Gastroenteritis	Vómitos
Rotavirus		
Agente Norwalk		
PROTOZOOS		
Balantidium coli	Balantidiasis	Diarrea, disenteria
Cryptosporidium	Cryptosporidiosis	Diarrea
Entamoeba histolytica	Amebiasis	Diarrea con sangre, abscesos en el hígado e intestino delgado
Giardia lamblia	Giardiasis	Diarrea, náuseas, indigestión
HELMINTOS		
Ascaris lumbricoides	Ascariasis	Infestación de gusanos
Enterobius vericularis	Enterobiasis	Gusanos
Fasciola hepatica	Fascioliasis	
Trichuris trichiura	Trichuriasis	
Hymenolepis nana	Hymenolepiasis	Tenia enana
Taenia	Teniasis	Tenia

Dado que en la mayoría de los casos, no es posible contar con la información requerida, es necesario realizar una campaña de aforo y caracterización de por lo menos siete días alternados durante un periodo de dos semanas. La finalidad primordial del tratamiento de aguas residuales es remover orgánicos biodegradables, sólidos suspendidos, patógenos y parásitos.

REQUERIMIENTOS PARA LAS DESCARGAS

Los requisitos de calidad para el efluente de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales, están determinados por la normativa aplicable en función del sitio de descarga o reúso.

México cuenta con un clima preponderantemente cálido, aun en las regiones del norte del país la temperatura promedio anual es relativamente alta y sólo algunos días de invierno presentan temperaturas bajo cero; por ello, es de esperar que el agua residual sea caliente y por tanto, tenga condición séptica antes de llegar a la planta de tratamiento.

aguas industriales presentan características diferentes de las de origen doméstico y sus contaminantes, como metales pesados y compuestos orgánicos persistentes, inhiben considerablemente su tratamiento. La inhibición causada por esos agentes es conocida como toxicidad. En la Tabla 1 se presentan las concentraciones críticas a las cuales muchos constituyentes comunes en las aguas residuales llegan a ser tóxicos para un proceso de tratamiento biológico.

FACTORES SOCIALES

La construcción, y principalmente la operación de instalaciones para tratamiento de aguas residuales, requieren mano de obra especializa-



La Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, publicada en el *Diario Oficial* de la Federación el 6 de enero de 1997 establece los límites máximos permisibles de contaminantes para descargar aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Los diversos tipos de cuerpos receptores fueron clasificados en A, B y C, de acuerdo con la calidad que deben tener sus aguas; por tanto, en el tipo C, los límites fijados para las descargas de aguas residuales son más estrictos.

Cabe señalar que, en el caso de industrias que descargan sus aguas residuales en redes de alcantarillado municipal, los requerimientos los fija la NOM-002-ECOL-1996, dado que las

▲
FILTRO BIOLÓGICO EMPACADO
CON PIEDRA

▲
SEDIMENTADOR SECUNDARIO

da y profesionales con conocimientos técnicos en diversas áreas como operación de equipo de bombeo, transportadores, sopladores y otros equipos mecánicos y eléctricos usados para la conducción de grandes cantidades de líquidos, lodos y gases. Además, es necesario tener conocimientos de biología, microbiología y química para operar adecuadamente un proceso de tratamiento, realizar la desinfección con cloro y emplear productos químicos para los procesos de coagulación y floculación.

En el estado actual del desarrollo de la infraestructura mexicana, deben evitarse procesos complejos en las plantas para tratamiento de aguas residuales municipales. En tanto no exista

una plantilla de personal experimentado en la operación de dichas plantas —administradores y técnicos de laboratorio—, debe darse preferencia a sistemas de tratamiento sencillos y fáciles de operar.

México cuenta con escaso soporte analítico. Para asegurar la exactitud en las rutinas de análisis, es fundamental instalar laboratorios en cada planta, donde laboren químicos entrenados en caracterización de aguas residuales.

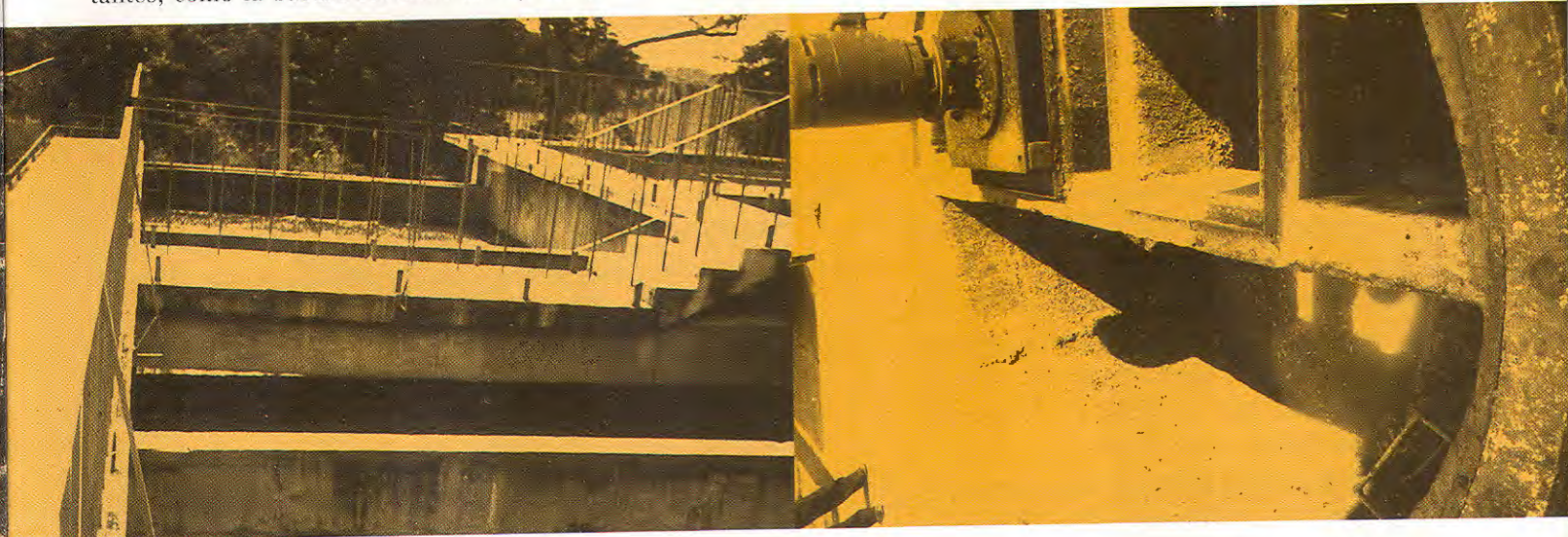
FACTORES DE PROCESO

El tratamiento de aguas residuales implica también el manejo de los subproductos resultantes, como la basura retenida en rejillas y

Para diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales municipales, se requiere evaluar sus características físicas, químicas, bacteriológicas y parasitarias. Es recomendable contar, al menos, con dos años de registros, tanto de caudales aforados como de análisis de calidad, con el propósito de determinar su variabilidad.

El pretratamiento incluye la criba de entrada para remover sólidos grandes y la criba de barras para remover desechos más pequeños, el medidor de flujo para registrar el caudal de entrada y el desarenador. Con frecuencia se adiciona un canal de demasías para desviar el exceso de flujo durante la época de lluvias, mismo que debe ser desinfectado previa su descarga. Por otra parte, es necesario contar con zonas para disponer todos los subproductos del cribado y desarenado que generalmente se disponen en rellenos.

El tratamiento primario incluye la sedimentación para remover sólidos suspendidos. Los lodos y las natas flotantes recolectados en el fondo y en la superficie de los tanques se-



cribas, las arenas y natas y, principalmente, los lodos generados en la sedimentación primaria y secundaria.

Existen diversos y variados métodos para el tratamiento de aguas residuales, que por lo general se clasifican en los niveles siguientes: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario o avanzado. Adicionalmente se cuenta con instalaciones para la disposición y el manejo de lodos. Los métodos de tratamiento incluyen con frecuencia alguna combinación de procesos físicos, químicos y biológicos.

La Figura 1 muestra un diagrama del proceso de tratamiento biológico típico de una planta convencional de lodos activados.

▲
CARCAMO DE LLEGADA
SIN PROTECCIÓN DE REJILLAS
DE CUBIERTA

▲
TANQUE DE SEDIMENTACIÓN
DE TIPO GRAVEDAD

dimentadores son espesados, estabilizados y deshidratados antes de su disposición final.

El tratamiento secundario está constituido por un tanque de aireación para el contacto entre los contaminantes orgánicos y los microorganismos del agua con el oxígeno proporcionado por el sistema de aireación, mezclado por la turbulencia producida en el agua. Posteriormente, en el sedimentador secundario se forma una zona de reposo donde se separa la biomasa floculada del agua residual tratada, y por último una bomba recicla suficiente biomasa hacia el tanque de aireación y el exceso de lodo hacia un espesador, a partir del cual se inicia su estabilización, deshidratado y disposición final.

Tabla 2. Grado de tratamiento logrado por varias operaciones unitarias y procesos usados en tratamientos primarios y secundarios

TRATAMIENTO UNITARIO	EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES %					
	DBO	DQO	SST	P	N-ORG	NH ₃ -N
CRIBAS GRUESAS DE BARRERA						
DESARENADORES	0 - 5	0 - 5	0 - 10			
SEDIMENTADORES PRIMARIOS	30 - 40	30 - 40	50 - 65	10 - 20	10 - 20	
LODOS ACTIVADOS CONVENCIONAL	80 - 95	80 - 95	80 - 90	10 - 25	15 - 50	8 - 15
BIOFILTRO						
Piedra	65 - 80	60 - 80	60 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15
Plástico	65 - 80	65 - 85	65 - 85	8 - 12	15 - 50	8 - 15

El tratamiento secundario abarca también la desinfección del efluente para destruir organismos patógenos en el agua residual. Comúnmente la desinfección es realizada mediante cloración, en un tanque donde se proporciona el suficiente tiempo de contacto que garantice la eliminación de esos organismos. En ocasiones, como una primera etapa de tratamiento biológico, puede incorporarse una biorreactor de película fija.

Es recomendable realizar las pruebas de tratabilidad en plantas piloto para simular el proceso a pequeña escala, utilizando las aguas residuales que se van a tratar; las constantes de diseño así determinadas permitirán una mayor certidumbre al dimensionar las unidades del tren de tratamiento.

Puesto que la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos (SST), el fósforo (P), el nitrógeno orgánico (N org) y el nitrógeno amoniacal (NH₃-N) son los principales contaminantes removidos de las aguas municipales, la Tabla 2 indica la eficiencia normal de remoción esperada en cada operación unitaria y el proceso usado en un tratamiento secundario convencional.

Existen diversos y variados métodos para el tratamiento de aguas residuales, que por lo general se clasifican en los niveles siguientes: pretratamiento, tratamiento primario, secundario y terciario o avanzado.

Adicionalmente se cuenta con instalaciones para la disposición y el manejo de lodos. Los métodos de tratamiento incluyen con frecuencia alguna combinación de procesos físicos, químicos y biológicos.

