

Trabajos de colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Restauración de playas

Debido a la pérdida de arena en las playas de Cancún, Playa del Carmen y Cozumel a causa de diversos fenómenos hidrometeorológicos, el gobierno federal, el estado de Quintana Roo, los municipios de Benito Juárez, Solidaridad y Cozumel, así como los prestadores de servicios turísticos, acordaron llevar a cabo trabajos de recuperación de las playas. En noviembre de 2009 se iniciaron las obras de relleno con arena de características similares a las originales, dragada y transportada desde bancos de préstamo cercanos.

El IMTA fue designado como Acreditado Ambiental del proyecto *Supervisión del cumplimiento de la implementación de las medidas de prevención y mitigación ambiental del proyecto de restauración, recuperación, sostenimiento y mantenimiento de la zona federal marítimo terrestre de Cancún, Playa del Carmen y Cozumel*. En este papel, el Instituto ha supervisado y planteado recomendaciones en

relación con las actividades propias del proyecto y ha estado presente durante las tareas de extracción, transporte, vertido y acomodo de la arena sobre las playas, vigilando el cumplimiento de 57 medidas de prevención y mitigación ambiental, las cuales incluyen los componentes aire, agua, sustrato costero arenoso, flora, fauna, paisaje y factor social. Estas actividades de supervisión han contribuido a los buenos resultados del proyecto y a que el impacto en el medio ambiente sea mínimo.



Inicio de los trabajos de vertido de arena en la isla barrera de Cancún el 1° de noviembre de 2009.

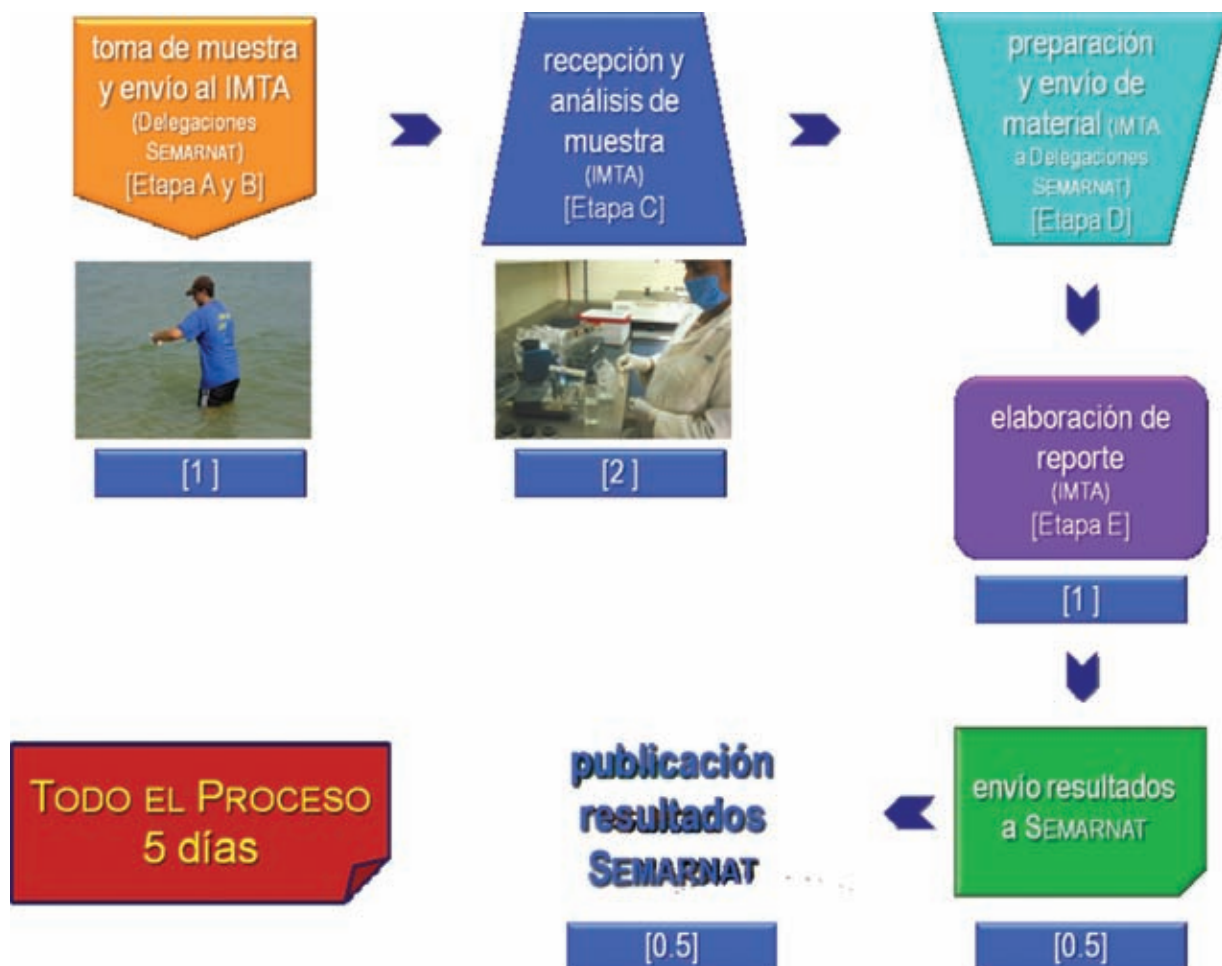


Panorámica hacia el sur de la isla barrera de Cancún, en la que se aprecia el nuevo ancho de playa seca logrado después del vertido de arena.

Programa de Monitoreo de Playas Prioritarias

Este Programa se inició en 2008 con el análisis microbiológico de 21 muestras correspondientes a playas de Chiapas, Guerrero, Jalisco y Veracruz para determinar la presencia de enterococos fecales. Debido a que la SEMARNAT realiza el muestreo, surgió la necesidad de homogeneizarlo en cada una de las delegaciones participantes, para lo cual se impartió el curso teórico-práctico *Lineamientos de*

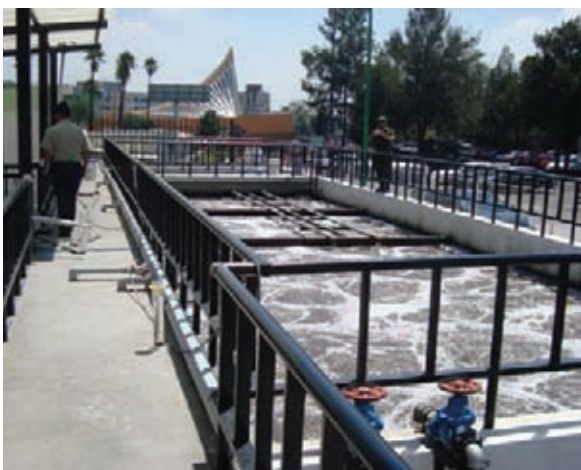
muestreo, Programa de Playas Prioritarias en Puerto Vallarta, Jalisco, con la participación de diez técnicos correspondientes a las delegaciones de Veracruz, Campeche, Chiapas, Jalisco y Nayarit. Asimismo, con el objeto de estandarizar la ejecución de los monitoreos, desde la preparación del material hasta el informe del resultado, se subió a la página de la SEMARNAT un manual con información detallada. Durante el año se incorporaron otros puntos de muestreo y actualmente se analizan muestras correspondientes a 41 en playas de Campeche (6), Chiapas (4), Guerrero (7), Jalisco (7), Nayarit (5) y Veracruz (12).



Proceso de monitoreo de la calidad bacteriológica en playas. Con la toma de muestras se inicia el proceso, mismo que culmina en cinco días con la publicación de resultados. En el cuadro azul se muestra el tiempo (en días) que se invierte en cada actividad.

Programa de Uso Eficiente y Racional del Agua (PUERA)

Las dependencias federales tuvieron en 2009 un consumo promedio de agua de 3,353 m³/bimestre/dependencia, que representa una reducción equivalente al 1.3% con respecto a 2008. Asimismo, se observó que en las oficinas administrativas se consumió un promedio de 27 L/empleador/día, lo que representa una reducción del 19% con respecto a 2008.



La Secretaría de la Defensa Nacional instaló, en seguimiento al PUERA, una planta de tratamiento para uso de agua residual en riego de jardines.

Trabajos de colaboración con organismos operadores

Indicadores de gestión de organismos operadores de agua potable

En México existen 637 organismos operadores de sistemas de agua potable que atienden a ciudades con más de 20,000 habitantes. Desde 2002 el IMTA le da seguimiento a su evolución y desempeño promedio. Para tal fin utiliza una batería de indicadores estadísticos, aplicada a una muestra representativa de ellos, disponible en <http://www.pigoo.gob.mx>.

Al comparar las cifras de 2007 con las de 2008 se aprecia un mejor desempeño del subsector, esta tendencia se refleja en los siguientes resultados de la muestra: la macromedición se incrementó en ocho puntos porcentuales, el volumen tratado avanzó en 8.4 y la eficiencia global en 1.6. Por otra parte, la dotación promedio por habitante disminuyó en 9.6 litros por habitante al día y las reclamaciones de los usuarios presentaron una reducción de 6.4 puntos. De esta manera los organismos operadores mejoran el servicio que brindan a los usuarios, avanzan hacia el logro de estándares cada vez más elevados y contribuyen a la conservación del recurso.

