

Informe Anual 2006



Presentación del Director General

El presente informe da cuenta de los resultados obtenidos por las diferentes áreas del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua durante 2006. Los distintos proyectos desarrollados muestran el aporte para la solución de problemas relacionados con el vital líquido desde un punto de vista tecnológico y su transferencia.

La actual administración ha desarrollado una Planeación Estratégica 2007-2012, para cumplir con las metas del sector fijadas en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas nacionales Hídrico y de Medio Ambiente.

Conforme a sus objetivos estratégicos, la contribución del Instituto se destacará por fortalecer las capacidades institucionales del sector, la formación y actualización de recursos humanos, la conservación del agua y el medio ambiente, el conocimiento del agua y sus recursos asociados en México, el impulso de la cultura del agua entre la sociedad y sus instituciones, así como la orientación y promoción de la investigación, desarrollo, adaptación y transferencia de tecnologías innovadoras que creen un alto valor agregado.

Hacia el interior, el IMTA se consolidará como una institución eficiente, transparente, de alta productividad, con un clima de trabajo que aliente la innovación y el desarrollo humano.

El Instituto dispone de capacidades y competencias específicas, que se fortalecerán, y que le dan una ventaja competitiva y le permiten agregar valor a los productos que aporta a sus usuarios, clientes y beneficiarios. La complejidad de la problemática hídrica nacional requiere de conocimiento, innovación y tecnologías apropiadas.

Dr. Polioptro F. Martínez Austria

Contenido

Tecnología Hidráulica	7	Tecnología de Comunicación, Participación e Información	39
Calidad e hidráulica industrial	7	Comunicación	39
Hidráulica rural y urbana	8	Participación social	40
Obras y equipos hidráulicos	10	Editorial y gráfica	41
Hidráulica ambiental	11	Centro de Consulta del Agua	43
Tecnología Hidrológica	15	Desarrollo Profesional e Institucional	45
Hidrología subterránea	15	Tecnología educativa	45
Aprovechamientos hidráulicos	16	Desarrollo institucional	46
Hidrometeorología	17	Tecnología económica y financiera del agua	47
Hidrología y mecánica de ríos	19	Coordinación de Asesores	51
Tratamiento y Calidad del Agua	23	Seguimiento de los indicadores de gestión	51
Potabilización	23	Administración	57
Calidad del agua	24	Recursos financieros	57
Tratamiento de aguas residuales	26	Recursos humanos	58
Hidrobiología y evaluación ambiental	27	Recursos materiales	58
Tecnología de Riego y Drenaje	31	Sistema Integral de Información (SII) de la SHCP	58
Ingeniería de riego	31	Siglas y acrónimos	59
Contaminación y drenaje agrícola	32	Catálogo de proyectos	60
Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagrícola	35	Organigrama	74
Conservación de cuencas	36	Directorio	75

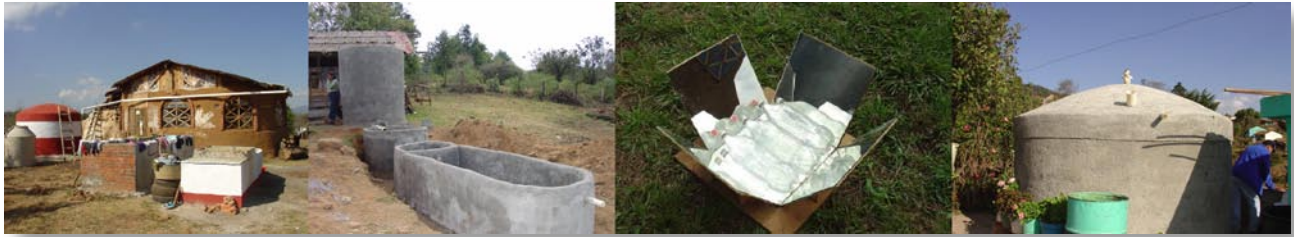
Tecnología Hidráulica

Calidad e hidráulica industrial

Como parte de la coordinación técnica del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, y en atención al convenio de colaboración que tiene el IMTA con la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), se dio seguimiento a 38 proyectos desarrollados entre los años 2003 y 2005, a 13 que se tienen en ejecución y a los compromisos adquiridos por el gobierno del estado de Michoacán, a través de los municipios de Pátzcuaro, Quiroga, Erongarícuaro, Tzintzuntzan y Huiramba. La realización de estas actividades permitió depurar y actualizar el sistema de información geográfica del programa; se establecieron y pusieron al día la batería de indicadores socioambientales; se coordinaron y llevaron a cabo diversas actividades de comunicación, difusión y promoción, y se generó el *Libro Blanco* del programa. Cabe destacar que la evolución de los indicadores, durante el periodo 2003-2006, muestra una clara tendencia a la recuperación del lago de Pátzcuaro; por ejemplo, el índice de calidad del agua pasó de 54.5 a 60 puntos.

Con el fin de promover soluciones en materia de agua para zonas marginadas y comunidades en condiciones de pobreza extrema, y como complemento al esfuerzo desarrollado entre 2004 y 2005 dentro del marco del programa de referencia, periodo en el que se transfirieron cerca de 1,500 tecnologías asociadas con el abastecimiento, captación, almacenamiento, potabilización, aprovechamiento y tratamiento del agua a escala familiar, y con el uso racional de la leña, se inició la transferencia de 391 paquetes tecnológicos en materia de agua, que incluyeron 3,128 tecnologías, mismas que se distribuirán en, por lo menos, diez comunidades de los cinco

municipios participantes en el programa. Cada paquete incluye ocho tecnologías: techo de lámina de fibrocemento para captación de agua de lluvia, cisterna para almacenamiento de agua, huerto familiar para la producción de alimentos con fines de autoconsumo, sistema de riego equipado con tanque de descarga de fondo, bicibomba para suministro y elevación del agua, concentrador solar para la desinfección del agua para consumo humano, biofiltro (lavadero ecológico) y biodigestor para el tratamiento de aguas grises y negras. Dichas tecnologías son de bajo costo, no generan dependencia y están diseñadas para facilitar su construcción y apropiación social. El esfuerzo involucra directamente a los beneficiarios quienes, previa capacitación, se encargan de la construcción, operación y mantenimiento de todos y cada uno de los sistemas. Es así como se logra la apropiación local de la tecnología y los usuarios incrementan sus oportunidades y capacidades para construirse una vida más digna, a la vez que se convierten en los actores principales de su desarrollo. Para atender este compromiso, además de contar con el apoyo de la FGRA y de los tres niveles de gobierno, se trabaja conjuntamente con la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Universidad Autónoma de Zacatecas. Entre los avances y resultados de 2006 resaltan los siguientes: diseño, elaboración e impresión de materiales de difusión, sensibilización y capacitación; capacitación de 276 personas a través de 14 cursos-taller en tres comunidades: siete en San Pedro Pareo y seis en La Vitela, Pátzcuaro, más uno en Sanambo, Quiroga. Además, se inició la construcción de 105 paquetes tecnológicos: 55 en San Pedro Pareo, 34 en La Vitela y 16 en Sanambo.



SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA (SCALL), BIODIGESTOR EN CONSTRUCCIÓN, CONCENTRADOR SOLAR PARA DESINFECCIÓN DE AGUA Y CISTERNA CAPUCHINA

Para el organismo de cuenca Península de Yucatán de la Conagua, se desarrolló un programa para el fortalecimiento de las capacidades de gestión hídrica de los integrantes del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán y de sus órganos auxiliares. Para tal fin, se organizó e impartió en tres sedes: Cancún, QR; Mérida, Yuc., y Campeche, Cam., el taller *Fortalecimiento de la gestión hídrica en una cuenca*, con un total de 76 participantes. De la misma manera, con la finalidad de fortalecer las capacidades para la gestión de los recursos hídricos de cuencas hidrológicas, para el Organismo de Cuenca Golfo Centro de la Conagua, se impartieron talleres de capacitación para los integrantes y órganos auxiliares de los consejos de cuenca de los ríos Coatzacoalcos, Papaloapan y del Tuxpan al Jamapa. En el mismo tenor, se capacitaron 44 técnicos a través de tres talleres en Orizaba, Coatzacoalcos y Jalapa, Ver., en *Formulación e interpretación de escenarios de prospectiva de oferta y demanda hídrica en los consejos de cuenca*.

Hidráulica rural y urbana

Con el fin de establecer e iniciar acciones para mejorar las eficiencias física y comercial, el

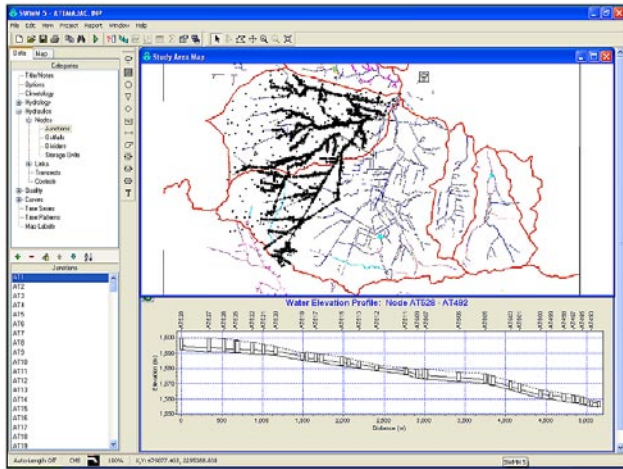


TALLER EN CANCÚN, QUINTANA ROO

Organismo Operador Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMAPAS) de San Luis Río Colorado, Son., contrató al IMTA para supervisar la sectorización de un distrito hidrométrico piloto y la actualización del padrón de usuarios. Al respecto, se identificaron 6,072 tomas no registradas de un total de 55,991, con lo que el organismo se encuentra en condiciones de regularizar cerca del 10% de su padrón de usuarios. Por otra parte, con el fin de evaluar el estado del sistema de distribución del golfo de Santa Clara, Son., y ante la inminente llegada de nueva infraestructura hotelera y comercial, el OOMAPAS solicitó al IMTA elaborar un diagnóstico técnico y proponer alternativas para mejorar la calidad del servicio.

A solicitud de la Junta de Agua y Drenaje de la ciudad de Matamoros, Tam. (JAD), con el fin de planear una mejor operación y, consecuentemente, mejorar el servicio a los usuarios, se hizo un estudio para sectorizar la red de agua potable de la ciudad. Para tal fin, con la aplicación del sistema de cómputo *Scadred*, desarrollado en el IMTA, se construyó y calibró un modelo de simulación hidráulica, y se procedió al diseño de los sectores hidrométricos. La propuesta final incluye seis sectores principales, cuya implantación facilitará tanto la operación de la red como la distribución de caudales, así como la elevación y el cálculo de las eficiencias física, comercial y global.

En el marco del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se lleva a cabo una serie de proyectos para mejorar el uso y aprovechamiento del recurso agua en las zonas urbanas de la cuenca. En la ciudad de Pátzcuaro se desarrollan diversas acciones para mejorar la infraestructura de la red de distribución y la calidad del servicio; de esta manera se podrá incrementar el horario de suministro, pasando de 2 a 8 h diarias en promedio. Así, se ha logrado



SWMM 5. ATEMAJAC. MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO

mejorar el servicio y las eficiencias física y comercial en tres sectores prioritarios: Huecorio, Itzi-Huriata y Revolución. De igual forma, mediante un programa para el control y reducción integral de fugas, la sustitución de treinta válvulas de seccionamiento y la reordenación de la distribución en seis líneas de conducción primarias, se han logrado disminuir las pérdidas en 15 l/s. Gracias a estos esfuerzos, al mes de septiembre los ingresos del organismo crecieron en un 29 por ciento.

Por otra lado, con objeto de reducir las descargas de aguas crudas al lago, en un esfuerzo conjunto con la Conagua, el gobierno del estado de Michoacán y el municipio de Pátzcuaro, se desarrollan actividades para incrementar la cobertura de alcantarillado sanitario, complementar el colector principal del río Guani y rehabilitar las plantas de tratamiento Pátzcuaro I y Pátzcuaro II. Como parte de este compromiso, se dio mantenimiento al equipo electromecánico de las plantas, se elaboró un proyecto ejecutivo para la interconexión de colectores en las calles Paseo e Ignacio Zaragoza y se desarrolló el proyecto ejecutivo con el fin de completar los colectores principales para conducir más del 90% de las aguas residuales que produce la ciudad de Pátzcuaro hacia sus plantas de tratamiento. De esta manera, una vez que se ejecuten las obras y se concluya la rehabilitación de las plantas, se estará en condiciones de tratar más de 120 l/s, lo que se espera ocurra durante el segundo semestre de 2007.

Para la ciudad de Quiroga, Mich., se efectuó la inspección física y la conformación de los dos distritos hidrométricos diseñados en 2005; se verificó su aislamiento, se actualizó el catastro de la red de distribución y se identificaron las pérdidas

comerciales en las que la cartera vencida es alta. Asimismo, se identificaron fugas en válvulas y tanques, las cuales se repararon, y se impermeabilizó el tanque del Instituto de Capacitación para el Trabajo del Estado de Michoacán. Como resultado de estas acciones, se estima la recuperación de un caudal de 12 litros por segundo.

Para las localidades de Tzintzuntzan y Erongarícuaro, sobre la ribera del lago de Pátzcuaro, se impulsó la recaudación por el servicio de agua y la organización institucional en labores comerciales y de control de usuarios. Se aumentó sustancialmente la eficiencia comercial gracias a que se sostuvieron las estrategias de cortes a los morosos, envíos de recordatorios a la ciudadanía y actualización del padrón de clientes. En apoyo a estas actividades, se impartieron cursos de capacitación a los empleados de los municipios, para habilitarlos en el uso de equipos de oficina y paquetes de cómputo. Así, se pudieron proponer tarifas para 2007 más adecuadas y se implementaron páginas de Internet para agilizar la transparencia y rendición de cuentas a la ciudadanía. Cabe resaltar que, entre los resultados obtenidos, se logró una recuperación de cartera vencida del 11% mensual en Erongarícuaro, mientras que en Tzintzuntzan se incrementaron los ingresos en un 20.4 por ciento.



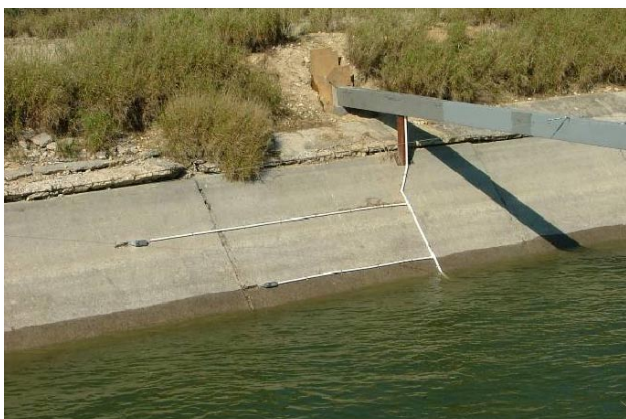
ZANJA DE OXIDACIÓN FUERA DE SERVICIO EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES LAS GARZAS, PÁTZCUARO, MICHOACÁN



DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN QUIROGA, MICHOACÁN

Obras y equipos hidráulicos

Dentro del programa de instrumentación de las obras de toma de las centrales hidroeléctricas de la CFE, el IMTA participó en la supervisión técnica de la instalación del medidor de tiempo de travesía de cuatro trayectorias en el tubo de conducción de la Unidad 2, con un diámetro de 6.20 m, una longitud de 240 m, una inclinación de 60° y un caudal de 0 a 210 m³/s de la central hidroeléctrica Ing. Manuel Moreno Torres, Chicoasén, Chis. Durante las pruebas de arranque del sistema, con una variación de caudales de 44 y 192 m³/s, y de 55 a 300 MW de energía turbinada, se determinó una incertidumbre en la medición del caudal menor del 0.6%, por lo que se puede afirmar que el sistema de medición cumple ampliamente el



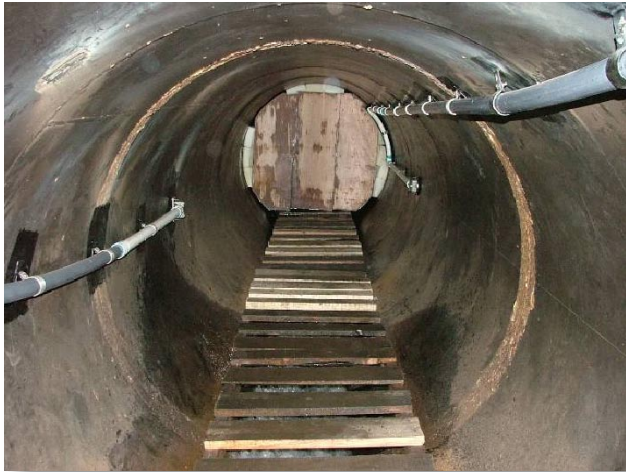
SISTEMA DE MEDICIÓN EN EL CANAL PRINCIPAL DE LA TOMA NORTE DE LA PRESA MARTE R. GÓMEZ, TAMAULIPAS

requisito de precisión del 2% establecido para este tipo de sistemas.

Con el fin de apoyar el programa de mejoramiento de la medición emprendido por la Conagua, la SGIH encargó al IMTA la supervisión y mantenimiento de 13 sistemas de telemedición de las obras de toma de diferentes presas de almacenamiento. Con estas acciones se logró mejorar y mantener la operación de los medidores que transmiten sus datos vía satélite a las oficinas de los distritos de riego. Asimismo, se desarrollaron siete proyectos para implantar sistemas de telemedición en las siguientes presas: Santiago Bayacora, Guadalupe Victoria, Cointzio (tomas del organismo operador de Morelia), San Gabriel, el Chique, Ignacio Allende y toma norte de la presa Marte R. Gómez. De igual manera, se instaló en la presa Cointzio un sistema piloto para monitorear el nivel del embalse. Adicionalmente, y como parte del proceso de transferencia, adaptación y modernización de sistemas de telecontrol, se instaló un sistema para apagar y encender, vía remota, uno de los pozos de la mesa arenosa en el distrito de riego.

Para la misma SGIH, se construyó un modelo físico con objeto de evaluar y estudiar el comportamiento hidráulico del vertedor de la presa El Carrizo, Jal. El diseño original consiste en un vertedor de medio abanico de cresta libre de 90 m de longitud, carga de diseño de 3.59 m, para un gasto máximo de 1,223 m³/s y una caída total de 43 m, localizado en un puerto de la margen izquierda de la cortina. Mediante las pruebas de aplicación al modelo físico se detectaron deficiencias en el funcionamiento hidrodinámico de la rápida, por lo que se propuso modificar el diseño y adoptar un vertedor de abanico completo con la misma longitud y caída. Con esta recomendación se garantiza la eliminación de los problemas detectados y se incrementa la seguridad de la estructura vertedora de la presa. Cabe mencionar que el estudio se efectuó en forma simultánea con la construcción de la presa, por lo que se mantuvo una coordinación estrecha con la Comisión Nacional del Agua.

A solicitud de Pemex, el IMTA llevó a cabo la inspección del tanque criogénico de almacenamiento de amoníaco FB-1201 con capacidad de 20,000 T/M para determinar su integridad mecánica, tomando como base el estándar API 653. Para ello, se hicieron pruebas no



INSTALACIÓN DE SENSORES INTERNOS EN LA TOMA DE LA PRESA IGNACIO ALLENDE, GUANAJUATO

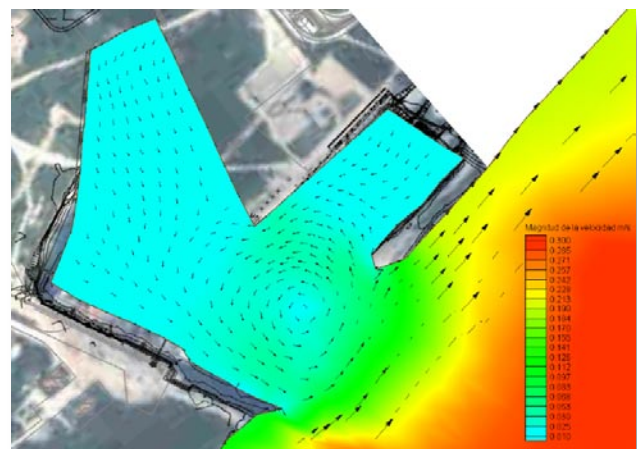
destructivas mediante las técnicas de inspección visual, medición de espesores, inspección ultrasónica volumétrica, inspección con fuga electromagnética, MFL, estudios metalográficos y ensayos de dureza aplicados al metal base y soldaduras. También se hizo el análisis estructural de cargas que puede soportar el domo, prueba neumática a solapas de refuerzo, registro detallado para la deflexión vertical y lateral de las traves principales, desmontaje de las juntas de expansión del tanque, estudio de la pintura exterior del tanque, desmontaje del pasamanos, instalación de un nuevo pasamanos, diagnóstico y reparación de las trazas eléctricas, revisión de la cimentación del tanque criogénico, elaboración del procedimiento de reparación y análisis a la perlita expandida del espacio anular.

Hidráulica ambiental

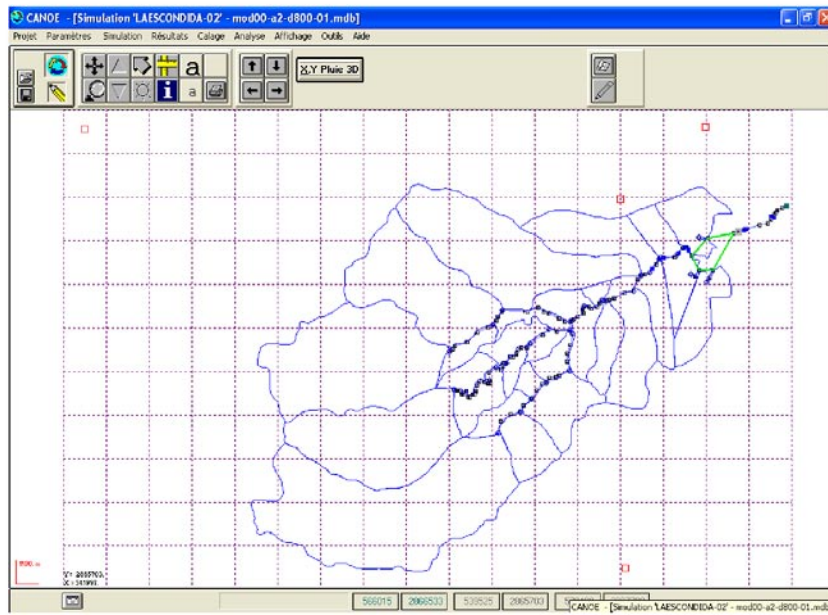
Con objeto de incrementar las operaciones de la empresa Calizas Industriales del Carmen S. A. de C. V., en el puerto de Playa del Carmen, QR., es necesario practicar una ampliación de la dársena o recinto portuario. Para dicha ampliación se requiere generar y presentar, ante las autoridades correspondientes, el estudio Manifestación de impacto ambiental el cual, a su vez, debe contemplar estudios base de la hidrodinámica costera y de los impactos esperados por las explosiones y vibraciones durante la ampliación. El IMTA, a través de un contrato con la empresa Bienes Raíces y Construcción, S. A. de C. V., llevó a cabo una serie de estudios oceanográficos (medición y

modelación), así como de las posibles alteraciones hidrodinámicas que se podrían presentar por efecto de las explosiones en el área del puerto. De esta manera, se realizó una serie de modelaciones hidrodinámicas bajo diferentes escenarios: en condiciones actuales, con modificaciones que se pretenden efectuar en el puerto, con posibles derrames de combustible. Las simulaciones permitieron caracterizar los efectos provocados por la ampliación del puerto y de la dispersión de un posible derrame de combustible. Finalmente, se estableció el impacto probable de las explosiones que se harán durante las actividades de excavación para la ampliación.

Mediante un convenio de colaboración con el Republicano Ayuntamiento de Reynosa, Tam., se propuso y llevó a cabo el proyecto de una obra para el control de niveles en la laguna La Escondida, localizada al sureste de la ciudad de Reynosa. La obra tiene gran relevancia debido a que dicha laguna es un paraje de descanso para numerosas especies de aves migratorias y ha representado un lugar de esparcimiento para los habitantes de la ciudad. Sin embargo, hoy en día se encuentra en estado de contaminación y deterioro ambiental críticos. Su existencia se ve amenazada debido a que diferentes asentamientos irregulares se han establecido en las áreas ribereñas. Ante esta problemática, las autoridades municipales han emprendido acciones encaminadas a la recuperación y rehabilitación. Como parte de este esfuerzo, el IMTA fue requerido para diseñar una obra que permita mantener el nivel de la laguna en la cota 28.50 msnm, y así crear una barrera natural que impida la invasión de asentamientos irregulares sobre su superficie. Con



HIDRODINÁMICA AL INTERIOR DEL PUERTO DE PLAYA DEL CARMEN, QR., CON AMPLIACIÓN EN CONDICIONES DE MAREA SALIENTE

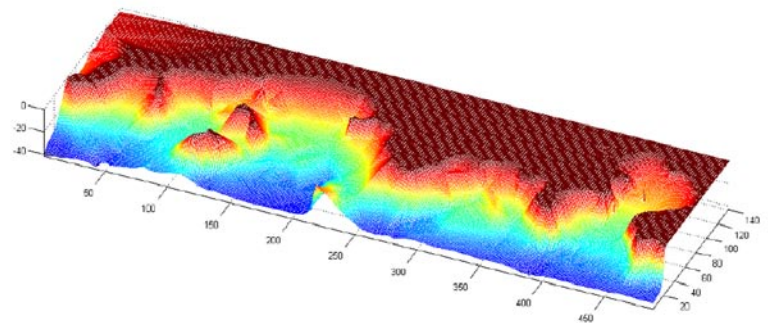


PANTALLA DE VISUALIZACIÓN DEL MODELO DE LA CUENCA Y MALLA TRIDIMENSIONAL DE LLUVIAS

esa finalidad, se propuso una compuerta autooperante tipo AMIL® para control del nivel. En su diseño geométrico se empleó una herramienta de simulación hidrodinámica que permite estimar los gastos de diseño para escurrimientos generados por eventos pluviales, con 25 años de periodo de retorno. La compuerta fue modelada con la ayuda de aplicaciones de control en tiempo real, lo que hizo posible evaluar su funcionamiento hidráulico en régimen no permanente y estimar el gasto necesario de trasvase para el periodo de estiaje.