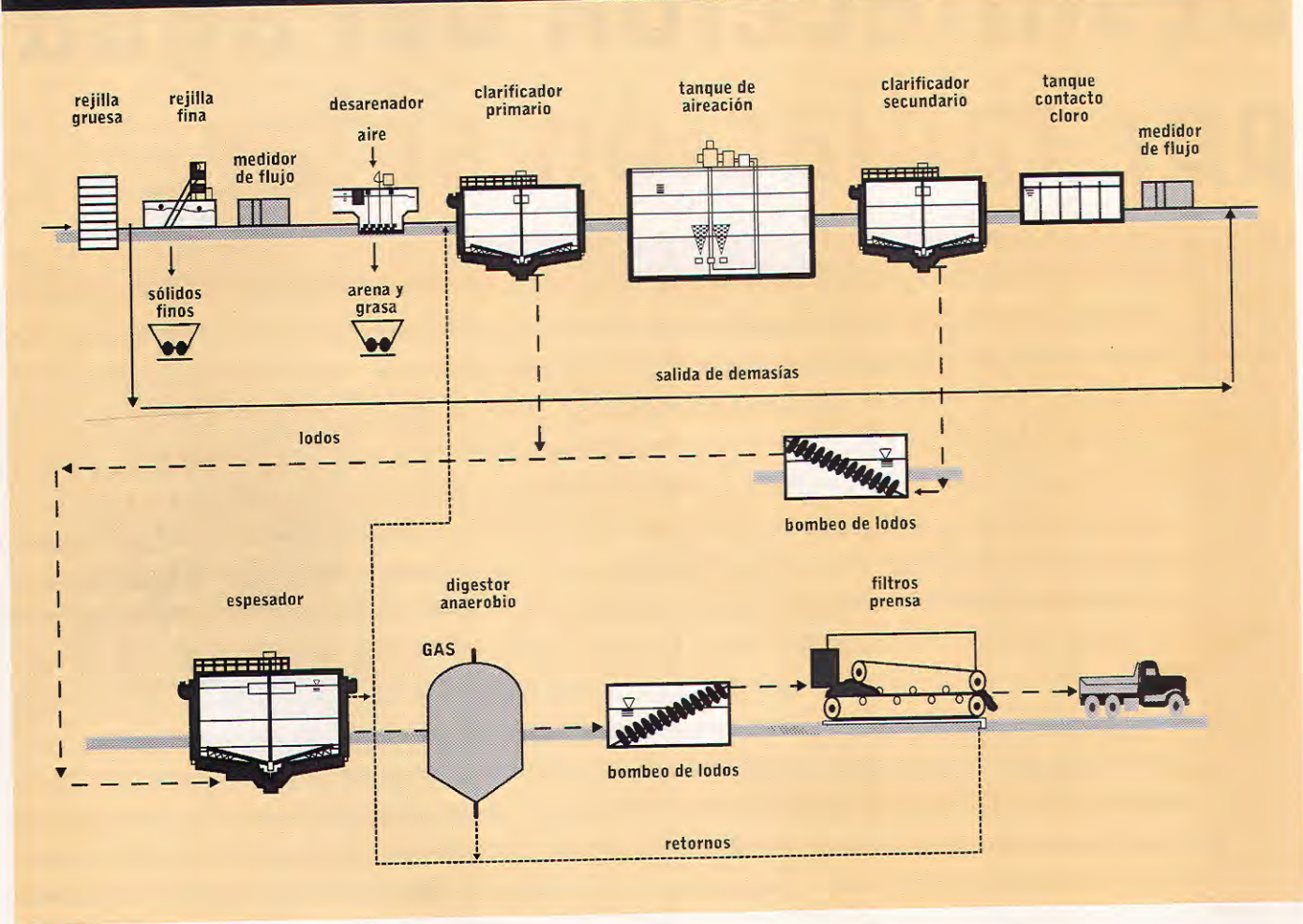
EL FACTOR ECONÓMICO

México es un país con graves carencias económicas, por ello resulta primordial otorgar a este factor el mayor cuidado posible. Al proponer la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, es necesario realizar una minuciosa evaluación económica de las alternativas técnicamente viables, tanto por la inversión inicial como por los costos de operación y mantenimiento.

El manejo de lodos es considerado parte del tratamiento de las aguas residuales, de manera que el costo final por metro cúbico tratado debe integrar también el cargo por este concepto.

No deben omitirse en el análisis financiero los siguientes aspectos: costo del terreno para construir la planta, salarios del personal y técnicos para operación y mantenimiento; costo de la energía, de equipos para el proceso, productos químicos, instrumentación y equipos de seguridad para el adecuado funcionamiento de la planta. Finalmente, es imprescindible que los usuarios del servicio cubran los costos de inversión, operación y mantenimiento de las instalaciones.

Figura 1. DIAGRAMA DE FLUJO DE UN TRATAMIENTO CONVENCIONAL



h2oinfo

AGUAS RESIDUALES MUNICIPALES EN MÉXICO



FUENTE: CNA/DIC-98

Desinfección del agua por radiación solar

Por Alejandra Martín Domínguez,* Juana E. Cortés Muñoz,* Claudio Estrada Gasca** y Miriam Rodríguez Martínez*

INTRODUCCIÓN El Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (1998) reporta que las enfermedades ocasionadas por agentes infecciosos potencialmente hidrotansmisibles afectaron a 6,666,573 de personas de enero a noviembre de 1998, lo que representó el 6.9 por ciento de la población total del país. Dentro de estos padecimientos se encuentran el cólera (71 casos), enfermedades diarreicas agudas (5,330,000), fiebre tifoidea (8,974), shigelosis (35,087), amibiasis intestinal (1,235,123) y giardiasis (57,308). El sector más afectado por este tipo de enfermedades es el rural, integrado por aquellas localidades de menos de 2,500 habitantes, donde vive aproximadamente el 26 por ciento de la población, es decir poco más de 25 millones de personas, de las cuales (CNA, 1998) sólo el 64.4 por ciento cuenta con servicio de agua entubada. Solucionar el problema no es fácil debido a la gran dispersión de la población. Si se considera además que el 70 por ciento de las localidades del país tienen menos de 100 habitantes, puede concluirse que el mejoramiento del agua para consumo humano en pequeñas comunidades es una prioridad nacional. ■ Existen diversas técnicas de desinfección disponibles que aseguran la calidad bacteriológica del agua, siendo la más popular la cloración. La mayoría de ellas sin embargo —con excepción del cloro— presenta el inconveniente de ser inapropiada para las comunidades rurales por su complejidad y alto costo; por otro lado, en muchas localidades existe una natural resistencia de los pobladores al uso del cloro debido al sabor que confiere al agua.

UNA ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

La radiación solar ha demostrado ser una técnica eficiente en la inactivación y destrucción de bacterias patógenas en el agua. Esta tecnología está dirigida a poblaciones que colectan su propia agua, no tienen acceso a sistemas de potabilización y están interesadas en tratar únicamente el agua requerida para su consumo —de tres a cinco litros de agua por persona por día. Investigaciones realizadas en Colombia, Egipto, Nigeria, Perú, Canadá, Líbano (Ayoub J., 1988) y México (Márquez B. y Celada V., 1995), es decir, en países con diferentes condiciones de radiación solar, clima, tipos de agua y niveles de contaminación bac-

FIGURA 1. BOLSAS Y BOTELLAS DE PLÁSTICO EXPUESTAS A RADIACIÓN SOLAR, COLOCADAS SOBRE MATERIAL REFLEJANTE Y NEGRO.



* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
** Centro de Investigación en Energía, UNAM.

teriana, muestran que la radiación solar tiene un efecto germicida en pequeños volúmenes de agua contaminada. En Colombia (Sommer B., 1995) se demostró que la inactivación de *Vibrio cholerae* y de los coliformes fecales mediante bolsas de plástico expuestas al sol es efectiva y que ambos presentan correlaciones de inactivación similares.

UN MÉTODO FÁCIL Y DE BAJO COSTO

Para exponer el agua a la radiación solar, pueden utilizarse diferentes tipos de contenedores que deben cumplir con las siguientes características: máxima transmitancia de la luz, forma que combine poco espesor con máxima área de exposición, fáciles de transportar, ligeros, resistentes y reusables.

Las botellas de refresco o las bolsas de plástico transparente cumplen con estos requisitos y se utilizan colocándolos sobre materiales reflejantes, lo cual da mejores resultados que sobre fondo negro (ver Fig. 1). En este último, la elevación de la temperatura es mayor, sin embargo, ésta no es un factor importante si no rebasa los 50°C, pues a valores más altos, el efecto temperatura-radiación aumenta la eficiencia del sistema.

Para exponer el agua a la radiación solar, pueden utilizarse diferentes tipos de contenedores que deben cumplir con las siguientes características: máxima transmitancia de la luz, forma que combine poco espesor con máxima área de exposición, fáciles de transportar, ligeros, resistentes y reusables.

La desinfección es efectiva cuando la intensidad de radiación solar es de al menos 500 W/m², si la radiación se encuentra entre 300 y 400 W/m², solamente se puede llegar a disminuir dos unidades logarítmicas de coliformes totales. Días totalmente nublados (radiación alrededor de los 200 W/m²) no aseguran la eliminación de las bacterias.

En el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ubicado en Jiutepec, Morelos, se ha sometido agua contaminada a la radiación solar, en bolsas de plástico sobre fondos negro y plateado. Las pruebas se llevaron a cabo de las 10:30 a las 18:30 horas en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre de 1999. Los resultados muestran que con bolsas de plástico en fondo plateado, en un día soleado con nubes (746 W/m² de radiación promedio), es posible eliminar cinco unidades logarítmicas de coliformes totales después de cuatro horas de exposición a la radiación solar (Fig. 2). Las pruebas realizadas con botellas de plástico mostraron que se requieren seis horas de exposición y condiciones similares de radiación para eliminar cuatro unidades logarítmicas de coliformes totales (Fig. 3).

FIGURA 2. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES MEDIANTE EXPOSICIÓN DIRECTA A LA RADIACIÓN SOLAR EN BOLSAS DE PLÁSTICO TRANSPARENTE, SOBRE FONDO NEGRO Y PLATEADO.

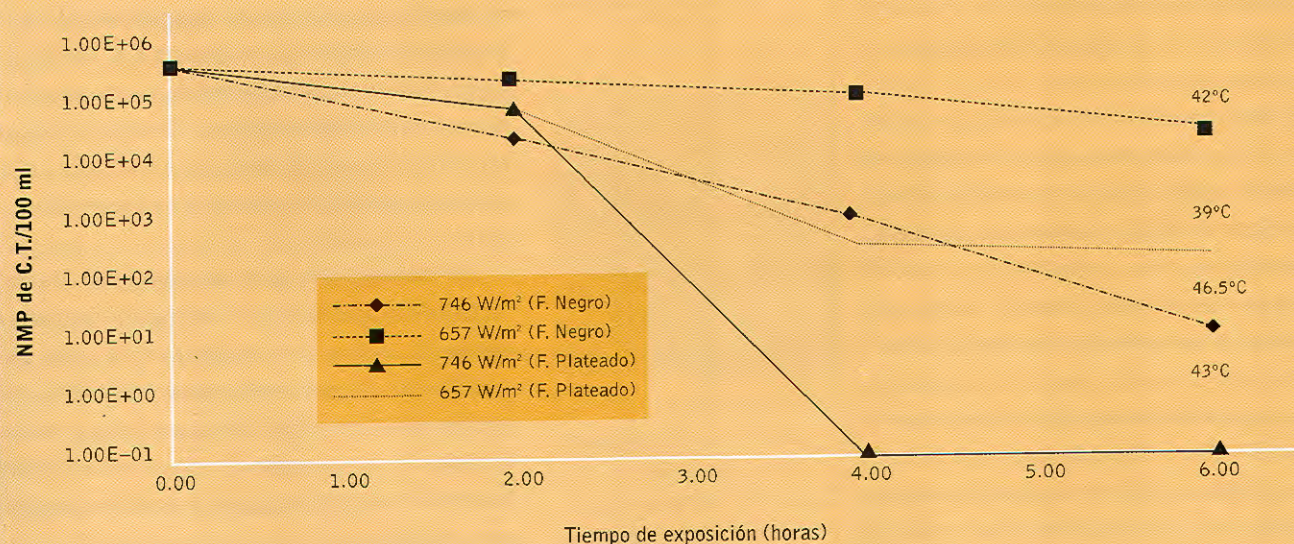
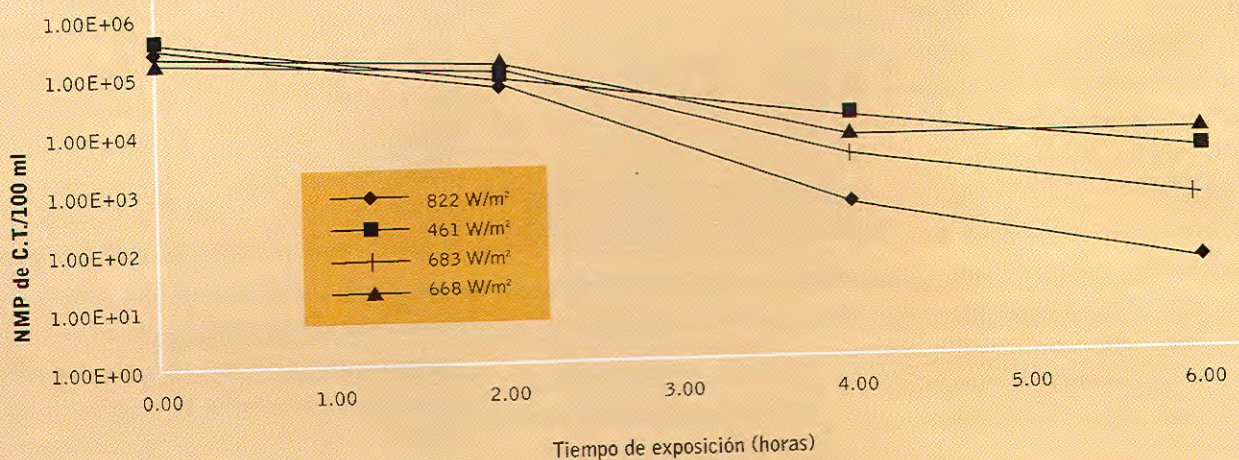


FIGURA 3. REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES MEDIANTE EXPOSICIÓN DIRECTA A LA RADIACIÓN SOLAR EN BOTELLAS DE REFRESCO DE PLÁSTICO TRANSPARENTE, EN DÍAS CON DIFERENTES VALORES PROMEDIO DE RADIACIÓN SOLAR.