AÑO/INDICADOR	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Diferencia con 2007	OBSERVACIONES
REHABILITACIÓN DE TUBERÍA (%)	1.0	0.5	0.8	1.3	2.5	3.4	3.4	0.0	SE MANTIENE
REHABILITACIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS (%)	2.7	1.9	2.1	2.1	3.3	2.7	4.1	1.3	AUMENTA
PRESIÓN DE SUMINISTRO DEL AGUA EN LA RED (MCA)	21.1	20.8	20.6	19.7	18.4	18.9	19.2	0.2	AUMENTA
MACROMEDICIÓN (%)	68.9	71.4	71.2	71.4	70.3	74.1	82.2	8.1	AUMENTA
VOLUMEN TRATADO (%)	30.9	29.3	29.3	27.8	32.1	32.4	40.8	8.4	AUMENTA
DOTACIÓN (litro/día)	252.6	268.0	275.0	257.6	247.7	240.5	230.9	-9.6	BAJA
CONSUMO (litro/día)	187.6	198.3	188.3	189.5	170.9	171.8	171.7	0.1	SE MANTIENE
HORAS CON SERVICIO DE AGUA EN LAS ZONAS DE TANQUEO @ (horas)	4.2	4.2	4.2	8.3	8.3	8.3	8.2	-0.1	SE MANTIENE
PADRON DE USUARIOS (%)	97.1	96.3	96.3	96.5	95.4	92.8	94.8	2.1	AUMENTA
USUARIOS CON PAGO A TIEMPO (%)	59.6	62.0	60.9	55.8	62.1	57.5	60.1	2.6	AUMENTA
USUARIOS ABASTECIDOS CON PPAS (%)	2.7	3.5	2.5	3.8	4.7	7.5	7.7	0.2	AUMENTA
RECLAMACIONES	141.0	180.7	182.6	157.5	153.7	158.4	151.9	-6.4	BAJA
EMPLEADOS POR CADA MIL TOMAS	5.2	5.1	5.0	4.8	4.8	4.7	4.7	0.0	SE MANTIENE
EMPLEADOS DEDICADOS AL CONTROL DE FUGAS	8.5	8.1	9.0	9.2	9.1	8.7	7.7	-1.1	BAJA
COSTOS ENTRE VOLUMEN PRODUCIDO (\$/m ³)	3.8	4.1	4.1	4.3	4.8	5.1	5.3	0.2	AUMENTA
EFICIENCIA FISICA (%)	60.1	60.6	60.4	57.7	56.8	58.0	58.0	0.0	SE MANTIENE
EFICIENCIA COMERCIAL (%)	71.5	72.1	74.1	73.4	77.2	73.4	72.1	-1.3	BAJA
EFICIENCIA DE COBRO (%)	78.3	74.7	78.4	74.8	77.7	77.2	75.1	-2.1	BAJA
EFICIENCIA GLOBAL (%)	49.9	46.1	49.3	45.3	43.5	47.0	48.5	1.6	AUMENTA

Estadística de Indicadores anuales de gestión de organismos operadores de agua 2002-2008.

Trabajos de colaboración con la CONAGUA

Planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco, Hidalgo

Se desarrolló el proyecto *Caracterización y tratabilidad de las aguas residuales del Valle de México* con la finalidad de que la información resultante se utilizara como parte de los documentos técnicos para las bases de licitación de esta planta.

Como parte del proyecto se realizó un aforo cuya información muestra que la ciudad de México y su zona conurbada generan un caudal de aguas residuales de entre 20 m³/s en el estiaje y 70 m³/s durante la época pluvial. De acuerdo con éste se dimensionaron los módulos y se determinaron sus parámetros de diseño y operación con base en pruebas de tratabilidad del agua, utilizando el proceso convencional de lodos activados y un módulo de tratamiento fisicoquímico, operando solamente en época de lluvias.

En cuanto al diseño se establecieron las especificaciones para: desarenadores, sedimentadores primarios y secundarios, tanques de aeración con lodos activados y tanques de desinfección. Asimismo, se determinaron las dosis de los reactivos para el tratamiento fisicoquímico y se realizaron pruebas de estabilización biológica anaerobia, desaguado y deshidratación para los lodos residuales.

La relevancia de la información generada por este proyecto estriba en que la determinación del caudal, sus variaciones y su calidad es crucial en el diseño de esta importante planta de tratamiento.

Medición del agua en grandes obras y en sistemas hidráulicos

Se apoyó la transferencia de tecnología de punta para la medición del flujo volumétrico del agua en presas de almacenamiento, canales de riego y pozos agrícolas. Para ello se verificaron y se le dio mantenimiento a 35 sistemas de telemedición instalados en obras de toma de las principales presas de almacenamiento de la CONAGUA. En diez sistemas se cambiaron los sensores de velocidad debido a que cumplieron su vida útil. A todos los sistemas se les brindó el servicio de transmisión satelital de las variables hidráulicas asociadas con el flujo volumétrico y con el volumen totalizado. Se supervisó la instalación de 26 nuevos puntos de medición en canales de riego en los DR 030 Valsequillo, Puebla; 057 Amuco-Cutzamala, Guerrero; 097 Lázaro Cárdenas, Michoacán; 004 Don Martín, Coahuila-Nuevo León; 025 Bajo Río Bravo y 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas; 017 Región Lagunera, Coahuila-Durango; 034 Estado de Zacatecas, Zacatecas y 093 Tomatlán, Jalisco.

Por otra parte se respaldó técnicamente el proceso de licitación, la evaluación de control de calidad y la supervisión de la instalación de cien medidores en sistemas de bombeo en el DR 087 Rosario Mezquite, Michoacán. Adicionalmente se instrumentaron cuatro puntos del sistema Cutzamala: medición del nivel de almacenamiento de la presa Tuxpan; medición de nivel, gasto y volumen acumulado en el canal de comunicación entre las presas Tuxpan y El Bosque en los puntos km 0+130 y km 21+740, y la medición de nivel, gasto y volumen acumulado del canal El Durazno que descarga en la presa Colorines.

Los puntos instrumentados funcionan de manera continua desde julio de 2009 y cuentan con aforadores totalizadores volumétricos con despliegue

de información en sitio y a distancia a través de la página web del *Sistema de monitoreo de presas* (<http://conagua.imta.mx>). Para garantizar la calidad de la información, los equipos se verificaron mediante campañas de calibración con medidores de perfilación

acústica Doppler, incorporando las metodologías y cumpliendo con los criterios que se establecen en la *Guía para la expresión de incertidumbre en la medición* (GUM, por sus siglas en inglés, 1995) y en las normas de referencia ISO.



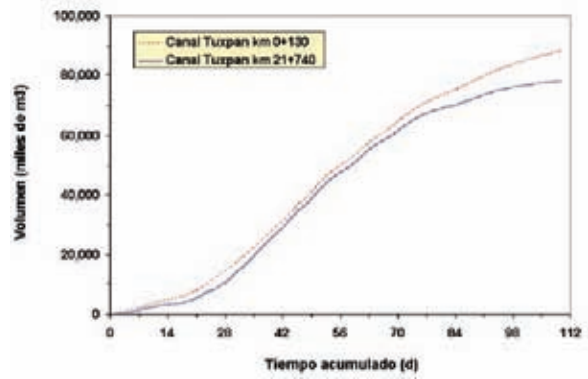
Proceso de verificación en el canal de comunicación de la presa Tuxpan-El Bosque km 0+130.



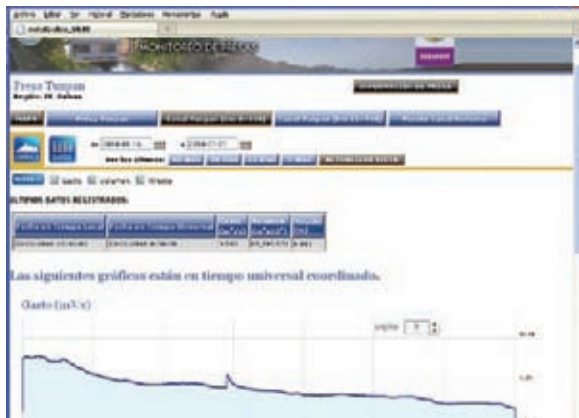
Estación de medición con un aforador de garganta larga (izquierda). Determinación del caudal con un equipo de perfilación acústica Doppler portátil (derecha).



Limpieza de un medidor acústico de efecto Doppler lateral fijo.



Comparación entre los volúmenes acumulados de agua en la entrada y la salida del canal Tuxpan.



Páginas del sitio web del Sistema para monitoreo de presas.

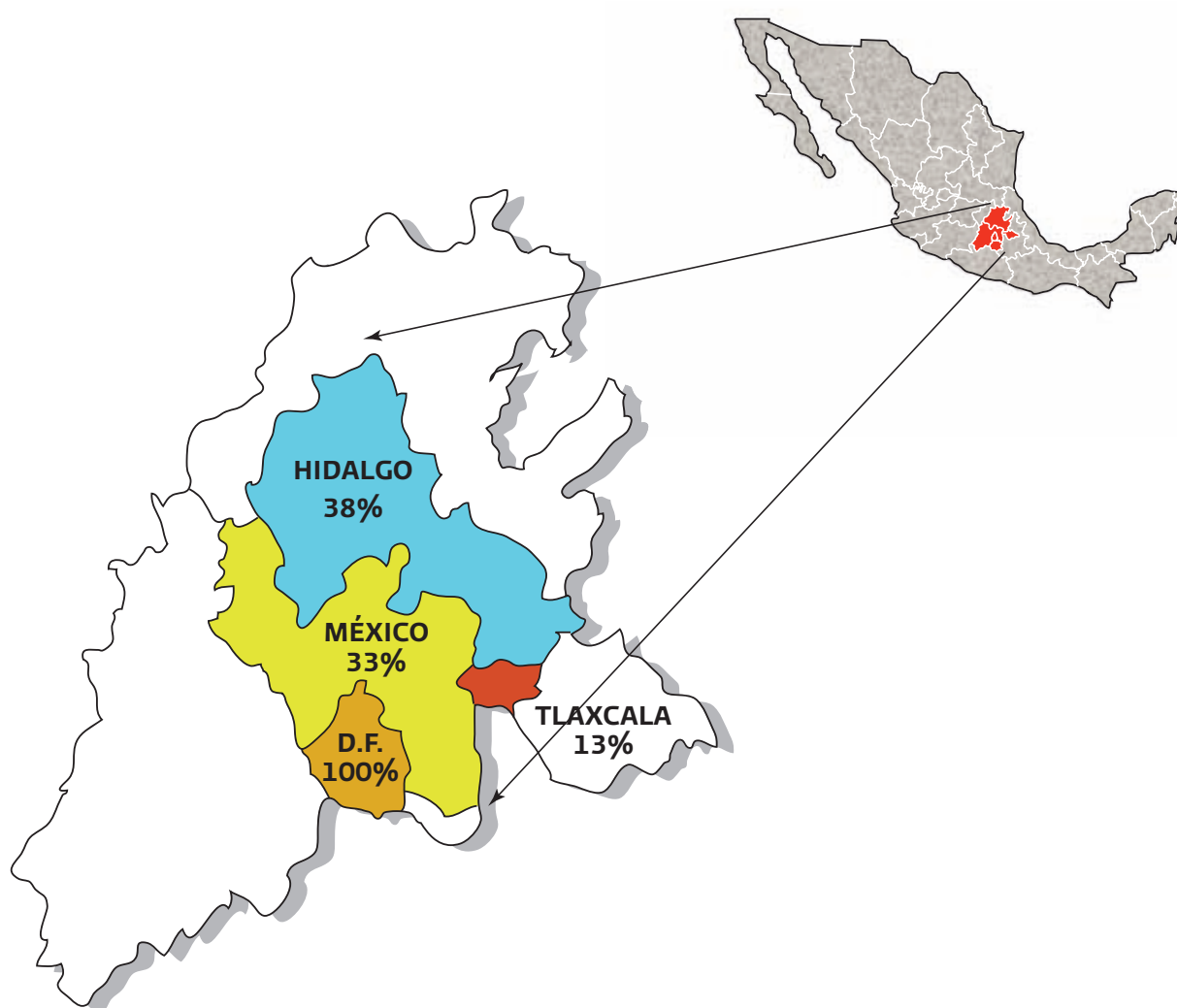


Instalación de tiempo de travesía en el DR 030 Valsequillo, Puebla.