Como parte del Estudio de clasificación de la bahía de Ixtapa-Zihuatanejo, Gro., enmarcado dentro de los fondos sectoriales Conacyt-Conagua, se ha llevado a cabo un conjunto de mediciones oceanográficas y meteorológicas en la bahía de Zihuatanejo e Ixtapa. Las mediciones han sido enfocadas hacia la caracterización de la hidrodinámica y meteorología de la zona. Se han determinado la batimetría, las corrientes (eulerianas y lagrangeanas), la estructura vertical de la columna de agua y termistores. El periodo de monitoreo se inició en octubre de 2005 con la batimetría y determinación de la distribución espacial de variables fisicoquímicas. En la segunda campaña (enero de 2006) se complementó la información batimétrica y de variables físicas de la estructura vertical de la columna de agua. En marzo de ese año se efectuó la tercera campaña, que consistió en la medición de corrientes y mareas,

así como de la estructura térmica de la columna de agua. Como parte de estas mediciones se instalaron anclajes durante marzo, abril y mayo en la bahía de Zihuatanejo e Ixtapa. Asimismo, debido a que actualmente dos de las plantas de tratamiento de Zihuatanejo están descargando aguas residuales en la laguna de La Salina, durante la campaña de noviembre de 2006 las mediciones se concentraron, en gran parte, en establecer la hidrodinámica de la laguna. Actualmente, se tiene caracterizado el patrón de velocidades y la estructura vertical de la zona de estudio. La siguiente fase será modelar estas condiciones ambientales y evaluar escenarios como apoyo para el cumplimiento del Programa Playas Limpias, coordinado por la Comisión Nacional del Agua.



BATIMETRÍA DEL ÁREA DE IXTAPA-ZIHUATANEJO, GRO., DERIVADA DE LAS MEDICIONES CON LA ECOSONDA Y DATOS BATIMÉTRICOS DE LA SECRETARÍA DE MARINA

Con el fin de analizar los mecanismos de liberación del fósforo que se acumula en los sedimentos de cuerpos de agua y sus efectos hacia la columna de agua, se llevó a cabo un experimento de laboratorio controlando factores fisicoquímicos, como la temperatura y el pH. Bajo el entendido de que no existe precipitación, el incremento en la concentración del fósforo en agua es controlado por la tasa de flujo de las sustancias en el sedimento y en la propia agua. Bajo este principio, y en laboratorio, es posible cuantificar dicha tasa con un balance de masa en todo el sistema. Para tal fin, se deben confinar los sedimentos en tubos o cámaras. En esta ocasión, y

con el fin de estudiar muestras de sedimentos del lago de Pátzcuaro, se diseñaron e instrumentaron cuatro columnas cilíndricas de acrílico de 51 cm de altura y un diámetro interno de 25 cm. En tres de las columnas se colocaron muestras de agua y sedimento extraídas del sitio conocido como El Cuello, en el lago de Pátzcuaro. La cuarta columna sirvió como testigo sin sedimentos. Las muestras de agua de las cuatro columnas se enviaron al laboratorio para análisis de fósforo total, reactivo y soluble durante 53 días. De los resultados de los análisis se obtuvo que la mayor tasa de liberación de fósforo total es de 0.49 mg/m²/día, cifra baja si se compara con la de otros lagos.

Tecnología Hidrológica

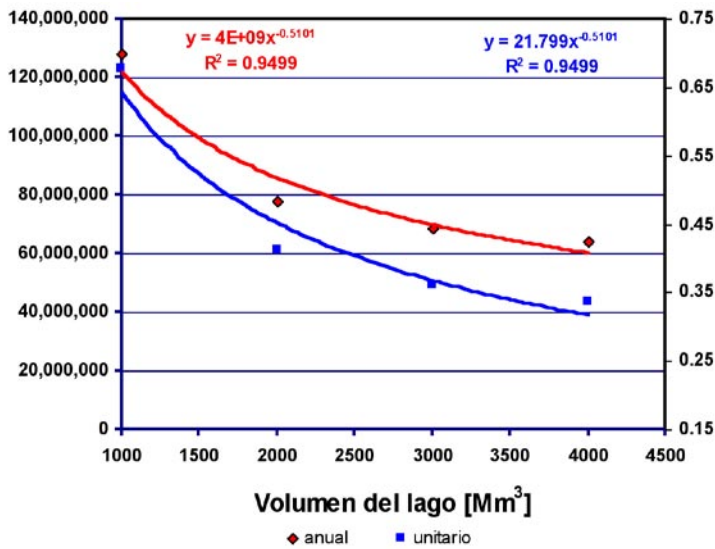
Hidrología subterránea

Con el fin de cuantificar el riesgo de contaminación del agua que se almacenará en la presa Arcediano, Jal., el IMTA llevó a cabo una evaluación de los estudios ambientales y de saneamiento para la CEAS Jalisco. Para ello, se muestrearon cinco sitios ubicados a lo largo del cauce del río Santiago, en los que se midieron 15 parámetros de campo y tomaron muestras de agua y sedimento para análisis de metales, plaguicidas clorados, bifenilos policlorados e hidrocarburos poliaromáticos. Los resultados indican que los metales y contaminantes orgánicos tóxicos ocurren en concentraciones que no comprometen la calidad del agua después de su potabilización. Aunque el nivel de fosfatos en la región rebasa los criterios ecológicos para agua como fuente de abastecimiento, no representa un riesgo para el consumo humano. Por otro lado, se reconstruyó el historial del aporte de metales al río durante las últimas cuatro décadas a partir de resultados químicos e isotópicos de un perfil de sedimentos de 3.5 m de profundidad; se encontró que las concentraciones de manganeso, níquel, cobre y zinc se han incrementado con el tiempo, mientras que la concentración de arsénico ha disminuido; otros metales permanecen sin variación. Para prevenir la eutroficación del vaso de la presa, se recomienda implementar controles a las descargas no puntuales en toda la cuenca. Asimismo, se debe reforzar el programa de identificación de descargas industriales y el pretratamiento del agua antes de mezclarse con aguas residuales municipales. Por otra parte, es conveniente monitorear la cantidad y calidad del azolve en la presa para asegurar la adecuada calidad del agua como fuente de abastecimiento.



MUESTREO DE UN PERFIL DE SEDIMENTOS

Con apoyo de los fondos sectoriales Semarnat-Conacyt, el IMTA llevó a cabo el proyecto *El lago de Chapala y su entorno ecosocial, en el periodo 2003-2006*, cuyo objetivo fue desarrollar una matriz de contabilidad social que permita analizar el impacto económico derivado de la variación del nivel del lago. Para ello, se desarrolló en *VisualBasic el Modelo de simulación ecológica y social (Moses)*, el cual facilita la estimación del valor económico del agua almacenada en el lago para diversos escenarios de manejo del propio recurso. El modelo incluye una matriz insumo-producto, cuya característica principal es el registro de las transacciones de los sectores productivos, así como sus interrelaciones e impactos en la demanda final (consumidores). Con esta herramienta, los usuarios potenciales del Moses: la Semarnat, la Conagua, el INE, la CEAS Jalisco y el Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala, entre otros, podrán calcular el valor del lago como ecosistema y su relación como sustento en la economía de la región, lo que permitirá afrontar con mayor certeza la gestión integral del agua en la cuenca Lerma-Chapala.



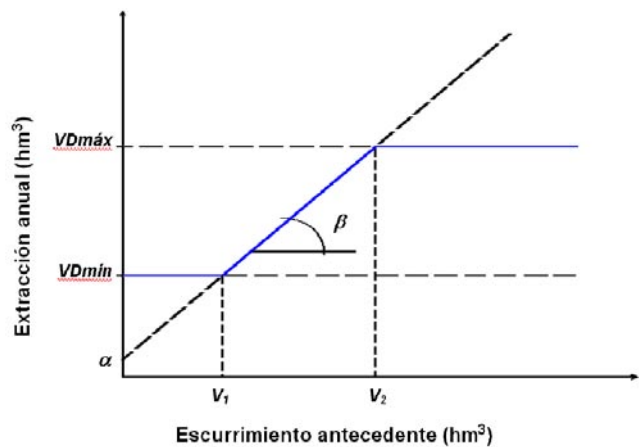
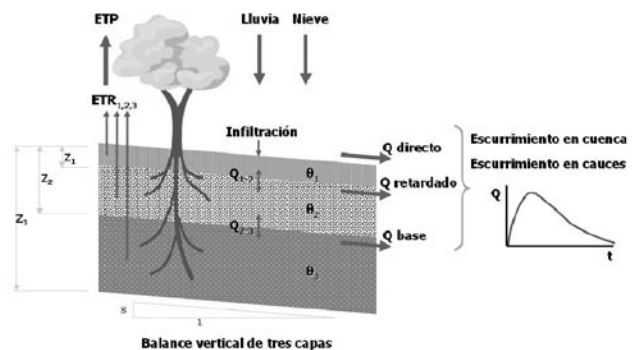
COSTO DE POTABILIZACIÓN PARA DIFERENTES VOLÚMENES DE AGUA EN EL LAGO DE CHAPALA

A solicitud de Pemex Refinación se elaboró un estudio para restaurar los suelos, el subsuelo y el acuífero contaminados por hidrocarburos en la refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, Cadereyta, NL. Los trabajos desarrollados incluyeron la identificación de las fuentes generadoras de infiltración de hidrocarburos mediante métodos geofísicos, y la construcción de cinco pozos de bioventeo para restaurar la zona vadosa contaminada con hidrocarburo residual, así como la rehabilitación y operación del sistema de 12 pozos de extracción y de bioventeo que se encuentran en el acuífero.

Para continuar con los trabajos de restauración ambiental de la Unidad Minera Industrial Tuxtla Gutierrez (UMIT), Ver., Pemex Gas encomendó al IMTA la elaboración del proyecto ejecutivo y las bases de licitación para el tratamiento fisicoquímico de residuos de hidrocarburos y su aprovechamiento en la estabilización del material utilizado en las vías de acceso a la unidad minera. Para cumplir con este trabajo, se llevó a cabo la revisión, inspección y verificación de las vías de acceso y áreas contaminadas, así como el levantamiento topográfico de las mismas. Asimismo, se hicieron estudios de mecánica de suelos y de tráfico vehicular. Los resultados del proyecto indican que los residuos de los hidrocarburos podrán utilizarse en el encarpado de las vías de acceso a la UMIT, disminuyendo así los riesgos de contaminación a los diferentes cuerpos de agua de la zona.

Aprovechamientos hidráulicos

Con objeto de dar cumplimiento a la revisión anual obligatoria establecida en el Convenio de Concertación para la Distribución de las Aguas Superficiales de la Cuenca Lerma-Chapala, se exploraron nuevas opciones. Así, se variaron las garantías para la entrega de los volúmenes concesionados al riego, modificando los límites máximos y mínimos garantizados, con la condición de mantener el nivel en el lago de Chapala por encima del mínimo establecido; de esta manera, se obtuvieron reglas para la asignación del agua a la pequeña irrigación de acuerdo con el escurrimiento anual antecedente generado en cada subcuenca. En el análisis de las nuevas políticas, se encontró que al incrementar la garantía el volumen entregado disminuye y se incrementa el déficit y, en algunos distritos, la capacidad de regulación de los almacenamientos no permite garantizar el 50% pactado originalmente ni extraer el volumen concesionado sin incurrir en déficit. Para probar el comportamiento del sistema al aplicar la Política Óptima Conjunta bajo la ocurrencia de otras



POLÍTICA DE ASIGNACIÓN TÍPICA

series de lluvias, se obtuvieron series sintéticas de precipitación diaria de sesenta y 120 años mediante una nueva metodología basada en estados ocultos de Markov; al simular con estas series se encontró que únicamente una de las series de sesenta años presenta descensos en el lago por debajo de los 1,000 hm³. Por otra parte, se cuantificó la capacidad de almacenamiento de la pequeña irrigación empleando técnicas de percepción remota, lo que arrojó un volumen total estimado de 1,241 hectómetros cúbicos.

Como resultado de los procesos de negociación para construir el acuerdo que culminó con la suscripción del convenio antes citado, quedó de manifiesto la necesidad de fortalecer la capacidad de todos los actores que forman parte de los grupos de trabajo encargados de construir acuerdos consensuados en materia hídrica. Para ayudar a cubrir esta necesidad, el IMTA desarrolló una guía que orienta y apoya a quienes llevan a cabo procesos de negociación en los espacios de concertación que han sido definidos para ello en la Ley de Aguas Nacionales; esto es, los consejos de cuenca, los comités de agua superficial y los acuíferos, entre otros. La guía contiene una introducción al marco institucional mexicano e identifica algunos elementos que detonan conflictos por el agua en nuestro país. Posteriormente, plantea una serie de pasos lógicos a seguir para efectuar un proceso de negociación, haciendo hincapié en la mediación como una forma específica para el efecto. Además, sugiere diversas herramientas analíticas, como los modelos de simulación y optimización, y los sistemas de información geográfica para la toma de decisiones, así como técnicas de participación social. La guía tiene un carácter de orientación, ya que cada conflicto requiere de un diagnóstico específico que permita implementar una estrategia adecuada para resolverlo.

En colaboración con el Organismo de Cuenca del Río Balsas, se completó la segunda etapa del modelo dinámico de gestión coordinado con el modelo hidrológico distribuido para la cuenca. La primera etapa, en 2005, cubrió la parte alta de la cuenca hasta la presa El Caracol, con 52,000 km², y la segunda etapa, en 2006, cubrió la cuenca hasta su desembocadura, con 117,000 km². Estos modelos permiten determinar el balance hídrico superficial y subterráneo por cuencas y acuíferos, así como formular y explorar diversos escenarios de manejo del agua con base en la problemática de la

región, tales como: el incremento en la cobertura de agua potable y en su eficiencia, la transferencia de agua a otras cuencas, el mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua para riego agrícola, la reducción de la sobreexplotación de acuíferos en la parte alta de la cuenca y la limitación a nuevas concesiones de agua, o bien, su reducción para uso en la generación de energía eléctrica, entre otros escenarios.

En lo que respecta a la participación con los gobiernos de los estados, la CEAS Jalisco y el IMTA establecieron un convenio de colaboración para desarrollar por etapas, en un horizonte de tres años, el sistema de soporte para la gestión integral del agua en la cuenca de aportación de la presa Arcediano, cuyo fin es apoyar el mejor aprovechamiento de la obra que abastecerá de agua potable a la ciudad de Guadalajara y su área metropolitana. En la primera etapa del proyecto se implantó un modelo hidrológico distribuido de la cuenca del sitio Arcediano, que tiene una superficie drenada de 25,724 km². Este modelo genera series diarias multianuales del escurrimiento directo, retardado y base que se produce en cientos de unidades hidrológicas relativamente homogéneas (UH), así como los hidrogramas en los tramos de la red de corrientes y los cuerpos de agua superficial. Asimismo, se generan diversos mapas temáticos, gráficos y tablas de variables hidrológicas que se pueden exportar. El modelo hidrológico desarrolla, para cada UH y, en cada intervalo diario, seis procesos de simulación con base en datos fisiográficos y meteorológicos, así como en los parámetros de los procesos. Cuatro de los procesos simulan el flujo vertical del agua en la UH y los otros dos el flujo horizontal; la calibración se hace con el apoyo de un procedimiento de optimización de parámetros que requiere la incorporación de características y series históricas de operación de los 15 embalses principales, actividad que se continúa en conjunto con la CEAS Jalisco.

Hidrometeorología

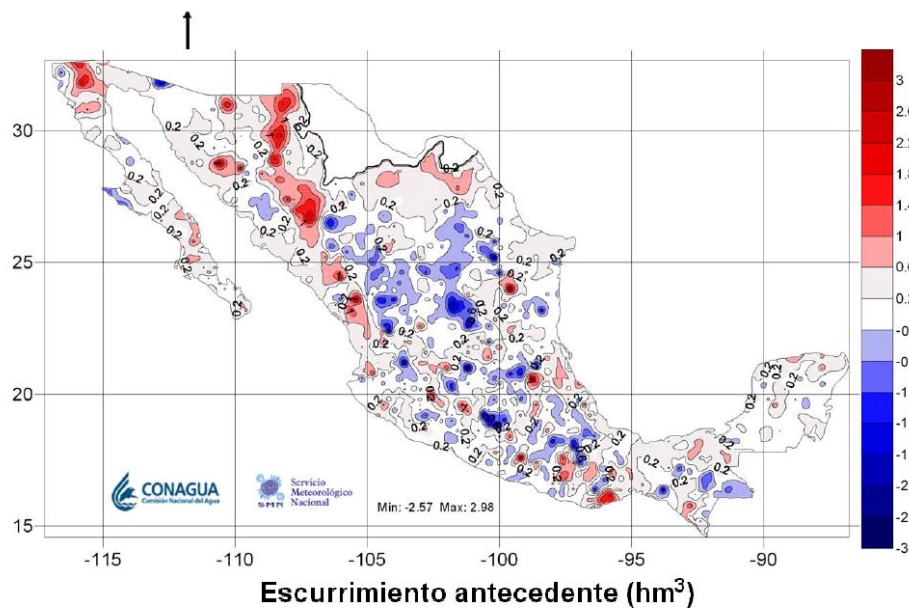
En apoyo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), se elaboró un *Atlas climatológico* para el periodo 1961-2000. La información que se utilizó para este fin se obtuvo de la base de datos *MAYA1* del propio SMN. Para la elaboración de las cartas climatológicas se utilizaron herramientas

estadísticas básicas con las que se definieron las distribuciones máxima, mínima y media anuales para todas las variables climatológicas de las que se tiene registro: temperatura, precipitación, estado del cielo, neblina, granizo y tormentas eléctricas. El atlas incluye un total de 168 productos climatológicos que son requeridos por el SMN, entre los que se encuentran la distribución espacial de lluvia y temperatura bajo forzamientos de escala global, como los fenómenos de El Niño y La Niña. Además de estos resultados, se encontró que existen variaciones climáticas que se manifiestan a través de un calentamiento en el norte y un enfriamiento en el centro y sur del país.

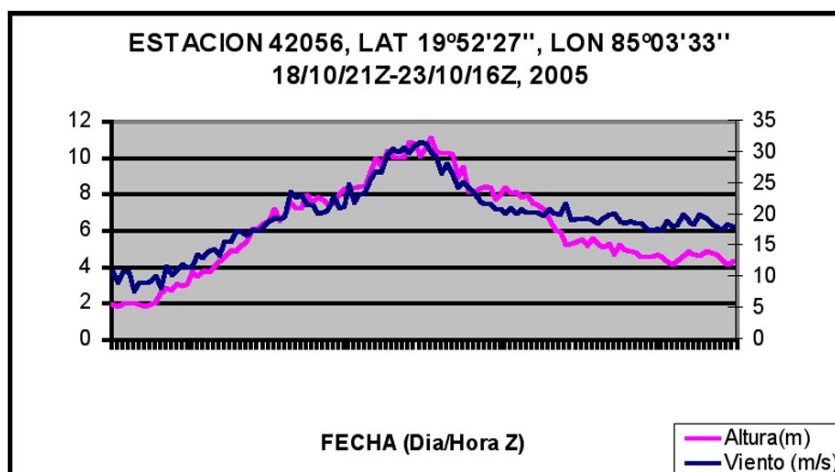
En colaboración con el INE y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, se desarrollaron, en forma paralela, dos proyectos: *Análisis de posibles impactos del cambio climático, estudio de caso preliminar: Cancún, QR., y Actividades del taller de investigadores relacionados con los impactos del cambio climático en el sector turístico mexicano y los actores clave del sector.* Ambos proyectos tuvieron como objetivo analizar los posibles impactos que tendrán en el turismo de playa, particularmente en Cancún, la variabilidad y el cambio climático, tomando en cuenta los eventos extremos recientes. Los daños que históricamente han sido más cuantiosos son aquellos que afectan las vías de comunicación, la electrificación y alumbrado, y las estructuras y acabados de construcciones, así como los que erosionan la costera. El análisis

incluyó un estudio para determinar la probabilidad de que estos fenómenos ocurran, con mayor o menor frecuencia e intensidad, y si existe o no desfase en cuanto a la época del año en que se presentan. Además, se emitió una serie de recomendaciones con el objeto de mantener de forma sostenible la actividad turística de Cancún. Los resultados se presentaron en un taller de expertos.

En lo que respecta a la contratación de proyectos para PEP, Región Norte, se desarrolló el proyecto: *Servicio de apoyo técnico en meteorología para la atención del Plan de Emergencia por Huracanes en la Región Norte de PEP*, en el cual se revisó el Plan de Respuesta a Emergencias por Huracanes (PRE-H), que sirve de apoyo en la toma de decisiones para salvaguardar la vida de los trabajadores y la integridad de las instalaciones. Una vez revisado y actualizado el plan, se imprimieron ochocientos ejemplares que se distribuyeron en las oficinas que coordina PEP, Región Norte, así como entre el personal de las diferentes áreas que conforman dicha región administrativa. Durante la temporada de huracanes se proporcionó asesoría al Grupo Técnico de Análisis del PRE-H, para lo que se elaboraron boletines meteorológicos y se preparó el material para discusión de condiciones meteorológicas, de pronóstico y apoyo en la toma de decisiones. Asimismo, se desarrolló un *Sistema automatizado para el cálculo de la probabilidad de arribo de ciclones tropicales*, sistema de cómputo que obtiene



LA MEDIA DE LA TEMPERATURA MÁXIMA PARA 1971-2000, MENOS LA MEDIA DE LA TEMPERATURA MÁXIMA PARA 1961-1990



GRÁFICA QUE MUESTRA LA ALTURA DE OLA (M) Y VELOCIDAD DE VIENTO (M/S), MEDIDAS DURANTE EL PASO DEL HURACÁN WILMA POR UNA BOYA DE LA AGENCIA DEL OCEANO Y DE LA ATMÓSFERA DE LOS ESTADOS UNIDOS, EN EL MAR CARIBE

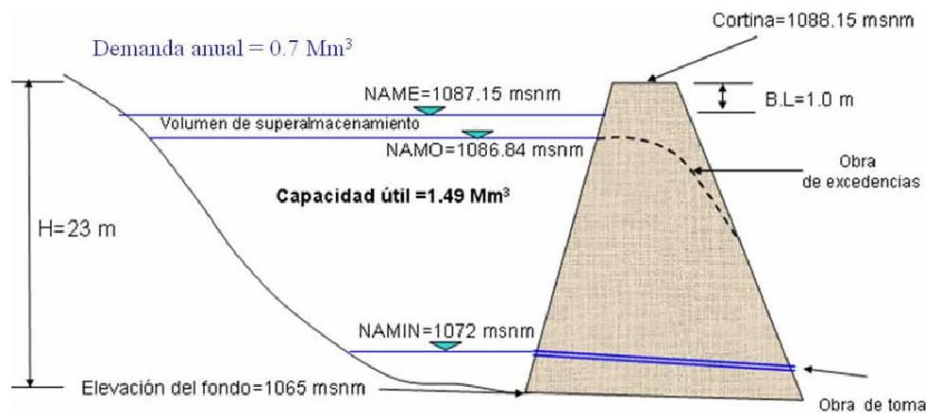
en forma automática y en tiempo real los boletines del Centro Nacional de Huracanes de Miami, EUA. El sistema contiene el pronóstico de trayectoria e intensidad de los ciclones tropicales del océano Atlántico, y calcula la probabilidad de afectación a la zona de máximo alertamiento centrada en cada una de las plataformas al momento de la emergencia, presentando los resultados a través de tablas y mapas que pueden ser consultados por el personal de Pemex a través de una página de Internet.

Hidrología y mecánica de ríos

El cuidado de las obras hidráulicas, y en especial la seguridad de las presas, constituyen prioridades de la Conagua y de la CFE. Con la construcción de infraestructura hidráulica se presenta la necesidad de estudiar y evaluar la posibilidad de falla y el eventual rompimiento de una cortina. Estos estudios consideran diferentes aspectos, desde la revisión de las avenidas históricas hasta la preparación de planes de contingencia. Por ello, la CFE solicitó al IMTA la elaboración del estudio *Evaluación de la posibilidad y tipo de falla de la presa hidroeléctrica La Yesca*, ubicada en Jalisco, cuyo objetivo es evaluar los escenarios de falla durante la construcción de la presa, del primer llenado y de la vida útil; las probabilidades de ocurrencia; el mecanismo de rompimiento; el desplazamiento de la onda de avenida; la elaboración de mapas de inundación, y la evaluación del riesgo. La presa hidroeléctrica La Yesca tendrá una capacidad instalada de generación de energía de 750 MW

y constituirá un elemento importante del sistema de presas del río Santiago. La cortina será de enrocamiento con cara de concreto y tendrá una altura de 210 m, por lo que será una de las más altas del mundo en su tipo. En comparación con la presa El Cajón, Nay., la cortina de La Yesca será 13% más alta y 20% más voluminosa. El estudio permitió determinar la falla más probable de la cortina y los efectos ocasionados aguas abajo del sistema a partir de la onda de crecida producida en La Yesca, así como emitir recomendaciones para la implementación de un sistema de alerta.