Es importante señalar que la intensidad de la luz disminuye rápidamente con el incremento de la profundidad del recipiente utilizado, la disminución de la luz ultra violeta en los primeros 10 cm es aproximadamente del 80 por ciento. El proceso de desinfección es mejor en agua clara, y pruebas realizadas en el IMTA, con valores de 500 Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) generada con caolín, mostraron que, aun con niveles altos de turbiedad, si el tiempo de exposición y la radiación son elevados, se logra la desinfección total. Sin embargo, se recomienda que antes de la desinfección el agua se filtre a través de carbón, barro o arena.

Una inapropiada desinfección puede aumentar sustancialmente el recrecimiento de bacterias si se deja el agua guardada durante la noche y se la utiliza hasta el día siguiente. En lugares con poca radiación se aconseja que se exponga el agua durante varios días seguidos para asegurar que no haya recrecimiento.

Pruebas realizadas en el IMTA en las que se inocularon 1.091×10^6 unidades formadoras de colonia de *Vibrio cholerae* en agua de la llave, y se expusieron a la radiación solar entre las

10:30 y 16:30 horas de un día soleado en botellas de plástico transparente colocadas sobre un fondo plateado, mostraron que fueron suficientes dos horas de exposición para que el agua no mostrara crecimiento de vibriones cultivables en placas, aun cuando la temperatura máxima alcanzada fue de 38°C.

BIBLIOGRAFÍA

Ayoub J., *Background Information on the Solar Water Disinfection Workshop*. Brace Research Institute, Faculty of Engineering, Macdonald College of McGill University, Ste. Anne de Bellevue, Quebec, 1988.

Comisión Nacional del Agua, *Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento*, México, diciembre de 1998.

Márquez B. y Celada V., *Uso de la energía solar en la desinfección de agua para consumo humano*, XVII Semana Nacional de Energía Solar, 4-18 de octubre, Colima, 1993.

Sommer B., *Solar Water Disinfection: Impact on Vibrio cholerae and Faecal coliforms*, Resultados del Taller organizado por: CINARA-Universidad del Valle, Cali, Colombia y EAWAG/SANDEC, Duebendorf/ Zurich, 1995.

RECOMENDACIONES

La principal desventaja de este método de desinfección es que no provee una protección residual contra la recontaminación. En este sentido, la manera de manipular el agua después de haber sido expuesta a la radiación es un factor muy importante para asegurar su calidad bacteriológica. En este caso se recomienda que el agua se almacene en el mismo recipiente en donde se expuso a la radiación.

Se recomienda que la técnica de desinfección solar esté siempre acompañada de una campaña extensiva de educación y de saneamiento. Es necesario tomar en cuenta los métodos tradicionales de tratamiento y desinfección de la comunidad y respetar la cultura y costumbres sociales para lograr la completa aceptación.

Resistencia de los huevos de helmintos a la desinfección con ozono y luz ultra violeta

Por Ma. Neftalí Rojas Valencia*
Ma. Teresa Orta de Velásquez

*El ozono y la radiación ultra violeta no ocasionan ningún efecto sobre la estructura y viabilidad de los huevos fértiles de helmintos (*ascaris suum*), presentes en aguas residuales provenientes del Valle de México, por lo que no se recomiendan como métodos de desinfección para este tipo de parásito.*

INTRODUCCIÓN

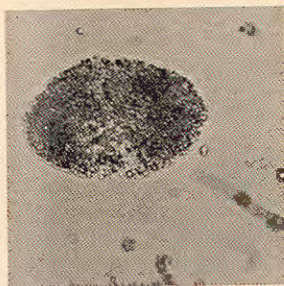
La reutilización segura de las aguas residuales en agricultura es una necesidad urgente, ya que contienen agentes patógenos como virus, bacterias, protozoarios y huevos de helmintos, que producen infecciones gastrointestinales. En cuanto a los helmintos, el huevo es el estadio de desarrollo mediante el cual se diseminan en el ambiente, con el fin de propagar la especie; en esa forma se presentan en las aguas residuales. Dichos huevos son muy resistentes a condiciones adversas de temperatura,² humedad, cambio de suelos y fertilizantes empleados.⁴ Resisten la acción de los agentes químicos, pueden embriionar con éxito en formol al 5 por ciento⁶ en soluciones de iodo, alcoholes, metales pesados, detergentes sintéticos y compuestos de amonio, y soportar la inmersión transitoria en soluciones al 50 por ciento de ácido clorhídrico, nítrico, acético y sulfúrico;^{5,6} además sobreviven meses en aguas negras, lodos y tierras agrícolas que son regadas con aguas residuales.⁴

Desde el punto de vista de la salud pública, la desinfección es la etapa más importante del tratamiento de las aguas residuales. Hoy en día existe un gran número de opciones para dicho

proceso como la cloración, la ozonación y la radiación ultra violeta (UV).

La capacidad germicida del ozono puede romper la membrana celular y así imposibilitar la reactivación de las células de bacterias, virus y protozoarios. Además remueve hasta el 99 por ciento de bacterias y virus en dosis de 10 mg/L con un tiempo de contacto de 10 minutos. Como oxidante es alrededor de 3,000 veces más rápido que el cloro.¹ La radiación UV es más eficiente que el cloro para inactivar virus, esporas y quistes, su desventaja principal es el costo.⁵

Dado que en México la ascariasis es la parasitosis de mayor incidencia y que las formas infectivas de *ascaris suum* (parásito intestinal de cerdo) son sumamente resistentes a condiciones ambientales adversas, se seleccionó este helminto para estudiar la eficiencia del ozono y la radiación UV en la desinfección de aguas residuales. Los criterios para determinar si un huevo permanecía viable o no después de ser ozonado o en su caso expuesto a las radiaciones UV, fueron la movilidad de las larvas dentro del huevo y la eclosión de las mismas después de incubarlas, según lo recomendado por la técnica de incubación *in vitro*.⁷



▲ **FOTOGRAFÍA 1.**
EJEMPLO DE UN HUEVO DE
ASCARIS SUUM NO VIABLE.



▲ **FOTOGRAFÍA 2.**
EJEMPLO DE UN HUEVO DE
ASCARIS SUUM SIN NINGÚN DAÑO
APARENTE.

* Instituto de Ingeniería, UNAM.

EFFECTO DEL OZONO SOBRE LA ESTRUCTURA Y VIABILIDAD DE LOS HUEVOS DE ASCARIS SUUM (A. SUUM).

Soluciones compuestas por un litro de agua residual proveniente del Valle de México a las que se añadieron 500 huevos de helmintos, sirvieron para evaluar el efecto del ozono en la eliminación de estos parásitos. En el caso de la radiación UV se utilizaron 20 litros del mismo tipo de agua, con aproximadamente 3,000 huevos.

Durante la desinfección con ozono, las muestras se sometieron continuamente a diferentes concentraciones y tiempos de contacto (Tabla 1). La luz ultravioleta se aplicó durante 30 minutos con una dosis de 185 mW-s/cm². Al finalizar las pruebas, las muestras se concentraron para poder observarlas en el microscopio.

Tabla 1. Tiempos de ozonación y cantidades totales de ozono aplicados sobre huevos de a. suum.

Tiempo (minutos)	5	10	15	20	25	30
mg O ₃ /l	95	190	285	380	475	570

También se verificó la resistencia de los huevos de helmintos a la exposición directa del ozono y la radiación UV, colocando 500 de éstos distribuidos homogéneamente en un portaobjetos y sometiéndolos a las mismas concentraciones y tiempos de contacto que las muestras de aguas residuales.

Después de observar en el microscopio si el ozono y la radiación UV provocaban algún efecto en la estructura de los huevos, tanto en medio líquido como en exposición directa, éstos fueron incubados por 21 días en ácido sulfúrico 0.1 N a 26°C, para ver si se había afectado su viabilidad.

Los resultados obtenidos con 30 minutos de exposición directa a 19 mg/l de ozono, mostraron que, de aproximadamente 500 huevos, 100 presentaban vacuolación en el citoplasma, destrucción de una porción de la parte externa de la cubierta proteica, pérdida de la cubierta externa y desintegración del huevo por completo (Fotografía 1). Debido a que se observaron aproximadamente 300 huevos íntegros después del tratamiento con ozono (Fotografía 2), se procedió



FOTOGRAFÍA 3.

EJEMPLO DE HUEVOS DE ASCARIS SUUM UNO EN FASE LARVAL Y OTRO ECLOSIONANDO.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Absi, F., and Gamache, R., *Pilot Plant Investigation of Ozone Disinfecting of Physico-Chemically Treated Municipal Wastewater*; Proceedings Eleventh Ozone World Congress, San Francisco, 1993, v. 1.
- 2) Carrington, E.G., *Pasteurization; effects upon Ascaris eggs* en "Inactivation of microorganisms in sewage sludge by stabilization processes", Londres, Elsevier Applied Science Publishers, 1995, pp. 121-125.
- 3) Gadomska, K., J. Maleszewska, B. Krogulska, y B. Wichrowska, *Analysis of Survival Rate of Ascaris suum Eggs and of Escherichia coli* en "Ozone-disinfected Water", Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Biological Sciences, 1991, v. 39(3) pp. 347-352.
- 4) Katakura, K., A. Hamada y A. Kobayashi, *The fate of Ascaris eggs applied to the soil under various conditions*. J. Parasitol., 35, Japón, 1986, pp. 1-9.
- 5) Mechisner, Kl., T. Fleischmann, C.A. Mason y G. Hammer, *UV disinfection: Short term inactivation and revival*. Watt. Scie. Tech., 1991, 24(2) pp. 339-342.
- 6) Odda, R. y M. Jiménez-Albarrán, *Nota parasitológica Viabilidad de los huevos de Ascaris lumbricoides*. Rev. Ibér. Parasitol., 1987, 47(2) pp. 159-160.
- 7) U.S. Environmental Protection Agency, *Environmental Regulations and Technology Control of Pathogens and Vector Attraction in Sewage Sludge* (Including domestic septage) under 40 CFR part 503. Appendix I Analytical Method for Viable Helminth Ova. Washington, D.C., 1992.

a verificar su viabilidad. Es importante determinar la viabilidad después de aplicar cualquier tipo de desinfectante, ya que esta característica es la que demuestra si un huevo tiene vida o no, y por tanto la efectividad del desinfectante.

Los huevos de helmintos sometidos a la radiación UV no mostraron daños aparentes; sin embargo se sospechaba que el efecto pudiera estar a nivel del ADN y ARN.