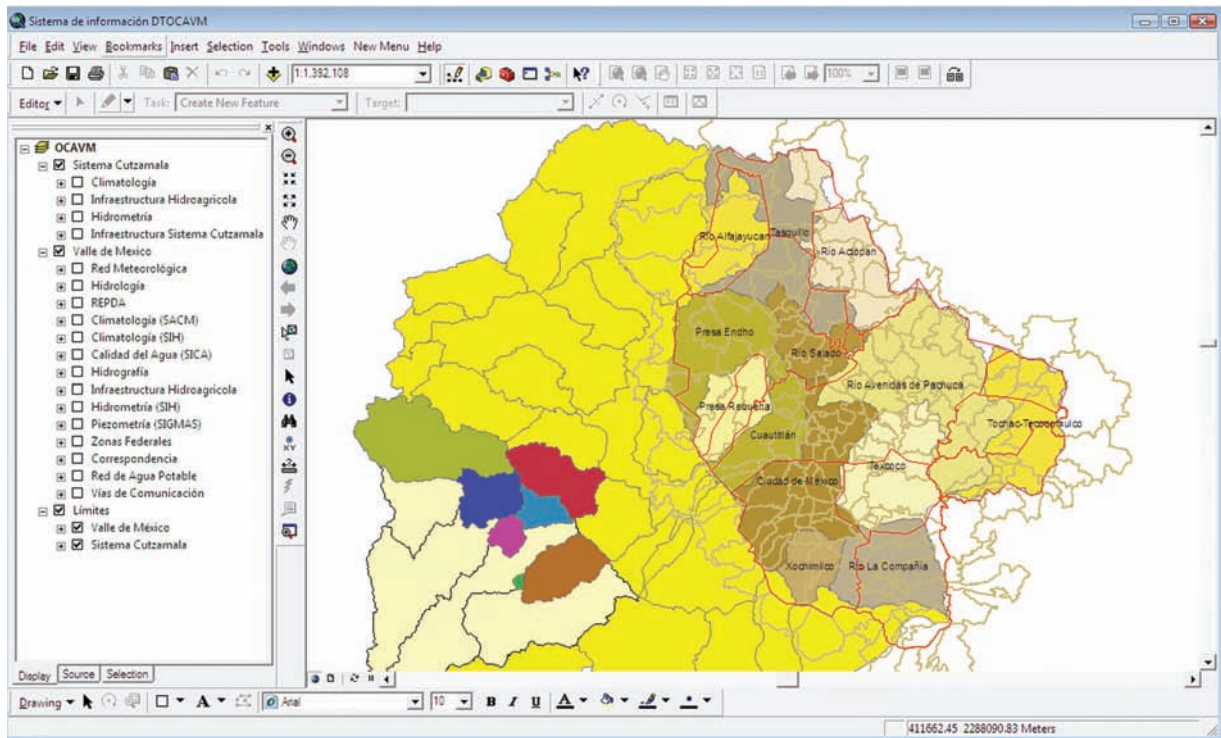
Mantenimiento y actualización del sistema de información geográfica de la Dirección Técnica del Organismo de Cuenca Aguas del Valle de México

Con la finalidad de mantener una herramienta que facilite el acceso a la información geográfica e

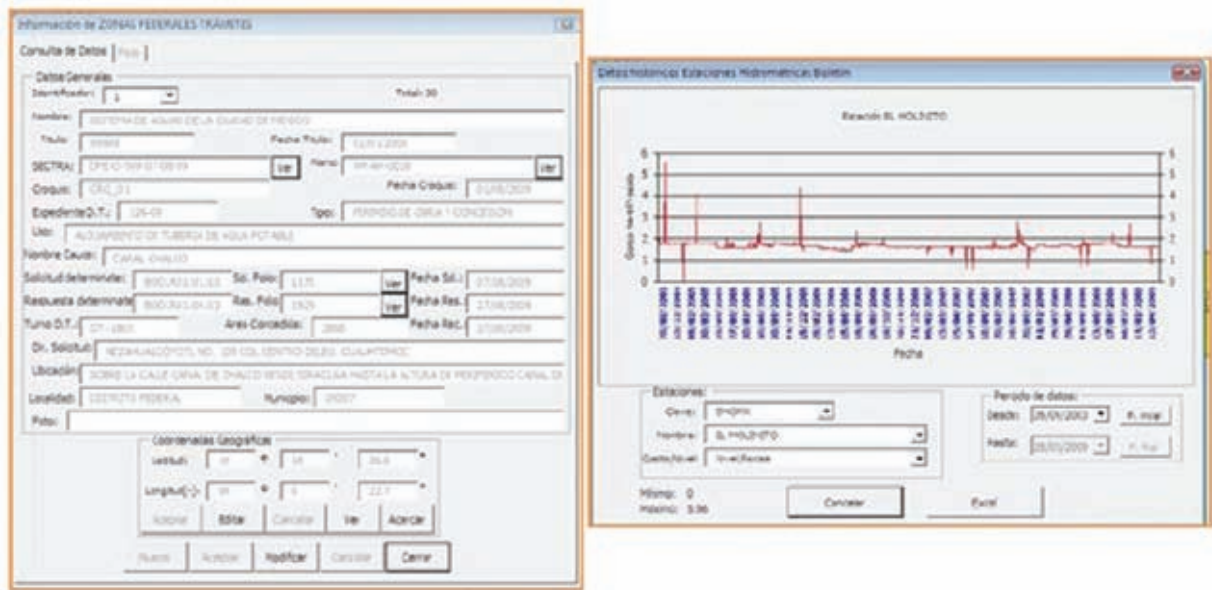
hidrológica de los recursos hídricos administrados por este organismo de cuenca, el IMTA actualizó la base de datos geospaciales y la implementó en una estructura cliente/servidor, accesible a las diferentes áreas técnicas del organismo a través de la red local de la Dirección Técnica; desarrolló una aplicación en la plataforma ArcGis **SIG_DT_OCAVM** para el despliegue, análisis y actualización de datos descriptivos e históricos e impartió al personal técnico de la Dirección Técnica un curso-taller de transferencia del sistema, y elaboró un manual del usuario.



Localización y extensión territorial de la Región XIII Aguas del Valle de México, correspondiente al organismo de cuenca del mismo nombre.



Interfaz gráfica del sistema de información geográfica.



Despliegue de datos descriptivos de un elemento geográfico y de la gráfica de una variable histórica.

Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades rurales

Para incrementar el porcentaje de tratamiento de aguas residuales en la cuenca del lago de Pátzcuaro, Michoacán, se entregaron a la Dirección Local de la CONAGUA, a la Comisión Estatal de Agua y Gestión de Cuencas de Michoacán y a los municipios de Quiroga y Erongarícuaro los proyectos ejecutivos de los humedales artificiales que serán instalados en San Jerónimo Purenchécuaro y San Francisco Uricho, los cuales tendrán una capacidad para tratar agua de 1.8 L/s y 0.78 L/s respectivamente, beneficiando a 3,502 habitantes.

Asimismo, se inició la instalación del primer humedal con una capacidad en 0.8 L/s en San Jerónimo Purenchécuaro. Adicionalmente, se llevó a cabo la evaluación de las eficiencias de tratamiento de los humedales de Cucuchuco, Santa Fe de la Laguna y Erongarícuaro, este último seleccionado en el Programa de Fondo Concursable para el Tratamiento de Aguas Residuales por parte de la CONAGUA. Para garantizar su adecuado funcionamiento se elaboraron las guías de operación y mantenimiento específicas de cada humedal.



Instalación del humedal en San Jerónimo Purenchécuaro.



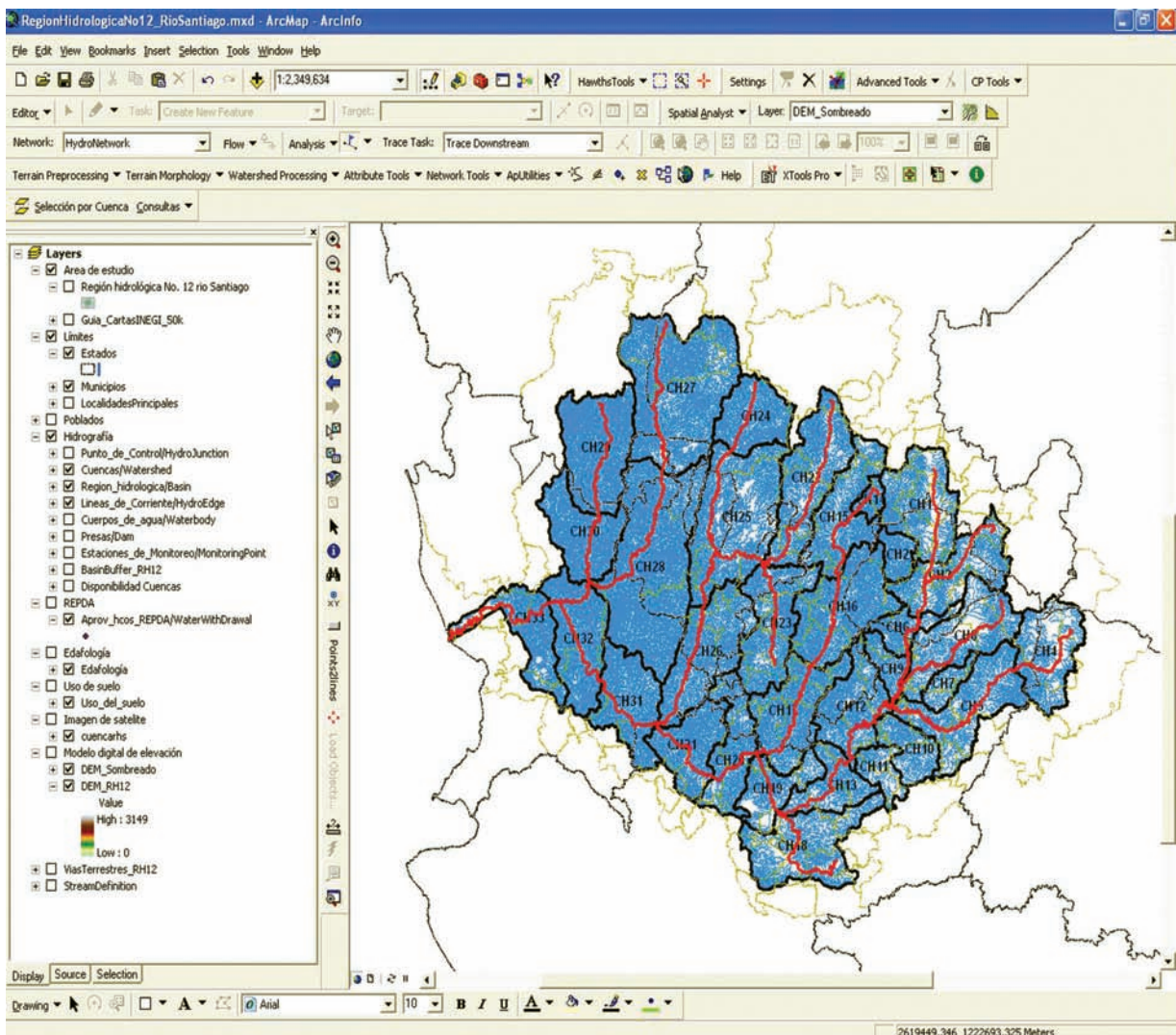
Evaluación de humedales.