El gobierno municipal de Huitzoco de los Figueroa, Gro., encomendó al IMTA un estudio hidrológico para conocer la disponibilidad y magnitud de los escurrimientos para abastecer de agua potable a la localidad. La población de este municipio recibe tandeos de agua cada 23 días y la situación se agrava por la creciente demanda de vivienda y trabajo en el estado. El estudio consistió en la caracterización del régimen hidrológico de precipitaciones y escurrimientos, en el diseño de anteproyectos de cuatro posibles sitios para construir embalses para abastecimiento y en el proyecto ejecutivo para la construcción de la cortina de la presa Zapotitlán, con las siguientes características: capacidad útil de 1.49 hm³, altura de 23 m y línea de conducción con una longitud total de 4 km. La construcción de estas obras permitirá dotar a la población con 150 l/hab/día, mejorándose radicalmente la situación actual; además, esta estructura permitirá disminuir las inundaciones que sufre la población.



ANTEPROYECTO DE LA PRESA ZAPOTITLÁN, GUERRERO

En el mismo estado de Guerrero, el gobierno del municipio de Ayutla de los Libres encomendó al IMTA estudios para contribuir a mejorar las condiciones de abastecimiento de agua potable y saneamiento. Con respecto al primero, se propuso la rehabilitación del tanque de abastecimiento Piedra del Zopilote, así como de las obras de toma sobre los ríos Petlahuaca y Tepunte, que constituyen las principales fuentes superficiales de abastecimiento. Las obras de toma serán de captación directa con aforador de pared delgada y desarenador lateral. En cuanto al saneamiento, se hizo un estudio hidráulico en el río Palaté, que se ubica dentro de la localidad y que constituye el cuerpo receptor de las aguas residuales de la población. Asimismo, se elaboró el proyecto ejecutivo para la construcción de colectores marginales y de un emisor para conducir las aguas residuales fuera de la localidad, ambos con una longitud de 6.1 km y de 12" y 16" de diámetro, respectivamente, los cuales evitarán la contaminación de los ríos Palaté y Ayutla, y permitirán la correcta recolección de aguas negras y pluviales dentro de la zona urbana de la localidad.

Como parte del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, y con el fin de cuantificar con mayor precisión los componentes del balance hídrico, se instalaron cinco equipos *ETGage* para la estimación de evapotranspiración, cinco sondas de humedad del suelo y dos estaciones climatológicas. Asimismo, para validar la estimación del escurrimiento que llega al lago se realizaron aforos en 28 arroyos principales. Comparando los aforos hechos en

2004, se observó una disminución en el volumen aportado al lago en 2006 de 1,000 l/s. Se tomaron muestras de agua y se midieron in situ algunos parámetros químicos, con la finalidad de identificar su posible origen. Se encontró que los principales arroyos contaminados por aguas residuales se encuentran en Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan, Michoacán.

Con el objeto de transferir tecnología y formar personal capacitado, se impartieron cursos de *HEC-HMS* y *SWAT2000* para la CFE y uno sobre *InfoworksRS* para la Conagua. Los dos primeros tuvieron como objetivo contribuir al manejo integral de las cuencas de alto riesgo en el país, mientras que el tercero apoya en la modelación de cauces. *InfoworksRS* permite la interacción de información hidrométrica, climatológica, de estructuras existentes sobre los ríos, topográfica, de modelos digitales del terreno y ortofotos, tanto en formato numérico como digital. Como resultado del curso de *InfoworksRS* se logró que el grupo de participantes, con la dirección y apoyo de los instructores, generara un proyecto hidrológico integral de una cuenca piloto. El proyecto incluyó los estudios básicos (hidrológico e hidráulico), el procesamiento de información básica, la hidrodinámica del río y los anteproyectos para el control de avenidas en una cuenca. Además, se utilizó el programa *MoSeT*[®] (modelación de series de tiempo), desarrollado en el IMTA, el cual permite crear series hidrológicas para construir escenarios de simulación.

También para la CFE, se impartieron talleres sobre regionalización hidrológica y sobre



ETGAGE EN CHAPULTEPEC, PÁTZCUARO, MICHOACÁN

estimación bivariada de avenidas. Esta última metodología permite estimar avenidas asociadas a un determinado periodo de retorno, pero con la probabilidad conjunta de la ocurrencia simultánea de un cierto gasto pico y volumen de escurrimiento directo. El taller de regionalización hidrológica consistió en exponer la metodología matemática y estadística requerida en la transferencia de información hidrológica a sitios sin registros o con información escasa. Se expusieron las bases de la regionalización hidrológica, el concepto de cuencas homogéneas, algunos modelos regionales como el de la Avenida Índice, técnicas multivariadas y procesos geoestadísticos para interpolación espacio-temporal de registros. Como resultado de este taller, los participantes están capacitados para evaluar el potencial hídrico de cualquier cuenca del país y estimar su régimen de escurrimientos. El taller de estimación bivariada de avenidas hará posible evaluar o revisar la seguridad hidrológica de las principales presas de la Comisión Federal de Electricidad.

Tratamiento y Calidad del Agua

Potabilización

A solicitud de la Junta de Agua Potable y Alcantarillado de Culiacán, Sin. (JAPAC), se elaboró la ingeniería básica de una planta potabilizadora de 300 l/s para remover el hierro y el manganeso del agua que se abastece a la población. La JAPAC, por su parte, desarrolló el proyecto ejecutivo de la planta, bajo la supervisión del IMTA, y actualmente propone el proyecto al gobierno del estado con la finalidad de obtener apoyos económicos y financieros para la construcción.

Se recibió una solicitud de Pemex Refinación para elaborar el diagnóstico de factibilidad técnica, económica y ambiental para la modificación de la planta desmineralizadora UDA-400, a construirse en la refinería Héctor R. Lara Sosa, Cadereyta de Jiménez, NL. El proceso —factible técnica, económica y ambientalmente— incluye filtros multimedia, desinfección con luz UV, ultrafiltración, ósmosis inversa, intercambio catiónico, descarbonatación de tiro forzado e intercambio aniónico. Sin embargo, el proyecto es muy sensible a cambios en los precios de los insumos y corre el riesgo de no ser rentable con la configuración actual; por ello, se recomendó eliminar las etapas de filtración multimedia y la desinfección con luz UV, ya que con la ultrafiltración es posible retener la mayor parte de los sólidos en suspensión de hasta $0.08 \mu\text{m}$, incluyendo las bacterias, por lo que el agua producida tendrá un índice de incrustación de <3 , estará libre de bacterias y en condiciones de alimentar a la ósmosis inversa para continuar el proceso de tratamiento. Con estas acciones la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto aumentaría de 14.45 a 15.85% y, en todos los casos planteados en el análisis de sensibilidad, la TIR es mayor a 12 por ciento.

En lo referente al ámbito internacional, se recibió una solicitud de la Universidad Estatal de California, Campus Berkeley, EUA, para evaluar un dispositivo doméstico de desinfección de agua de consumo humano mediante lámparas de radiación ultravioleta llamado tUVo, que puede ser fabricado por los mismos usuarios con un costo aproximado de 420 pesos. Se inició la evaluación conforme a la NOM-180-SSA1-1998, *Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Equipos de tratamiento de tipo doméstico. Requisitos sanitarios* y, como resultado, se determinó que el equipo cumple con las especificaciones de la norma antes mencionada y se consideró efectivo para la desinfección del agua. Actualmente, después de hacer algunos ajustes al diseño del equipo, el IMTA lleva a cabo pruebas de campo para evaluar el uso, efectividad y aceptación del tUVo en una comunidad rural de Morelos. Hasta el momento, el tUVo ha tenido aceptación por parte de los usuarios debido a que es un método rápido, no altera el sabor del agua y otorga beneficios a la salud y a la economía de las familias usuarias.

Con respecto a la remoción de arsénico del agua, se trabajó en dos líneas principales: electrocoagulación y desionización capacitiva. El reactor experimental de electrocoagulación se probó utilizando agua del pozo del IMTA, a la que se agregaron $100 \mu\text{g/l}$ de arsénico. Con dosis aplicadas de 10 mg/l de hierro y valores del número de Camp ($G \cdot t$) cercanos a 10,000, se formaron flóculos de muy buena sedimentabilidad, logrando remociones del 91% del arsénico antes de filtrar. Por otra parte, se observó que el agua con conductividades eléctricas de $600 \mu\text{S/cm}$ y mayores evitan la pasivación de los electrodos, la eficiencia electroquímica es alta en el reactor y la producción de hierro es constante. A solicitud del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de

Gómez Palacio, Dgo., se realizaron trabajos de desionización capacitiva como son: pruebas de tratabilidad con el equipo DESEL®, obteniéndose un efluente con 5 µg/l, una eficiencia de remoción superior al 99% y una recuperación de agua de hasta 97% del caudal total. En cuanto al biosensor de *E. coli* para determinar arsenito y arsenato en agua, se propagaron los cultivos y se criopreservaron en glicerol. Además, se cuenta con una cepa nativa que sirve de control y se estandarizaron las técnicas de la evaluación de la β-galactosidas y el luminómetro.

Por otro lado, se han realizado proyectos con financiamiento de los fondos mixtos, tanto del Conacyt como de los gobiernos de los estados de Morelos y de Guanajuato, para captación y tratamiento de agua de lluvia. En Morelos se hicieron pruebas mediante filtración en múltiples etapas (Fime), pero fue necesario agregar un coagulante. Bajo este esquema, se construyó una planta Fime modificada y se rehabilitó la olla de captación Núm. 2. Para el caso de la operación de la planta, solo falta capacitar a los miembros del comité de agua de la comunidad. En Guanajuato se montaron dos trenes de tratamiento para potabilizar agua en la comunidad de Santa Ana: uno mediante Fime y otro compuesto por un filtro de matriz de arena y cantos rodados (FMACR), seguido por un filtro lento de arena. El esquema de Fime con tres prefiltros gruesos en serie, seguido de un filtro lento de arena (FLA) fue capaz de cumplir con la NOM-SSA1-127-1994 en color real y turbiedad para valores máximos en el agua cruda de 60 Pt-Co y 70 UTN, respectivamente. Para el



INSTALACIÓN PILOTO DE FILTRACIÓN EN MÚLTIPLES ETAPAS (FIME)



VISTA DE LA PRIMERA COLUMNNA (FILTRRO GRUESO)

tren FMACR-FLA, los valores máximos en el agua cruda para cumplir con la misma norma, fueron 35 Pt-Co para color real y 50 UTN para turbiedad.

Se recibió una invitación de la Comisión Federal para Prevención del Riesgo Sanitario, para que el IMTA pueda participar en la revisión y actualización para la modificación de la NOM-SSA1-127-1994. Con base en una perspectiva de riesgos a la salud humana, se soportó técnicamente la necesidad de modificar los límites máximos permisibles de arsénico y flúor, así como la de incrementar el número y naturaleza de los parámetros necesarios para la vigilancia de la calidad del agua para uso y consumo humanos.

Calidad del agua

En el marco del convenio con Pemex relacionado con la *Elaboración de estudios y diagnósticos ambientales, muestreos y análisis para la caracterización de aguas residuales y cuerpos de agua en instalaciones de PEP, Región Sur y sus áreas aledañas*, se hicieron monitoreos de verificación de descargas en 26 instalaciones de la paraestatal, de los Activos Muspac, Cinco Presidentes y Jujo-Tecominoacán.

En cuanto al estudio *Calidad del agua del río Zahuapan e impacto de las descargas* efectuado a través de los fondos mixtos entre Conacyt y el gobierno de Tlaxcala, se elaboró un inventario, se aforaron, localizaron, muestrearon y analizaron 38 descargas residuales. En 23 de ellas se rebasaba la NOM-001-SEMARNAT-1996 para grasas y aceites y para DBO₅. En conjunto, el río recibe 38



RÍO ZAHUAPAN, ESTACIÓN DE MUESTREO, TLAXCALA

toneladas de DBO_5 diariamente, lo que deteriora su calidad en la zona urbana.

En el tema de fotocatalisis se obtuvo una forma de dióxido de titanio nanoparticulado sensibilizada con ftalocianina de hierro, con propiedades fotocatalíticas que superaron, en las condiciones probadas, las del dióxido comercial (Degussa y Aldrich). Este fotocatalizador es capaz de oxidar hasta en 99% el plaguicida carbofurano, en menos de dos horas de exposición al sol. Sin embargo, solo se logra una disminución en el carbono orgánico total de 50%, debido a la generación de subproductos, de los que se identificaron cinco. Este resultado es similar al obtenido con otros procesos avanzados de oxidación.

En el caso de tratamiento de agua con colorantes textiles, se ha logrado decolorar disoluciones de azul directo 2, colorante muy utilizado en la industria textil nacional, mediante Foto-Fenton en 45 minutos, mediante la aplicación de un sistema estático expuesto a la radiación solar. La disminución en la DQO y en el contenido de COT, después de dos horas de tratamiento, fue de 75%. Por otro lado, en muestras de un litro de agua residual procedente de la industria textil, que se sometieron a pruebas de degradación utilizando el sistema de colección solar canal parabólico compuesto ($\sim 0.1 \text{ m}^2$ de área de colección solar) en modo recirculación, se encontró que el color es eliminado completamente en un lapso de 15 a 60 min de reacción, según la naturaleza del colorante. Asimismo, se llevó a cabo una estimación de los parámetros de escalamiento del proceso, calculando que para tratar 100 l de agua se

requieren de, aproximadamente, 7 m^2 de superficie de colección solar. En el tratamiento fotocatalítico de aguas de lavado de envases de plaguicidas, se estudiaron las condiciones que permiten la oxidación de atrazina (hasta 50 mg/l) mediante el proceso Fenton activado con energía solar; este proceso genera como subproductos principales la deisopropilatrazina y la desetilatrastina. No hubo evidencia de la formación de ácido cianúrico, informado como subproducto refractario en otros tratamientos, y la 2-hidroxiatrastina apenas fue detectable a 1.2 mg/l . La reacción se efectuó utilizando una concentración de Fe^{2+} de 1.5 mM con adición escalonada de peróxido de hidrógeno. El experimento estuvo bajo radiación solar un tiempo total de 8.5 h, después del cual se logró una oxidación global de 96.6% y una remoción en el COT de 45 por ciento.



COLORANTE ANTES DEL TRATAMIENTO FOTOCATALÍTICO



RESULTADOS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO FOTOCATALÍTICO

Se hicieron investigaciones para el tratamiento de agua proveniente del lavado de suelo contaminado con hidrocarburos, usando procesos avanzados de oxidación. Se probaron dos sistemas: la fotocatalisis con hierro/peróxido/UV y cobalto/peroximonosulfato/UV. Se determinó que ambos procesos, activados por energía solar, fueron capaces de llevar a cabo una degradación superior a 95% de los contaminantes hasta en 15 min de reacción. En cuanto a la desactivación de esporas (*Bacillus subtilis*) por medio procesos secuenciales fotocatalisis-desinfección, se lograron inactivar tres órdenes de magnitud de esporas (>99.99%), para el proceso fotocatalítico, y cuatro órdenes de magnitud, cuando el proceso se efectúa secuencialmente con aplicación de cloro como desinfectante en el mismo lapso, lo que hace competitivo el proceso en cuestión, tanto en eficiencia como en costo

Tratamiento de aguas residuales

Con el fin de generar un sistema de tratamiento de aguas residuales de bajo costo, de fácil operación y mantenimiento para pequeñas comunidades, se ha trabajado en el desarrollo de un sistema de biofiltración sobre materiales orgánicos tropicales. De 14 especies orgánicas identificadas, se realizó la evaluación en cinco; cuatro fueron seleccionadas como medios filtrantes, mismos que fueron probados en seis biofiltros experimentales, con y sin aereación forzada. Los resultados muestran que con esta tecnología es posible obtener agua tratada que cumple con los parámetros de descarga más estrictos de la NOM-001-SEMARNAT-1996 para protección a la vida acuática, a excepción del fósforo, el cual cumple para uso en riego agrícola y uso público urbano. Esta tecnología demostró ser eficiente en remoción de microorganismos patógenos sin tener que efectuar desinfección química. Con financiamiento de la organización civil Patronato de San Antón, el IMTA efectuó el proyecto ejecutivo para implementar y supervisar la instalación del sistema de biofiltración sobre materiales orgánicos tropicales en la Escuela Federal Núm. 2 de Cuernavaca, Mor., mismo que se iniciará y calibrará en 2007.

Asimismo, se determinó la capacidad del sistema de biofiltros sumergidos de flujo descendente en distintas condiciones de operación: carga orgánica, tiempos de residencia hidráulica y tiempos de



PRUEBAS DE BIOFILTROS SUMERGIDOS DE FLUJO DESCENDENTE

retención de biomasa. Para ello se utilizaron seis diferentes materiales de soporte sintético: granos de polietileno de alta y de baja densidad, granos de polipropileno, cubos de poliuretano, cinta de polietileno (SESSIL), esferas de cerámica y granos de tezontle rojo previamente triturado. Los biofiltros se operaron en continuo con cuatro diferentes cargas orgánicas y se evaluó su desempeño. Los mejores resultados se obtuvieron en los reactores con cinta SESSIL, con granos de polietileno de baja densidad y con cubos de poliuretano. La remoción del nitrógeno amoniacal, $N-NH_3$, depende más de la concentración de oxígeno disuelto en el reactor que de la carga orgánica. El efecto de la carga orgánica es mayor a menores concentraciones de oxígeno disuelto. Debido a los altos tiempos de retención celular, los biofiltros sumergidos tuvieron una generación de lodo residual 25 veces menor, comparada con la de los biofiltros percoladores.

En cuanto a cooperación internacional se refiere, se llevó a cabo el V Curso Internacional de Sistemas Integrados de Tratamiento de Aguas Residuales y su Reúso para un Medio Ambiente Sustentable. De esta manera, se concluye el Convenio de Colaboración con la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, mediante el cual se capacitó en estos temas a 68 estudiantes.

Con la finalidad de atender una de las líneas estratégicas más importantes del país, se hizo el *Estudio del mercado nacional para el tratamiento de aguas residuales y de la demanda de agua tratada para su reúso*, para el cual se identificaron cincuenta ciudades con más de 250,000 habitantes. Se definieron cuatro casos para determinar los sitios de oportunidad para el tratamiento de aguas

residuales: ciudades con alta disponibilidad natural del recurso, ciudades con bajo costo del agua por m³, ciudades con infraestructura suficiente para satisfacer la demanda a 2026 y ciudades con déficit de infraestructura de saneamiento a 2026.

Para la estimación de costos de inversión se consideraron los cuatro tipos de proceso de tratamiento más utilizados en el país: lagunas de estabilización, lagunas aeradas, filtro percolador y lodos activados. Se obtuvo, como conclusión, que el mercado de aguas residuales tratadas está en función de la demanda de agua, del volumen ofertado y de su calidad. Sin embargo, el precio del agua de primer uso y del agua residual tratada está íntimamente ligado a los aspectos culturales, entre ellos, la distribución del propio recurso. Por otro lado, la demanda potencial tiene como fundamento principal el crecimiento de las actividades humanas.

Como parte de los experimentos para tratar aguas residuales, se trabajó en la instalación de un humedal para determinar el impacto ambiental y la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales en Erongarícuaro, Mich., que forma parte de la segunda etapa del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro. El tren de tratamiento está conformado por: pretratamiento, sedimentador, humedal de lodos, humedal para el sobrenadante, laguna de maduración y humedal de pulimento. Al respecto, se concluyó el proyecto ejecutivo y la manifestación de impacto ambiental, y se realizó la evaluación y brindó asistencia técnica para la operación del humedal de Santa Fe de la Laguna, Mich. Como parte de la adecuada operación del sistema, se consideró la necesidad de capacitar a cuatro operadores seleccionados por la comunidad.



HUMEDAL DE SANTA FE DE LA LAGUNA, MICHOACÁN

Para Pemex se efectuó la cuantificación y caracterización del lodo residual estabilizado que se genera en la Petroquímica Cangrejera, S.A de C.V. Para ello, se elaboró el estudio de la deshidratación del lodo y el correspondiente para definir su disposición final o su utilización como sustrato en plantas ornamentales. Asimismo, se desarrolló el paquete de ingeniería básica y de detalle y se conformó el paquete para la licitación de la obra. Además, se efectuó la ingeniería básica y de detalle para la rehabilitación de la laguna de lodos y para la instalación de drenes, subdrenes y pozos para control de lixiviados. Asimismo, se elaboraron el informe preventivo de impacto ambiental y el estudio preliminar de riesgo, aplicados a la ingeniería básica y de detalle. La implantación de este proyecto permite dar una disposición o uso al lodo, cumpliendo con las NOM-004-SEMARNAT-2002, NOM-052-SEMARNAT-2005 y los artículos considerados en la Ley de Aguas Nacionales.

Los colorantes orgánicos de tipo azo son los más numerosos, si bien se pierde el 15% de la producción, aproximadamente, en los efluentes de industrias de síntesis y procesamiento. Al respecto, para efectuar las pruebas de tratabilidad mediante oxidación química, fueron seleccionados tres colorantes: amarillo ácido 36-monoazo (AA36), azul directo 2-diazo (AD2) y negro directo 38-triazo (ND38). Con la prueba de Fenton se obtuvo la oxidación de los tres colorantes con porcentajes de eliminación de color superiores al 99%, mientras que con el tratamiento biológico de biomasa suspendida, en un sistema combinado anaerobio-aerobio + carbón activado, se lograron remociones de DQO, color y toxicidad de 99% con los tres colorantes.

Hidrobiología y evaluación ambiental

En el marco de colaboración con la CFE, se realizó el Dictamen de Factibilidad Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico La Yesca. Para ello, se partió de la Manifestación de Impacto Ambiental Regional del Proyecto, fundamentalmente por estar ubicado entre Jalisco y Nayarit. Cabe destacar que el estudio fue efectuado por la Universidad de Guadalajara, tanto para este proyecto como para el *Proyecto hidroeléctrico El Cajón*; la información técnica de soporte está disponible. Otro factor importante que se consideró para llevar a cabo el dictamen de factibilidad técnica, fue el acuerdo que hace

mención al Presupuesto de Egresos de la Federación para el ejercicio fiscal 2006, en donde se establece que los programas y proyectos de inversión de infraestructura hidráulica mayores a 50 millones de pesos deben contar con el dictamen favorable hecho por expertos, sobre el análisis de factibilidad técnica, económica y ambiental y, en su caso, sobre el proyecto ejecutivo, antes de iniciar alguno de los procedimientos de contratación. El resultado del análisis permitió concluir que el *Proyecto hidroeléctrico La Yesca* es ambientalmente factible.

Con la Conagua se desarrolló el proyecto *Indicadores biológicos sobre el cauce del río Verde, Jal.*, área de embalse de la futura presa El Zapotillo. El objetivo del proyecto es solventar diversas observaciones emitidas por la Dirección General de Impacto y Riesgo Ambiental de la Semarnat. De esta forma, con el fin de identificar la calidad del agua del río mediante la utilización de organismos acuáticos, se efectuó el muestreo en siete estaciones a lo largo del río, desde la zona propuesta para el inicio del futuro embalse, hasta 2 km aguas abajo del sitio propuesto para la cortina. Por las características de la zona y la época del muestreo, durante el estiaje, los parámetros de campo indicaron una buena oxigenación del agua y poco contenido de materia orgánica, mientras que los organismos identificados confirman la buena calidad del agua. Asimismo, se estimó que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos muestra gran capacidad de adaptación de un ambiente lótico a uno léntico.

Con apoyo del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua y la convocatoria Conagua-Conacyt 2004/2, relativo a Playas Limpias, en octubre de 2005 se inició en las bahías de Ixtapa y Zihuatanejo, Gro., la obtención y revisión de información ambiental, de servicios, social, oceanográfica, de infraestructura y de riesgo a la salud. Se desarrollaron tres campañas de muestreo de calidad del agua que incluyeron 31 sitios dentro de las bahías y un punto de referencia mar adentro, cinco sitios, influente y efluente en las cinco plantas de tratamiento que operan actualmente, 19 sitios en playa y un sitio en los escurrimientos pluviales y descargas puntuales, buscando coincidir con los sitios de muestreo que operan la Conagua y la Secretaría de Salud. Las tres plantas de tratamiento aportan diariamente a la bahía de Zihuatanejo, en promedio, 5,427 kg de DBO₅, 1,869 kg de sólidos suspendidos totales,

575 kg de grasas y aceites, 627 kg de nitrógeno total y 133 kg de fósforo total. Adicionalmente, se desarrollaron campañas de mediciones batimétricas de corrientes, mareas, estructura vertical de la columna de agua y parámetros climatológicos en ambas bahías. Asimismo, con base en visitas de inspección y muestreos efectuados en las tres plantas de tratamiento municipales de Zihuatanejo, se elaboró un diagnóstico del funcionamiento de las mismas, que indica la existencia de deficiencias en su operación y mantenimiento. Además, los



MUESTREO EN DESCARGA DE PLANTA DE TRATAMIENTO A LA LAGUNA LA SALINA, ZIHUATANEJO, GUERRERO



TOMA DE MUESTRAS CON BOTELLA VAN DORN EN IXTAPA-ZIHUATANEJO, GUERRERO

resultados de calidad microbiológica señalan que el principal aporte a la bahía de Zihuatanejo es a través de la descarga de la planta de tratamiento El Deportivo, que descarga en la laguna La Salina y esta, a su vez, se conecta con la bahía.