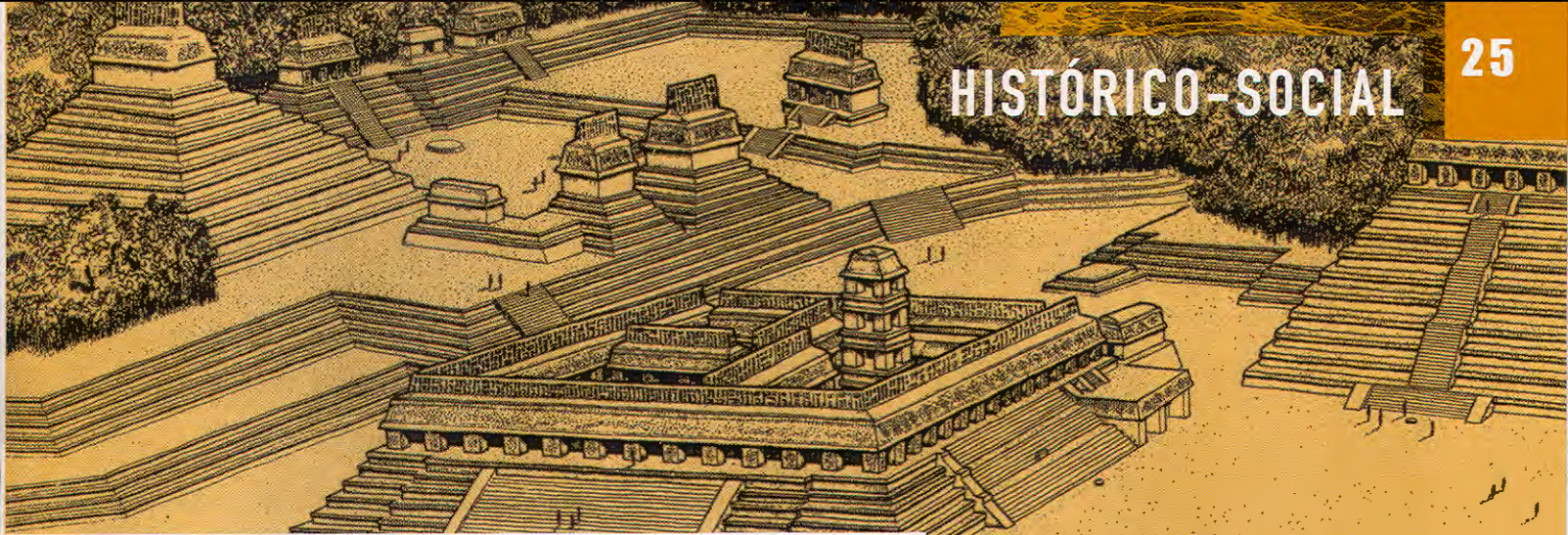
Después de mes y medio de pruebas pudo constatar que las alteraciones provocadas por el ozono y las radiaciones UV sobre los huevos de helmintos sólo se presentaban en los huevos no viables, ya que los huevos viables se mantenían íntegros y llegaban a formar larvas (Fotografía 5), aunque en un periodo mayor a los 21 días de incubación. Esto indica que la embrionación es retardada por el empleo de los desinfectantes, mas no se destruyen por completo los huevos viables ni con 30 minutos de exposición directa.

Es importante señalar que la concentración máxima de ozono de 570 mg/min en fase gaseosa y la de radiación UV de 85 mW-s/cm² empleadas en este estudio, serían letales para microorganismos como bacterias, virus y quistes de protozoarios. El hecho de que no sea para los parásitos intestinales estudiados indica que es necesario continuar con este tipo de investigaciones hasta encontrar la manera de destruirlos y así disminuir los riesgos de infección.

RECOMENDACIONES

1) Los resultados obtenidos en este estudio son aplicables a huevos de *a. suum*; debido a que las respuestas pueden ser diferentes según el tipo de microorganismo, es conveniente probar el efecto de estos desinfectantes sobre otras especies de helmintos.

2) La filtración puede ser una alternativa más viable que los desinfectantes probados para destruir los huevos de helmintos, no obstante, es necesario tomar en cuenta que esto sólo transporta los huevos a otro sitio. Las estrategias de desinfección deben orientarse hacia la combinación de métodos, por ejemplo el de cloro - ozono.



Palenque

Por Roberto Llanas Fernández*

De mágica leyenda y a la vez de gran misterio, en medio de una vegetación exuberante se descubrió, hace ya muchos años, Palenque; pertenecía a la cultura maya. Su arquitectura, bien caracterizada, se extendió sobre el Usumacinta hasta más allá del Grijalva. Entre sus elementos más definidos están las arquitrabas, formando aleros muy salientes provistos de goterones a fin de facilitar el escurrimiento de la lluvia y evitar que penetrara a los pórticos; además manejaban aberturas de distintas formas en el perímetro de la bóveda para establecer una corriente de aire entre el pórtico y los cuartos interiores, y el uso invariable de acueductos dentro de las ciudades.

En la construcción conocida como el Palacio, se añadieron con los años, en dos de sus patios, un baño de vapor y cuartos sanitarios, con sus correspondientes desagües o sumideros.

En este sentido, su evolución no ha encontrado semejanza en México ni en Latinoamérica, por tratarse de habitaciones cuyo acceso era parcialmente cerrado con un muro mampara que impedía la vista del interior, donde se localizaba un retrete cuadrangular, con tapa a base de una laja trabajada en semicono, y un pequeño canal para depositar el miembro masculino a fin de que los orines corrieran por un canal a un descargadero exterior, y evitar la fermentación de las excretas por detritus líquidos. Para ventilación abrieron ventanas en forma de "T".

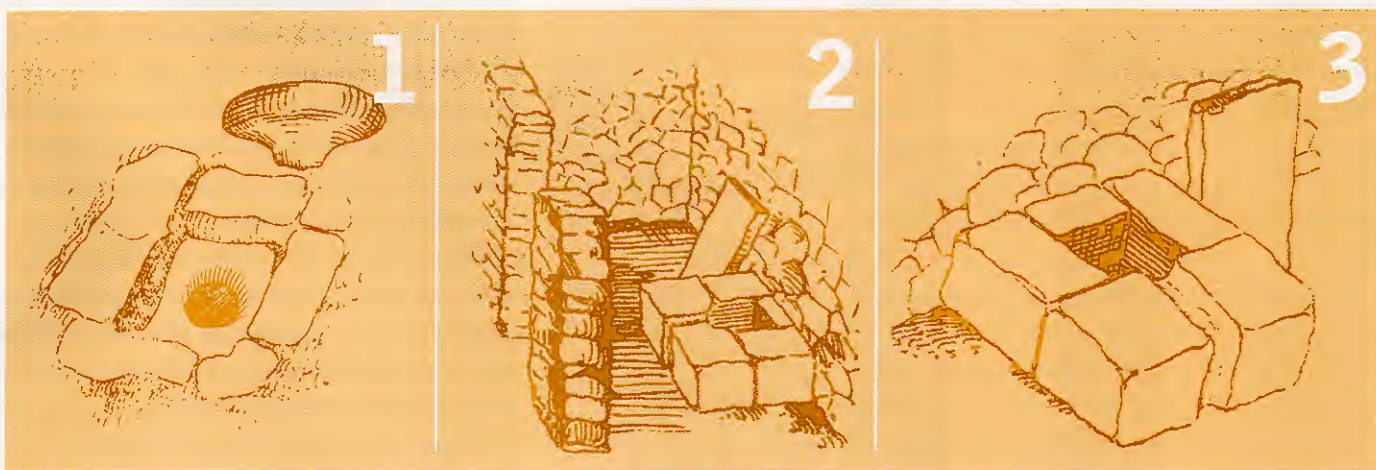
Por su parte, los habitantes de las casas del pueblo dejaban que el sol, los animales coprófagos y las lluvias arrastraran los desechos. Las basuras eran incineradas o utilizadas como abono elemental, igual que en Teotihuacán.

* Tomado del libro *Evolución de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México*, DGCOR, ODF, 1994.

1. ESQUEMA DEL DRENAJE EN PALENQUE, CHIAPAS

2. PALENQUE. LETRINA CONSTRUIDA CERCA DE HABITACIONES. SE VE UN PEQUEÑO CANAL DE DRENAJE PARA EL ASEO DE PISO

3. LETRINA. OBSERVATORIO DE PALENQUE



Letrinas y excretas en

Por Roberto Llanas Fernández*



El uso de comunes, o letrinas, también conocidos como cloacas o beques, era abundante en la capital del virreinato, sobre todo en la segunda mitad del siglo XVIII.

Se había establecido construir letrinas en sitios de comercio público, como en el caso de las pulquerías, donde inclusive ya con un contexto sanitario, se dispuso que estuvieran con separación de uso para hombres y mujeres, para lo cual se destinarían los corrales adjuntos o a espaldas de dichos establecimientos. Debían limpiarse todos los días, y arrojar las excretas en los tiraderos públicos, bajo un patrón de penas por inobservancia a las ordenanzas relativas al buen orden y conservación de 1756.

Dado que en muchos lugares se requerían beques, un abundante número de ellos se estableció en las orillas de las acequias; éstos, además de dar una mala impresión por el descaro de los usuarios, producían un olor inso-

▲ LOCALIZACIÓN APROXIMADA DE LAS PRINCIPALES ÁREAS DE LETRINAS, SIGLO XVIII.

Ante la ausencia de letrinas muchos pobladores recurrieron a usar directamente las acequias para evacuaciones o, alegando ignorancia y mal servicio, vaciaban sus excretas en las acequias. Para evitarlo, el Ayuntamiento pensó en diseñar letrinas con caja y pozo profundo que estuvieran conectadas a la red subterránea; entre los primeros sitios donde se instalaron estuvieron el portal de Mercaderes y el de las Flores.

portable. Por otra parte, al rebasar su cupo derramaban el contenido, afectando al ambiente y a las aguas que corrían por las acequias adjuntas. Un caso bastante sonado fue el de la calle de San Ildefonso, donde los líquidos fétidos invadieron la vía pública, lo que dio lugar a la campaña para quitar los comunes generales.

Lo anterior trajo como consecuencia que, si por un lado el Ayuntamiento exigía una mejor calidad del ambiente, por el otro estaba obligado a procurar la limpieza y reparación de las letrinas, tanto públicas como particulares, lo que se comprueba por la abundancia de solicitudes a este órgano para tales servicios. Ante la ausencia de letrinas muchos pobladores recurrieron a usar directamente las acequias para evacuaciones o, alegando ignorancia y mal servicio, vaciaban sus excretas en las acequias. Para evitarlo, el Ayuntamiento pensó en diseñar letrinas con caja y pozo profundo que estuvieran conectadas a la red subterránea; entre los primeros sitios donde se instalaron estuvieron el portal de Mercaderes y el de las Flores.

Ladrón de Guevara fue más lejos al aconsejar al virrey Manuel Antonio Flores, hacia 1788, que obligara a los propietarios de las casas a instalar en cada una de ellas letrinas conectadas a la red de albañales, y que los maestros de primeras letras hicieran en sus escuelas "cajas comunes" a fin de que los alumnos no salieran; inclusive, debido a la población y los volúmenes que manejarían, el Ayuntamiento les enseñaría la forma de construirlas y su ubicación.

Años después, a fin de llevar a cabo esa obligatoriedad, el 31 de agosto de 1792 se publicó un bando en el que se pedía a los maestros mayores que, al construir casas en calles donde hubiera atarjeas subterráneas, los inmuebles contarán con letrinas de caja y pozos profundos.

el siglo XVIII

La inquietud del Ayuntamiento por la sanidad urbana iba en aumento; a una disposición seguía otra, por lo que en el caso de los desechos líquidos y excretas ordenó que en 400 pulquerías se instalaran “comunes” con separación para hombres y mujeres, y que no dejaran en las calles los cueros de pulque, la disposición se emitió en 1794.

Pese a todas sus incomodidades y defectos la ciudad, además de ser el paraíso para las clases económicamente poderosas, incluyendo a los comerciantes, era un timbre de orgullo para todos sus habitantes que, en su diario trajín urbano, el bullicio de los transeúntes, lo soberbio de los edificios y el tañir de las campanas les hacía recordar el privilegio de vivir en una de las más famosas representaciones de la corona española.

A falta de una posición social destacada, muchos trataban de ganar importancia diferenciando las campanas de templos y conventos, de tal suerte que podían identificar rápidamente las de San Juan de la Penitencia, Santa Teresa, La Encarnación, Regina, Balvanera, San Lorenzo, San José de Gracia, Santa Isabel, Corpus Christi, Santo Domingo, las lejanas del Carmen, las tímidas de los fernandinos, mercedarios y franciscanos, y las leves y casi sutiles de las jerónimas, brígidas y concepcionistas, además de las altivas de San Bernardo y las de la Casa Profesa. Otras campanas eran las de la Cofradía del Rosario de las Ánimas, en lamentosa imploración de sufragios en la soledad nocturna, y la del Santísimo, que anunciaba la necesidad de un agonizante. Entre ese variado tañir, uno de los más deseados, conocido a la vez que temido, era el de la campana del “carro nocturno”, pues o se iba a su encuentro, o se huía de él.

Una acémila tiraba de este artefacto, que de trecho en trecho se detenía a fin de prestar servicio. A la llamada del carretonero acudían pre-



UNA PULQUERÍA DEL SIGLO XVIII, AUQUE TAL VEZ NO CORRESPONDA A LA CIUDAD DE MÉXICO POR SU DISEÑO DE VENTILACIÓN

surosos los vecinos a vaciar los altos “dompedros”, o “condes”, de loza poblana muy vidriados y rameados, o con diversas y atractivas decoraciones policromas, o bien botes de hojalata o vulgares bacines de simple barro apenas vidriados. También estaban los de loza blanca, a imitación de porcelana, en cuyo fondo había pintado un ojo muy abierto y con pestañas, generalmente acompañado de “¡que te estoy mirando!” mismos a los que las monjas llamaban “miravisiones”.