Disponibilidad y balance hídrico de aguas superficiales

Debido a la importancia que tiene para la Región Hidrológica (RH) XII Río Santiago determinar el volumen de agua disponible y concesionado, se lleva a cabo la actualización de la disponibilidad media anual de las aguas superficiales.

El resultado del análisis de los registros de aprovechamientos que obra en la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua, al 31 de diciembre de 2007, ha permitido identificar 6,454 aprovechamientos concesionados con un volumen total de 594 hm³/año, sin considerar la generación hidroeléctrica, cuyo principal usuario es el sector agrícola con el 68 por ciento.

En la zona de estudio se ubican las plantas hidroeléctricas Aguamilpa y El Cajón, Nayarit y Santa Rosa, Jalisco, las cuales tienen en conjunto un volumen concesionado de 10,510 hm³/año. Es importante mencionar que en esta actualización se



Sistema de información geográfica de la RH XII Río Santiago mediante el modelo ArcHydro.

Contaminación de agua en cuencas de Chiapas

El IMTA, en convenio con la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, evaluó el impacto de la agricultura en cuerpos de agua de las cuencas de los ríos Huixtla, Huehuetán y Coatán, Chiapas.

El inventario de uso de agroquímicos en los distritos de temporal tecnificado 017 y 018 revela que los plaguicidas con mayor incidencia son: el oxiclورو de cobre; los del grupo de la fosfometilglicina, cuyos nombres comerciales son *Glifosato* y *Faena*;

y los del grupo del clorofenoxi, comercialmente conocidos como *Hierbamina*, *Herbipol* y *2,4-D*, que se aplican a cultivos de café y mango, de café, maíz, soya, caña de azúcar y sorgo, y de maíz, caña de azúcar y pastos, respectivamente.

Se realizó también una búsqueda de las características de toxicidad, persistencia y movilidad de los plaguicidas y se encontró que los herbicidas atrazina, paraquat y *2,4-D* presentan mayor riesgo de contaminación para los cuerpos de agua.

Asimismo, se efectuó un muestreo de agua y sedimentos en la zona de estudio, el cual reportó

concentraciones de atrazina en agua de ríos que superan los límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud para uso y consumo humanos, así como concentraciones del metabolito desetilatrazina en ríos, drenes y norias que varían entre tres y 15 veces el límite internacionalmente aceptado. Cabe mencionar que la norma NOM-127-SSA1-1994 no incluye límites para este herbicida.

Control de la eutrofización en la presa Valle de Bravo

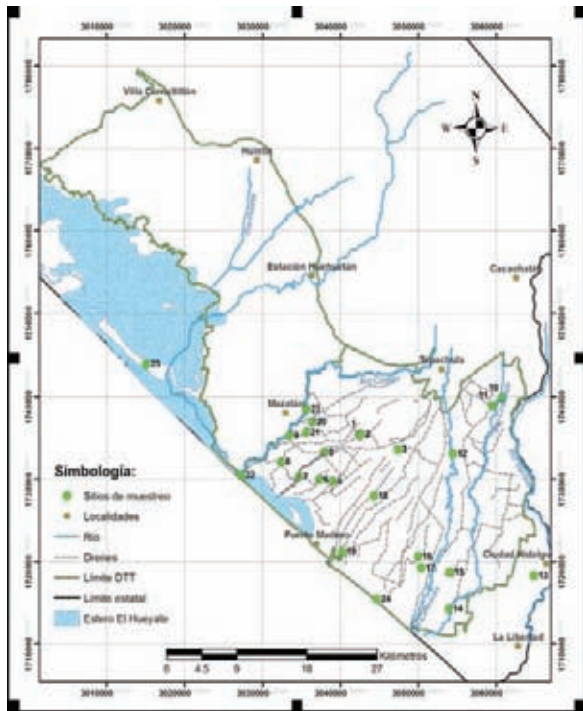
El IMTA realizó la primera fase del proyecto *Caracterización de sedimentos en la presa Valle de Bravo, Estado de México, y evaluación de diferentes técnicas de control de nutrientes* con la finalidad de evaluar los aportes de nutrientes originarios de fuentes externas e internas.

Los resultados del muestreo realizado en el embalse confirmaron el estado trófico del agua para bajos volúmenes de almacenamiento y advirtieron que el fósforo es el nutriente limitante que debe ser controlado.

En la entrada del río Amanalco se observaron elevadas concentraciones de nitrógeno en sedimentos, donde existe también la mayor acumulación de materia orgánica y manganeso. El fósforo, a su vez, se acumula más en zonas profundas y en las cercanas a la cabecera municipal de Valle de Bravo.

Se detectó también que la liberación de dichos nutrientes en sedimentos provenientes de zonas intermedias y profundas es mayor a la que se presenta en zonas someras, y que el nitrógeno se libera más profusamente en condiciones de oxidación, mientras que el fósforo lo hace en ambientes anóxicos, coincidiendo principalmente con la disolución de hierro.

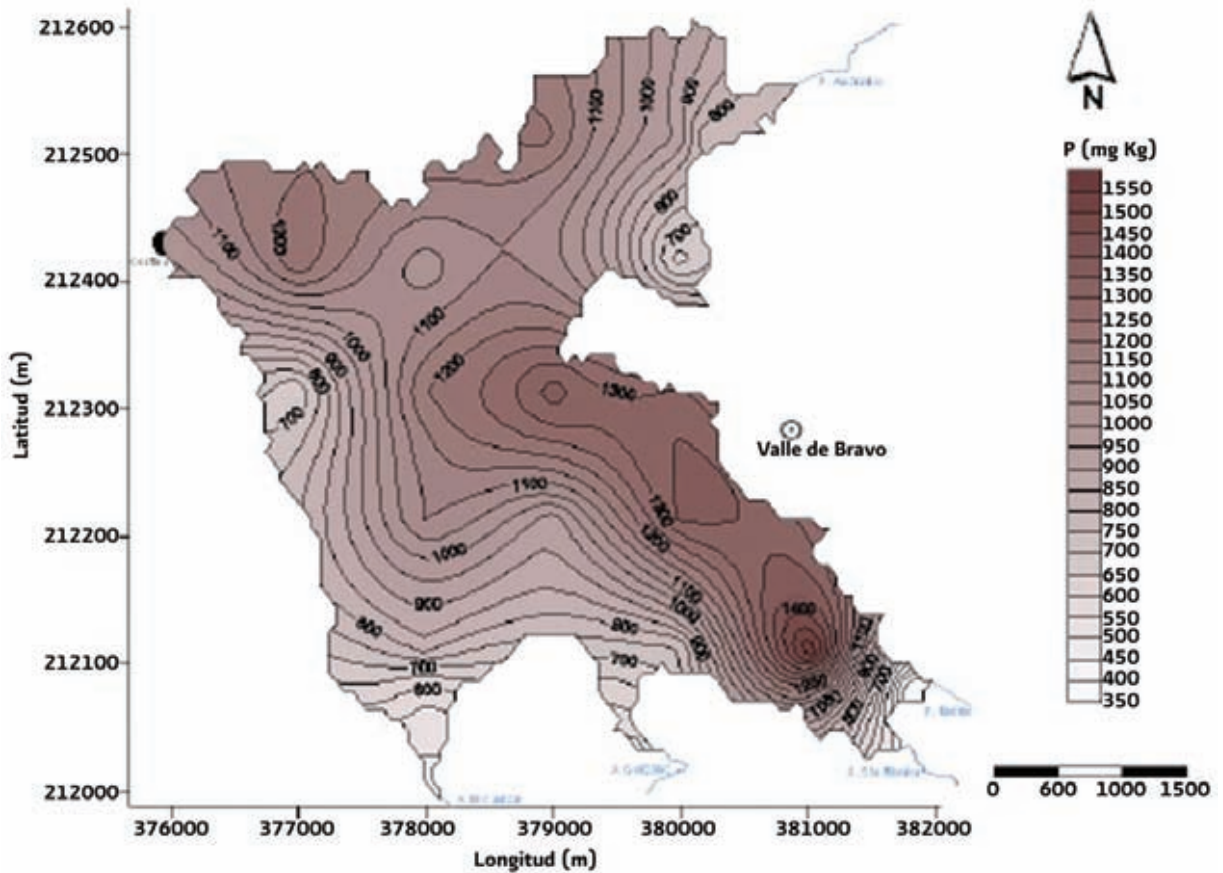
Las cargas externas de nitrógeno y fósforo se estimaron en 288 y 92 t/año, respectivamente, con base en los inventarios de fuentes puntuales y difusas de contaminantes, por lo que se recomendó controlar la eutrofización en esta presa mediante la reducción de las cargas interna y externa.