Mediante un convenio con la UAM-Iztapalapa se desarrolló el estudio de pruebas biológicas para la evaluación de sustancias tóxicas, mismo que sirvió de base para capacitar a personal de cuatro universidades y tres instituciones del sector a través de talleres teórico-prácticos, en el desarrollo de ejercicios de intercalibración de análisis de pruebas de toxicidad que les permitan, en el corto plazo, brindar servicios de análisis. Se emplearon los protocolos de prueba del IMTA ya calibrados para *Daphnia magna* y *Selenastrum capricornutum*, y para especies de cladóceros y algas nativas de las aguas de México, tales como *Ceriodaphnia dubia*, *Daphnia exilis*, *Macrothrix elegans*, *Simocephalus mixtus* y *Ankistrodesmus falcatus*. Tanto los

resultados de la capacitación como del programa de intercalibración fueron exitosos; las cartas-control para los tóxicos de referencia (cromo hexavalente Cr^{+6} , para *Daphnia magna*, y cobre Cu^{+2} para *S. Capricornutum*), mostraron valores muy consistentes entre los laboratorios participantes. La calibración del protocolo de *Daphnia magna* empleado con otras especies nativas de México, indica que el procedimiento es apto para llevarse a cabo con especies de cladóceros como *Daphnia exilis*, *Ceriodaphnia dubia*, *Simocephalus mixtus* y *Macrothrix elegans* al mostrar, en todos los casos, coeficientes de variación menores a 15%. Asimismo, la comparación de las respuestas de la concentración efectiva (CE_{50}) al cromo hexavalente empleado como tóxico de referencia para las distintas especies de cladóceros probadas, indicó que la sensibilidad a dicho tóxico fue: *Daphnia exilis* > *Ceriodaphnia dubia* > *Simocephalus mixtus* > *Daphnia magna* > *Macrothrix elegans*.

Tecnología de Riego y Drenaje

Ingeniería de riego

A solicitud de las asociaciones de usuarios de los distritos de riego 085 La Begoña y 011 Alto Río Lerma, Gto.; 034 Estado de Zacatecas, Zac.; 109 La Cruz de Eto Piaxtla, Sin.; 038 Río Mayo, Son., y de la Conagua, se elaboró el material didáctico y se impartieron los siguientes cursos de asistencia técnica en servicio: *Operación de zonas de riego modernizadas; Formulación, seguimiento y evaluación de planes de riego; Supervisión del riego parcelario; Tecnología disponible para la modernización y el mejoramiento de la operación de los distritos de riego; Entrenamiento de regadores y usuarios de riego, y Determinación de cuándo, cuánto y cómo regar.* A estos cursos asistieron 176 técnicos de 48 módulos de riego.

Con el propósito de ordenar la planeación y sistematizar la operación del distrito de riego 034 Estado de Zacatecas, Zac., la asociación de usuarios de dicho distrito y la Conagua encargaron al IMTA



ENTRENAMIENTO EN SERVICIO EN OPERACIÓN DE SISTEMAS DE RIEGO EN GUANAJUATO

elaborar un plan director para la modernización integral del mismo. El distrito lo conforman seis módulos de riego con una superficie de 18,540 ha distribuidas en los municipios de Fresnillo, Río Grande, Villanueva, Jalpa, Tepechtlán y Tlaltenango. En él se cultivan granos, forrajes, frutales y hortalizas regados mediante sistemas de gravedad con eficiencias globales de uso del agua inferiores al 40%. Con la participación de las asociaciones de usuarios se identificaron y priorizaron las acciones de tecnificación de los sistemas de riego, de la red interparcelaria y de los canales principales. Estas acciones consisten en la nivelación de 7,632 ha para regarse por multicompuertas, en la tecnificación de 5,590 ha con sistemas de riego por goteo y aspersión, en la recuperación de 1,390 ha con problemas de salinidad, en el entubamiento de 355 km de canales laterales, en el revestimiento de 19 km de canales principales y en la instalación de 1,315 estructuras de control y medición. Además, se definieron las acciones de capacitación de las asociaciones de usuarios en aspectos contables, de administración, conservación y operación de los módulos de riego.

A solicitud de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guerrero, de la Conagua y de la asociación de usuarios del distrito de riego 068 Tepecuacuilco-Quechultenango, Gro., se elaboró el proyecto ejecutivo para la tecnificación de 754 ha de los módulos de riego Iguala y Tuxpan, y de la unidad de riego Santa Fe, las cuales benefician a 307 usuarios. Los principales cultivos son maíz, oca, estropajo, mango, jícama y pápalo. El proyecto comprende una presa derivadora tipo indio sobre el arroyo El Tomatal, una red de conducción de 17 km de longitud de polietileno de alta densidad en los primeros 3 km y de PVC clase 5 en los restantes 12 km y, para las parcelas, sistemas de riego de

multicompuertas, aspersión y goteo. La ubicación de la presa derivadora permitió obtener la presión necesaria para regar 91 ha por aspersión, 210 por goteo y 385 mediante multicompuertas.

El Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico, de la Conagua, encargó al IMTA la elaboración del proyecto ejecutivo para la tecnificación de 2,355 ha del distrito de riego 087 Rosario Mezquite, Mich. El proyecto beneficia a 1,010 usuarios del módulo Pastor Ortiz. Los principales cultivos son trigo, cebada, maíz y sorgo, regados por gravedad con eficiencias de 36%. La textura de los suelos, la pendiente y el tamaño de las parcelas condujeron a la selección y diseño del riego por multicompuertas. Para determinar la capacidad del sistema de conducción se utilizó información de estaciones climatológicas del INIFAP, ubicadas en el área de influencia de la zona de riego. La red de conducción principal tiene una capacidad de 3 m³/s que se abastecen de la derivadora Markazusa, misma que alimenta 620 hidrantes de una capacidad modular de 30 l/s, con una carga hidráulica de 3 m. Se determinó que para satisfacer la demanda de riego en el intervalo de riego crítico se requiere la operación simultánea de cien hidrantes. El sistema de bombeo consta de 16 bombas en paralelo de 75 HP cada una, con capacidades de entre 180 y 210 l/s, y con una carga dinámica total de 18 m. El proyecto ejecutivo, que considera la estimación de las cantidades de obra en cárcamos, subestaciones eléctricas, equipos electromecánicos, red hidráulica, hidrantes y tubería de multicompuertas, se entregó a la asociación de usuarios para su licitación.

Con el propósito de hacer un uso eficiente del agua de la planta de tratamiento de la ciudad de Aguascalientes, Ags., el Instituto, en colaboración con la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Aguascalientes y la Conagua, elaboró el proyecto ejecutivo para tecnificar con riego presurizado la zona de riego de la presa El Niágara, la cual se alimenta con el agua tratada de la planta. La superficie es de 1,250 ha distribuidas entre los ejidos El Niágara, San Pedro Cieneguilla, El Salto de los Salados y La Pequeña Propiedad, y cuenta con riego por gravedad para cultivos como la alfalfa, maíz forrajero, avena, cebada y pastos con eficiencias del 35%. El proyecto consta de una estación de bombeo localizada 2 km aguas abajo de la presa, un sistema de filtrado y una red de distribución telescopiada que varía de 36 a 4"



MUESTREO DE SUELOS DEL DISTRITO DE RIEGO 087 ROSARIO MEZQUITE, MICHOACÁN

desde el inicio de la estación de bombeo hasta los hidrantes parcelarios. Para el diseño se utilizó información climatológica de la estación El Niágara, considerando el cultivo de mayor demanda y las eficiencias de los sistemas de aspersión y goteo. La capacidad de conducción resultó de 1,000 l/s distribuidos hasta los hidrantes de cada parcela mediante una red de tubería plástica, en donde se proporciona la presión necesaria para el riego por aspersión. Debido a la topografía del terreno, el sistema de bombeo consta de cinco bombas de 200 l/s y una potencia de 260 HP. La capacidad de la subestación eléctrica resultó de 1,050 kilovatios.

Contaminación y drenaje agrícola

En el marco de colaboración con la Conagua, se recibió una solicitud para que, con el apoyo financiero del Banco de Desarrollo de América del Norte, el Instituto, con la participación de las asociaciones de usuarios, analizara las posibilidades de reconversión productiva del distrito de riego 025 Bajo Río Bravo, Tam. En este distrito, localizado en el extremo aguas abajo de la cuenca

del río Bravo, los problemas de disponibilidad de agua son cada vez más severos, ya que de una concesión anual de 860 hm³ en puntos de control, durante los últimos 12 ciclos agrícolas sólo se han autorizado, en promedio, 486 hm³ y en dos ciclos no se regó. En esta zona se cultivan 195,000 ha de sorgo y maíz, y 6,000 de algodón, oca y canola distribuidas entre nueve módulos de riego. El riego de las parcelas es por gravedad y la red de canales es de tierra con una longitud de 2,400 km, la cual también se utiliza para abastecer a los usuarios domésticos de Matamoros, Valle Hermoso, Río Bravo y de las comunidades rurales. La eficiencia global de uso del agua es de 30%, y la poca diversidad de cultivos se debe a la disponibilidad de agua y a la reducida flexibilidad en el servicio de riego ya que, en promedio, se aplican sólo dos riegos, mientras que los requerimientos del algodón, maíz y oca se cubren con, al menos, cuatro riegos. La escasez de agua, el deterioro de la infraestructura y la baja productividad de los cultivos limitan la competitividad de la zona. En una primera etapa del análisis se ordenó, actualizó y sistematizó la información catastral del padrón de usuarios y de la infraestructura hidroagrícola mediante un sistema denominado *SIG-DR025*, el cual integra la información actualizada de los límites de la zona de riego y los cambios de uso del suelo. Durante el ciclo agrícola 2005-2006, el sistema se utilizó para identificar y cuantificar la superficie agrícola urbanizada y la proyección del crecimiento de las zonas industriales, así como para delimitar las áreas afectadas por sales. El sistema contiene herramientas para optimizar la planeación y operación del riego con mosaicos de tipo de cultivos, etapas de desarrollo de los cultivos, demanda evapotranspirativa, distribución de la lluvia efectiva y requerimientos de riego de acuerdo con los días y grado de crecimiento de los cultivos. Del análisis de la operación del distrito y de los sistemas de producción se desprende que las posibilidades de reconversión productiva son muy reducidas, ya que si bien hay cultivos de alta rentabilidad y bajo consumo de agua, como la oca y la canola, la operación intermitente del distrito, la disponibilidad de agua, las fechas de siembra y las restricciones del mercado no permiten expandir sus superficies. Por lo anterior, la reconversión productiva en el distrito debe ser enfocada hacia el incremento de la productividad de los cultivos actuales.

En colaboración con el Comité Técnico de Aguas Subterráneas del Acuífero Casas Grandes, Chih., la Sagarpa, la Conagua y el gobierno del estado, el Instituto hizo un estudio para la estabilización de dicho acuífero, cuya superficie es de 5,000 km² y abarca los municipios de Casas Grandes, Nuevo Casas Grandes, Asención y Janos. La extracción media anual del acuífero, en promedio, es de 216 hm³, de los cuales 207 se destinan a los usos agrícola y pecuario, y 9 al urbano. La superficie de riego es de 16,640 ha, con un índice de repetición de 1.2 donde se cultiva alfalfa, avena, maíz forrajero, chile, manzana, durazno y nogal. De esta superficie, el 58% se riega por gravedad y el 42% con sistemas presurizados. El bombeo se hace en 1,199 pozos y norias distribuidos sobre las márgenes del río Casas Grandes. El abatimiento medio anual del acuífero en los últimos treinta años ha sido de 0.9 m y, en este periodo, la profundidad media del nivel estático del acuífero pasó de 20 a 47 m debido al déficit de 30 hm³ anuales, ya que la recarga es de 186 hm³. Esta recarga se estimó mediante un modelo de simulación alimentado con la información de localización y características de los sistemas de riego, los volúmenes de extracción anual, la evolución de los niveles estáticos medidos en 109 pozos de observación y las características físicas del acuífero. Con el inventario de pozos, de los sistemas de producción y de la infraestructura de riego, se plantearon alternativas para disminuir el déficit y estabilizar el acuífero, las cuales consisten en tecnificar con sistemas de riego por aspersión, goteo y cintilla 9,650 ha que actualmente se riegan por gravedad, la rehabilitación de cuatrocientos sistemas de bombeo con eficiencias electromecánicas inferiores a 40%, e instalar medidores en 568 pozos. De manera simultánea, se propone iniciar un proceso de ordenamiento y regularización de los aprovechamientos en el Registro Público de Derechos del Agua, así como la elaboración de un reglamento de operación del acuífero que permita al comité técnico de aguas subterráneas la programación del plan de riegos y la supervisión de los volúmenes extraídos.

En los distritos de temporal tecnificado del país el control de la humedad del suelo se hace, principalmente, mediante sistemas de drenaje controlado para evacuar los excesos en la época de lluvias y regular el nivel freático al final de esa misma época. En dos de estos distritos, el 035 Los Naranjos, Ver., y 018 Huixtla, Chis., se evaluó el



ALMACENAMIENTO DE AGUA DE BOMBEO EN UN ESTANQUE PARA RIEGO, NUEVO CASAS GRANDES, CHIHUAHUA

rendimiento del cultivo de la caña de azúcar en parcelas con drenaje subterráneo instalado a 20 m de separación. En el sistema de drenaje de Los Naranjos el rendimiento de la caña fue de 77 t/ha contra 35 en parcelas sin drenaje, y en la parcela de Huixtla fue de 138 t/ha contra 90 en parcelas sin drenaje; en ambos sitios la concentración de azúcar se incrementó 37%. El análisis químico de los suelos mostró que no existe riesgo de acidificación del suelo, ya que el pH, y el calcio y magnesio intercambiables, no variaron durante el periodo de evaluación.

En colaboración con la Conagua se evaluó el Programa de Uso Sustentable del Agua en la Cuenca del Río Bravo, aplicado en los distritos de riego 006 Palestina, Coah.; 025 Bajo Río Bravo,



PLÁTICA DEMOSTRATIVA EN LA PARCELA CON DRENAJE SUBTERRÁNEO EN LOS NARANJOS, VERACRUZ

Tam., y 090 Bajo Río Conchos y 103 Río Florido, Chih. Dentro del programa se desarrollaron 95 proyectos de revestimiento y entubado de canales, instalación de estructuras de control y medición, nivelación de suelos e instalación de sistemas de riego de alta y baja presión. Para la evaluación se consideró la diversidad de cultivos, la productividad del agua y de la tierra y el ahorro de agua, y se seleccionaron 62 proyectos repartidos en los cuatro distritos con una superficie de 46,000 ha. En los proyectos con sistemas de riego parcelario se agregaron pequeñas superficies de hortalizas a los cultivos tradicionales de maíz, alfalfa y nogal. La productividad de la tierra pasó de 13,500 a 14,200 \$/ha, y la del agua pasó de 1.8 a 2.0 \$/m³. El costo de recuperación por metro de agua varió entre 2.5 \$/m³, en proyectos de nivelación de suelos, y 8 \$/m³, en proyectos de revestimiento de canales. El volumen recuperado en los 62 proyectos fue de 27 hm³, lo cual corresponde a un incremento en la eficiencia de 7% en la superficie beneficiada.

Para resolver el problema de disponibilidad de agua en el distrito de riego 001 Pabellón, Ags., la Conagua, la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del gobierno del estado y las asociaciones de usuarios desarrollan un proyecto de transformación integral del distrito para compactar su superficie de riego, de 11,700 a 6,100 ha, aplicando sistemas de riego de alta eficiencia. La red de conducción principal es de tubería de PRFV, de 1.8 a 1.5 m de diámetro, en los primeros 8 km a partir de la obra de toma de la presa Plutarco Elías Calles hasta la derivadora el Jocoque, y de polietileno y PVC en la red de distribución interparcelaria y parcelaria. En las parcelas se instalarán sistemas de riego por goteo. Para este proyecto, la Conagua solicitó al Instituto asesoría en la revisión de sus diferentes componentes, y para participar en los procesos de licitación y supervisar los procesos de entrega-recepción. Al respecto, se revisaron los proyectos de la red de conducción y distribución para asegurar una carga mínima de 25 m en el hidrante de cada parcela. Asimismo, se hizo un estudio comparativo entre los filtros de arena y los de malla, para la selección de la estación de filtración del sistema de riego; con base en criterios técnicos, financieros y operativos, se recomendó la instalación de un sistema de filtrado de malla de alto flujo con lavado automático.

Operación y mantenimiento de infraestructura hidroagrícola

En apoyo al Programa de Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola que se aplica en las unidades de riego de Aguascalientes, Durango y San Luis Potosí, y en colaboración con la Conagua, se elaboraron los reglamentos de operación, conservación y administración de 77 de dichas unidades que se abastecen de agua subterránea mediante pozos profundos para el riego de 4,246 ha, distribuidas entre 998 productores agrícolas. Las unidades están organizadas en 47 asociaciones civiles, agrupadas en tres sociedades de responsabilidad limitada (SRL). Para cada organización se elaboraron sus reglamentos y estatutos sociales y, con objeto de facilitar y orientar el desarrollo de estas organizaciones de usuarios, se elaboraron los planes directores de las SRL, en los que se identifican las acciones para modernizar y rehabilitar la infraestructura hidroagrícola y mejorar sus habilidades técnicas. Asimismo, para fortalecer estas asociaciones se impartieron treinta talleres sobre aspectos legales y técnicos, en los que participaron 108 usuarios de Aguascalientes, 158 de Durango y 346 de San Luis Potosí.

Con el objeto de evaluar el impacto de los programas federalizados de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica, y Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola en las unidades de riego organizadas en asociaciones civiles, se seleccionaron 32 unidades de Aguascalientes, Michoacán, Oaxaca, Tamaulipas y San Luis Potosí. En estas unidades se han efectuado acciones de tecnificación con



ASISTENCIA TÉCNICA EN LA ORGANIZACIÓN DE UNIDADES DE RIEGO

sistemas de riego presurizado, entubamiento de la red de conducción y de adquisición de maquinaria y equipo de conservación de las zonas de riego. La superficie cubierta por estas unidades es de 10,966 ha repartidas entre 4,580 productores. La evaluación se hizo mediante encuestas sobre la calidad del servicio y el funcionamiento de las unidades de riego, las cuales se aplicaron a los usuarios y directivos de las asociaciones y de las SRL. El impacto de estos programas se refleja en un incremento de la productividad, diversificación de cultivos, reducción de los costos de mantenimiento y de consumo de energía, y eficiencia de uso del agua. Asimismo, de los resultados se desprende la necesidad de aplicar programas de capacitación a regadores, productores, usuarios y directivos.

Con el propósito de armonizar los usos agrícola e industrial del agua de la presa Chilatán, se instrumentó la medición del agua y el control de la derivadora Piedras Blancas, ubicada a 4 km aguas abajo de la presa. El primer uso del agua es para la generación de energía eléctrica y, después, se extrae en la derivadora para alimentar al distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas, Mich. Los programas de generación de la presa se llevan a cabo cuidando no sobrepasar la capacidad de almacenamiento del vaso de la presa derivadora y procurando cumplir con la demanda de riego del distrito. Para regular las variaciones del caudal derivado al distrito de riego, se instaló un sistema de medición de caudal sobre el canal principal y se instrumentaron las compuertas de la derivadora para operarse de modo manual y automático desde la caseta de control. Así, la medición de caudal sobre el canal se hace mediante un perfilador acústico Doppler horizontal de banda ancha, instalado a 200 m aguas abajo de las compuertas. Por su parte, para la operación de la obra de toma de la derivadora, se utilizan una unidad terminal remota (UTR) y sensores de abertura y niveles tanto aguas arriba como aguas abajo. La terminal se conecta a los motores de los mecanismos elevadores de la compuerta y recibe la señal del perfilador, con el fin de regular el gasto que se proporciona al canal. En la caseta de control se instaló una estación maestra que usa un programa de cómputo como interfaz hombre-máquina, para facilitar el intercambio de información con la UTR. Como complemento a estas acciones, se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento del equipo instalado, y se capacitó en servicio al personal del distrito de

riego en el manejo y conservación del sistema de medición y control.

Con la participación de asociaciones de usuarios de riego y personal de la Conagua, mediante 571 encuestas aplicadas a usuarios y técnicos de módulos y de distritos de riego se evaluaron los programas de Desarrollo Parcelario, y Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego, aplicados durante 2005 en 26 distritos de riego del país. Para ello, se seleccionaron 86 módulos en los que se evaluaron 133 proyectos de tecnificación financiados con dichos programas, los cuales cubren una superficie de 229,953 ha distribuidas entre 30,406 usuarios. Para la evaluación se consideró el grado de cumplimiento de los programas, impacto logrado, beneficios y percepción de los usuarios de los módulos. En las áreas donde se efectuaron obras de rehabilitación, la eficiencia de conducción promedio pasó de 65 a 82%; la productividad de la tierra se incrementó un 89% al pasar de 11,135 a 21,086 \$/ha, mientras que la productividad del agua pasó de 1.61 a 2.85 \$/m³. En los 133 proyectos evaluados, la relación beneficio costo resultó de 1.2.

En apoyo al Programa Nacional de Medición del Agua en Distritos de Riego, se elaboraron doscientos proyectos ejecutivos y se participó en la elaboración de los términos de referencia para la licitación y supervisión de la instalación de sistemas de medición del agua en canales de riego, así como en la calibración de los equipos de medición. Estas acciones se aplicaron en los siguientes distritos: 014 Río Colorado, BC; 041 Río Yaqui y 018 Colonias Yaquis, Son.; 076 Valle del Carrizo, 063 Guasave, 074 Mocorito, 010 Culicán, 109 San Lorenzo y 108 Elota-Pixtla,



MEDICIÓN DE AGUA EN CANALES DE RIEGO

Sin.; 094 El Grullo, Jal.; 087 Rosario-Mezquite, Mich.; 011 Alto Río Lerma, Gto.; 017 Región Lagunera, Coah.; 05 Delicias y 103 Río Florido, Chih., y 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, Tam. Para la elaboración de los proyectos ejecutivos y la supervisión de la instalación y calibración de los equipos, se capacitó a 105 técnicos de los distritos de riego, de empresas y de los módulos de riego.

Conservación de cuencas

En el contexto del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, se continuaron las acciones para la aplicación de prácticas conservacionistas de agua, suelo y bosque en la parte alta de la cuenca; con esto se busca la masificación y adopción de estas prácticas por los productores. Para ello, se seleccionaron ocho microcuencas prioritarias, tomando en cuenta su nivel de degradación y la receptividad de los habitantes. La superficie aproximada de estas microcuencas cubre 28,500 ha de 18 comunidades, en las que se implementó una estrategia de trabajo que permitió la generación de 9,000 jornales como empleo temporal. Las acciones efectuadas incluyen 20 km de zanjas de infiltración en las que se retienen, en promedio por hectárea, 225 m³ de agua; 62.3 km de cercos vivos en linderos agropecuarios, con especies de uso múltiple como cedro, colorín y capulín; 7.3 km de cortinas rompevientos con casuarinas; 82 ha de reforestaciones compactas utilizando diversas especies de *Pinus*, logrando alcanzar un prendimiento aproximado del 95%; 7.34 km de reforestación de riberas de cauces y cuerpos de agua con fresnos; 2 ha con siembra de abonos verdes para mejorar la estructura del suelo y aumentar su resistencia a la erosión; construcción de dos silos pastel para suplemento alimenticio del ganado y, así, disminuir la presión sobre los montes, y plantación de 5,000 árboles frutales en traspatio. Para el control de azolves en arroyos torrenciales y cárcavas, se construyeron 400 m³ de represas de costales de polipropileno rociados con esmalte blanco para alargar su vida útil, 600 m³ de represas de piedra acomodada y 150 m³ de represas de gaviones para los cauces de mayor degradación. El impacto de estas últimas obras se refleja en la retención de 150 m³ de azolves en un solo ciclo de lluvias.



REFORESTACIÓN CON ZANJAS DE INFILTRACIÓN. CUENCA DEL LAGO DE PÁTZCUARO, MICHOACÁN

Para atender el deterioro ambiental ocasionado por el crecimiento urbano explosivo de los municipios que conforman la cuenca Presa de Guadalupe, una de las más importantes del valle de México, la Gravamexsc solicitó al IMTA la elaboración de un plan estratégico para ordenar, integrar y coordinar las acciones que desarrollan en la cuenca las instancias federales, estatales, municipales y académicas, así como organizaciones no gubernamentales. Para ello se desarrollaron el *SIG-Presa Guadalupe* y un *software* con la finalidad de administrar y consultar la información relacionada con la cuenca, para la toma de decisiones por parte de las diferentes instancias. Se cuenta con información de los últimos 15 años clasificada en 44 capas temáticas con despliegue gráfico. Para conocer la visión de los diferentes actores de la cuenca, se llevó a cabo un taller ZOPP (planeación de proyectos orientada por objetivos) que contó con la participación de 41 técnicos de veinte dependencias y, de manera conjunta, se desarrolló el plan estratégico con acciones de gran visión para la gestión integral del agua y recursos asociados de la cuenca. El plan incluye fomentar el uso eficiente del agua en la producción agrícola mediante la tecnificación del riego; capacitar a los usuarios; ampliar la cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, enfatizando las acciones de agua potable en las zonas rurales y las de saneamiento en las nuevas zonas urbanas; buscar el manejo integral y sustentable del agua en cuencas mediante la aplicación de tecnología conservacionista en laderas; promover el desarrollo

técnico, administrativo y financiero del sector hidráulico con la instrumentación para la medición del recurso hídrico; consolidar la participación de los usuarios y la sociedad organizada en el manejo del agua, y promover la cultura de su buen uso.