El armatoste reemprendía su marcha, bamboleándose terriblemente por las desigualdades de un suelo lleno de altibajos y hoyos, con lo cual parte del contenido del tonel se derramaba en constante rastreo a lo largo de las calles hasta la salida de la ciudad; huella que permanecía durante días, maloliente y cubierta de moscas, sin que nadie la barriera, contaminando el ambiente. A eso tendría que añadirse que cuando el carromato cruzaba los puentes de las acequias, también generalmente con irregularidades de acceso y de salida, parte del tonel era accidentalmente vaciado en su cauce o en los taludes, ignorándose qué sería peor.

* Tomado del libro *Evolución de la Ingeniería Sanitaria y Ambiental en México*, DGCORH, DDF, 1994.

h2oinfo

TARIFA POR USO DE AGUA EN MONTERREY, NUEVO LEÓN*

La población de la Zona Metropolitana de Monterrey consume en promedio 10 m³/s. Tiene una capacidad instalada para tratar 8 m³/s, de éstos la industria reusa 1.75 m³/s.

TARIFA MENSUAL EN PESOS						
Rango						
	7-15 m ³	26-30 m ³	56-60 m ³	1-130,000 m ³	130,000-259,200 m ³	259,201-518,400 m ³
Agua potable	\$25.80	\$101.59	\$326.86			
	\$3.7/m ³ adicional	\$5.9/m ³ adicional	\$9.1/m ³ adicional			
Agua residual	\$0.56/ m ³ Sin rango					
Agua residual tratada				\$4.42/m ³	\$4.15/m ³	\$3.85/m ³

* FUENTE: SERVICIOS DE AGUA Y DRENAJE DE MONTERREY, I.P.D., 2000.

Saneamiento de aguas residuales y reúso de agua tratada

Por Alejandro Garza Ruzafa*
Marcos Ramos Arras*

La escasez de agua en grandes zonas de México y el alto costo para desarrollar nuevas fuentes de suministro, hacen prioritario considerar la alternativa de proporcionar tratamiento intensivo al agua residual y reusarla, a fin de satisfacer demandas del vital líquido en la industria y en algunos usos municipales, así como lograr la recuperación de las fuentes de suministro y su sustentabilidad.

Los organismos operadores, especialmente en regiones donde es cada vez más evidente la falta de agua para satisfacer a la población, han tenido que buscar soluciones inmediatas a su problemática y recurrir a fuentes cada vez más lejanas de las localidades, con un impacto económico considerable por los altos costos en la instalación y operación de la infraestructura hidráulica requerida.

El reúso del agua constituye una fuente alterna de abastecimiento para algunos procesos industriales y varios usos municipales. A continuación se describen algunos casos exitosos de tratamiento y recuperación de agua residual para utilizarla como fuente alterna de suministro.

MONTERREY, NUEVO LEÓN

Con el crecimiento de Grupo Celulosa y Derivados, S.A. (Cydsa) y en respuesta a una severa escasez de agua que se dio a principios de los años 50, en 1956 se instaló una planta de tratamiento de aguas negras con capacidad de 80 Lps en la Planta Copropiedad, una planta de servicios comunes que provee agua tratada, vapor y energía eléctrica a las varias plantas industriales situadas en Monterrey, N.L., siendo la primer planta instalada en México para el tratamiento y reúso de aguas residuales para uso industrial.



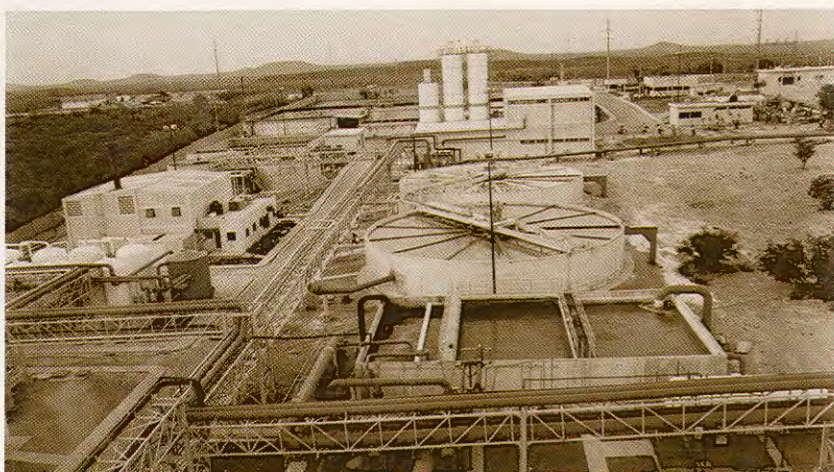
En 1958, Grupo Cydsa celebró un contrato con Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, para utilizar aguas negras provenientes de drenajes sanitarios. Actualmente, la Planta Copropiedad tiene capacidad de 150 Lps, y sirve a siete plantas industriales. Esto ha permitido dejar de consumir un volumen de agua limpia equivalente al suministrado a 30,000 personas.

La Planta Copropiedad cuenta con procesos de tratamiento primario, secundario y terciario que permiten usar el agua tratada para la industria, el riego de jardines, sistemas contra incendio y sistemas de enfriamiento abiertos; además, se utiliza para generar vapor y energía que son aprovechados en los procesos industriales de las plantas de tratamiento, disminuyendo los costos en comparación con los que ofrece la alimentación pública.

COSTOS M³ DEPENDIENDO DEL USO DEL AGUA EN PESOS DE DICIEMBRE DE 1999.

TIPO DE AGUA	COSTO FIJO	COSTO VARIABLE
Agua de tratamiento secundario	1.00	0.60
Agua Cal-Aluminato	2.08	0.98
Agua de intercambio iónico	3.61	1.84
Agua desmineralizada	4.60	8.00

* Atlatec, Grupo Cydsa.



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE.

	AGUA DE TRATAMIENTO SECUNDARIO	AGUA CON CAL Y ALUMINATO	AGUA DE INTERCAMBIO IÓNICO	DESMINERALIZADA	UNIDADES
PH	6.0 – 9.0	7.0 – 8.0	6.0 – 8.0	6.5 – 8.0	Unid. pH
DBO	0 – 30	0 – 8	0 – 1	0	mg/l
DQO	30 – 80	20 – 60	20 – 60	0	mg/l
SST	0 – 30	0 – 8	0 – 4	0	mg/l
Dureza Total					p.p.m.
	290 – 360	190 – 210	0 – 10	0	CaCO ₃
Alcalinidad	380 – 420	40 – 100	80 – 100	N.D.	mg/l

BENEFICIOS

- Mantener la continuidad de las operaciones, asegurando el crecimiento de la industria y generando empleos (7 diferentes industrias con 2,000 empleados, que se veían amenazadas de cerrar por la escasez de agua).
- Eliminar el suministro intermitente de agua y el riesgo de pérdidas económicas al tener que frenar las operaciones.
- Disminuir el costo del agua con respecto al agua potable en un 50 por ciento aproximadamente, y evitar el riesgo por falta de suministro de la red municipal.

PEMEX REFINACIÓN

En 1994, Pemex Refinación convocó al concurso de "Uso Integral del Agua en Refinerías", con la intención de garantizar el cumplimiento de la normatividad ecológica vigente y futura prevista para las descargas de aguas residuales de las refinerías, así como reducir el consumo de agua de primer

uso proveniente de ríos, presas y pozos y asegurar el abastecimiento de agua para los procesos industriales y operaciones de apoyo realizados dentro de las refinerías. Las que requerían de estos proyectos eran las de Cadereyta, Tula, Minatitlán, Madero y Salina Cruz.

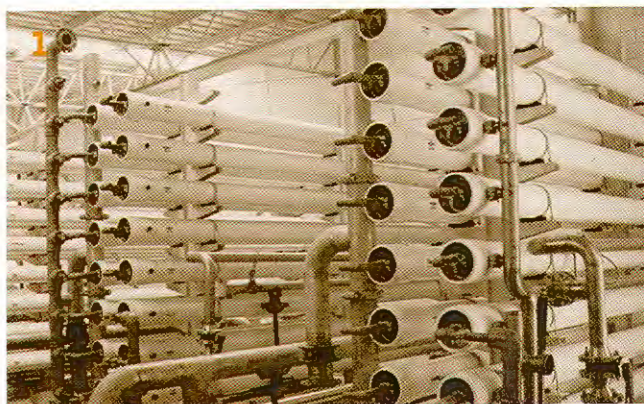
La estrategia seleccionada por Pemex involucra financiamiento, tecnología de punta y participación de la iniciativa privada, bajo un esquema de contratación por prestación de servicios que incluía el diseño, la ingeniería, la construcción, la operación, el mantenimiento y la retención de la propiedad de las plantas de tratamiento de agua, requeridas para las refinerías (esquema BOO - Built, Operate and Own).

La firma Atlatec ganó cuatro de las cinco plantas concursadas bajo este esquema. La Tabla 1 presenta las características de los cuatro proyectos mencionados.

Además de asegurar el crecimiento y continuidad de las actividades de Pemex Refinación, el reúso de agua en las refinerías disminuye sensiblemente el consumo del agua de primer uso, pues incrementa la disponibilidad del recurso hídrico para diver-

Tabla 1

PROYECTO	CADEREYTA	MADERO	TULA	MINATITLÁN
Ubicación:	Nuevo León	Tamaulipas	Hidalgo	Veracruz
Tratamiento:	Biológico	Biológico	Biológico	Biológico
	Químico	Químico	Químico	Ultrafiltración
	Ósmosis	Ósmosis		Ósmosis
	Evaporación	Evaporación		
	Cristalización	Cristalización		
Flujo tratado (Lps):	596	184	219	688
Flujo reusado (Lps):	552	140	219	600
% Agua reusada:	92.6%	76%	100%	87%
Población benef.*:	238,000	60,000	94,000	259,000
Inicio construcción:	Nov. 1996	Nov. 1997	Abril 1999	Oct. 1999
Inicio operaciones:	Nov. 1998	Nov. 1999	Oct. 2000	Oct. 2001
Condición actual:	En operación	En operación	Construcción	Construcción
Costo aprox. (USD):	\$35 millones	\$35 millones	\$18 millones	\$40 millones
* Habitantes beneficiados por la liberación de agua de primer uso				



sas actividades —ganaderas, agrícolas, industriales y domésticas—, lo que beneficia de manera inmediata al desarrollo del país.

SALTILLO, COAHUILA

Coahuila es uno de los estados con mayor escasez de agua en el país, lo cual implica la necesidad de realizar grandes inversiones para asegurar el abastecimiento a la población y evitar problemas de salud. En la cuenca hidrológica de Saltillo, la recarga es menor al agua extraída para cubrir las necesidades de la población y la industria.

Dado que la escasez de agua era cada vez más severa, de 1990 a 1995 el Grupo Industrial de Saltillo estudió alternativas para lograr la sostenibilidad de la actividad industrial: 1) obtener agua de fuentes alternas localizadas aproximadamente a 100 km; 2) localizar la planta industrial fuera de Saltillo, y 3) reusar agua residual tratada. La última opción resultó ser la más factible.

El proyecto se vio frenado, debido a que los industriales involucrados en el proyecto temían que los derechos de extracción de sus fuentes fueran cancelados al dejar de explotar el acuífero y sustituirlo por agua residual tratada, ya que en esa época la legislación determinaba que después de un periodo de 3 años consecutivos sin hacer uso de los derechos de extracción, estos se perdían. Una vez que cambió la Ley y lograda la concesión de uso de agua residual cruda, en 1997 se autorizó la inversión requerida para instalar el proyecto integral de reúso de agua tratada, y fue esta-



Dado que la escasez de agua era cada vez más severa, de 1990 a 1993 el Grupo Industrial de Saltillo estudió alternativas para lograr la sostenibilidad de la actividad industrial: 1) obtener agua de fuentes alternas localizadas aproximadamente a 100 km; 2) localizar la planta industrial fuera de Saltillo, y 3) reusar agua residual tratada. La última opción resultó ser la más factible.

SISTEMA DE REÚSO DE AGUA
REFINERÍA "FRANCISCO I.
MADERO" CD. MADERO TAMPS.