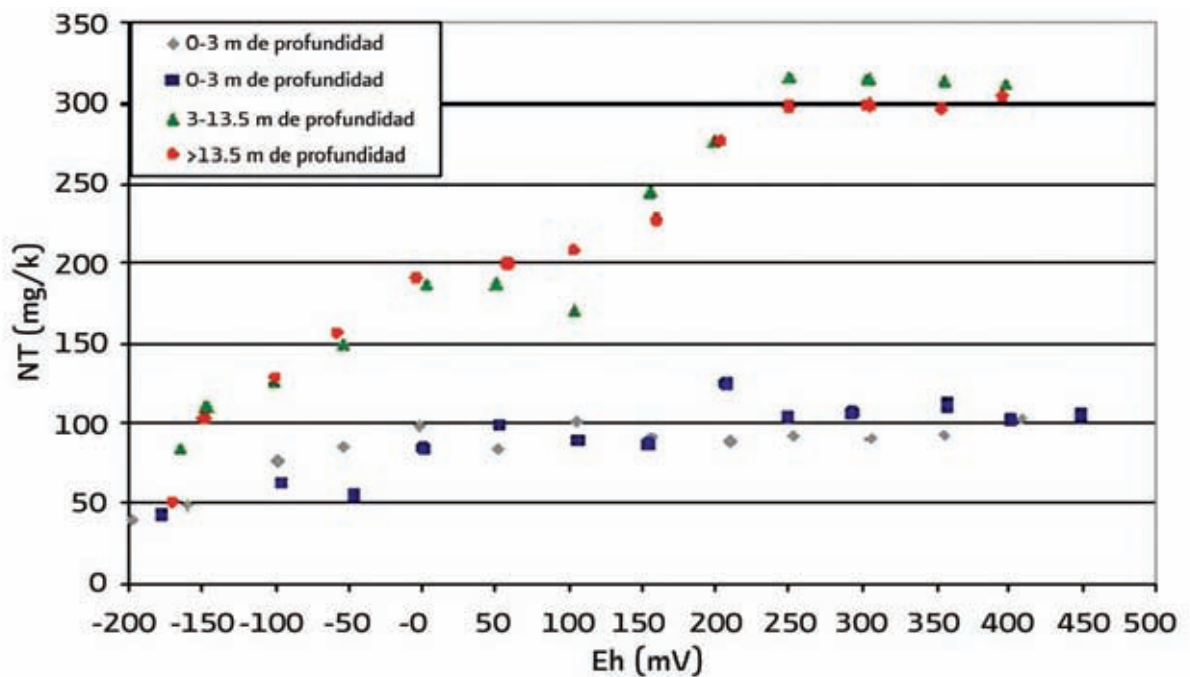
Sitios de muestreo en las cuencas de los ríos Huixtla, Huehuetán y Coatlán, Chiapas.



Muestreo en ríos, drenes y norias.



Fósforo total en sedimentos de la presa Valle de Bravo, Estado de México.



Nitrógeno liberado como función del potencial Redox.

Programa Hidráulico Integral de Inversiones del Noroeste

El desarrollo de este proyecto consistió en la elaboración de: un diagnóstico del Plan Hidráulico Interconectado del Noroeste (PLHINO), un modelo de simulación hidrológica, un sistema de información geográfica (SIG) y una cartera de factibilidad de proyectos de inversión.

En relación con el primer rubro se obtuvo información histórica agrícola, hidrométrica y productiva de los distritos de riego (DR), ubicados en el área de influencia del Plan, para determinar sus indicadores de producción, productividad y operación. Estos datos evidencian que actualmente los DR del centro de Sinaloa funcionan interconectados aunque con restricciones operativas; que los DR del sur de este estado tienen el potencial de consolidar las superficies regadas y sus procesos productivos, y que es más factible transferir volúmenes de agua desde el sur de Sinaloa que desde Nayarit.

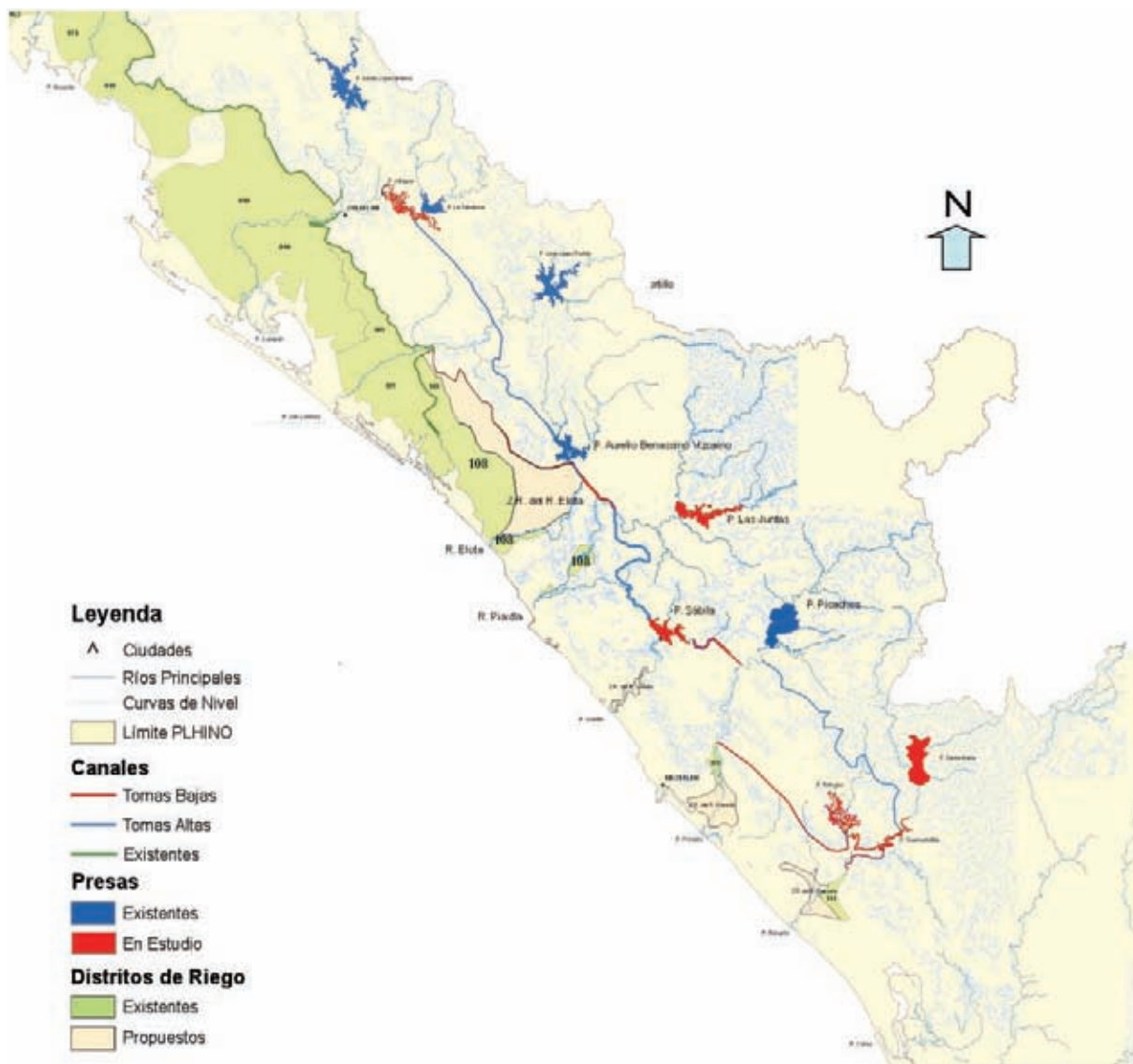
En cuanto al modelo de simulación se actualizó la información hidrológica de los ríos del área de influencia del PLHINO, de las demandas de las zonas de riego y de las eficiencias de la red de conducción principal de los DR. Por otra parte, se generó un modelo de simulación en el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP, por sus siglas en inglés) para determinar el volumen factible de transferir desde Nayarit y Sinaloa hasta Sonora.

Este modelo muestra que es posible, en una primera etapa, conducir un volumen neto de 808 millones de metros cúbicos desde el río Baluarte hasta el río San Lorenzo bajo las siguientes condiciones de simulación: una demanda de agua potable de $5 \text{ m}^3/\text{s}$

(río Baluarte: $2.0 \text{ m}^3/\text{s}$; río Presidio: $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$); la demanda para una superficie de riego, que incluye tanto las zonas en operación como las superficies factibles de ser incorporadas al riego, de 130,672 ha (Sistema Baluarte-Presidio: 54,323; río Quelite: 3,649 ha y sistema Elota-Piaxtla: 72,700 ha); y la demanda ecológica por el criterio de Tennant (10% del volumen escurrido medio anual).

Para integrar la base de datos geográficos del SIG se analizó información correspondiente a división política, vías de comunicación, infraestructura hidroagrícola, zonas de riego, hidrología, edafología y topografía de las fuentes siguientes: *Sistema de información geográfica del agua de la CONAGUA*, archivos vectoriales del INEGI y levantamientos de campo realizados por personal del IMTA.

La cartera de factibilidad de proyectos de inversión se conformó a partir del análisis de la información de obras hidráulicas en el área de influencia del PLHINO y de las condiciones de interconexión entre cuencas. La inversión para los anteproyectos de las obras hidráulicas asciende, en una primera estimación, a 24,239 millones de pesos. Para las presas de almacenamiento, regulación y derivación, se estimó una inversión de 12,125 millones de pesos: río Baluarte, 6,400 (presas Santa María, Guamuchilita y Tortugas); río Quelite, 400 (presa Sábila); río Piaxtla, 4,425 (presas Las Juntas e Ixpalino) y río Humaya, 900 (presa Jotagua). Para los canales de interconexión, la inversión se estimó en 6,174 millones de pesos: canal Baluarte-Presidio, 816; canal Presidio-Piaxtla, 2,200 y canal Piaxtla-Alto San Lorenzo, 3,158. La inversión para la superficie factible de incorporarse al riego asciende a 5,940 millones de pesos, que corresponde a una superficie de 90,272 ha: sistema Baluarte-Presidio, 46,073 ha; río Quelite, 3,649 ha; sistema Elota-Piaxtla, 40,550 ha, y Alto San Lorenzo, 30,000 hectáreas.