Para contribuir al entendimiento y solución de la problemática de erosión hídrica en laderas, causada por lluvias intensas y fenómenos hidrometeorológicos extremos en la Costa de Chiapas, se seleccionó la cuenca del río Coapa, de 11,281 ha, como representativa de las condiciones de las 24 cuencas existentes. Para ello se utilizó el *SIG-Cuencas* desarrollado en el IMTA, mediante el cual se obtienen las tasas de erosión hídrica que aplica la ecuación universal de pérdidas de suelo. Se encontró que 6,800 ha (aproximadamente el 60%) sobrepasan el límite permisible de erosión de 25 t/ha al año, que es el establecido para las condiciones de la zona. Se identificó, también, que en estas áreas se deben concentrar las acciones de ordenamiento y de intervención con tecnología conservacionista para contrarrestar la pérdida de suelo, y se hizo énfasis en la delimitación de zonas frágiles con aportación potencial de sedimentos por deslizamientos, encontrándose una superficie de 1,195 ha con esta problemática, ya que el uso del suelo es contrario a su capacidad, por profundidad y pendiente del terreno. Asimismo, se desarrollaron alternativas para introducir el componente arbóreo y arbustivo en todos los usos de la tierra, a manera de estrategia para detener y revertir la problemática, lo que incluye transformar el actual sistema de producción de



TALLER DE PLANEACIÓN DE PROYECTOS ORIENTADA POR OBJETIVOS, PARA EL PLAN ESTRATÉGICO DE LA CUENCA PRESA DE GUADALUPE

ganadería extensiva sobre laderas por sistemas silvopastoriles con líneas intermedias de árboles al contorno, reintroducción de vegetación riparia de orillas de cauces, terrazas de formación paulatina con árboles y arbustos, agroforestería con cultivo

en callejones, y acciones complementarias como el establecimiento de viveros comunitarios en los que se desarrollen especies maderables, nativas y preciosas, para asegurar el abasto de plantas para los trabajos conservacionistas.

Tecnología de Comunicación, Participación e Información

Comunicación

En el marco de las actividades del II Foro Mundial del Agua de los Niños, desarrollado como parte del IV Foro Mundial del Agua, se produjeron seis emisiones de un noticiario infantil. En él participaron niños de la Cumbre Infantil Morelense por el Medio Ambiente, que fungieron como conductores y reporteros. Cada una de las ediciones, de 15 minutos, fue emitida a través de la cadena nacional de EDUSAT y una edición especial de dos minutos en el noticiario matutino de Oncetv. Asimismo, durante la IV Cumbre Infantil Morelense por el Medio Ambiente se produjeron tres ediciones de un noticiario sobre las actividades del encuentro; en la producción estuvieron presentes algunos de los niños reporteros del noticiario del IV Foro Mundial del Agua quienes, en esta ocasión, redactaron los textos de las notas y cápsulas de los programas.

Para difundir conocimientos relacionados con los recursos hídricos y sus aprovechamientos, se



GRABACIÓN DEL NOTICARIO INFANTIL

produjeron los videos *El agua en México: panorama de un recurso escaso*, versión actualizada de un material producido en el 2000, y *Las presas de México: el poder contenido del agua*, que forman parte de la serie "El Agua en México"; *Los estados físicos del agua*, para la serie "Cultura del Agua para Niños" que consta ya, con este último, de 11 videos, y *Es poca agua, hay que cuidarla: Villa Nicolás Zapata y sus cisternas*, que describe los hábitos de uso del agua en una zona caracterizada por su escasez debido a la falta de fuentes de abastecimiento, así como las formas en que se resuelve localmente esta problemática. Este último pertenece a la serie "Culturas del Agua", que tiene como fin estimular la reflexión acerca de cómo la escasez o abundancia del líquido determinan distintas formas culturales en torno a su aprovechamiento.

Con la finalidad de promover la participación de los usuarios del acuífero de Laguna Seca en el Cotas de esta región, a solicitud de dicho comité se produjo el video *Laguna Seca: ¿que futuro queremos?*, que describe problemas derivados de la sobreexplotación del acuífero y su impacto en el medio ambiente y la economía de la zona.

En apoyo a la difusión de las actividades y principales resultados del Instituto entre la sociedad se produjeron, conjuntamente con la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 34 programas de radio de la serie "Dos de Hidrógeno y Uno de Oxígeno". Las emisiones, con una hora de duración, fueron transmitidas los viernes de 7:00 a 8:00 a través de las frecuencias de UFM Alterna, 106.1 FM en Cuernavaca; 89.7 FM en Cautla y 91.9 en Jojutla.

Con el fin de difundir contenidos que fomenten la reflexión sobre la problemática del agua y promuevan su uso eficiente se produjeron, en colaboración con el Instituto Mexicano de la Radio y la Fundación Gonzalo Río Arronte, 13 programas



EN CONJUNTO CON LA UAEM, SE PRODUJERON 34 PROGRAMAS DE RADIO

radiofónicos de la serie "Región Líquida". El programa, con formato de mesa de análisis, se transmitió los miércoles de 15:00 a 15:30 a través de la estación Horizonte 106, con cobertura en toda la región metropolitana del valle de México.

Como parte de la conmemoración del vigésimo aniversario del Instituto se produjo el video *IMTA: veinte años*, que reseña este periodo en la vida del Instituto, desde su creación en 1986. El video describe las condiciones que dieron lugar a su creación, así como su evolución en un escenario nacional en constante transformación.

Para la CEAS de Sinaloa, se impartió un taller dirigido a los espacios municipales de cultura del agua en la entidad. El taller tuvo como objetivo proporcionar, a 29 técnicos encargados de estos espacios, herramientas y metodologías para llevar a cabo campañas de comunicación y educación ambiental.

Se hicieron 13,278 copias de 276 audiovisuales que forman parte del acervo de la videoteca del IMTA, el cual dispone de 1,985 títulos; 1,342 de producción propia. Entre los materiales más solicitados figuran las series "Cultura del Agua para Niños" y "El Agua en México", así como los *spots* con recomendaciones para ahorrar agua.

Participación social

A solicitud de la Conagua, se llevó a cabo un estudio sobre los aspectos socioeconómicos para la recuperación del acuífero y el cambio tecnológico en unidades de riego, de los municipios de San Pablo Huixtepec y La Ciénega Zimatlán, en los Valles Centrales de Oaxaca, Oax. La evaluación

se concentró en el impacto de los sistemas de riego presurizado en la recuperación del acuífero, a través de 15 indicadores de sustentabilidad pertenecientes a tres ámbitos analíticos: ambiental, económico y social. En el estudio se observó que como consecuencia de la introducción del riego presurizado, el 90% de los pozos de la zona incrementó su nivel estático; se redujeron los costos de producción agrícola un 20%, con relación al uso del riego rodado; se incrementó 26% la producción agrícola y se incentivó un 80% la participación social en los procesos organizativos de la región. A la par de esta investigación se produjo un video en el que se recogen las experiencias de recuperación del acuífero en cuestión.

En colaboración con el Instituto Mexicano del Petróleo se hizo un diagnóstico socioambiental en nueve municipios de Tabasco donde opera PEP, Región Sur. El objetivo general fue caracterizar la percepción de las comunidades rurales acerca del impacto de Pemex sobre el medio ambiente, en particular sobre el binomio petróleo y agua; identificar factores sociales, económicos y culturales que inciden en las reclamaciones de pobladores



RIEGO TRADICIONAL DE "CHILE DE AGUA" EN VALLES CENTRALES, OAXACA



RELACIONES Y AFECTACIONES ENTRE EL MEDIO AMBIENTE Y LAS ACTIVIDADES PETROLERAS: TRABAJO DE CAMPO EN MUNICIPIOS DE TABASCO

afectados por las actividades petroleras, y proponer mecanismos y acciones en apoyo a Pemex para mejorar su imagen y su relación con la sociedad y con el medio ambiente. Se actuó en tres ámbitos: socioeconómico, en el que se levantaron 1,800 encuestas; antropológico, mediante estudios específicos por municipio, y de comunicación, para el que se realizó un diagnóstico sobre la agenda comunicativa de Petróleos Mexicanos.

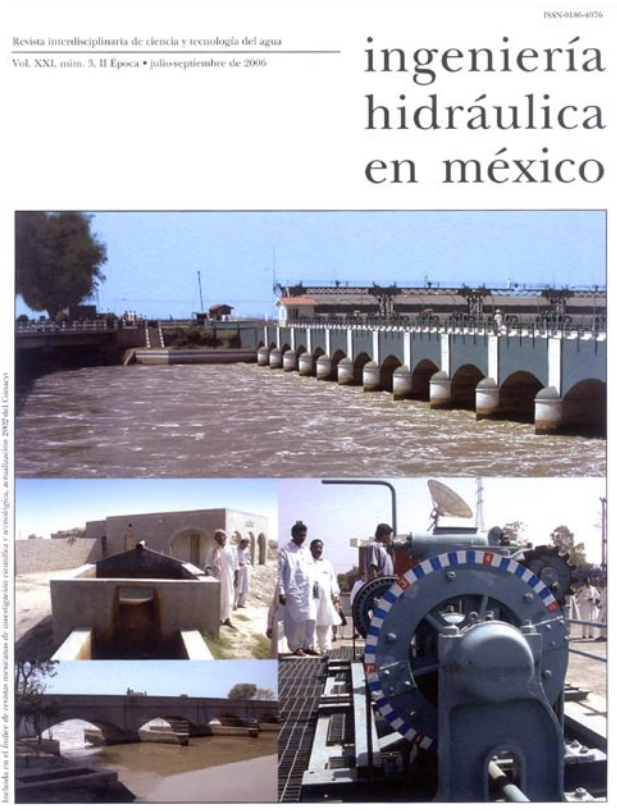
La cuenca del Amacuzac abarca una superficie de 8,946 km², ubicada principalmente en los estados de Morelos y una porción del Estado de México, y cuenta con 1,999,285 habitantes en 2,087 localidades. Con el objetivo de caracterizar los avances de la gestión integrada del agua, se llevó a cabo un estudio sobre la problemática socioambiental, en el cual se analizaron las relaciones entre los actores gubernamentales y sociales de los distintos usos del agua a nivel local, con el fin de identificar alternativas de solución a las dificultades que actualmente se enfrentan en la resolución de distintos conflictos por el recurso. Se hicieron entrevistas y se aplicaron dos encuestas. La primera, a una muestra de agricultores del distrito de riego 016, Estado de Morelos, con el fin de caracterizar su situación organizativa y socioeconómica. La segunda, a actores gubernamentales y sociales que deberían ser considerados en la conformación de una comisión de cuenca. Se comprobó el poco conocimiento respecto al enfoque de cuenca: sólo el 29.7% ha oído mencionar el Consejo de cuenca del Balsas. En una cuenca en la que el proceso de urbanización se está dando de manera acelerada,

el 46% opinó que el principal problema del agua en la misma es la escasez. El 66.9% consideró que la creación de Comité de la cuenca del río Amacuzac ayudaría a resolver el problema.

Editorial y gráfica

A petición de la SGIH de la Conagua se actualizaron, produjeron y difundieron materiales didácticos relacionados con la modernización de los distritos de riego del país. Estos materiales tuvieron por objeto divulgar los principales resultados alcanzados por la Comisión y los usuarios en lo referente a la modernización, operación y conservación de los distritos y unidades de riego, mediante el desarrollo, aplicación y transferencia de tecnología.

Se editaron y distribuyeron seis números de la revista *Ingeniería Hidráulica en México*, segunda época, mismos que incluyeron 41 artículos; 13 de ellos de autores extranjeros. Durante el año se recibieron noventa artículos, 23 de los cuales provinieron de otros países y, en cartera, se cuenta con 38 trabajos en trámite. Se incorporaron cinco



SE EDITARON Y DISTRIBUYERON SEIS NÚMEROS DE INGENIERÍA HIDRÁULICA EN MÉXICO

expertos al grupo de árbitros, que suma ya un total de 390; de ellos, setenta son extranjeros.

Se editaron seis números del órgano de comunicación interna *El Acueducto*, en los que se incluyeron 123 participaciones de trabajadores del Instituto y se publicó el *Anuario IMTA 2005*, que documenta 24 proyectos que involucraron el trabajo de 115 especialistas. Asimismo, se editó el *Informe anual 2005* en español e inglés, y el *Informe sexenal 2001-2006*.

En apoyo a la difusión del conocimiento científico y tecnológico, así como de aspectos económicos y culturales asociados al agua, se editaron cinco títulos: *Hydrologic safety of dams in México*; *Banco de agua* (segunda edición), *Mercados de agua (reimpresión)*, *Leyendas del agua en México* y su versión en inglés, *Water Legends in Mexico*. Como soporte a las actividades previas al IV Foro Mundial del Agua, se editó en versión electrónica el libro *Taller Regional Iberoamericano. Preparatorio al IV Foro Mundial del Agua*, publicado en el sitio web del IMTA. En lo referente a la formación de recursos humanos en organismos operadores, se elaboró y editó el cartel: *Supervisión y evaluación de material didáctico para capacitación y cultura del agua*. También, se editó el libro conmemorativo

Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: veinte años de innovación con sentido social.

Para ampliar la difusión del quehacer del Instituto, se redactó una nota semanal para el boletín electrónico *Lo Mejor del Medio Ambiente*, de la Semarnat, el cual se distribuyó a más de 15,000 usuarios. Asimismo, se produjeron y montaron 43 exposiciones en diversos foros técnicos celebrados en la república mexicana.

Para promover los productos y servicios del IMTA y cumplir con las disposiciones de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental y su marco normativo, se mantuvo actualizado el sitio web del Instituto, y se programó una nueva propuesta para este mismo sitio.

En apoyo a la realización del IV Foro Mundial del Agua, se diseñó y montó una exposición en la que se presentaron las dos acciones locales expuestas por el IMTA, en las sesiones temáticas del Foro: *Modelación matemática en la construcción de consensos para la gestión integrada del agua en la cuenca Lerma-Chapala* y *Tecnologías apropiadas en materia de agua para comunidades rurales de la cuenca del lago de Pátzcuaro, Mich.* De igual forma, se colaboró en algunos aspectos del papel



STAND DEL IMTA EN EL IV FORO MUNDIAL DEL AGUA

que desempeñó el Instituto en la coordinación del evento Niños, Agua y Educación, en los principales proyectos de carácter internacional desarrollados por el IMTA en los últimos años y los servicios que proporciona el Instituto. También, se produjo y montó una exposición para la Aldea Global del Agua y la Educación, en la que se exhibieron materiales y programas de educación ambiental generados por el Instituto.

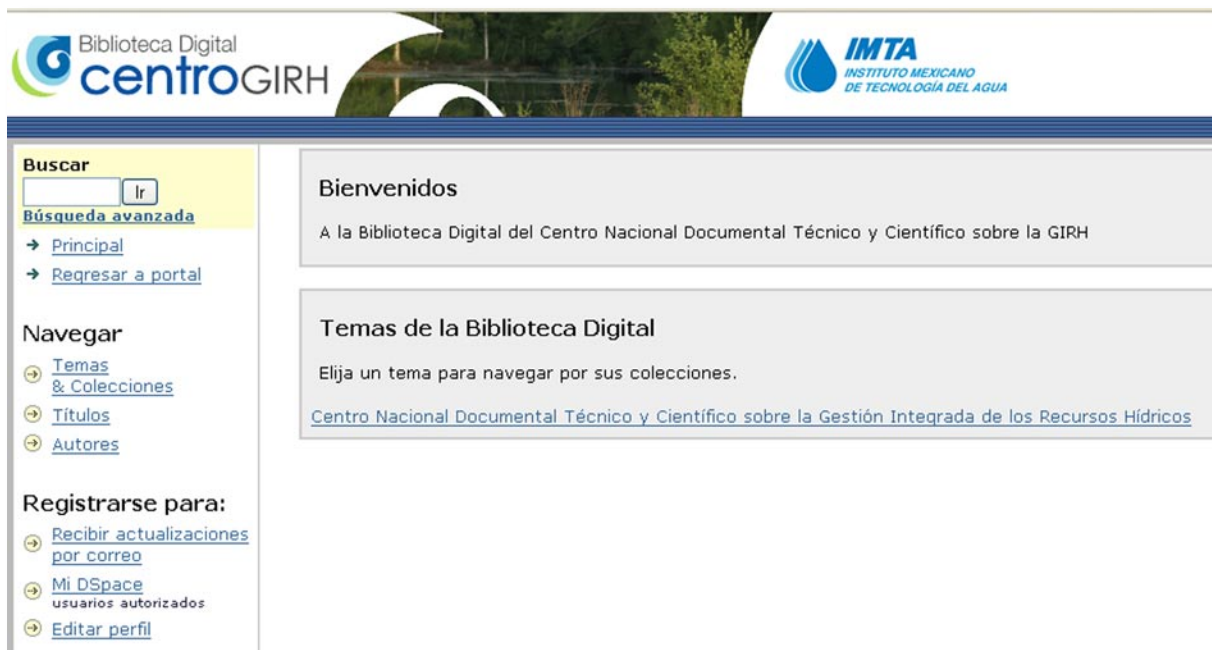
Centro de Consulta del Agua

Se hicieron el diseño y la integración de una biblioteca digital dedicada a la gestión integrada de los recursos hídricos. La biblioteca dispone de trescientos documentos digitales, en los que pueden hacerse búsquedas bibliográficas en la modalidad de texto completo. Para ello, fue necesario el ordenamiento y catalogación de dichos documentos, resultando 61 temas relacionados con los recursos hídricos. Asimismo, se clasificaron los documentos que compone la biblioteca utilizando el sistema *Dublin Core*, considerado el estándar para el uso de metadatos de información digital a través de Internet que facilita la comunicación y el intercambio de información con otros sistemas de bibliotecas, ya que permite la descripción detallada de los datos que integran los acervos digitales.

Además, se creó un portal web que proporciona un medio de consulta y difusión de información relacionada con la gestión integrada de los recursos hídricos, por medio del cual se dispone de noticias, eventos, servicios de información y enlaces a sitios de interés asociados con dicha temática. Los visitantes del portal tienen la posibilidad de registrarse en un sistema de alertas electrónicas para recibir notificaciones acerca de las novedades de la biblioteca digital.

Con objeto de formular una propuesta para el desarrollo e implantación de una red de bibliotecas digitales sobre los recursos hídricos en México, se llevó a cabo un estudio del estado del arte referente a las bibliotecas digitales, en el que se incluyó el análisis de diversas redes de bibliotecas relacionadas con los recursos hídricos y el medio ambiente. Se sugirió la utilización del protocolo denominado *Iniciativa de archivos abiertos (Open archives initiative)*, que permite la comunicación eficiente, vía web, entre los diversos nodos, incrementa la velocidad de respuesta y disminuye las pérdidas de datos.

Para satisfacer las necesidades de información de los especialistas del sector, se integraron al acervo del Centro de Consulta del Agua (Cenca) 642 documentos. Se recibieron 93 títulos de publicaciones periódicas nacionales



PORTAL DE LA BIBLIOTECA DIGITAL SOBRE LA GESTIÓN INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS

e internacionales, de los cuales cincuenta se obtuvieron también en formato electrónico.

Como apoyo a la prestación de servicios electrónicos, se mantuvo actualizado el sitio web del Cenca, se editaron 11 números del *Servicio de nuevas adquisiciones* y cinco del *Servicio de eventos técnicos nacionales e internacionales*, y se publicaron 375 noticias sobre el recurso. Asimismo, se agregaron a las bases de datos de su hemeroteca 10,287 registros, lo que permite consultar en forma remota más de 126,068 referencias de artículos especializados relacionados con el tema del agua.

Acudieron al Cenca 1,901 usuarios, quienes hicieron 1,145 consultas asistidas a los acervos bibliográficos y hemerográficos; 2,191 consultas a revistas electrónicas y dispusieron de 1,452

artículos electrónicos en texto completo además de solicitar 1,566 documentos en préstamo.



USUARIOS DEL CENCA HICIERON CONSULTAS ASISTIDAS A LOS ACERVOS BIBLIOGRÁFICOS Y HEMEROGRÁFICOS

Desarrollo Profesional e Institucional

Tecnología educativa

Con la participación de especialistas del Instituto y el apoyo de instituciones educativas, de asesores nacionales e internacionales, comisiones estatales de agua, organismos operadores de agua potable y la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS), se llevó a cabo el Programa de Capacitación Externa con 27 eventos (talleres, diplomados y coloquios) en diferentes sedes del país, donde participaron 503 personas. El programa cubrió diversos temas que contribuyen al fortalecimiento de las capacidades del personal del sector hídrico. Además, los coloquios permitieron que los técnicos e investigadores interactuaran y discutieran experiencias y propuestas de solución para el manejo, conservación y rehabilitación del agua.

A solicitud de la Gerencia Estatal de la Conagua en San Luis Potosí, y con el fin de atender las necesidades de formación de recursos humanos y transferencia de tecnología en apoyo a competencias técnicas específicas, se diseñó y llevó a cabo el Programa de Capacitación 2006



INAUGURACIÓN DEL COLOQUIO SOBRE TARIFAS DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO



PRÁCTICA DE CAMPO DEL CURSO SOBRE ACTUALIZACIÓN EN GEOHIDROLOGÍA

para dicha gerencia, que consistió en siete cursos y la participación de 111 personas de la propia Gerencia Estatal y del Organismo de Cuenca Golfo.

Como parte de un convenio con la Secretaría de Relaciones Exteriores, enfocado a la formación de recursos humanos en países de Centroamérica, se diseñó y efectuó el taller *Técnicas didácticas para la capacitación*, en el que participaron 12 personas procedentes de Guatemala, Honduras, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua y Panamá.

Con respecto al Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua, diseñado por el IMTA, se obtuvo el registro del doctorado ante la Secretaría de Educación Pública y se encuentra en trámite

el de la maestría, modalidad a distancia, dirigida al personal de la Conagua. Los programas del posgrado se difundieron en diversos organismos operadores de agua potable y saneamiento, así como en varias universidades del país. Se proporcionó información a más de setenta interesados, 42 de los cuales presentaron el examen de ingreso a estudios de posgrado aplicado por el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A. C. De ellos, el Consejo Académico del Posgrado dictaminó la aceptación de 12 alumnos al doctorado y 25 a la maestría; de estos últimos, 17 en el área Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos y ocho en la de Hidrometeorología y Meteorología Operativa. Paralelamente al proceso de selección de aspirantes, con la impartición de cuatro talleres se dio inicio al Programa de Formación Docente.

Como parte del proyecto *Sistema de educación del agua* (SEAweb), se elaboró y publicó en la web del Instituto el diplomado Gestión Integrada del Agua, que consta de ocho cursos, diez capítulos de un módulo del curso *Sequías* y un módulo del diplomado Agrometeorología, para las fundaciones Produce.

Para promover e impulsar la instrumentación del servicio civil de carrera en el sector hídrico, se retomó la metodología establecida e impulsada por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales, misma que se fundamenta en la evaluación de las competencias laborales de los trabajadores con el fin de certificarlos. Así, en el año 2005 el IMTA fue acreditado como Centro de Evaluación de Competencias Laborales (CEIMTA) y, actualmente, cuenta con 16 especialistas acreditados como evaluadores de normas técnicas de competencia laboral. Asimismo, durante 2006 se elaboraron tres instrumentos de evaluación de las normas de certificación de competencias laborales: *Riego superficial en parcelas*, *Control de los procedimientos operativos manual y semiautomático de potabilización y tratamiento de aguas residuales*, y *Riego presurizado en parcelas*. En colaboración con la ANEAS, el CEIMTA ha evaluado a personal de diversos organismos operadores de agua potable, saneamiento y alcantarillado del país, en las siguientes normas técnicas de competencia laboral (NTCL): una persona en *Dirección de empresas de agua y saneamiento*, 14 en *Difusión de la empresa de agua*

y *saneamiento y promoción de la cultura del agua*, 17 en *Conservación y operación de la red de agua potable* y 25 en *Conservación del funcionamiento operativo de la red de alcantarillado*.

Asimismo, a solicitud de la SGAA de la Conagua, y como parte del Programa de Certificación en Capacidades Técnicas Específicas, dentro de la instrumentación de su servicio profesional de carrera, se capacitó y evaluó a 44 candidatos de la Coordinación General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua, y se certificó a 43 de ellos en la NTCL *Difusión de la empresa de agua y saneamiento y promoción de la cultura del agua*.

Desarrollo institucional

En materia de educación y cultura del agua, durante 2006 se impartieron 33 talleres *iEncaucemos el Agua!* a un total de 804 participantes en Morelos, Coahuila, Querétaro, Durango, Guanajuato, Chiapas, Chihuahua, Guerrero, Hidalgo, México, Sinaloa, Tamaulipas, Michoacán y Yucatán, además de un taller de formación de instructores de dicho programa para 23 participantes de Aguascalientes y cuatro talleres para un total de quinientos niños en Tuxtepec, Oax.; Toluca, Méx.; Pátzcuaro, Mich., y Cuernavaca, Mor. Asimismo, se impartió un taller para 23 educadores en Cuba. Instructores externos impartieron otros 32 talleres a un total de 1,078 participantes, con lo que el total de maestros e instructores capacitados en 2006 asciende a 1,928 y a más de 9,950 desde el inicio del programa en 2001. Se impartieron, también, ocho talleres *Descubre una cuenca* a un total de 199 participantes en Michoacán, Sonora, Coahuila y Querétaro y, en Morelos, el primer taller piloto del nuevo programa Agua Saludable, Gente Saludable.