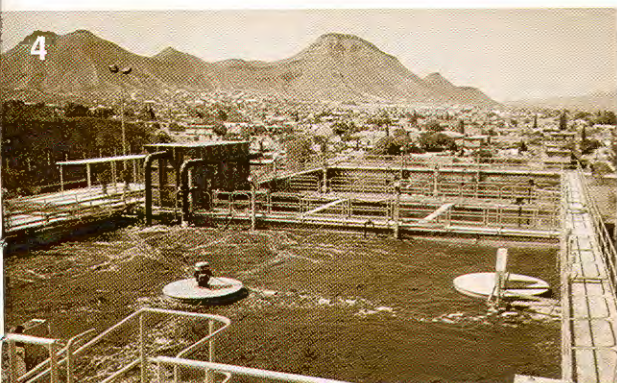
blecida la empresa Aguas Industriales de Saltillo.

El proyecto para reúso del agua tratada está integrado por las siguientes unidades: toma de agua negra desde dos colectores de la ciudad, bombeo y conducción (2 km) al predio de tratamiento propiedad de los industriales; planta de tratamiento de aguas residuales (dos módulos de 75 l/s

cada uno, el primero en operación) y sistema de distribución (10 km) del agua residual tratada a las industrias copropietarias de la empresa. El sistema tiene una capacidad de distribución de 150 l/s, el cual llegará a 300 l/s. La construcción del proyecto y su operación por 10 años fue asignada a la empresa Atlatec.

BENEFICIOS

- Ahorros en la inversión, por no tener que acudir a fuentes de abastecimiento lejanas, y estabilización en el nivel de la tarifa de agua, al frenar el costo adicional por la extracción de agua desde profundidades cada vez mayores.
- Recuperación del acuífero.
- Volúmenes extras de agua disponibles para ser utilizados por el municipio, lo cual disminuye también los requerimientos de inversión adicional en beneficio de 32,400 habitantes actualmente y 129,600 habitantes a futuro, a razón de 200 l/hab/ día.
- Impulso a la actividad industrial como una importante fuente de empleo.
- El agua residual tomada del alcantarillado sanitario es usada y consumida casi en su totalidad por la industria, lo cual disminuye el volumen de agua residual municipal, con el beneficio adicional de que la inversión requerida para el sistema de tratamiento que tendrá que instalar el municipio resultará sensiblemente menor.



BENEFICIOS DE USAR AGUA TRATADA Y CONCESIONAR LA CONSTRUCCIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO A EMPRESAS PRIVADAS

- Las descargas se apegan a las normas, por tanto cumplen con la legislación en materia de protección al medio ambiente, y evitan sanciones cuyo monto es superior al costo del tratamiento. Además, en el eventual caso de un incumplimiento, las sanciones repercutirían en la empresa responsable.
- Operación eficiente y continua de la planta.
- Reúso de las aguas tratadas en usos municipales e industriales, así como en campos de golf, áreas verdes y parques recreativos que no requieren de agua potable; esto difiere inversiones, o bien mejora la cobertura y continuidad del servicio de agua potable.
- Reducción de costos para la industria, pues la tarifa del agua tratada es considerablemente menor a la del agua potable.
- Disminución del volumen de agua extraído en los acuíferos locales y liberación de agua para consumo humano, sin tener que recurrir a fuentes lejanas de abastecimiento.
- Al no realizar mayores inversiones para extraer y distribuir más agua, se minimiza el impacto en la tarifa a la población.
- Se evita la contaminación y propagación de enfermedades entre la población.

Paralelamente al programa de saneamiento y reúso de las aguas tratadas, toda ciudad debe llevar a cabo las siguientes acciones:

- 1 ÓSMOSIS INVERSA
- 2 CLARIFLOCULACIÓN
- 3 PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS ESCOBEDO, N.L.
- 4 AGUAS INDUSTRIALES DE SALTILLO SALTILLO COAH.

La recuperación y el uso de las aguas residuales resulta una alternativa viable y probada a nivel nacional y permite satisfacer la demanda creciente de los municipios, al liberar volúmenes de agua para usos domésticos.

- Mejorar la eficiencia del organismo operador, a fin de que el costo de tratamiento de agua pueda ser manejado financieramente.
- Ejecutar las obras complementarias para la distribución del agua tratada.
- Gestionar con oportunidad las autorizaciones para la disposición final o aprovechamiento de los lodos.

Además de mitigar el impacto negativo al medio ambiente, el tratamiento, la recuperación y el uso de las aguas residuales resulta una alternativa viable y probada a nivel nacional y permite satisfacer la demanda creciente de los municipios, al liberar volúmenes de agua para usos domésticos. Por otro lado, al recurrir a esta fuente alterna de suministro de agua para procesos industriales y municipales, se mantiene la actividad económica y se asegura un crecimiento potencial que, al generar fuentes de trabajo, contribuye a mejorar la calidad de vida de la población.

h2oinfo

EL SANEAMIENTO EN ALEMANIA

Alemania cuenta con una población de 82 millones de habitantes. En el periodo 1970-1994 se invirtieron 73 millones de dólares en saneamiento.

Actualmente la operación y mantenimiento de estos sistemas cuesta 6 millones de dólares anualmente; es decir 108 dólares anuales por habitante.

La dotación de agua por habitante por día ha disminuido, debido a la concienciación de los usuarios y al cobro de tarifas reales. Actualmente esta dotación es de 130 litros por habitante por día y su meta es alcanzar los 120 litros.

Las tarifas por agua y saneamiento en general se cubren juntas, en promedio se cobran de 4.5 a 8 dólares por m³. El saneamiento representa entre el 50 y 60 por ciento de su precio.



XVI Congreso Nacional de Hidráulica

8, 9 Y 10 DE NOVIEMBRE DE 2000

CENTRO DE CONVENCIONES DE MORELIA, MICHOACÁN

El Congreso es una invitación a todos los involucrados e interesados en el sector a definir cuáles son las metas y las acciones necesarias que se deben emprender, para evitar futuras crisis hídricas y lograr un manejo sustentable del recurso en México.

OBJETIVOS

- Reflexionar sobre la visión del agua para el siglo XXI
- Conocer los avances en investigaciones y su aplicación
- Atender la problemática local y regional
- Motivar el interés de otras disciplinas en el agua
- Incentivar la reciprocidad entre investigadores, profesionistas y funcionarios del sector

CONFERENCIAS MAGISTRALES

- Agua y medio ambiente
- La visión global del agua
- Rescate de lagos
- El agua y los municipios

TEMAS

- I. Uso del agua en la agricultura y el medio rural
 - ▶ Modernización de la infraestructura
 - ▶ Participación social y privada
 - ▶ Uso eficiente del agua
 - ▶ Operación, mantenimiento y conservación
 - ▶ Afectación a las poblaciones urbanas

El proceso de revisión técnica de trabajos para el XVI Congreso Nacional de Hidráulica se hará con base en resúmenes:

FECHA LÍMITE DE RECEPCIÓN DE RESÚMENES:

2 de junio de 2000
El resumen deberá tener entre 500 y 1000 palabras. Se pueden incluir ecuaciones y figuras

NOTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN O RECHAZO:

23 de junio de 2000

RECEPCIÓN DE TRABAJO FINAL:

16 de agosto de 2000

Los resúmenes y trabajos deberán enviarse a:

Dr. Fco. Javier Aparicio
 Mijares
 Director Técnico del Congreso
Tel: (7) 320 86 71
Fax: (7) 319 43 41
E-mail:
 aparicio@tlaloc.imta.mx
 Requihua@tlaloc.imta.mx

II. Agua y energía

- ▶ Infraestructura

III. Fenómenos extremos y control de inundaciones

- ▶ Protección a centros de población
- ▶ Manejo de emergencias

IV. Uso del agua en poblaciones e industrias

- ▶ La participación privada en el manejo del agua
- ▶ La regulación
- ▶ Financiamiento
- ▶ Tarifas

▶ Uso eficiente del agua

- ▶ Marco jurídico
- ▶ Desalinización

V. Gestión integral de cuencas y sustentabilidad ambiental

- ▶ Manejo de cuencas
- ▶ Manejo integral del agua a nivel local
- ▶ Hidráulica lacustre

VI. El valor económico del agua

- ▶ El mercado del agua
- ▶ Financiamiento
- ▶ La globalización y el agua

VII. Educación, investigación y capacitación

- ▶ La ingeniería hidráulica en el siglo XXI

AMH Programa de cursos pre-congreso

NOMBRE DEL CURSO	FECHA	LUGAR	PONENTES
Planeación de Proyectos Hidráulicos Orientado a Objetivos (Método ZOPP)	5-7 de abril	CICM México, D.F.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ing. Juan Antonio Martínez ▶ Ing. Pedro Sedano Flores ▶ Ing. Sergio Maqueda
Sequía	2-4 de abril	CICM México, D.F.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ing. Israel Velasco ▶ Ing. Daniel Campos
Reducción Integral de Pérdidas de Agua Potable	Del 31 de mayo al 2 de junio	IMTA Jiutepec, Mor.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ing. Leonel H. Ochoa ▶ Ing. Víctor J. Bourguette

Informes con Yadira Cuéllar al 56 66 08 35. cuellar@aguamh.com

CONSULTA LA PÁGINA WEB DE LA AMH

www.aguamh.com

Te invitamos
a colaborar
en los siguientes
números de **Tlálloc**

JULIO-SEPTIEMBRE

Medio ambiente

Coordinadores técnicos:

Ignacio Castillo Escalante
y Luis E. de Ávila Rueda

OCTUBRE-DICIEMBRE

Fenómenos extremos

Coordinador técnico:

Gilberto Sotelo Ávila

ENERO-MARZO

Financiamiento y regulación

Coordinador técnico:

Luis Robledo Cabello



Informes con
Leonor Pintado Cortina,
coordinadora editorial
tel. 54-81-41-00 ext. 4553
leonorpintado@aguamh.com



La Sociedad de Egresados de Ingeniería Civil (SEIC) de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional, invita a los ex alumnos de la generación 1986-1991 a registrarse como miembros de esta generación, como parte del programa de Integración Politécnica.

Para mayor información comunicarse a los teléfonos:
52-64-12-11 ext. 150 y 56- 63-10-45

Así como a la siguiente dirección electrónica:
esia-seic-86-91@writeme.com

1. *Land an application of sewage sludge: a guide for land appliers on the...*, Alexandria Va. WEF, 1994.
2. *Wastewater sampling for process and quality control: manual of practice...*, Alexandria, Va., WEF, 1996.
3. *Conceptos básicos para el diseño, construcción y operación de pequeñas plantas...*, San José de Costa Rica, Asociación Alemana de Saneamiento, CAPRE/ANDESAPA, 1994.
4. *Applied math for wastewater plant operators*, Lancaster, Price Joanne Kirkpatrick, Technomic, 1991.
5. *Choosing disinfection alternative for water/wastewater treatment*, Lancaster, Spellmon, Frank K., Technomic, 1999.
6. *Guide to soil suitability and site selection for beneficial use of sewage sludge*, Mudlutton J.M. Ronayne, M.P., EPA, S.I., S.F.
7. *Water reuse: manual of practice SM-3*, Alexandria, Va., WPCF, 1989.
8. *Using reclaimed water to augmentate potable water resources: a special publication*, Alexandria, Va., WEF, 1998.
9. *Handbook of wastewater reclamation and reuse*, Rowe, Donald R., e Jsam Mohammed abdel-Magid, Boca Ratón, CRC Pess, 1995.
10. *Wastewater disinfection: manual of practice FD-10*, Alexandria, Va., WEF, 1996.
11. *Emergency planning for municipal wastewater facilities: manual of practice...*, Alexandria, Va., WEF, 1989.
12. *Innovative process assessment: sludge processing, disposal and reuse*, Kuch, Richard D., et al., Alexandria, Va., WPCF, 1990.

www. h2o

SITIOS EN INTERNET SOBRE EL AGUA

Organización de los Estados Americanoswww.oas.org**Association of Water Technologies (AWT)**www.awt.org**Canadian Water Resources Association, (CWRA)**www.cwra.org**Hidrology Web**www.terrassa.pnl.gov:2080/hidroweb.html**Hydro-Geo-2000 Water, Earth, Biota: (WEB)**www.cires.colorado.edu/hydrology**Universities Water Information Network (UWIN)**www.uwin.siu.edu**Water Publications Digest**www.groundwatersystems.com**Centro Mexicano de Agua y Saneamiento**www.sgp.cna.gob.mx/planeacion

EVENTOS

Mayo 24-27, 2000, H₂O AccadueO 2000, Ferrara, Italy. **Contact:** H₂O AccadueO 2000, **Contact:** Ferrara Fiere Srl, E-mail: pcestari@ferrarafierra.it

Julio 3-7, 2000, World Water Congress of the International Water Association, París, Francia. Incluye 3rd International Symposium on Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse, www.iwa@cwtfrence.com

Agosto 6-10, 2000, 2000 North American Biennial Conference Exposition "21st Century Water Challenges: Our History Provides the Foundation for Our Future", Lake Tahoe, NV. **Contact:** American Desalting Association, www.desalting-ada.org

Water Technologies Exposition 2000, octubre 31^a-noviembre 4, 2000 The Hilton Hawaiian Village, Honolulu, Hawaii www.awt.org

Exposición “Viva el agua”

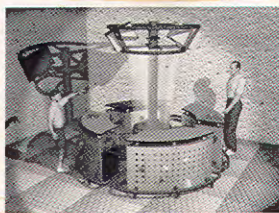
Por Maribel Ibarra*

La exposición “Viva el agua” surgió de la necesidad de crear un espacio informativo que concientizara acerca de la relevancia de los problemas del agua, poniendo énfasis en que la solución involucra a todos los sectores de nuestra sociedad. El proyecto se propuso para un espacio de niños —Papalote Museo del Niño—, por considerar que si desde pequeños se les hace conscientes del gran problema al que nos enfrentamos en el rubro del agua, en la edad adulta podrán poner en práctica las soluciones necesarias.