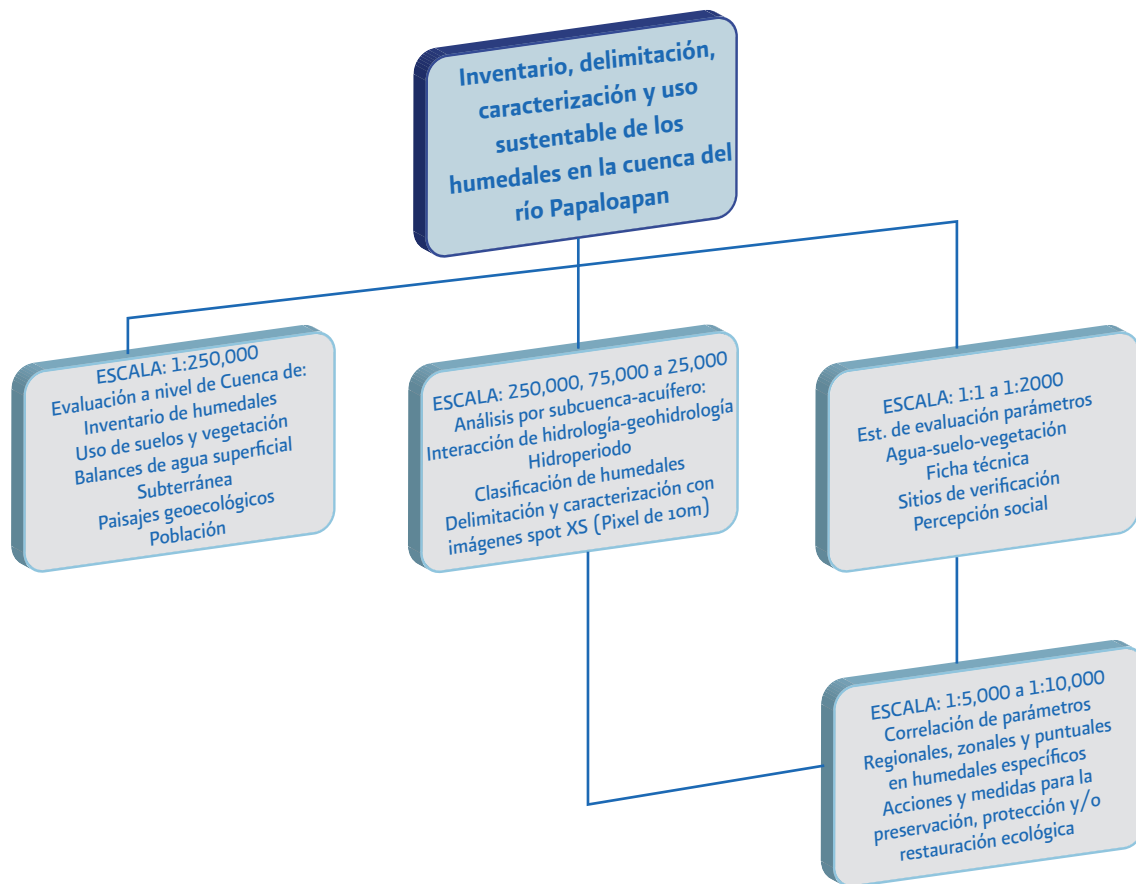
Zonas de riego y canales de interconexión propuestos en la primera etapa de planeación del PLHINO, comprendida entre el río Baluarte y el río Tamazula, Sinaloa.

Humedales en la cuenca del río Papaloapan

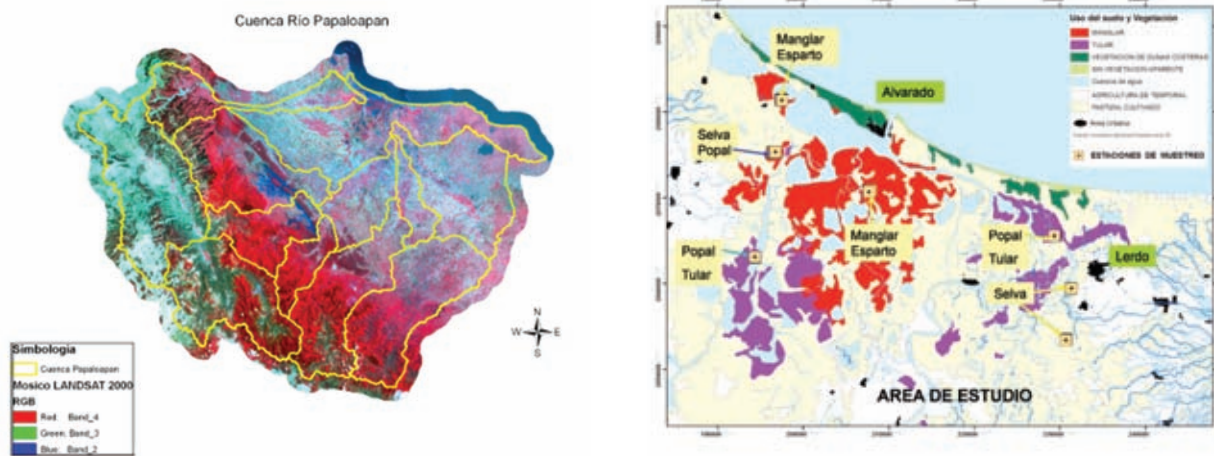
Se elaboraron diversos mapas de uso de suelo y vegetación, con base en imágenes de 1979 y 2003; un inventario de humedales en la cuenca; un balance de aguas superficiales y subterráneas, y una caracterización de los conflictos sociales por los

humedales. Los resultados de este proyecto apoyarán a la CONAGUA en el establecimiento de criterios hidrobiológicos para la creación de programas tendientes a la conservación y uso sustentable de los humedales del país.

Adicionalmente se desarrolló la metodología para el cálculo del gasto destinado al mantenimiento y conservación de los humedales en la cuenca.



Marco de referencia de análisis espacial para la caracterización de los humedales.



Cobertura vegetal y uso de suelo de los humedales de la cuenca baja del Papaloapan.

Trabajos de colaboración con la Comisión Federal de Electricidad

Comportamiento morfológico del río Verde

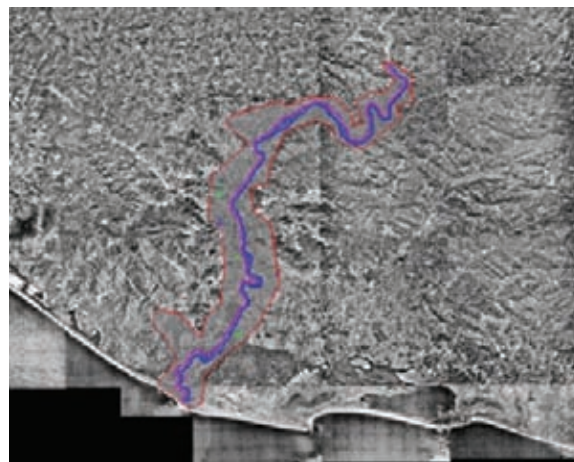
Como parte del trabajo *Caracterización y análisis del subsistema abiótico del proyecto aprovechamiento hidráulico de usos múltiples Paso de la Reina, Oaxaca (2008-2009)* se realizó, desde la perspectiva de la hidráulica fluvial, un análisis del comportamiento morfológico del río Verde considerando su condición original, es decir, sin obras civiles, y de su cambio después de la construcción de la presa derivadora Ricardo Flores Magón y los bordos de protección aguas abajo.

Posteriormente se analizaron los posibles efectos considerando la construcción de las presas Paso de la Reina y Cambio de Régimen. Paralelamente, utilizando el modelo numérico FLO-2D, se simuló parte del comportamiento hidráulico del río Verde en el tramo que va del río Paso de la Reina a la desembocadura al mar.

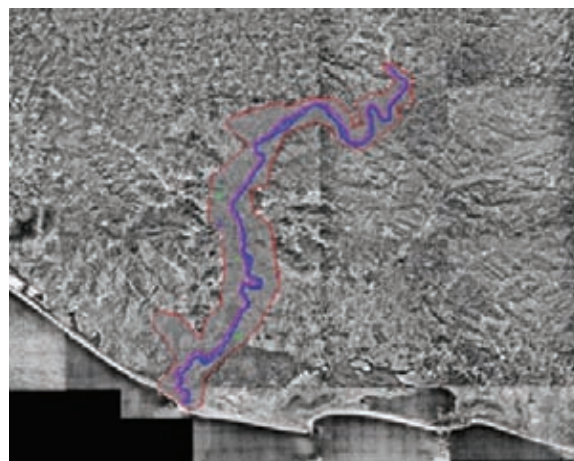
Con la simulación para la condición máxima histórica de escurrimientos de la avenida de 1981, se estimaron los gastos siguientes: el de inundación por tramos, de interacción del río con las lagunas Lavalo y El Espejo y el del río que aporta agua al Parque Nacional Chacahua. De esta manera, se determinó que las áreas inundables quedan ubicadas en el tramo de la presa derivadora aguas arriba, hasta la isla cerca de la Huichicata, y aguas abajo de la presa derivadora en el tramo comprendido ente el poblado Charco Redondo y el Parque Nacional Chacahua.

Por otro parte, entre los impactos estimados por la construcción y operación de las presas en proyecto,

destacan los procesos de erosión aguas abajo, los cuales pueden llegar a ser del orden de un metro de profundidad en una sección inmediata a la presa y de una longitud de hasta 5 km aguas abajo de la cortina. El acorazamiento del fondo del cauce por este proceso puede modificar el diámetro medio del material hasta en 7.054 mm. Como complemento, para fines de evaluación y seguimiento, se definieron algunos indicadores para estimar los cambios en el río Verde por la presencia y operación de las presas y se propusieron las acciones para monitorear el comportamiento del río después de la construcción y puesta en marcha de las mismas.



Dominio y malla de cálculo con el modelo FLO2D.



Niveles máximos del agua para la avenida de 1981, en el río Verde, Oaxaca.

Reducción de riesgos de inundación aguas abajo de la presa Peñitas

Como consecuencia del deslave o *caído* que bloqueó el cauce del río Grijalva en noviembre de 2007, se encomendó al IMTA el desarrollo de una modelación de pronóstico de avenidas en tiempo real. Para ello, se tomó como base un primer ejercicio, realizado en 2006, con el que se obtuvieron pronósticos con muy buena aproximación.

Este nuevo modelo incluye, adicionalmente, la información de precipitación en tiempo real, incorporando el pronóstico de lluvia con el modelo

de mesoescala MM5 con una anticipación de hasta 72 horas. La información de lluvia en tiempo real y la pronosticada se ingresan a un nuevo modelo hidrológico que utiliza un hidrograma unitario construido con base en eventos registrados y calibrado con datos sobre la lluvia antecedente. El modelo considera, además, el efecto de *El caído*, es decir, el almacenaje del vaso superior denominado también Juan del Grijalva.

Con las aportaciones de la propia cuenca y de las descargas de la central hidroeléctrica Malpaso se integra el ingreso total al vaso de la presa Peñitas. Esta información permitirá la gestión adecuada de crecientes y con ello brindar un mayor grado de seguridad a la población aguas abajo.



Pronóstico de la avenida de ingreso en la presa Peñitas, dividida por el vaso natural (*El caído*) en el sitio denominado Juan del Grijalva.