Durante el IV Foro Mundial del Agua, el IMTA coordinó el evento Niños, Agua y Educación como parte del II Foro Mundial del Agua de los Niños, que contó con la participación de 107 niños de 29 países, quienes presentaron 55 acciones locales y participaron en 12 talleres educativos en el Centro Deportivo Olímpico Mexicano. Los niños hicieron un Llamado a la Acción a los Ministros y participaron en la sesión "Diálogo Intergeneracional". El evento también incluyó las sesiones de Educación Hídrica y la arriba mencionada "Diálogo Intergeneracional". En la primera, el IMTA presentó la acción local

Descubre una Cuenca: el Lago de Pátzcuaro y, en la segunda, participantes del Foro de los Niños provenientes de Kenia, Laos, México, Japón y Estados Unidos presentaron sus acciones locales ante expertos en el Centro Banamex. Asimismo, se coordinó la Aldea Global del Agua y la Educación, que recibió a más de 3,500 visitantes que conocieron diversos programas de educación hídrica de diferentes países. La Aldea también recibió la visita de alrededor de un millar de niños en su Escuela del Agua, donde participaron en diversas actividades educativas conducidas por varias organizaciones, incluyendo el IMTA. De igual forma, para el IV Foro se elaboró y distribuyó el documento *Niños, agua y educación*, del que se imprimieron quinientos ejemplares en español y quinientos en inglés, además de difundirse en la página web del mismo Foro.



ACTIVIDADES EN LA ALDEA GLOBAL DEL AGUA Y LA EDUCACIÓN



LLAMADO A LA ACCIÓN A LOS MINISTROS

Dentro de la tercera etapa del proyecto *Educación ambiental y cultura del agua en la cuenca del lago de Pátzcuaro*, se impartieron seis talleres *Descubre una cuenca* a un total de 247 maestros de primaria, secundaria, educación indígena y Colegio de Bachilleres. Asimismo, se apoyó a las autoridades educativas en la instrumentación de la campaña de manejo de desechos y se diseñaron e imprimieron tres trípticos para apoyar esta campaña desde las escuelas; se entregaron 80,000 trípticos para niños y 30,000 para adultos, así como 250 DVD que incluyen dos presentaciones sobre manejo de desechos y los videos *Pásele a lo barrido* y *Spots para ahorrar agua*. También, se entregaron cincuenta interactivos *Expedientes H₂O* y *Chip-chipi* para los maestros de aulas de medios y se impartió el taller *Formación de instructores*, de los programas ¡Encaucemos el Agua! y Cultura del Agua para Niños, con la participación de 31 maestros de educación primaria general e indígena.

Se continuó con la difusión de la tecnología desarrollada por el IMTA a través de la comercialización de publicaciones, videos y *software*, mediante la venta directa en el IMTA y en 17 exposiciones nacionales e internacionales, así como de pedidos registrados por Internet, teléfono y fax. Las exposiciones en las que se participó fueron: Foro Coahuilagua 2006, IV Foro Mundial del Agua, Feria Ambiental Pátzcuaro 2006, XV Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales, V Jornada del Medio Ambiente 2006, XII Expoagua Guanajuato, IV Encuentro Nacional de Cultura del Agua, Expoforo Manejo Integral del Agua, Feria Internacional del Libro Universitario, Foro: Agua Reto Global en el Siglo XXI, XX Convención Anual ANEAS, XXII Congreso Latinoamericano de Hidráulica, XIX Congreso Nacional de Hidráulica, XI Congreso Anual ANUR, VII Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales; así como en el seminario *Diseño y construcción de presas de enrocamiento con cara de concreto*.

Tecnología económica y financiera del agua

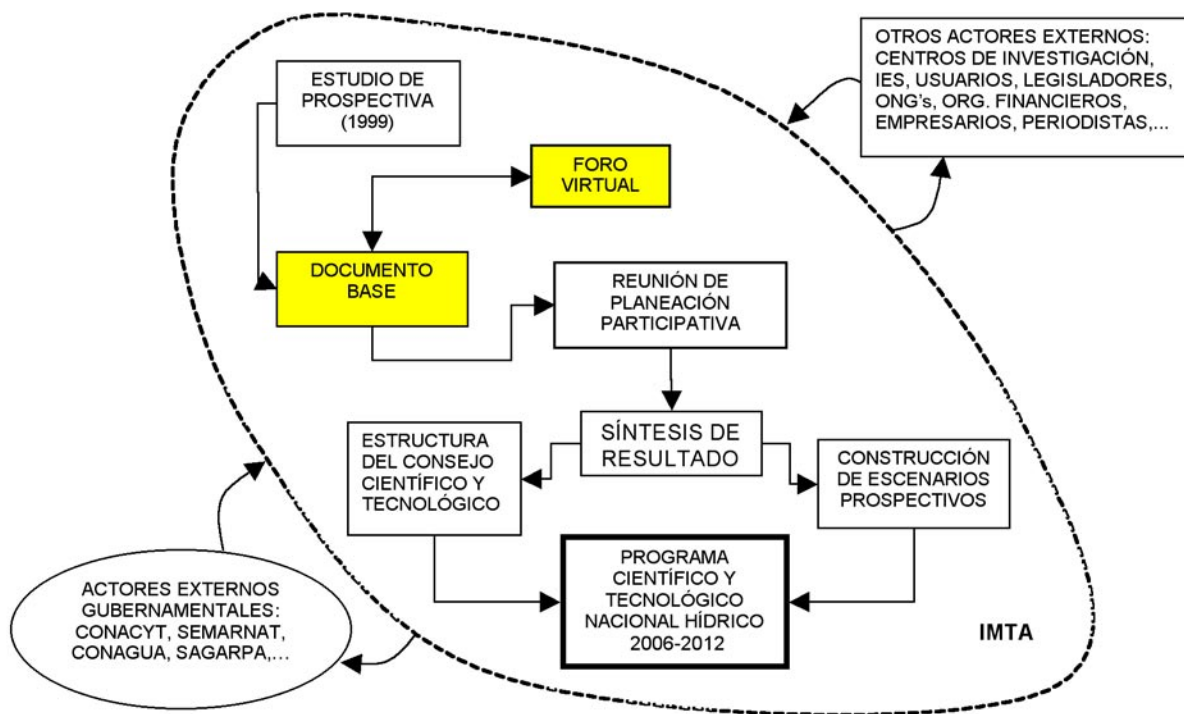
Con el objeto de hacer en el IMTA un ejercicio de planeación prospectiva para la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de agua y su gestión, se comenzó a definir e implantar un proceso

a fin de apoyar la integración del Programa Nacional Hídrico y del Consejo Científico y Tecnológico Nacional del Sector Agua. Para ello, se llevó a cabo un foro virtual en el que participaron investigadores y académicos del Instituto, siendo compiladas sus aportaciones en un documento base sobre la planeación de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la formación de recursos humanos del sector hídrico. Se llevó a efecto, también, una reunión de planeación participativa con la asistencia de investigadores, académicos y diversos actores involucrados en el sector, tanto oferentes como demandantes de la ciencia, la tecnología y los recursos humanos, los cuales, en equipos de trabajo, analizaron las tendencias, situación actual y futuro deseado hacia el 2030 para, finalmente, definir 21 acciones estratégicas en los siguientes temas: "Riego y drenaje", "Agua potable y saneamiento", "Agua y medio ambiente", "Fenómenos extremos" y "Gestión integrada de los recursos hídricos".

Para la CEAS de Jalisco se desarrolló un proceso de planeación estratégica institucional 2007-2013, que tiene por objetivo adoptar una administración moderna y funcional. Con esa intención se organizó un taller participativo en donde se identificaron la

misión, visión, objetivos estratégicos, principios, valores y filosofía institucionales, para luego generar una matriz morfológica y el planteamiento de estrategias institucionales.

A petición de la CEAS de Guanajuato, y con el propósito de aprovechar las oportunidades que prevé la Ley de Aguas Nacionales para la descentralización de diversas acciones de gestión hídrica, se elaboró una propuesta de reformas a la Ley de Aguas del Estado de Guanajuato. Partiendo de un análisis de la ley estatal actual, se identificaron los temas de interés en materia de regulación y una propuesta de modificaciones y adecuaciones, evaluadas por diversos expertos en gestión integrada del agua, sus usos y gobernanza. La propuesta para la nueva Ley de Aguas del Estado de Guanajuato contiene 129 artículos, en los que predominan las reglas generales para la concurrencia del estado, los municipios y la Federación en la gestión de los recursos hídricos y sus bienes inherentes, con enfoque de cuenca hidrológica. Asimismo, para Guanajuato se elaboró un proyecto-tipo de reglamento para la prestación de servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado, y disposición de aguas residuales.



PROCESO DE PLANEACIÓN PROSPECTIVA DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

En un estudio sobre esquemas alternativos para un posible mercado de derechos de agua, que el IMTA lleva a cabo con la finalidad de garantizar la oferta de agua a largo plazo en la ciudad de Oaxaca, se analizaron los escenarios para gestionar la transferencia de agua de un sector de la actividad económica a otro, a través de la transmisión de derechos. En este caso, las negociaciones serían entabladas entre el sistema de agua potable de la ciudad de Oaxaca y los productores agrícolas de las unidades de riego de la región Valles Centrales de Oaxaca, a fin de incrementar la oferta de agua para el abastecimiento público urbano de aquella zona y cubrir su demanda del líquido en los próximos veinte años. La estimación de los volúmenes de agua a transferirse y el costo que pagaría el sistema de agua potable a los productores, se plantearon en cinco escenarios alternativos: ahorro del 5% por manejo eficiente del agua, tecnificación del riego, reconversión productiva, venta de derechos de concesiones, e intercambio de agua residual. Para cada uno se efectuó una evaluación económica para poder determinar su factibilidad.

Del análisis de las posibilidades de reconversión productiva del distrito de riego 025 Bajo Río Bravo, Tam., que lleva a cabo el IMTA, resultó que se pueden alcanzar volúmenes de producción superiores a los actuales, aun cuando se disminuya

la superficie cultivada, como cabe esperar por la urbanización de la zona agrícola. Desde la perspectiva del productor, la rentabilidad podría aumentarse de manera proporcional al incremento en la productividad. El análisis económico de la rentabilidad de los principales cultivos del distrito mencionado, pone de manifiesto que los efectos de política dan lugar a una transferencia de recursos del sector social al sector privado en los cultivos de maíz, sorgo y algodón; el caso contrario se presenta en el cultivo de oca.



UNIDADES DE RIEGO DE LA REGIÓN VALLES CENTRALES DE OAXACA

Coordinación de Asesores

Seguimiento de los indicadores de gestión

A través de los años de evolución y gestión en la contratación de proyectos con los distintos clientes, usuarios y autoridades del sector agua y medio ambiente, se consideró necesario implementar un sistema que permitiera evaluar y dar seguimiento a las actividades, desarrollos y productos tecnológicos, que poco a poco fueron incursionando en el sector. Por ello, se determinó la necesidad de implementar en el IMTA un sistema de indicadores de gestión que se definió de acuerdo con las atribuciones que le otorga la Ley de Aguas Nacionales. Este sistema permite evaluar el desempeño del Instituto, así como vigilar la evolución del cumplimiento de las metas programadas durante el año y corregir, en su caso, cualquier retraso que pudiera afectar el logro de sus metas.

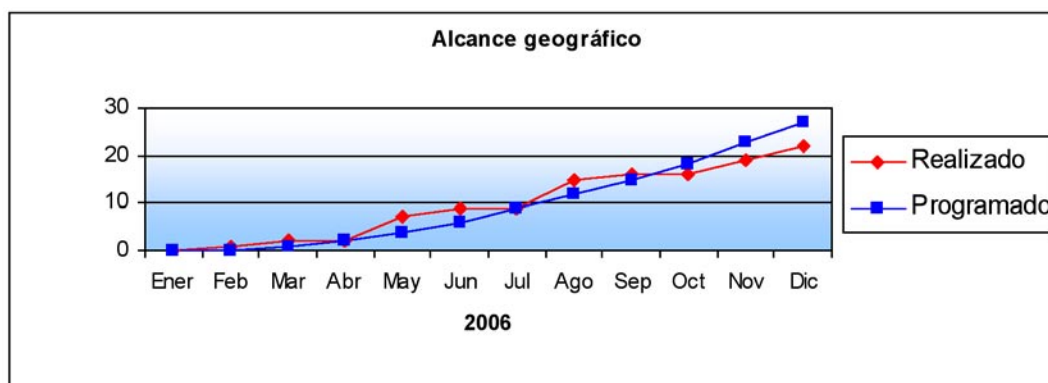
Por lo anterior, con la finalidad de informar cuál ha sido el comportamiento durante 2006,

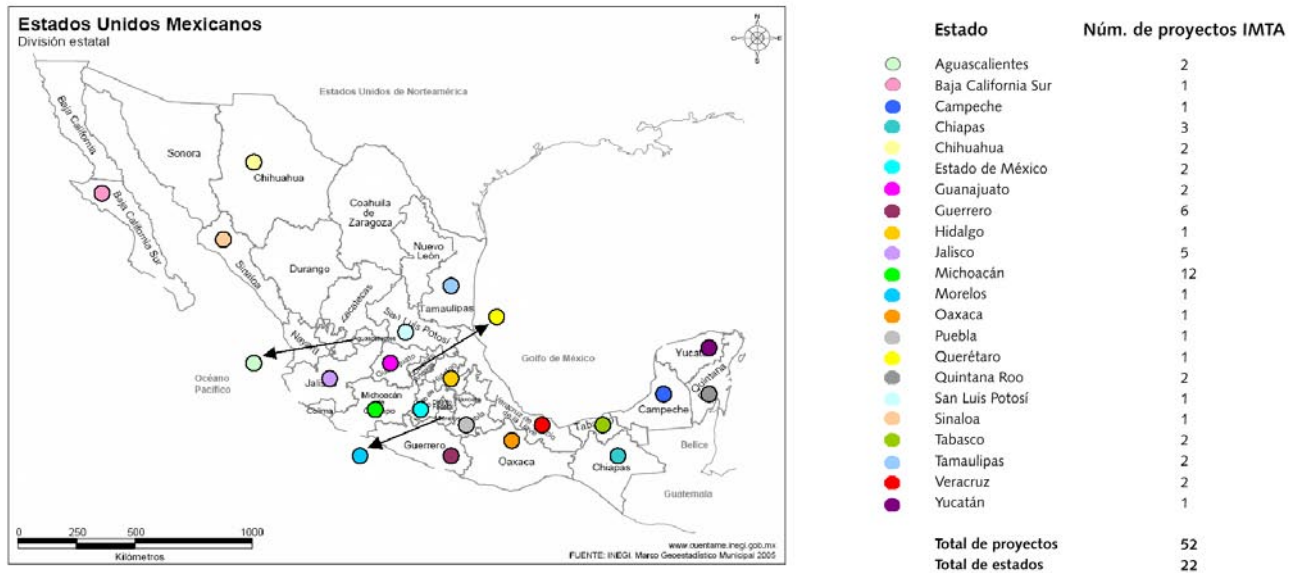
a continuación, en forma gráfica, se presenta la evolución mensual que tuvieron los indicadores de gestión aprobados por el órgano de gobierno del Instituto, en relación con las metas programadas.

Alcance geográfico

Este indicador permite medir la cobertura que alcanzan los servicios técnicos y científicos que presta el IMTA en el ámbito nacional, de acuerdo con el número de proyectos contratados por los diferentes clientes y que tienen impacto o aplicación en alguna de las entidades federativas del país.

Durante 2006, se desarrollaron proyectos que cubren 22 entidades federativas de las 27 programadas a cubrir durante el año (de las 32 entidades federativas en el país), lo que indica que no fue lo suficiente para dar cumplimiento con lo programado hacia finales del año.

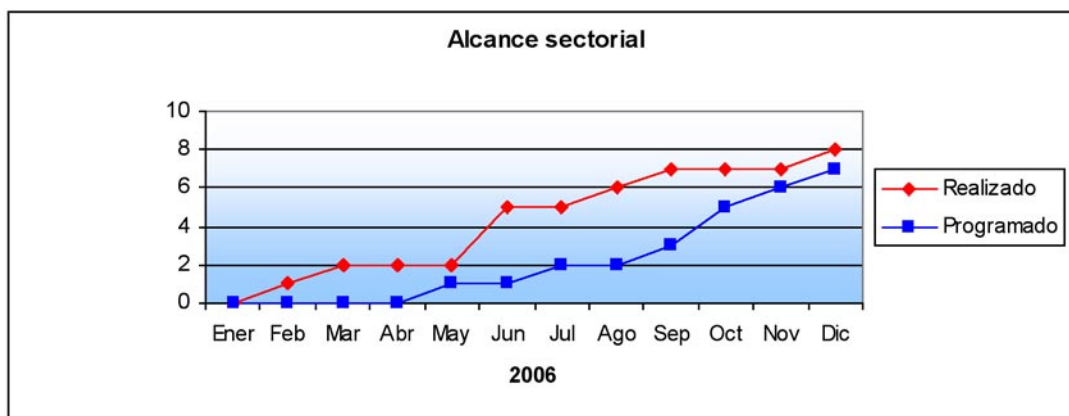




Alcance sectorial

Se busca medir la transversalidad de los servicios técnicos y científicos que presta el IMTA, de acuerdo con el número de proyectos contratados por los diferentes clientes y que tienen impacto o aplicación en los sectores estrechamente relacionados con el agua.

Durante 2006, se desarrollaron proyectos que atienden a ocho sectores de los siete programados en el año (de diez sectores estrechamente relacionados con el agua); de esta manera se pudo superar la meta anual programada.



Sectores	Núm. de Proyectos
Medio ambiente	36
Agropecuario	16
Energía	7
Salud	3
Educación	4
Desarrollo social	2
Económico	0
Comunicaciones y transportes	1
Turismo	1
Marina	0
Total	70

Actividad internacional

Este indicador monitorea la presencia de proyectos del IMTA en el extranjero y se mide con base en el número de proyectos contratados por instituciones, organismos internacionales o países extranjeros, comparándolo con el número total de proyectos contratados por el Instituto.

Durante 2006 se desarrollaron 11 proyectos de carácter internacional, de los cuales seis fueron con Estados Unidos; uno con España, Canadá y Japón, y se participó con dos proyectos en el IV Foro Mundial del Agua, de diez programados en el año (de una meta programada de 190 proyectos contratados en el año). Debido a la contribución internacional, el IMTA superó la meta programada.



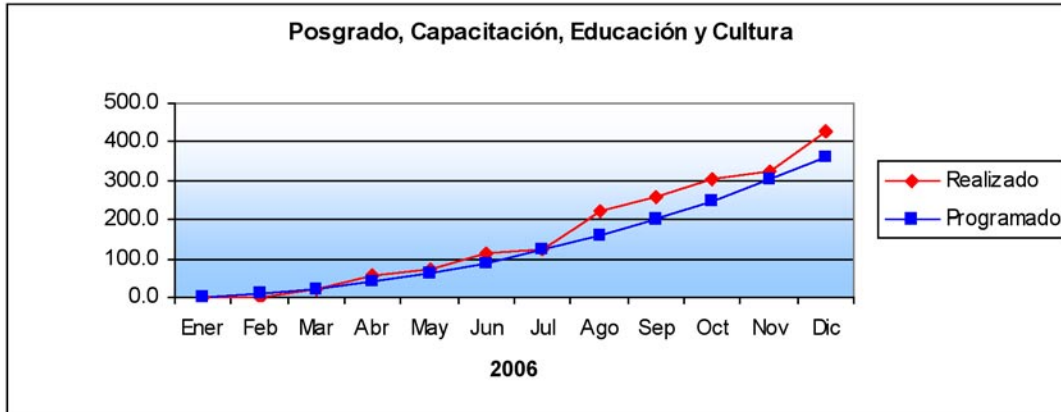
Institución	País	Núm. proyectos
Universidad de Texas	EUA	1
National Oceanic & Atmospheric Administration	EUA	1
Comunidad Económica Europea	España	1
Agencia de Cooperación Internacional del Japón	Japón	1
Centre de Recherche Industrielle de Québec-IMTA	Canadá	1
Universidad de California	EUA	1
Banco de Desarrollo de América del Norte	EUA	2
Asociación Mexicana por Agua Limpia y Ambiente Sano, A. C.	Internacional	1
IV Foro Mundial del Agua	Internacional	1
Project Wet International Foundation	EUA	1

Posgrado, capacitación, educación y cultura

Se logró medir la productividad unitaria de los servicios de capacitación, educación y cultura del agua que presta el Instituto, en función del número de participantes-hora que atendieron este tipo de eventos

organizados e implementados por personal del Instituto.

Durante 2006 el personal del IMTA impartió cursos de capacitación, de educación y cultura del agua y de posgrado, con una asistencia de 115,775 participantes-hora de 97,200 participantes-hora programados en el año, con lo que se superó la meta anual programada.

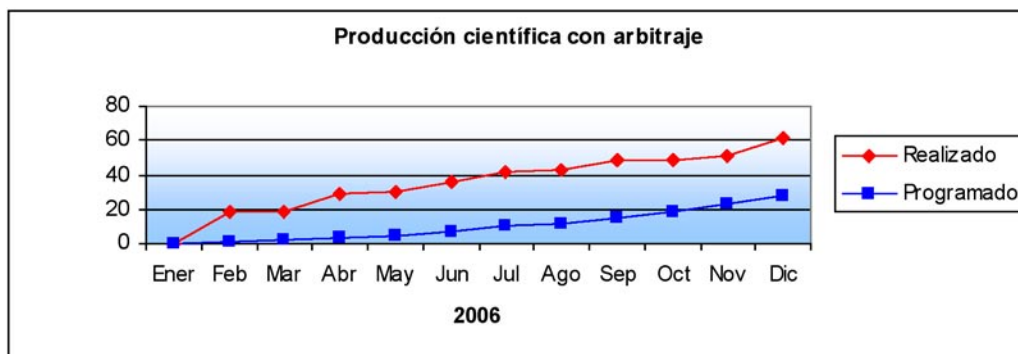


Horas impartidas	Núm. de participantes	Total participantes - hora
6,005	6,577	115,775.0

Producción científica con arbitraje

Este indicador mide la productividad unitaria de las labores de investigación que hace el IMTA, en función del número de artículos publicados en revistas con arbitraje, libros y artículos en libros, que producen los especialistas en hidráulica del Instituto.

Durante 2006 los especialistas en hidráulica del IMTA dedicados a la investigación, produjeron 61 publicaciones científicas, de 28 programadas en el año. Con estos datos se puede ilustrar la capacidad y potencialidad científica que ampliamente la meta anual programada.



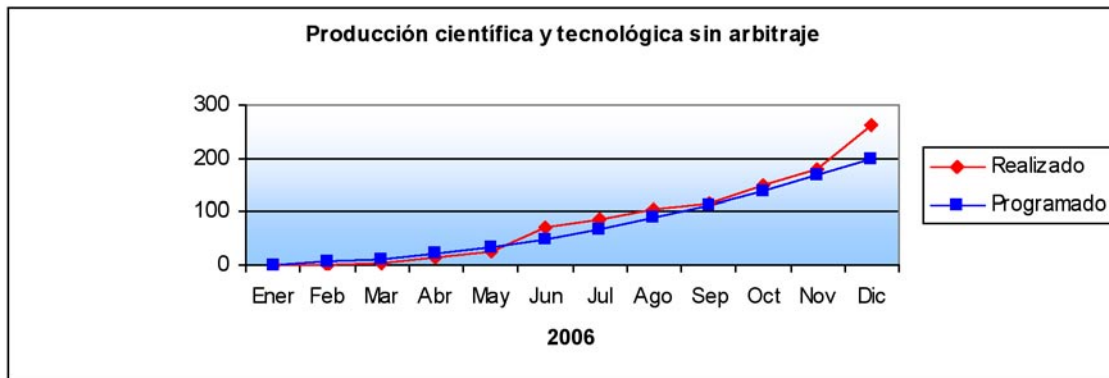
Publicaciones con arbitraje	
Tipo	Subtotal
Revista	31
Libro	10
Capítulo en libro	20
Total	61

Producción científica y tecnológica sin arbitraje

Este indicador mide la productividad unitaria de las labores de producción científica y tecnológica de los especialistas en hidráulica del IMTA, en función del número de

publicaciones in extenso en memorias de congresos, manuales, normas y artículos de difusión y divulgación.

Durante 2006 los especialistas en hidráulica del IMTA produjeron 261 publicaciones científicas y tecnológicas sin arbitraje, de doscientas programadas en el año, superando así la meta anual programada.