Durante el desarrollo contamos con la asesoría técnica del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, el patrocinio de la Comisión Nacional del Agua y de la Ford Motor Company y sus distribuidores, además del apoyo de un grupo de diseñadores holandeses quienes participaron en la primera etapa. Este grupo colaboró en el diseño de uno de los museos de vanguardia en Europa, New Metropolis, el primer proyecto basado en el modelo de 4ª Generación.

Para el Papalote esta exposición marca su incursión en el ámbito del modelo de 4ª Generación de Museos *Interactivos*, el cual busca vincular de manera efectiva a las personas con la realidad, generando actividades que tengan un valor significativo en su vida. De aquí la importancia de que los temas que se presentan en los museos interactivos o en los centros de ciencias actuales sean de interés para su comunidad; en este caso el tema del agua es idóneo, ya que todos en México tenemos algo que decir acerca del problema del agua, pues es algo con lo que nos enfrentamos día con día a distintos niveles.

El tema del agua es idóneo, ya que todos en México tenemos algo que decir acerca del problema del agua, pues es algo con lo que nos enfrentamos día con día a distintos niveles.

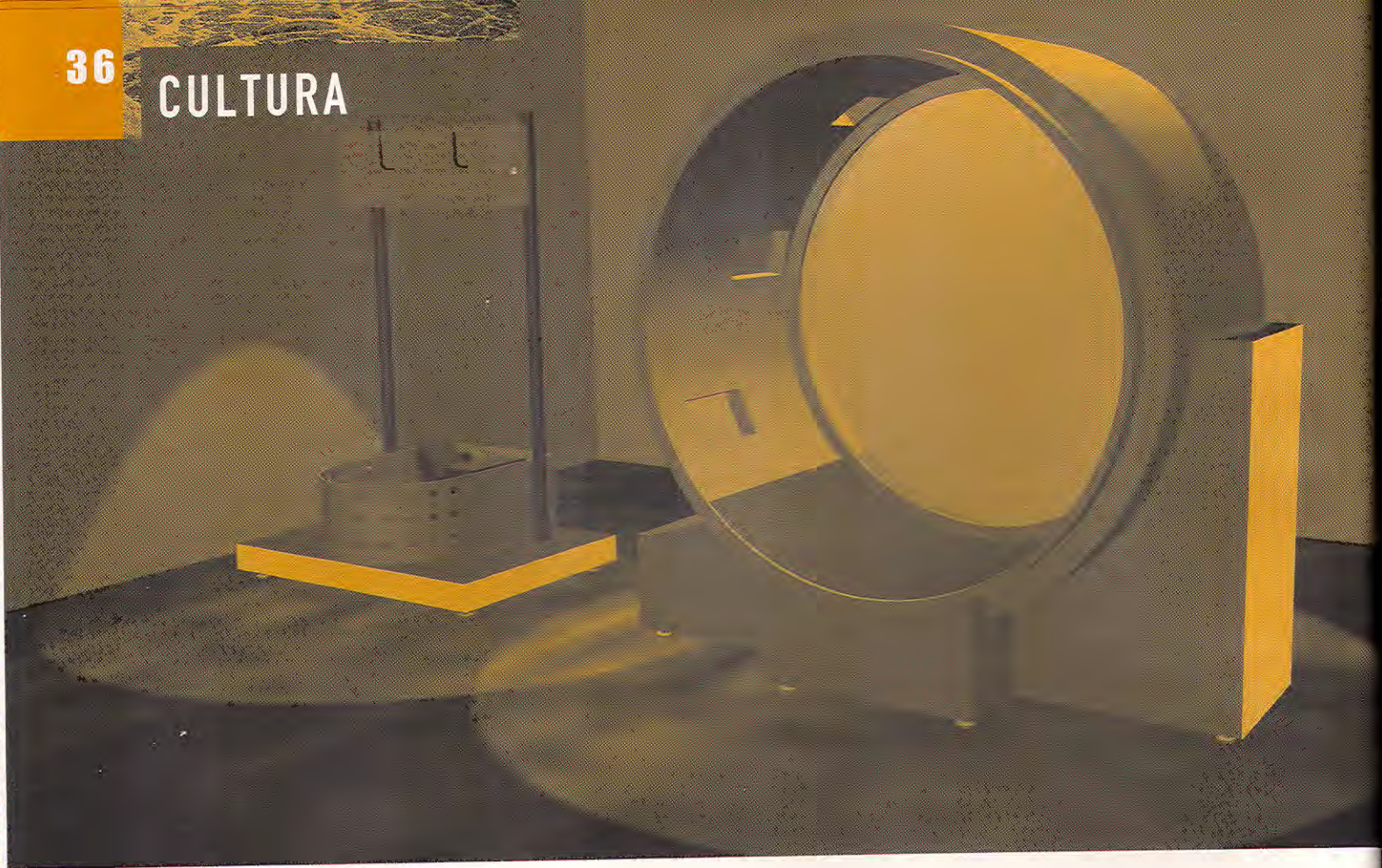


▲ AQUA BAR

En este nuevo modelo de museo se presentan los problemas de manera conjunta, mostrando cómo se entrelazan unos con otros, respondiendo a una lógica más cotidiana y menos conceptual. Por ello se diseñó un conjunto de exhibiciones que forman un ambiente cotidiano para los usuarios, iniciando con los escenarios más comunes a su actividad diaria como la cocina, el baño, su cuarto de lavado y el restaurante.

En este contexto, el usuario tiene la posibilidad de proponer soluciones a situaciones reales, de manera que se convierta en partícipe en lugar de espectador. En la mayor parte de las actividades el usuario tendrá la opción de dar respuestas a partir de su particular punto de vista, participando en ocasiones en su papel de usuario común del agua o en algunas otras como un personaje que se enfrenta a problemáticas relacionadas con el agua. En el caso de que él tome el papel de un usuario que desconoce, los interactivos están diseñados para proporcionarle los elementos suficientes que le permitan tener una visión general de la problemática y a partir de ahí tomar sus decisiones.

* Subdirectora de Exhibiciones, Papalote, Museo del Niño.



El tema del agua nos permite incorporar otro aspecto de los modelos de 4ª Generación, ya que a través de él podemos mostrar que las verdaderas soluciones se logran cuando todos actúan en conjunto y que no basta con que nosotros cuidemos el agua, sino que es necesario convencer a los demás de que también lo hagan, ya que nuestro esfuerzo no es significativo frente a una problemática tan grande y compleja. Para ser congruentes con este aspecto, diseñamos algunas exhibiciones en las que deberán participar varios usuarios a la vez cuyo resultado final dependerá de las decisiones de todos, siendo el puntaje final de grupo y no individual. También tendremos una actividad en la que propiciaremos el debate espontáneo.

Otro concepto que nos permite este tema es que los visitantes asistan a la exposición y partan de su historia personal, de manera que cada uno construya su camino a partir de su propia vivencia. Nuestra propuesta temática está basada en este concepto; en primer lugar centramos al visitante en su vida cotidiana, lo

▲
TUBO DE REPARACIÓN

Las verdaderas soluciones se logran cuando todos actúan en conjunto y que no basta con que nosotros cuidemos el agua, sino que es necesario convencer a los demás de que también lo hagan, ya que nuestro esfuerzo no es significativo frente a una problemática tan grande y compleja.

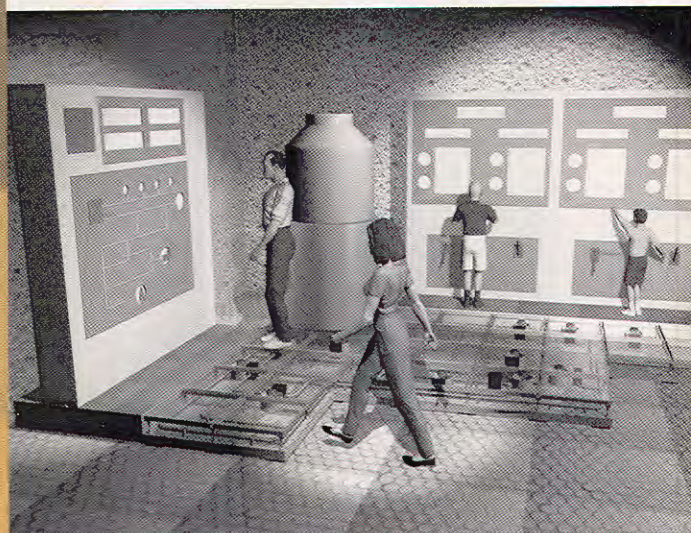
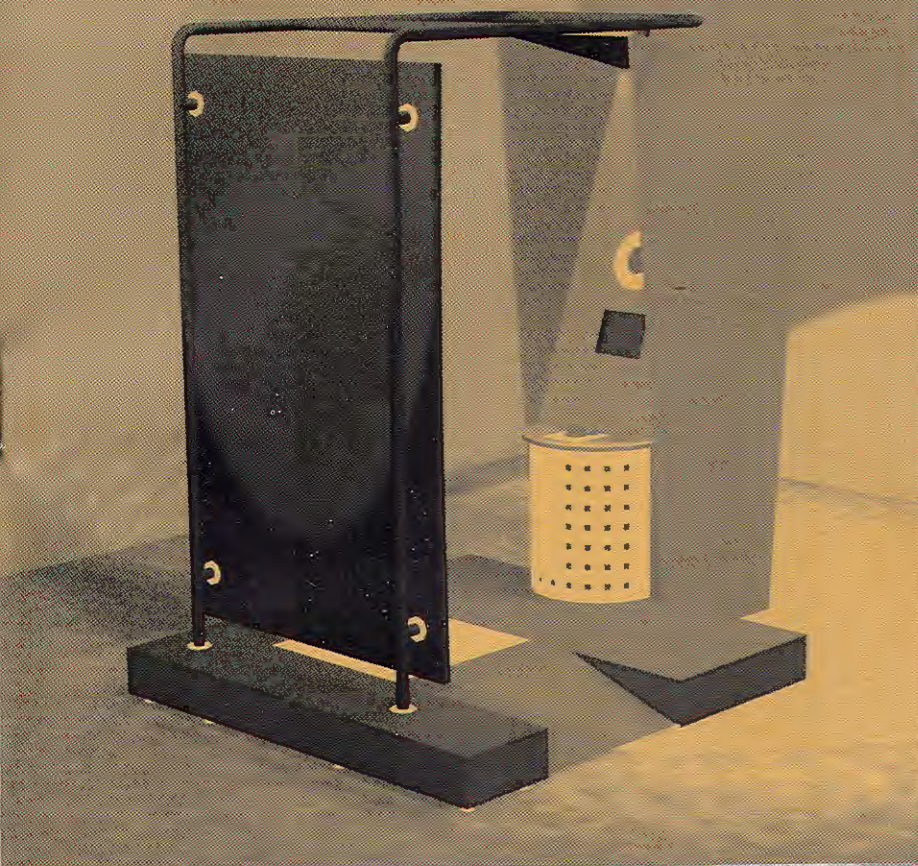
enfrentamos a conocer qué tan vital es el agua para su existencia, mostrándole lo que sucedería si no tuviera agua en su cuerpo, además de que en todo su entorno primario el agua es sumamente importante. Más adelante le informaremos acerca de la problemática cuando no sólo él, sino una sociedad requieren el líquido y cómo puede colaborar en su solución.