Modelación ambiental de las lagunas de Chacahua

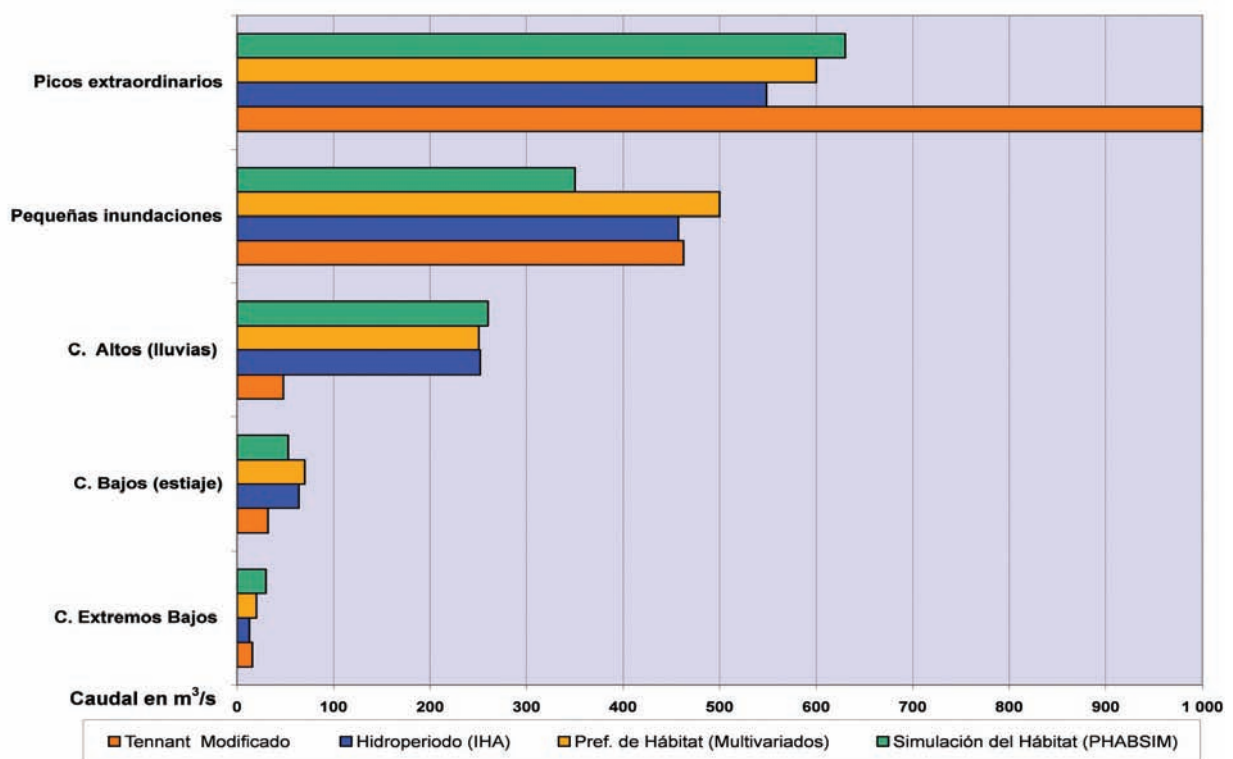
Se realizó el proyecto *Estudios hidrológicos, hidrogeoquímicos, fluviales, hidrodinámica lagunarcostera, manejo de cuenca y distrito de riego, caudal ecológico, calidad del agua superficial y contaminación difusa de las lagunas de Chacahua del sistema ambiental regional del proyecto de aprovechamiento hidráulico de usos múltiples, Paso de la Reina Oaxaca (periodo de muestreo abril a diciembre, 2009)*. Los resultados de la modelación de calidad del agua en el río Verde, Oaxaca, indican que no hay descargas importantes de aguas residuales y que los cambios se deben al ingreso del río Leche, al flujo de retorno del DR 110 Río Verde-Progreso, Oaxaca y al de las lagunas.

La extracción en la presa derivadora Flores Magón no afecta las condiciones fisicoquímicas del río Verde.

La demanda química de oxígeno, los sólidos disueltos totales y los nitratos aumentan con el aporte del río Leche y se reducen antes de llegar al embalse Charco Redondo. Los caudales ambientales obtenidos por los métodos de Tennant Modificado, Hidroperiodo, así como Preferencia de Hábitat y Simulación del Hábitat, muestran similitud en los caudales bajos y en los picos extraordinarios.



Muestreo en la presa derivadora Flores Magón.



Variación entre los métodos de evaluación del caudal ambiental.

Trabajos de colaboración con entidades y municipios Morelos

Coordinación técnica del proyecto de recuperación ambiental de la cuenca del río Apatlaco

Además de dar seguimiento técnico al avance y al cumplimiento del Plan Estratégico para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco, se gestionó el proyecto *Rehabilitación e instalación de infraestructura para el almacenamiento de agua de lluvia y transferencia de tecnologías apropiadas en comunidades de los Altos de Morelos*, que se enmarca dentro del Programa para la Construcción y Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales (primera etapa), donde participan la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), la CONAGUA, la Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente del Estado de Morelos (CEAMA) y el IMTA.

Con la FGRA se convino el proyecto *Programa 2009-2012 para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Río Apatlaco. Etapa 2009* que incluye las acciones siguientes: macromedición en fuentes de abastecimiento de agua potable de la cuenca del río Apatlaco; abastecimiento mediante captación y almacenamiento de agua de lluvia en Coajomulco, Fierro del Toro y Tetecuintla; espacios de educación ambiental, cultura del agua y bosque, autosustentables en agua y energía, y coordinación técnica del Programa para la Recuperación Ambiental del Río Apatlaco y apoyo a la gestión de proyectos municipales.



Aspectos de la verificación en la Décima Sesión del Consejo de Cuenca del Río Balsas.

Tecnologías apropiadas en la cuenca del río Apatlaco

En la zona sur de Morelos, con el apoyo de la Fundación Gonzalo Río Arronte y la Comisión Estatal de Agua y Medio Ambiente del Estado de Morelos, se llevó a cabo la instalación de 104 cisternas de captación pluvial en las colonias Solidaridad y Santa Úrsula de Temixco y en las colonias Ampliación Miguel Hidalgo y La Esperanza de Xochitepec, beneficiando al mismo número de familias. Se colocaron 110 sanitarios ecológicos secos en las colonias Solidaridad y Santa Úrsula de Temixco y en la colonia Chiverías de Zacatepec. Para el tratamiento de aguas grises se

instalaron 16 biofiltros en las colonias Solidaridad y Santa Úrsula de Temixco. El agua tratada se podrá reutilizar para el riego de frutales y plantas de ornato y para otros usos que no impliquen el consumo humano.



Cisterna de captación pluvial en la colonia Ampliación Miguel Hidalgo, Xochitepec.



Sanitario ecológico seco en la colonia Santa Úrsula de Temixco.

Valor económico del agua en acuíferos

Para atender el grave problema que representa el abatimiento de los acuíferos y con ello su viabilidad, es necesario darle al agua subterránea su justo valor y asignarla de manera eficiente. Con ese fin se desarrolló el proyecto *Metodología para estimar el valor económico del agua en acuíferos, considerando la componente ambiental*.

La metodología consistió en el diseño y aplicación de una prueba piloto para el acuífero del valle de Cuernavaca, definiéndose como objeto de valoración la cantidad de dinero que los usuarios del agua subterránea estarían dispuestos a pagar por conservar un determinado volumen de agua. De esta manera se estableció que los usuarios deberían optar por reducir sus consumos, modificar sus conductas y aceptar un programa de conservación que revierta paulatinamente el abatimiento del acuífero.

Para obtener la apreciación económica del agua subterránea, valiéndose del método de Valoración Contingente, se aplicó un cuestionario a una muestra probabilística de 208 viviendas y treinta industrias. Con esta acción se obtuvo una media de disposición de un pago mensual de \$61.39 para los usuarios domésticos y de \$871 para la industria. Se determinó que el valor del agua subterránea es alto y que seguirá creciendo, en el largo plazo, para escenarios de explotación progresiva por parte de los sectores económicos, la sociedad y el medio ambiente.

Porcentaje de hogares que expresaron disposición a pagar.

Tipo de respuesta	Núm. hogares	%
Sí	117	56.25
No	91	43.75
Total de hogares	208	100.00

Chiapas

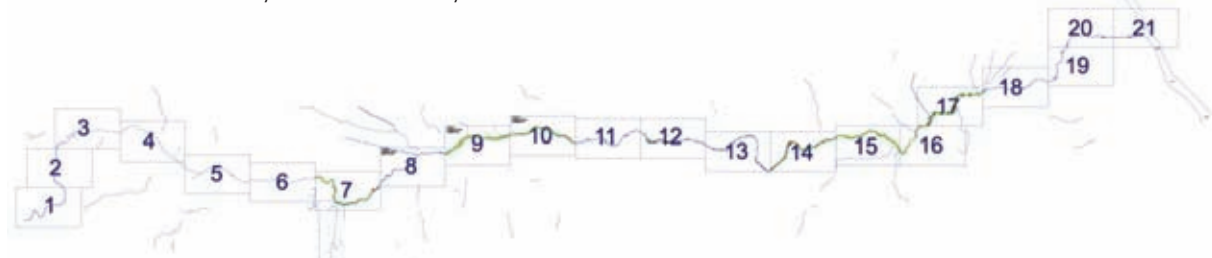
Uso eficiente del agua y saneamiento urbano en Chiapas

En el marco de diversos convenios con el gobierno del estado, la presidencia municipal de Tuxtla Gutiérrez, el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de la propia ciudad y el Organismo de Cuenca de la Frontera Sur de la CONAGUA, se realizó un conjunto de acciones para mejorar las condiciones de agua y saneamiento de Tuxtla Gutiérrez.