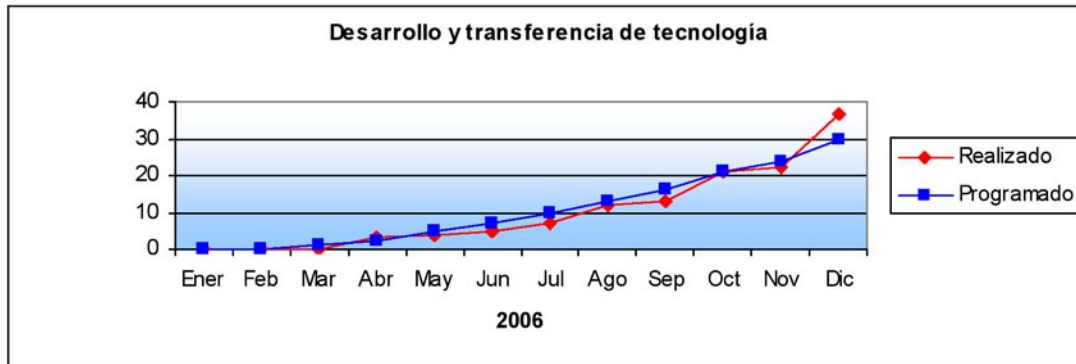
Publicaciones sin arbitraje	
Tipo	Subtotal
Memorias in extenso	237
Manuales	3
Normas	0
Artículos	21
Total	261

Desarrollo y transferencia de tecnología

Este indicador mide la productividad de los especialistas en hidráulica del IMTA dedicados al desarrollo tecnológico y a la difusión de tecnología, en función del número de productos tecnológicos

desarrollados como son *software* registrado, patentes y videos con derechos de autor.

Durante 2006 se desarrollaron 37 productos tecnológicos, de treinta programados en el año, lo cual permitió superar la meta anual programada.



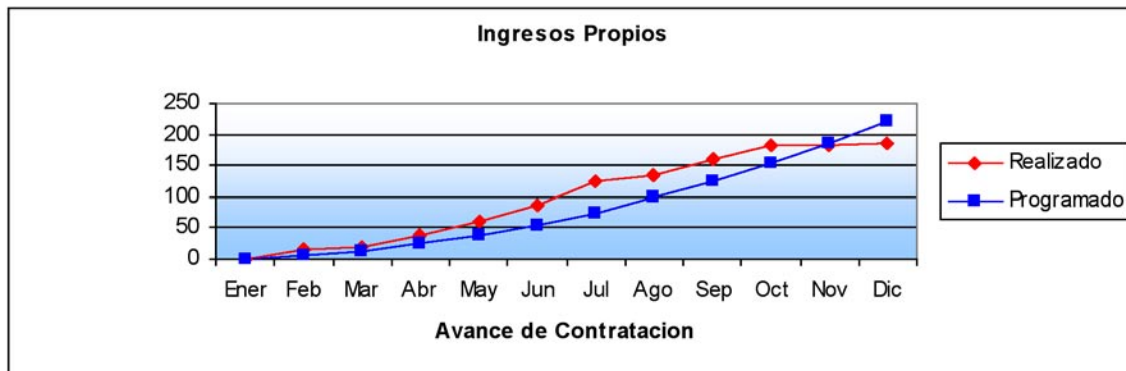
Tipo	Desarrollos tecnológicos
Videos	26
Patentes	3
Software	7
Paquete educativo	1
Total	37

Autosuficiencia presupuestaria

Este indicador detecta la evolución de los ingresos propios que se generan al contratar proyectos con diferentes clientes del sector medio ambiente.

Durante 2006 se firmaron convenios con diferentes clientes del IMTA por un monto de

184.4 millones de pesos (con IVA), de 220 millones programados en al año. Estas cifras indican que no fue posible alcanzar el programado; sin embargo, la cancelación de proyectos, el cierre presupuestal administrativo anticipado del gobierno federal y el cambio de autoridades afectaron de manera sustancial el cumplimiento de la meta.



Administración

Recursos financieros

El presupuesto del Instituto se compuso de los rubros indicados en la tabla siguiente:

Conceptos		Importes (miles de pesos)
Presupuesto autorizado original:		415,628
	Transferencias del gobierno federal	219,091
	Ingresos propios (programado)	165,996
Incrementos:		49,970
	Disponibilidad inicial	49,970
Reducciones:		3,609
	Programa de ahorro	3,075
	Reintegros a Tesofe	534
Presupuesto autorizado modificado		431,448

El ejercicio del presupuesto se detalla en la tabla siguiente:

Conceptos		Importes (miles de pesos)
Servicios personales		170,450
Materiales y suministros		15,843
Servicios generales		167,620
	Gasto corriente	353,913
Bienes muebles		16,380
Obra pública		6,898
	Gasto de capital	23,278
	Presupuesto ejercido	377,191
	Disponibilidad final	54,257

Recursos humanos

El nivel académico del personal del IMTA con posgrado se detalla en la tabla siguiente:

Grados	2005	2006	Diferencia 2005-2006
Maestrías	165	163	2
Doctorados	57	57	0
Total	222	220	2

Al Sistema Nacional de Investigadores pertenecen 26 especialistas en hidráulica del IMTA: nueve son candidatos a investigador, 13 investigadores Nivel I, tres son nivel II y uno Nivel III. Asimismo, cinco especialistas en hidráulica pertenecen a la Academia Mexicana de Ciencias y 17 a la Academia de Ingeniería.

Como resultado de la auditoría documental y de recertificación hecha al Sistema de Gestión de la Calidad del IMTA a mediados de 2006, el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación renovó el certificado obtenido por IMTA en el año 2003, por haber implementado y mantenido un sistema de gestión de la calidad de conformidad con las normas ISO 9001:2000/NMX-CC-9001-IMNC-2000, cuyo alcance abarca los principales procesos sustantivos, demostrando con ello que el Instituto

proporciona servicios que cumplen con los requisitos y expectativas de sus clientes a través de la mejora continua.

Recursos materiales

Durante 2006 se adquirieron bienes por un monto de 21.4 millones de pesos y se adjudicaron 73 contratos por un importe de 90.6 millones del pesos.

Sistema Integral de Información (SII) de la SHCP

Se mantuvo al corriente la captura y transmisión de la información.

Siglas y acrónimos

ANEAS	Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México, A.C.	PEP	Pemex Exploración y Producción.
API	<i>American Petroleum Institute.</i>	PRFV	Poliéster reforzado con fibra de vidrio.
CEAS	Comisión Estatal de Agua y Saneamiento.	PVC	Policloruro de vinilo.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.	Sagarpa	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
Conacyt	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Semarnat	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Conagua	Comisión Nacional del Agua.	SGAA	Subdirección General de Administración del Agua.
COT	Carbono orgánico total.	SGIH	Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola.
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno.	SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
DQO	Demanda química de oxígeno.	Tesofe	Tesorería de la Federación.
Gravamexsc	Gerencia Regional de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala	UAEM	Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
INE	Instituto Nacional de Ecología.	UAM	Universidad Autónoma Metropolitana.
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.
ISO	Organización Internacional para la Estandarización.		
Pemex	Petróleos Mexicanos.		

Catálogo de proyectos

COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA HIDRÁULICA		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
HC-0514.3	Mejoramiento en la medición de presas de almacenamiento y pozos agrícolas, 2006.	M. en I. Víctor Manuel Arroyo Correa
HC-0563.3	Estudio de la sectorización de la red de distribución de agua potable de la ciudad de Matamoros, Tamaulipas.	M. en I. José Manuel Rodríguez Varela
HC-0602.1	Liberación de fósforo del sedimento, en el lago de Pátzcuaro.	M. en I. Luis Rey Puente Jiménez
HC-0603.1	Tecnologías apropiadas en materia de agua en comunidades rurales.	Ing. Miguel Ángel Córdova Rodríguez
HC-0603.14	Tecnologías apropiadas para el tratamiento del agua para consumo humano en zonas marginadas. Segunda etapa.	Dra. Alejandra Martín Domínguez
HC-0604.1	Seguimiento del desempeño de la calidad del servicio de organismos de agua potable en el país.	M. en I. Javier Bourguett Ortiz
HC-0605.1	Desarrollos tecnológicos para el mejoramiento de la medición en pozos agrícolas.	M. en I. Edmundo Pedroza González
HC-0607.1	Fortalecimiento de los sistemas de certificación, calidad, acreditación y difusión del laboratorio Enzo Levi, IMTACERT y REPSA.	Ing. Miguel Ángel Córdova Rodríguez
HC-0606.1	Mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000, en la Coordinación de Tecnología Hidráulica del IMTA.	Ing. Francisco Herrera García
HC-0611.3	Supervisión de la instalación y puesta en servicio de sistemas de medición ultrasónica de flujos turbinados en centrales hidroeléctricas.	M. en I. Cecilia Millán Barrera
HC-0612.3	Inspección del tanque criogénico de almacenamiento de amoníaco FB-1201, con capacidad de 20,000 T/M para determinar su integridad mecánica, tomando como base el estándar API-653, última revisión.	Dr. Javier Avilés López

HC-0613.3	Estudio en modelo físico del vertedor de la presa El Carrizo, en el arroyo Camichín, municipio de Tamazula de Gordiano, Jalisco.	Ing. Gilberto Salgado Maldonado
HC-0614.3	Servicios de transmisión y alojamiento de datos en presas de almacenamiento.	M. en I. Alejandro López Vázquez
HC-0615.3	Mantenimiento correctivo y caracterización de molinetes.	Ing. Javier Martínez Navarro
HC-0616.3	Mantenimiento y caracterización de molinetes de la Gerencia de Distritos y Unidades de Riego.	Ing. Javier Martínez Navarro
HC-0617.3	Inspección del tanque criogénico de almacenamiento de amoníaco FB-1201, con capacidad de 20,000 T/M para determinar su integridad mecánica, tomando como base el estándar API-653, última revisión. Ampliación.	Dr. Julio Sergio Santana Sepúlveda
HC-0618.3	Desarrollo de ingeniería básica y de detalle de las obras, y rehabilitación del edificio para construcción de talleres, aula magna y residencia para partida militar.	Dr. Raúl Flores Berrones
HC-0620.4	Capacitación en apoyo a la transferencia de tecnología para la recuperación ambiental de la cuenca del lago de Pátzcuaro	M.T.E. Ma. Elena Rivero Bustos
HC-0621.4	Aplicación de tecnologías en materia de agua para comunidades rurales. Segunda etapa.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
HC-0622.4	Coordinación técnica, seguimiento integral de las tres etapas y difusión del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro.	Ing. Miguel Ángel Córdova Rodríguez
HC-0625.3	Transferencia de tecnologías apropiadas en el municipio de Tzintzuntzan, Mich.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
HC-0626.3	Transferencia de tecnologías apropiadas en el municipio de Huiramba, Mich.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
HC-0627.3	Transferencia de tecnologías apropiadas en el municipio de Pátzcuaro, Mich.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
HC-0628.3	Programa para el fortalecimiento de las capacidades de la gestión hídrica, para los integrantes del Consejo de Cuenca de la Península de Yucatán.	M.T.E. Ma. Elena Rivero Bustos
HC-0629.3	Transferencia de tecnologías apropiadas en el municipio de Erongáricuaro.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
HC-0630.3	Inspección mediante ensayos no destructivos del recipiente esférico TE-103 de 15,000 bls de capacidad, localizado en el sector 6, refinería Miguel Hidalgo, Tula de Allende, Hidalgo.	M. en I. José Isidro Robles López

HC-0631.3	Estudio de integridad mecánica de equipos de la planta de estireno, en el Complejo Petroquímico Cangrejera, Coatzacoalcos, Veracruz.	Dr. Xiangyue Li Liu
HC-0632.3	Reparación y reinspección mediante ensayos no destructivos al recipiente esférico TE-126, localizado en el sector 6, refinería Miguel Hidalgo, Tula de Allende, Hidalgo.	M. en I. José Isidro Robles López
HC-0633.3	Medición de espesores por la técnica de pulsos por corrientes en líneas y equipos con aislamiento térmico de las plantas de gas licuado y amonio, de la terminal refrigerada de distribución de gas licuado.	Dr. Xiangyue Li Liu
HC-0634.3	Inspección mediante ensayos no destructivos, reparación y certificación API de los recipientes esféricos TE-303, TE-305 y TE-307, en la terminal de distribución de gas licuado Zapopan, Jalisco.	M. en I. Mauricio Escalante Estrada
HC-0635.3	Dimensionamiento y proyecto ejecutivo de la obra de control de niveles en la laguna La Escondida, Reynosa, Tamaulipas.	M. en I. José Alfredo González Verdugo
HC-0636.3	Estudio hidrodinámico para la ampliación de la dársena en el puerto de playa del Carmen, Calizas Industriales del Carmen, Quintana Roo.	Dr. Rubén Antelmo Morales Pérez
HC-0637.3	Inspección mediante ensayos no destructivos a recipientes esféricos TE-106, TE-201, TE-202, TE-203, TE-204, TE-206, localizados en el sector 6, refinería Miguel Hidalgo, Tula de Allende, Hidalgo.	M. en I. Mauricio Escalante Estrada
HC-0638	Inspección mediante ensayos no destructivos a recipientes esféricos TE-111, TE-112, TE-113, TE-114, TE-301-A, TE-103-B, localizados en el sector 4, refinería Miguel Hidalgo, Hidalgo.	M. En I. José Isidro Robles López
HC-0639.3	Ingeniería básica y de detalle en la sustitución del cruzamiento del LPGDUCTO de 24" de D.N., en el km 201+958 y el gasoducto de 30" de D.N, en el km 310+800.	Dr. Xiangyue Li Liu
HC-0640.3	Supervisión de los trabajos de montaje, instalación e integración de medidores másicos al sistema de medición y control automático de la terminal de distribución de gas licuado, Ciudad Madero, Tamaulipas.	Dr. Rubén Antelmo Morales Pérez
HC-0641.3	Estudio y análisis de la corrosión bajo aislamiento mediante la técnica de corrientes EDDY, de los recipientes esféricos TE-200, TE201, TE-300, TE-301, TE-302 y TE-303.	M. en I. Héctor Alexis Espinosa Gayoso
HC-0642.3	Inspección mediante ensayos no destructivos, reinspección y certificación API del recipiente horizontal TH-11 en la terminal terrestre de distribución de gas licuado Salina Cruz, Oaxaca.	M. en I. Luis Rey Puente Jiménez

HC-0643.3	Estudio técnico de la red de agua contra incendio de la TDGL Ciudad Madero, para mitigar el evento de riesgo mayor mediante el suministro de agua contra incendio proveniente de las instalaciones de la refinería Francisco I. Madero.	M. I. Mauricio Escalante Estrada
HC-0644.3	Estudio técnico de la red de agua contra incendio para verificar su cumplimiento con el NFPA-20, la normativa vigente aplicable y su capacidad de operabilidad para mitigar el evento de riesgo mayor.	M. en I. Mauricio Escalante Estrada
HC-0645.3	Supervisión de los trabajos de montaje, instalación e integración de medidores máscos al sistema de medición y control automático de la terminal de distribución de gas licuado, en Zapopan, Jalisco.	M. en I. José Isidro Robles López
HC-0646.3	Supervisión de los trabajos de montaje, instalación de medidores máscos al sistema de medición y control automático de la terminal de distribución de gas licuado, Abasolo, Guanajuato.	M. en I. Héctor Alexis Espinosa Gayoso
HC-0651.4	Alcantarillado y saneamiento de la ciudad de Pátzcuaro.	Dra. Alejandra Martín Domínguez
HC-0652.4	Mejora de la eficiencia física y comercial en el organismo operador de Pátzcuaro. Segunda etapa.	M. en I. Víctor Javier Bourguett Ortiz
HC-0653.4	Mejora de la eficiencia comercial de los organismos operadores de Tzintzuntzan y Erongarícuaro.	M. en C. Mario Óscar Buenfil Rodríguez
HC-0654.4	Mejora de la eficiencia física y comercial en el organismo operador de Quiroga. Segunda etapa.	M. en I. Edgar Antúnez Leyva
HC-0655.3	Diagnóstico técnico del sistema de distribución de agua de la localidad del golfo de Santa Clara, Sonora.	M. en I. Victor Hugo Alcocer Yamanaka
HC0658.3	Elaboración de un modelo de simulación hidráulica y de un sistema de información geográfica del sistema de drenaje pluvial de la zona conurbada de Guadalajara.	Dr. Juan Carlos García Salas
HC-0670.3	Transferencia de tecnologías apropiadas en el municipio de Quiroga.	M. en I. Adriana Emilia Cruz Trillo
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA HIDROLÓGICA		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
TH-0330	El lago de Chapala y su entorno ecosocial: desarrollo de una matriz de contabilidad social para el análisis de políticas ambientales.	Dra. Anne Margrethe Hansen Hansen
TH-0406	Evaluación de los riesgos de la contaminación de mantos freáticos por la infiltración del herbicida atrazina, a nivel nacional.	Dra. Anne Margrethe Hansen Hansen

TH-0434	Pronóstico de fenómenos meteorológicos intensos para el estado de Chiapas.	Dr. Ricardo Prieto González
TH0535	Estudio hidrogeológico regional de los acuíferos del noroeste del estado de Chihuahua.	M. en C. Manuel Martínez Morales
TH-0606.1	Instrumentación del acuífero del Valle de Querétaro.	Dra. Graciela Herrera Zamarrón
TH-0607.1	Formalizar el proceso de construcción de consensos con apoyo de la modelación matemática y procesos de resolución de conflictos.	M. en Sc. Alberto Güitrón de los Reyes
TH-0608.1	Acoplamiento del modelo numérico de atmósfera MM5 con dos de océano: WAM SWAN para simular numéricamente oleaje.	M. en C. José Antonio Salinas Prieto
TH-0609.1	Evaluación del riesgo de arribo de un ciclón tropical a la república mexicana.	Dr. Ricardo Prieto González
TH-0610.1	Estudio sobre la red hidroclimatológica del país.	M. en I. Margarita E. Preciado Jiménez
TH-0611.2	Plan Integrado Hidrológico-Forestal de Prevención de Inundaciones a Corto, Mediano y Largo Plazos, para la Costa de Chiapas.	M. en I. Roberto Mejía Zermeño
TH-0612.1	Mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000, en la Coordinación de Tecnología Hidrológica.	Q.I. Rafael B. Equihua Medina
TH-0655.3	<i>Memoria ilustrada de las acciones para la recuperación ambiental de la cuenca Lerma-Chapala.</i>	Q.I. Rafael B. Equihua Medina
TH-0657.3	Análisis del rompimiento de las presas El Cajón-La Yesca.	Dr. M. Alfonso Gutiérrez López
TH-0658.3	Identificación y evaluación de proyectos mini hidroeléctricos en la cuenca del río Culiacán, ubicada en los estados de Sinaloa, Durango y Chihuahua.	Ing. Sergio Armando Trelles Jasso
TH-0659.3	Identificación y evaluación de proyectos mini hidroeléctricos en las cuencas de los ríos Nautla y Tecolutla, ubicadas en los estados de Puebla y Veracruz.	Ing. Sergio Armando Trelles Jasso
TH-0533.6	Formulación del Programa Regional Hidrológico-Forestal XII, Península de Yucatán. Segunda etapa.	M. en C. Jorge Enrique Brena Zepeda
TH-0546.3	Atlas climatológico actualizado de México.	Dr. Saúl Miranda Alonso
TH-0524.3	Modelación dinámica de subcuencas en la cuenca del río Balsas.	Ing. Sergio Armando Trelles Jasso
TH-0547.3	Implementación de un sistema de pronóstico meteorológico numérico WRF y el modelo climático CAM3 en el cluster del Servicio Meteorológico Nacional.	Dr. Martín José Montero Martínez

TH-0621.3	Evaluación de los estudios ambientales y de saneamiento en el proyecto: <i>El arcediano, asesoría y seguimiento para la creación del distrito de control ambiental.</i>	Dra. Anne Margrethe Hansen Hansen
TH-0622.4	Evaluación física de la cuenca del río Bravo (<i>Physical Assesment Project</i>).	Dr. Héctor Sanvicente Sánchez
TH-0623.4	Actualización geohidrológica de la cuenca y caracterización de la interacción hidráulica del sistema acuífero con el lago de Pátzcuaro. Segunda etapa.	Fís. Luis González Hita
TH-0624.4	Actualización del balance hídrico del lago de Pátzcuaro y transferencia del sistema de medición.	M. en I. Jaqueline Lafragua Contreras
TH-0625.3	Estudio hidráulico de la cuenca cerrada de la laguna de Tixtla de Guerrero, Guerrero.	M. en I. Óscar David Santillán Hernández
TH-0626.3	Estudio hidrológico y manejo de aguas pluviales en el municipio de Ayutla Guerrero.	M. en I. Ernesto Aguilar Garduño
TH-0627.3	Mantenimiento y actualización de la base geográfica de la Gerencia Técnica de Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala.	Ing. José Alberto Balancán
TH-0628.3	Análisis de posibles impactos del cambio climático. Estudio de caso preliminar: Cancún, Quintana Roo.	Dr. Ricardo Prieto González
TH-0629.3	Servicio de apoyo técnico en meteorología para la atención del Plan de Emergencia por Huracanes en la Región Norte de Pemex Exploración y Producción.	M. en C. Fernando Oropeza Rosales
TH-0630.3	Estudio hidrológico integral para el municipio de Huitzuc de los Figueroa, Gro. Primera etapa.	M. en I. Juan Francisco Gómez Martínez
TH-0631.3	Revisión anual obligatoria establecida en el convenio de colaboración de la cuenca Lerma-Chapala: Análisis de nuevas propuestas para la distribución del agua superficial (para incorporar al modelo de simulación e información técnica de presas).	Ing. Ana Isabel Wagner Gómez
TH-0632.3	Sistema de soporte para la gestión integrada del agua en la cuenca del sitio Arcediano, sobre el río Santiago. Primera etapa.	Ing. Sergio Armando Trelles Jasso
TH-0633.3	Actividades del taller de investigadores relacionados con los impactos del cambio climático en el sector turístico mexicano y los actores clave del sector.	Dr. Ricardo Prieto González
TH-0635.3	Elaboración del proyecto y las bases de licitación para el tratamiento fisicoquímico de residuos de hidrocarburos y su aprovechamiento en la estabilización del material utilizado en las vías de acceso de la Unidad Minera Industrial Texistepec, Veracruz.	M. en C. Manuel Martínez Morales
TH-0636.3	Diplomado semipresencial a distancia para personal involucrado en la operación de la red agrometeorológica de las funciones del Programa Produce.	Dr. José Antonio Salinas Prieto

TH-0641.3	Modelo hidrodinámico del acuífero de la zona metropolitana de la ciudad de México.	Dra. Graciela Herrera Zamarrón
TH-0642.3	Proyecto ejecutivo de presas para el municipio de Huitzoco de los Figueroa, Gro. Tercera etapa.	M. en I. Juan Francisco Gómez Martínez
TH-0643.3	Servicios de reparación, conservación y mantenimiento de instalación de la red de estaciones hidrometeorológicas de PEP, en la Sonda de Campeche.	M. en C. José Alfredo Mundo Molina
TH-0645.3	Adquisición, suministro, instalación y puesta en marcha de una red de ocho estaciones meteorológicas automáticas para el Instituto Mexicano del Transporte.	M. en C. José Alfredo Mundo Molina
TH-0650.3	Identificación de fuentes generadoras de infiltración de hidrocarburos y construcción de pozos de bioventeo, y operación de los sistemas de extracción y bioventeo, en el área de efluentes de la refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, Cadereyta de Jiménez, Nuevo León.	Dr. Miguel Ángel Mejía González
COORDINACIÓN DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
TC-0446.6	Desarrollo de bioherbicidas para el control de malezas acuáticas. Tercera etapa.	Dra. Maricela Martínez Jiménez
TC-0504.6	Tecnologías de potabilización adecuadas para el medio rural.	M. en I. Arturo González Herrera
TC-0509.6	Tratamiento fotocatalítico de aguas de lavado de envases de plaguicidas.	Dra. Silvia Gelover Santiago
TC-0538.6	Evaluación y determinación del grado de afectación toxicológica en las playas de Ciudad Madero, Tampico y Altamira, Tamaulipas.	M. en C. Yolanda Pica Granados
TC-0556.6	Sensibilización de nanopartículas de dióxido de titanio con colorantes para uso como fotocatalizadores con energía solar.	Dra. Silvia Gelover Santiago
TC-0436.4	<i>V curso internacional de sistemas integrados para el tratamiento de aguas residuales y su reúso para un medio ambiente sustentable.</i>	M. en C. Lina María Cardoso Vigueros
TC-0464.6	Sistemas para la captación y potabilización de aguas pluviales para uso y consumo humano en comunidades rurales del norte del estado de Morelos. Tercera parte.	Dra. Sofía Esperanza Garrido Hoyos
TC-0512.4	Biofiltración sobre materiales orgánicos de regiones tropicales y subtropicales: desarrollo IMTA-CRIQ. Segunda etapa.	Dr. Marco Antonio Garzón Zúñiga