Además logramos integrar a la propuesta conceptos como las plataformas de experiencia, que son espacios donde se involucra al visitante a participar con todos sus sentidos. Es una experiencia sensorial, en la que a través de videos, luz, audio, aromas y brisa, se sumergirá al visitante en un ambiente que logre un impacto más profundo en su conciencia.

Esta exposición abarca 702 m², tiene carácter itinerante y está conformada por 52 exhibiciones integradas en 5 temas:

Agua para mí

Trata todo lo que tiene que ver con la vida cotidiana y el agua: para qué la necesitamos en nuestro cuerpo, para qué la usamos en casa, su



▲
RED DE ABASTECIMIENTO

relación con los alimentos, la cantidad de agua que hay atrás de los procesos de producción de nuestros artículos de primera necesidad y cómo la encontramos en nuestros entornos recreativos.

Agua para todos

Nos presenta la problemática de las distintas cuencas de agua en la República Mexicana, la calidad de agua, los tipos de agua, los principales usuarios de agua y una plataforma de experiencia que toca el tema del agua y la cultura (dioses y mitos), así como la distribución de agua y las redes de abastecimiento, entre otros temas.

Agua para siempre

Describe los escenarios actuales y posibles futuros, la importancia de la participación social, la necesidad de concientizar a todos sobre el cuidado del agua y las nuevas tecnologías. También presenta una plataforma de experiencia que maneja el tema de la conciencia, utilizando recursos de video que expli-



▲
CANTIDAD DE AGUA
EN EL CUERPO

▲
EL AGUA EN LA CASA

can conceptos como la contaminación, la escasez, la deforestación y el desperdicio.

Adicionalmente contaremos con una *Plaza Central* que muestra el aspecto del agua como fuente de inspiración; aquí presentaremos una escultura con el tema del agua, un par de instrumentos de agua, poemas, refranes y obras diversas inspiradas en el agua.

En todos los temas se incorporan actividades para pequeños, así como *cédulas* informativas, temáticas y de instrucciones que apoyen la lectura de la exposición. En el diseño de esta exposición se ha buscado un equilibrio de elementos informativos, emocionales y de aprendizaje a lo largo de la sala.

La exposición estará abierta al público a partir del 30 de junio de este año y hasta enero de 2001. Posteriormente viajará por distintos estados de la República. Ojalá que muchos de ustedes puedan visitarla y que durante su recorrido encuentren la coherencia y el sentido de cada una de las exhibiciones que la conforman, así como elementos que los inviten a considerar la interactividad y los conceptos aquí presentados para futuras exposiciones en sus instituciones.



El Centro Mexicano de Capac

EL AGUA Y LOS ORGANISMOS OPERADORES

El agua es un recurso natural del que depende la sociedad para su desarrollo, el cual está determinado por la abundancia o escasez del recurso, y de manera importante, por su adecuado manejo.

Los organismos operadores de agua potable y saneamiento del país tienen como función primordial distribuir el agua entre los habitantes con la calidad requerida, así como operar la red de drenaje y las plantas de tratamiento de aguas residuales para asegurar condiciones adecuadas de saneamiento y de protección al medio ambiente.



El crecimiento continuo de las ciudades y su consiguiente equipamiento provocan que los organismos operadores enfrenten una problemática cada vez más compleja en el manejo óptimo y eficiente del agua y de la infraestructura hidráulica, en el diseño y la operación de las plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales, así como en la operación de los

sistemas de distribución, desalojo, tratamiento y reúso del agua.

La problemática actual y las constantes innovaciones tecnológicas generan la necesidad de capacitar periódicamente al personal involucrado en el manejo de este invaluable recurso.

LA CAPACITACIÓN DE LOS OPERADORES

El 80 por ciento de la plantilla de los organismos operadores está formado por técnicos y operadores que requieren de una capacitación constante para asegurar el uso pleno de la infraestructura.

En consecuencia, el desarrollo de sus habilidades redundará en una mayor eficiencia en el suministro de los servicios y en la operación y el mantenimiento de la infraestructura.

Se ha comprobado que la capacitación del personal operativo es más eficiente cuando se aplica una metodología teórico-práctica de enseñanza en cursos de corta duración.



Capacitación en Agua y Saneamiento

EL CENTRO MEXICANO DE CAPACITACIÓN EN AGUA Y SANEAMIENTO

Para determinar con mayor precisión los requerimientos de capacitación en el sector, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través de la Comisión Nacional del Agua, realizó una serie de evaluaciones con los organismos operadores del país, para determinar sus requerimientos y prioridades de capacitación y la conveniencia de construir el Centro Mexicano de Capacitación en Agua y Saneamiento, concluyéndose que el proyecto era prioritario para el mejor desarrollo del sector.

El Centro se ubica en la zona del lago de Texcoco en el Estado de México, y aplicará métodos de enseñanza modernos y prácticos para adultos, basados en la operación de componentes reales de un sistema hidráulico, lo que lo convierte en pionero en México. Dentro de sus instalaciones cuenta con: planta potabilizadora, planta de tratamiento de aguas residuales, planta para tratamiento de lodos, redes de agua potable y alcantarillado, un pozo profundo, laboratorio para



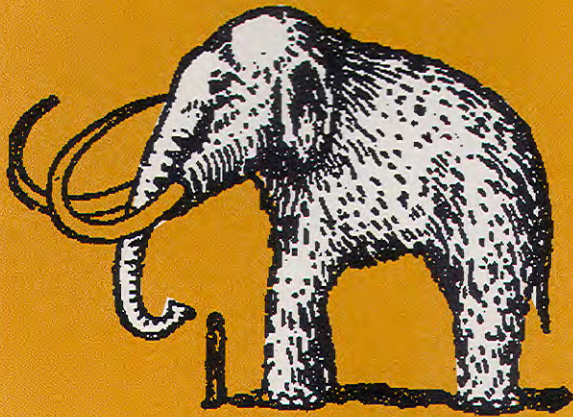
análisis de calidad del agua, así como talleres de electricidad, mecánica y automatización. De esta forma, los asistentes pueden aplicar en estas instalaciones los conocimientos impartidos y su aprendizaje será más efectivo.

LOS INSTRUCTORES DEL CENTRO

La plantilla de instructores está integrada por personas de alto nivel teórico-práctico, lo que garantiza que los cursos impartidos conduzcan a la formación progresiva de especialistas cada vez mejor preparados en las actividades que se requieren para el manejo eficiente del agua y la infraestructura.

El centro ofrece cursos en una amplia gama de temas, dentro de los cuales se encuentran:

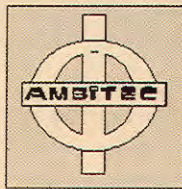
- ▶ Detección y reparación de fugas
- ▶ Análisis de calidad del agua
- ▶ Operación y mantenimiento de bombas y equipos electromecánicos
- ▶ Tratamiento de aguas residuales y lodos
- ▶ Potabilización y control de la calidad del agua
- ▶ Micromedicación



Hallazgos prehistóricos

Los fósiles recientemente encontrados en el lecho seco del lago de Chapala, a 40 kilómetros de Guadalajara, cerca del poblado de Santa Cruz de la Soledad, podrían pertenecer a un Gonfoterio, animal prehistórico parecido a un elefante que existió hace más de 10,000 años.

Este hallazgo pone en evidencia que los ciclos de sequía y bonanza en el vaso lacustre se han repetido por miles de años.



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.



Aragón,
México, D.F.



Toluca Nte. Edo. de México



Toluca Ote. Edo. de México



Aguascalientes

OPERADORA DE ECOSISTEMAS

Operadora de Ecosistemas S. A. de C. V. es una empresa asociada al grupo empresarial de **FYPASA Construcciones S. A. De C. V.** cuya creación, en 1994, obedece al propósito de formar un equipo técnico especializado en operación y mantenimiento.

La experiencia de **Operadora de Ecosistemas S. A. de C. V.** incluye las plantas de tratamiento de aguas residuales en Toluca (2,250 lps), Aguascalientes (2,000 lps), San Juan de Aragón (400 lps), Jesús María (100 lps) y las siete plantas que operan en la ciudad de Acapulco (400 lps).

Operadora de Ecosistemas es hoy la empresa mexicana con mayor experiencia y altos estándares de calidad en el equipamiento, operación y mantenimiento de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales de origen municipal e industrial.



**OPERADORA DE
S.A.
DE
ECOSISTEMAS
C.V.**

Nicolás San Juan N° 1541, Colonia del Valle
03100 México, D.F. Tels.: 5688 62 82 y 5688 05 85
Fax: 5688 94 69/ opecsa@mpsnet.com.mx

FYPASA CONSTRUCCIONES

FYPASA Construcciones S. A. de C. V., es una empresa mexicana con más de medio siglo de experiencia en el diseño y construcción de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales de origen municipal. Su participación en el mercado nacional la han ubicado en una posición de vanguardia, a través de aproximadamente 100 proyectos ejecutados en todas las entidades de la República

**Planta Parque Industrial
Bernardo Quintana, Querétaro**



Jocotitlán, Edo. de México

**Empresa líder en
construcción y operación
de plantas potabilizadoras
y de tratamiento de aguas
residuales**

Capulhuac, Edo. de México



Nicolás San Juan N° 1541, Colonia del Valle, 03100 México, D.F.



Jesús María, Aguascalientes

CONSTRUCCIONES
Fypasa



Capulhuac, Edo. de México

Mexicana, con una capacidad conjunta de 31,366 litros por segundo.

La capacidad y experiencia de **FYPASA Construcciones S. A. De C. V.**, han determinado su participación en la construcción de plantas municipales de tratamiento de aguas residuales de gran tamaño como las que sirven a las ciudades de **Acapulco** (1,300 lps), **Aguascalientes** (2,000 lps), León (3,000 lps), **Toluca** (2,250 lps) y **Torreón** (1,900 lps), las tres últimas bajo esquemas que incluyen financiamiento privado. Del mismo modo, se han construido o están en proceso de construcción, las etapas iniciales de las plantas de tratamiento de aguas residuales de tamaño medio como son, entre otras, las de las ciudades de **Manzanillo**, **Cuatla**, **Cancún Nte.**, **Jesús María**, **Pátzcuaro** y **Progreso**, con capacidades finales de 520, 660, 740, 150, 150 y 360 litros por segundo respectivamente.

De este modo, **FYPASA Construcciones** confirma su compromiso y liderazgo en el esfuerzo nacional hacia el desarrollo sustentable de los recursos hidráulicos del país.

Tels.: 5688 62 82 y 5688 05 85/ Fax: 5688 94 69 fypasa@mail.internet.com.mx

Toluca Ote. Edo. de México



León, Guanajuato



GRUPO FYPASA

GRUPO FYPASA integra a un conjunto de empresas especializadas en la potabilización de agua y el tratamiento y reuso de las aguas residuales, con estándares de calidad y confiabilidad que le permiten competir con éxito en el mercado nacional e internacional.

Además de **FYPASA Construcciones S. A. de C. V.** y **Operadora de Ecosistemas S. A. de C. V.**, el **GRUPO FYPASA** incluye a una serie de empresas concesionarias, donde se han establecido asociaciones estratégicas con otras empresas, para ofrecer las condiciones técnicas y financieras específicas que han requerido los distintos proyectos, entre ellas:

Nicolás San Juan N° 1541, Colonia del Valle
03100 México, D.F. Tels.: 5688 62 82 y 5688 05 85
Fax: 5688 94 69/ fypasa@mail.internet.com.mx



- ECOSYS I, en asociación con Grupo Mexicano de Desarrollo para la concesión de la PTAR Toluca Norte (1,250 lps).
- ECOSYS II, en asociación con Grupo Mexicano de Desarrollo para la concesión de la PTAR Toluca Oriente (1,000 lps).
- ECOSYS III, en asociación con Industrias del Agua, S. A. de C. V., para la concesión de la PTAR de León (3,000 lps).
- ECOAGUA de Torreón, en asociación con Industrias del Agua, S. A. de C. V., para la concesión de la PTAR de Torreón (1,900 lps).

Toluca Nte. Edo. de México