TC-0515.5	Descontaminación de agua residual proveniente del lavado de suelo contaminado utilizando procesos avanzados de oxidación (PAO).	Dr. Erick Roberto Bandala González
TC-0536.6	Estudio de clasificación de la bahía de Ixtapa-Zihuatanejo, Guerrero.	M. en I. Jorge Luis Izurieta Dávila
TC-0540.5	Desarrollo de sistemas de ahorro de energía en sistemas de desinfección de agua mediante el uso de energía solar.	Dr. Erick Roberto Bandala González
TC-0552.3	Desarrollo de la ingeniería básica y de detalle para la instalación de tecnología de extracción, desagüe y acondicionamiento de lodo en petroquímica.	M. en I. Mercedes Esperanza Ramírez Camperos
TC-0553.6	Origen hidrogeológico del arsénico, métodos alternativos innovativos para su cuantificación y tratamiento.	Dra. Sofía Esperanza Garrido Hoyos
TC-0603.1	Tecnologías de remoción de arsénico. Segunda etapa.	M. en I. César G. Calderón Mólgora
TC-0604.1	Desalación con fuentes alternas de energía. Tercera etapa.	M. en I. Manuel Fuentes Díaz
TC-0605.1	Descontaminación y desinfección solar mediante fotocátalisis solar.	M. en C. María Teresa Leal Ascencio
TC-0606.1	Desarrollos en tratamiento de aguas residuales municipales. Segunda etapa.	Dra. Petia Mijaylova Nacheva
TC-0607.1	Programa para el Control de la Contaminación Difusa en la Cuenca del Río Lerma. Segunda etapa).	M. en I. Jorge Luis Izurieta Dávila
TC-0602.1	Mantenimiento de la certificación de la ISO 9001:2000 en la Coordinación de Tratamiento y Calidad del Agua.	M. en I. Alfredo Ranulfo Ocón Gutiérrez
TC-0622.6	Calidad del agua del río Zahuapan e impacto de las descargas de aguas residuales.	M. en C. Víctor Ramírez Angulo
TC-0623.3	Dictamen de factibilidad ambiental de la planta hidreléctrica La Yesca, ubicada en los estados de Nayarit y Jalisco.	M. en C. María Antonieta Gómez Balandra
TC-0628.3	Diseño funcional de una planta potabilizadora de 300 lps para remover hierro y manganeso.	M. en I. Martín Piña Soberanis
TC-0632.4	Monitoreo periódico de la calidad del agua del lago de Pátzcuaro.	Biól. José Javier Sánchez Chávez
TC-0633.4	Instalación de humedal para el tratamiento de las aguas residuales de la localidad de Erongarícuaro, Michoacán.	Biól. Armando Rivas Hernández
TC-0634.4	Evaluación y asistencia técnica para la operación del humedal de Santa Fe de la Laguna.	Biól. Armando Rivas Hernández

TC-0635.3	Asistencia técnica para la implementación de un sistema de calidad.	M. en C. Norma Ramírez Salinas
TC-0636.3	Asistencia técnica en la implementación de cálculos estadísticos para el control de calidad analítico.	M. en C. Norma Ramírez Salinas
TC-0637.3	Elaboración de estudios y diagnósticos ambientales, muestreos y análisis para la caracterización de aguas residuales y cuerpos de agua en instalaciones de PEP, Región Sur y áreas aledañas.	M. en C. Juan Leodegario García Rojas
TC-0639.3	Indicadores biológicos sobre el cauce del río Verde (área de embalse de la futura presa el Zapotillo, Jalisco).	M. en C. María del Pilar Saldaña Fabela
TC-0653.3	Estudio del mercado nacional para el tratamiento de aguas residuales y de la demanda de agua tratada para su reúso.	Dra. Gabriela Mantilla Morales
TC-0657.4	Pruebas biológicas para la evaluación ecotoxicológica de sustancias químicas.	M. en C. Yolanda Pica Granados
TC-0661.3	Dictamen técnico, económico y ambiental de la planta desmineralizadora de agua UDA-400, para la refinería Ing. Héctor R. Lara Sosa, Cadereyta de Jiménez, Nuevo León.	M. en I. César G. Calderón Mólgora
TC-0664.3	Servicio de entrenamiento teórico-práctico in situ para fortalecer el laboratorio de química y personal de operación de tratamiento de aguas residuales de la refinería Ing. Antonio M. Amor, para acreditamiento ante la Entidad Mexicana de Acreditación, A. C. Incluye la dotación de reactivos, materiales y equipos necesarios para la realización de análisis correspondientes.	M. en I. Alfredo Ranulfo Ocón Gutiérrez
TC-0666.3	Instalación del sistema de protección catódica de 3.7 km del gasoducto de 12" de diámetro, que va de Trampa de Diablos al complejo HDR de la refinería Miguel Hidalgo, Tula, Hidalgo.	M. en I. Manuel Fuentes Díaz
TC-0667.3	Inspección al 100% por la técnica de ultrasonido por ondas guiadas, a la líneas de la unidad 3,100 del complejo HDR, en los circuitos 004, 005, 006 y 007, al interior de la refinería Miguel Hidalgo, Tula, Hidalgo.	M. en A. Leticia Montellano Palacios
TC-0572.6	Descontaminación de agua residual de la industria textil mediante fotocátalisis solar.	Dr. Erick Roberto Bandala González
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE RIEGO Y DRENAJE		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
RD-0510	Evaluación de resultados del Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego en el ejercicio fiscal 2005 y cumplimiento de las reglas de operación; sujeto a las reglas de operación de los programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Conagua, y modificaciones a partir de 2003.	Dr. Arturo González Casillas

RD-0519	Evaluación de resultados del Programa de Desarrollo Parcelario de Distritos de Riego en el ejercicio fiscal 2005 y cumplimiento de las reglas de operación y evaluación comparativa de las acciones realizadas; sujetos a las reglas de operación de los programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Conagua, publicadas en el <i>Diario Oficial de la Federación</i> el 7 de abril de 2003 y modificaciones del 1º de septiembre y 24 de diciembre del mismo año, publicadas en dicho órgano.	M. en C. José R. Lomelí Villanueva
RD-0537.6	Modelación del drenaje agrícola subterráneo con la ecuación de Boussinesq, sujeta a una condición de radiación fractal en los drenes.	Dr. Manuel Zavala Trejo
RD-0545	Plan Director para la Modernización del Riego en el distrito de riego 034, estado de Zacatecas.	M. en I. Mario Alberto Montiel Gutiérrez
RD-0518.3	Participar en la integración de proyectos ejecutivos, asesoría y capacitación en licitación y supervisión de la instalación de sistemas de monitoreo de gasto y telemetría, y en la identificación de la infraestructura.	Dr. José Javier Ramírez Luna
RD-0530	Programa Regional Hidrológico-Forestal para la Región I, Península de Baja California. Proyecto multianual.	M. en A. María Dolores Olvera Salgado
RD-0531	Programa Regional Hidrológico-Forestal para la Región II, Noroeste. Proyecto multianual.	M. en I. Héctor Cortés Torres
RD-0544	Diversificación productiva en zonas cañeras para utilización eficiente del agua de lluvia.	M. en C. Alfredo Gómez Garzón
RD-0602.1	Transporte de solutos en suelos agrícolas.	M. en C. Felipe Zataráin Mendoza
RD-0603	Riego y fertirriego en ambiente controlado (invernadero) y en cultivo con acolchado.	M. en C. Efrén Peña Peña
RD-0604.1	Tecnologías para la medición de agua en canales.	Dr. José Javier Ramírez Luna
RD-0605.1	Sistema para la prevención de riesgos hidrológicos en la costa de Chiapas.	M. en Sc. Raúl Medina Mendoza
RD-0606.1	Evaluación al desempeño de módulos de riego.	Lic. Braulio Robles Rubio
RD-0608	Mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000 en la Coordinación de Tecnología de Riego y Drenaje del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.	Lic. Braulio Robles Rubio
RD-0611	Evaluar el manejo de la infraestructura de riego de sociedades de responsabilidad limitada de unidades de riego que, para su rehabilitación y modernización, han sido apoyadas con recursos federales de los programas de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica y de Uso Pleno de la Infraestructura Hidrológica en los estados de Aguascalientes, Michoacán, Oaxaca, San Luis Potosí y Tamaulipas.	Ing. José Ángel Guillén González

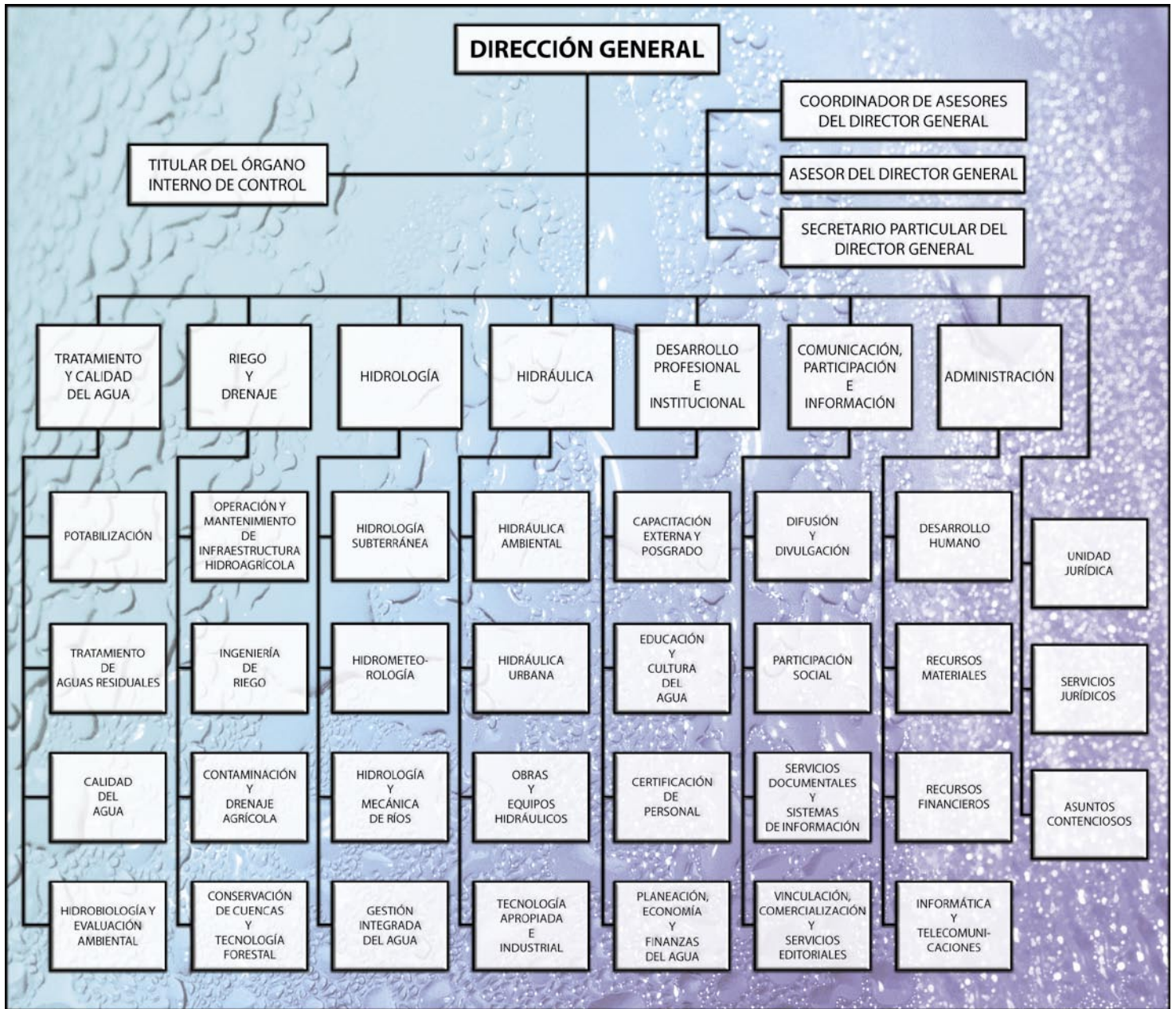
RD-0614	Evaluación de resultados del Programa de Desarrollo Parcelario de Distritos de Riego del ejercicio fiscal 2006, sujeto a reglas de operación.	M. en C. José R. Lomelí Villanueva
RD-0615	Evaluación de resultados del Programa de Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego en el ejercicio fiscal 2006 y cumplimiento de las reglas de operación; sujeto a las reglas de operación de los programas de Infraestructura Hidroagrícola y de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento a cargo de la Conagua, y modificaciones a partir de 2003.	Dr. Arturo González Casillas
RD-0616	Integrar los planes directores para la modernización integral del riego de 23 distritos de riego, en el sistema de planes directores (Sipladir) para la consulta de información e inversiones.	Dr. Arturo González Casillas
RD-0617	Instrumentar la medición y operación de la presa derivadora Piedras Blancas, en el distrito de riego 097, Lázaro Cárdenas, Michoacán.	Dr. Víctor Ruiz Carmona
RD-0618	Servicios de asesoría técnica, reglamentar la operación y plan director para rehabilitar y modernizar unidades de riego en los estados de Aguascalientes, Durango y San Luis Potosí, para 99 unidades de riego y 6,850 hectáreas.	Ing. José Ángel Guillén González
RD-0623	Replanteamiento del proyecto ejecutivo para la tecnificación del distrito de riego 068, Tepecoacuilco-Quechultenango estado de Guerrero, zona Iguala.	M. en C. José Eduardo Moreno Bañuelos
RD-0631	Prácticas de conservación de los recursos suelo, bosque y agua en la cuenca de Pátzcuaro.	M. en Sc. Raúl Medina Mendoza
RD-0641	Plan Estratégico de la Cuenca Presa Guadalupe, Estado de México.	M. en C. Pedro Rivera Ruiz
RD-0645	Proyecto ejecutivo para la tecnificación, con tubería de multicompuertas, de una superficie de 2,115 ha en el módulo VI Pastor Ortiz, del distrito de riego 087 Rosario Mezquite, Michoacán.	M. en C. Juan Carlos Herrera Ponce
RD-0619	Evaluación de los programas de inversión directa en la Región Río Bravo.	Dr. Ever Saucedo
RD-0620	Asistencia técnica en distrito de riego 001, Aguascalientes.	Dr. Ever Saucedo
RD-0621	Evaluación agrohidráulica del módulo de drenaje parcelario subterráneo controlado, en el distrito de temporal tecnificado 035, Los Naranjos, Veracruz.	M. en C. Rodolfo Namuche Vargas
RD-0630	Tecnificación de la zona de riego de la presa Niágara, Aguascalientes.	Dr. Manuel Zavala Trejo

RD-0648	Evaluación agrohidráulica del módulo de drenaje parcelario subterráneo, establecido en el distrito de temporal tecnificado 108, Huixtla, Chiapas.	M. en C. Rodolfo Namuche Vargas
RD-0609	Estudio para la operación y manejo sustentable del acuífero Casas Grandes, Chihuahua.	Dr. Carlos Fuentes Ruiz
COORDINACIÓN DE TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN, PARTICIPACIÓN E INFORMACIÓN		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
CP-0605.1	Producción de videos de las series "Cultura del Agua para Niños y Jóvenes".	M.C.S. Omar Fonseca Moreno
CP-0606.1	Sistematizar los procesos de negociación y resolución de conflictos por el agua con apoyo de la modelación matemática.	M. en C. Sergio Vargas Velázquez
CP-0607.1	Problemática sociambiental y descentralización del arreglo institucional en la cuenca del río Amacuzac.	Dra. Denise F. Soares de Moraes
CP-0608.1	Instalación y puesta en marcha de la biblioteca digital del Centro Nacional Documental Técnico y Científico sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos.	Ing. Elías Flores González
CP-0609.1	Propuesta para el control e implantación de una red de bibliotecas digitales sobre los recursos hídricos en México.	M. S. I. Carlos Meneses del Arco
CP-0610.1	Mantenimiento del sitio web del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.	C. Emilio García Díaz
CP-0603.1	Mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000 en la Coordinación de Tecnología de Comunicación, Participación e Información del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.	M. en A. Carlos Alberto Ramírez Vázquez
CP-0604.1	Fortalecimiento de la comunicación institucional.	M. en A. S. Marco Antonio Sánchez Izquierdo
CP0615.3	Traducción de documentos del proceso preparatorio al IV Foro Mundial del Agua (Anexo técnico 3 del convenio CNA-SGP-02-2005, gestionado por la Coordinación de Desarrollo Profesional e Institucional).	C. Emilio García Díaz
CP-0625.3	Comunicación, educación y cultura del agua en la CEAPAS y espacios de cultura del agua de las juntas municipales de agua potable y alcantarillado del estado de Sinaloa.	M. en A. S. Marco Antonio Sánchez Izquierdo
CP-0626.4 HC-0653.4	Comunicación para la participación ciudadana en la mejora comercial de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento de Tzintzuntzan y Erongarícuaro.	Lic. Arturo Nava Ayala
CP-0627.3	Análisis y sistematización de la recuperación del acuífero y cambio tecnológico hidroagrícola en los municipios de San Pablo Huixtepec y la ciénega Zimatlán, en los valles de Oaxaca, a partir del MESMIS.	M. en C. Eduardo López Ramírez

CP-0628.3	Diagnóstico sociopolítico para las comunidades donde opera PEP, Región Sur. Segunda etapa.	Dr. Daniel Murillo Licea
COORDINACIÓN DE DESARROLLO PROFESIONAL E INSTITUCIONAL		
Clave	Nombre del proyecto	Jefe de proyecto
DP-0601.1	Gestión de los proyectos y resultados de la Coordinación.	M. en I. Flor Virginia Cruz Gutiérrez
DP-0607.1	Niños, agua y educación en el IV Foro Mundial del Agua.	M. en A. Rita Vázquez del Mercado Arribas
DP-0607.2	Niños, agua y educación en el IV Foro Mundial del Agua.	M. en A. Rita Vázquez del Mercado Arribas
DP-0622.1	Certificación de competencias laborales en apoyo al servicio civil de carrera del sector agua.	Lic. Alejandro Romero García
DP-0623.1	Servicio Profesional de Carrera del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.	M.I.E. Miguel Roberto Zamudio Juárez
DP-0624.1	Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua. Tercera parte.	M.I.E. Víctor Alejandro Sainz Zamora
DP-0636.1	Desarrollo, adaptación y transferencia de tecnologías económicas y financieras del agua.	M. en C. Gustavo Armando Ortiz Rendón
DP-0637.1	Planeación prospectiva para la investigación científica y desarrollo tecnológico en materia de agua y su gestión.	M. en I. Ramón Arturo Piña Sánchez
DP-0639.3	Análisis a las nuevas propuestas de reformas y adiciones a la Ley de Aguas Nacionales.	M. en I. Benito López Covarrubias
DP-0653.1	Sistema de información integrado para la gestión del agua.	M. S. I. Esteban Pardo García
DP-0654.1	Programa Abierto de Educación por Internet 2006, SEAwEB.	M.T.E. Rafael Savariego Jáuregui
DP-0655.2	Enlace digital punto a punto, de Internet.	M. en I. Amparo Rosario Pérez Salazar
DP-0606.1	Desarrollo Institucional.	M. en A. Rita Vázquez del Mercado Arribas
DP-0621.1	Tecnología educativa.	M.T.E. Antonio Romero Castro
DP-0626.1	Mantenimiento de la certificación ISO 9001:2000 en la Coordinación de Desarrollo Profesional e Institucional.	M.T.E. José Enrique Pimentel Sánchez
DP-0652.1	Mantenimiento al parque informático e infraestructura de la Red IMTA.	M.P.D. Humberto Ramírez Rivera

DP-0657.1	Estandarización en los procesos de automatización de la gestión del IMTA. Primera etapa.	M. en C. Mario Villareal Rodríguez
DP-0659.3	Programa Abierto de Capacitación.	M.PD. Humberto Ramírez Rivera
DP-0607.4	Niños, agua y educación en el IV Foro Mundial del Agua.	M. en A. Rita Vázquez del Mercado Arribas
DP-0608.3	Ingresos propios de Desarrollo Institucional.	Ing. Javier Lambarri Beléndez
DP-0609.4	Educación ambiental y cultura del agua en la cuenca del lago de Pátzcuaro.	Dr. Guillermo Larios de Anda
DP-0620.3	Programa de Capacitación 2006.	M.T.E. Antonio Romero Castro
DP-0520.6	Maestría y doctorado en Gestión Integral del Agua en Cuencas y Acuíferos, del Posgrado en Ciencias y Tecnología del Agua.	M.I.E. Víctor Alejandro Sainz Zamora
DP-0629.3	Programa Abierto de Capacitación.	M.T.E. José Carlos Zayas Saucedo
DP-0630.3	Especialidad en rehabilitación de microcuencas.	M.I.E. Víctor Alejandro Sainz Zamora
DP-0638.3	Elaboración de una propuesta de reformas a la Ley de Aguas del Estado de Guanajuato.	M. en I. Ramón Ismael López Hernández
DP-0658.4	Aplicación del Sistema de Evaluación de Proyectos del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro (Seiso). Tercera etapa.	M.A.S. Clara Levi Levi
DP-0670.3	Capacitación, evaluación y certificación de personal de la Conagua en la norma técnica de competencia laboral <i>Difusión de la empresa de agua y saneamiento y promoción de la cultura del agua.</i>	Lic. Alejandro Romero García

Organigrama



MISIÓN

Producir y diseminar conocimiento y tecnología para el aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos de México y su gestión integral.

VISIÓN 2012

Ser una institución innovadora, de excelencia y eficiente, respetada y reconocida por la utilidad e impacto de sus resultados en el sector agua.

Directorio

SECRETARIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Juan Rafael Elvira Quesada

DIRECTOR GENERAL DEL IMTA

Poliopetro F. Martínez Austria

COORDINADOR DE ASESORES

Jorge Arturo Casados Prior

TITULAR DEL ÓRGANO INTERNO DE CONTROL

Mario M. Sosa Herrera

SECRETARIO PARTICULAR DEL DIRECTOR GENERAL

Fernando Fragoza Díaz

COORDINADOR DE HIDRÁULICA

Nahún Hamed García Villanueva

SUBCOORDINADOR DE OBRAS Y EQUIPOS HIDRÁULICOS

Ricardo Álvarez Bretón

SUBCOORDINADOR DE HIDRÁULICA URBANA

Víctor Bourguett Ortiz

SUBCOORDINADOR DE HIDRÁULICA AMBIENTAL

Ariosto Aguilar Chávez

SUBCOORDINADOR DE TECNOLOGÍA APROPIADA E INDUSTRIAL

Miguel A. Córdova Rodríguez

COORDINADOR DE HIDROLOGÍA

Francisco Javier Aparicio Mijares

SUBCOORDINADOR DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

Carlos Gutiérrez Ojeda

SUBCOORDINADOR DE HIDROMETEOROLOGÍA

René Lobato Sánchez

SUBCOORDINADOR DE GESTIÓN INTEGRADA DEL AGUA

Alberto Güitrón de los Reyes

SUBCOORDINADOR DE HIDROLOGÍA Y MECÁNICA DE RÍOS

Martín Alfonso Gutiérrez López

COORDINADORA DE TRATAMIENTO Y CALIDAD DEL AGUA

Gabriela E. Moeller Chávez

SUBCOORDINADORA DE CALIDAD DEL AGUA

María Teresa Leal Ascencio

SUBCOORDINADORA DE HIDROBIOLOGÍA Y EVALUACIÓN AMBIENTAL

María del Pilar Saldaña Fabela

SUBCOORDINADOR DE POTABILIZACIÓN

César G. Calderón Mólgora

SUBCOORDINADORA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Gabriela Mantilla Morales

COORDINADOR DE RIEGO Y DRENAJE

Benjamín de León Mojarro

SUBCOORDINADOR DE INGENIERÍA DE RIEGO

Efrén Peña Peña

SUBCOORDINADOR DE CONTAMINACIÓN Y DRENAJE AGRÍCOLA

Felipe A. Zataráin Mendoza

SUBCOORDINADOR DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA HIDROAGRÍCOLA

José A. Guillén González

SUBCOORDINADOR DE CONSERVACIÓN DE CUENCAS Y TECNOLOGÍA FORESTAL

Raúl Medina Mendoza

COORDINADOR DE COMUNICACIÓN, PARTICIPACIÓN E INFORMACIÓN

Jorge Martínez Ruiz

SUBCOORDINADOR DE DIFUSIÓN Y DIVULGACIÓN

Roberto Menéndez Frione

SUBCOORDINADOR DE PARTICIPACIÓN SOCIAL

Daniel Murillo Licea

SUBCOORDINADOR DE VINCULACIÓN, COMERCIALIZACIÓN Y SERVICIOS EDITORIALES

Francisco José Salinas Estrada

SUBCOORDINADOR DE SERVICIOS DOCUMENTALES Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Carlos A. Ramírez Vásquez

COORDINADOR DE DESARROLLO PROFESIONAL E INSTITUCIONAL

Jorge Arturo Hidalgo Toledo

SUBCOORDINADOR DE CAPACITACIÓN EXTERNA Y POSGRADO

Antonio Romero Castro

SUBCOORDINADORA DE EDUCACIÓN Y CULTURA DEL AGUA

Patricia G. Herrera Ascencio

SUBCOORDINADOR DE CERTIFICACIÓN DE PERSONAL

Armando Mendiola Mora

SUBCOORDINADOR DE PLANEACIÓN, ECONOMÍA Y FINANZAS DEL AGUA

Gustavo A. Ortiz Rendón

COORDINADORA DE ADMINISTRACIÓN

María Rosalinda Argáandar Rosano

SUBDIRECTOR DE RECURSOS FINANCIEROS

Juan Manuel Barajas Piedra

SUBDIRECTOR DE DESARROLLO HUMANO

Abacuc Varela Soñanes

SUBDIRECTORA DE RECURSOS MATERIALES

Olga Janet Mendoza Martínez

UNIDAD JURÍDICA

Luis A. Mendoza Valencia

SUBGERENTE DE SERVICIOS JURÍDICOS

Roberto Galván Benítez

SUBGERENTE DE ASUNTOS CONTENCIOSOS

Javier García Padilla

El *INFORME ANUAL 2006* se terminó de reimprimir el mes de abril de 2007 en los talleres del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos. La edición consta de cincuenta ejemplares. En su edición participaron, por la Coordinación de Asesores: Jorge Arturo Casados Prior y Víctor Manuel Pineda Blancarte; y por la Coordinación de Comunicación, Participación e Información: Jorge Martínez Ruiz, Francisco José Salinas Estrada, Antonio Requejo del Blanco, Andrés González Pagés, Jesús Hernández Sánchez y Emilio García Díaz. Formación: Luisa Guadalupe Ramírez Martínez. Diseño: Óscar Alonso Barrón. Impresión: Andrés Cruz Rivas.