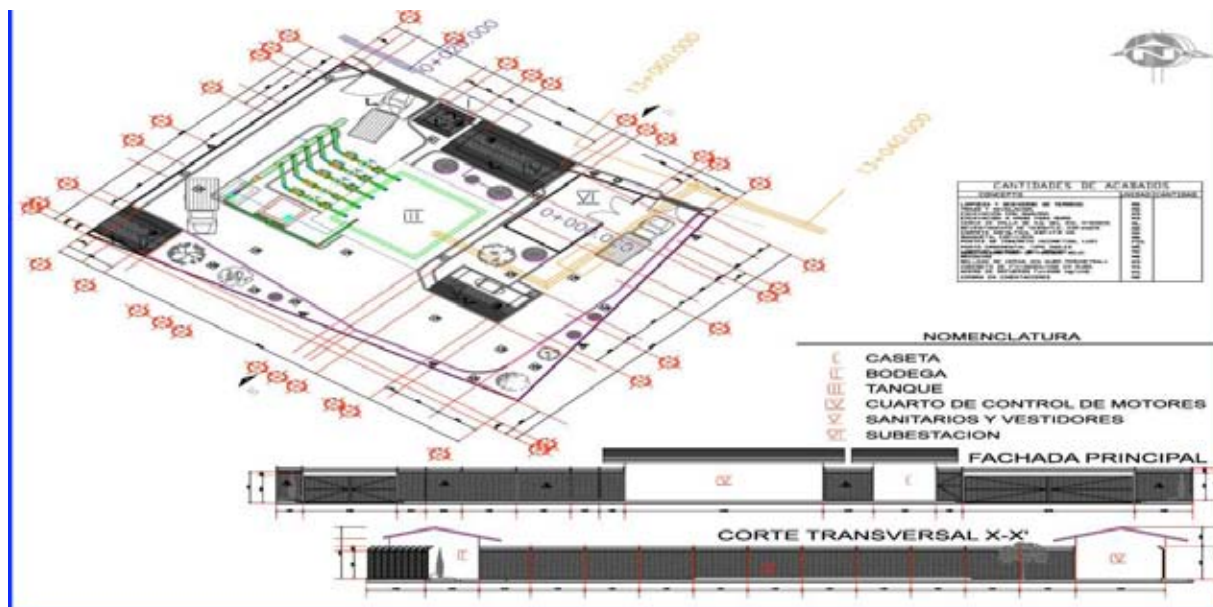
Para el saneamiento del río Sabinal se integró un inventario de las descargas de aguas residuales directas a este cauce y sus afluentes, y se llevó a

cabo una caracterización espacial de su grado de contaminación. Con ello se determinó que la zona más afectada va desde el centro de Tuxtla hasta las inmediaciones de la planta Paso Limón, y que las descargas que recibe la zona terminal del río se deben a fallas en los colectores marginales. Para resolver estos problemas se ejecutan trabajos para rehabilitar dichos colectores y las plantas de bombeo, lo que beneficiará a más de 50,000 habitantes.

Por otra parte, se apoya y participa en la supervisión técnica de la construcción de diversas obras proyectadas por el IMTA como son líneas de agua potable, plantas de bombeo y tanques de regulación. Esta infraestructura con una capacidad instalada de 3.2 m³/s garantizará un suministro continuo a 700,000 habitantes de las ciudades de Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo y Berriozábal.



Disposición de secciones para levantamiento de información sobre descargas y embovedados a lo largo del río Sabinal.

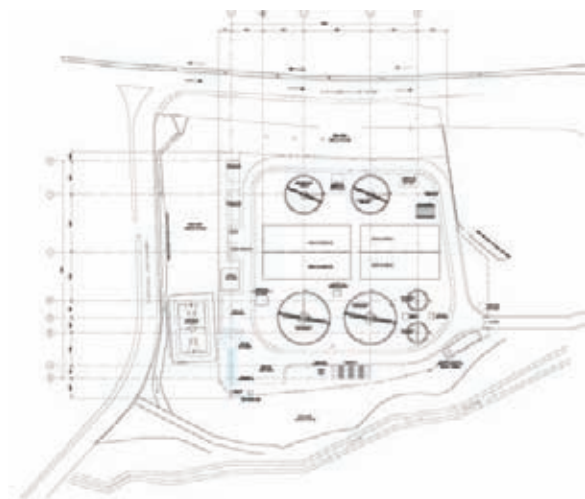


Arreglo de conjunto de la PB1 La Carreta.

Saneamiento de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez

Dentro del marco del Programa Municipal Sabinal Río Limpio, se realizó para el Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Tuxtla Gutiérrez el *Estudio integral para el saneamiento de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez*, mediante el cual se determinó que es necesario implementar en el Parque Tuchtlán una nueva planta de tratamiento de aguas residuales con un gasto medio de 320 L/s y rehabilitar la planta de tratamiento Paso Limón.

Durante el segundo semestre se apoyó al organismo operador con el fin de solicitar el registro del proyecto ante la Unidad de Inversión de BANOBRAS para su licitación. El número de solicitud asignado fue el 26,365. Asimismo, se obtuvo el registro con clave 0916B000282 en la Cartera de la Unidad de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.



Proyecto funcional de la planta de tratamiento de aguas residuales Tuchtlán.

Módulos demostrativos de drenaje agrícola

En el área de influencia de las cuencas de los ríos Huixtla, Huehuetán y Coatán, Chiapas, se presenta una condición muy marcada de problemas de exceso de humedad en los suelos. Con el objeto de contrarrestar sus efectos negativos en la parte baja de la cuenca del río Huixtla, el Instituto, en convenio con la CONAGUA, realizó el proyecto ejecutivo para la construcción de 5 km de drenes interceptores, el cual consistió en: trazo y perfil longitudinal de los drenes interceptores, diseño de la sección hidráulica y adecuación de los drenes. Con ello se mejoraron 650 ha, beneficiando a 98 ejidatarios y a la población en general, y se validó la tecnología que ofrece el Instituto.

En la parte baja de la cuenca del río Huehuetán, la humedad afecta a cultivos como el cacao durante los meses de junio a noviembre. En este caso, el Instituto realizó el proyecto ejecutivo para la construcción de 3 km de drenes superficiales parcelarios, el cual consistió en: trazo y perfil longitudinal de los drenes interceptores, diseño de la sección hidráulica y adecuación de los drenes.

En la parte baja de la cuenca del río Coatán los excesos de humedad durante los meses de junio a noviembre afectan a cultivos como la soya. En esta zona el Instituto realizó el proyecto ejecutivo para la construcción de un sistema de drenaje subterráneo parcelario controlado en una superficie de 6 ha. El proyecto consistió en el diseño del sistema de drenaje subterráneo parcelario controlado: separación entre drenes a diez metros con descargas directas al dren a cielo abierto con la finalidad de realizar la evaluación hidráulica; a veinte metros conectados a colector parcelario, llegando a la estructura de control para

descargar al dren a cielo abierto, y a treinta metros conectados a colector parcelario, llegando a una estructura de control para descargar al dren a cielo abierto.



a)



b)



c)

a) Problemas de exceso de humedad en la parte baja de la cuenca del río Huixtla; b) Enfermedades en cacao provocadas por exceso de humedad en la cuenca del río Huehuetán; c) Exceso de humedad en terreno con cultivo de soya en la cuenca del río Coatán.

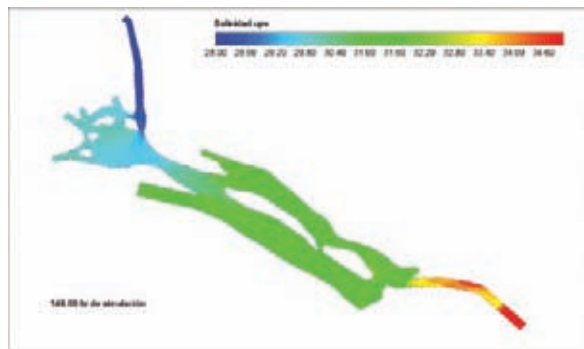
Colima

Análisis hidráulico-ambiental en Manzanillo, Colima

A solicitud de la Administración Portuaria Integral del Puerto de Manzanillo, el IMTA realizó un diagnóstico del funcionamiento hidrodinámico de la apertura del canal que comunica a la dársena de San Pedrito con la laguna de Las Garzas. Una vez realizados los estudios correspondientes se comprobó que existe circulación e intercambio de masa de agua entre ellas. Adicionalmente, se definieron las zonas de preferencia de hábitat dentro de la laguna de acuerdo con diferentes condiciones de salinidad para las épocas de estiaje y de lluvia. Este diagnóstico se utilizará en la rehabilitación de la laguna y la ampliación del puerto.



Aspecto parcial de la malla geográfica que abarca la bahía de Manzanillo, la dársena de San Pedrito y la laguna de Las Garzas.



Simulación del campo de masa de la laguna de Las Garzas para la concentración de salinidad después de 148 horas.

Tamaulipas

Red de agua potable de Matamoros

A solicitud de la Junta de Agua y Drenaje de Matamoros, y con el fin de mejorar y hacer más eficiente la conducción y distribución del agua potable, se amplió la red en dos sectores, para dar servicio a la zona industrial de la ciudad y a 50,000 habitantes. Este trabajo se complementó con la actualización del modelo de simulación hidráulica de la red y un estudio para evaluar el impacto derivado de la incorporación de la línea de conducción hacia el poblado El Mezquital. Esta conducción, con una longitud de 65 km que surte a los poblados El Pereño, San Lorenzo, La Escondida, El Caracol, Guajardo, Higuerillas y El Mezquital, se conectará en la zona sur de la red de distribución de Matamoros y beneficiará a 8,000 habitantes.



Tanque El Mezquital, Tamaulipas.



Simulación en la que se identifican, en color rojo, las zonas de baja presión.

Chihuahua

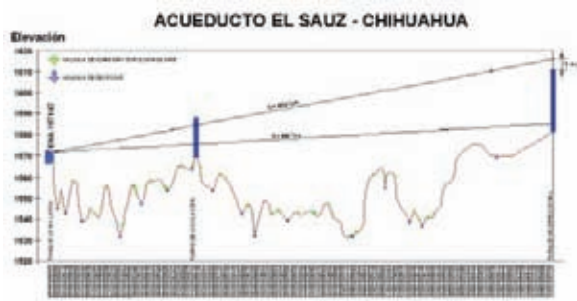
Infraestructura hidráulica de la ciudad de Chihuahua

Como parte de la colaboración con la Junta Central de Chihuahua y la Junta Municipal de Chihuahua se realizó el diagnóstico, la modelación y la planificación de sectores en la red de distribución de agua potable. Para ello se analizó, tanto cuantitativa como cualitativamente, la infraestructura de distribución; se llevó a cabo un estudio hidráulico de la red de distribución para optimizar su operación y planificar los programas de inversión, y así alcanzar una mayor eficiencia global y brindar un mejor servicio.

Como parte de estas actividades se diseñaron 683 distritos hidrométricos y ochenta macrosectores y se determinó una inversión de \$392 millones para la sectorización, que requiere de 368.2 km de tubería nueva (12.7% de la longitud actual de red). Por último se efectuó el análisis hidráulico de la conducción El Sauz, identificándose la posibilidad de incorporar 19 pozos para incrementar su caudal máximo en 604 litros por segundo.



Diseño de distritos hidrométricos.



Análisis hidráulico y transitorio.



Vista en planta de los pozos por incorporar a la conducción El Sauz.

Puebla

Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de Puebla (SOAPAP)

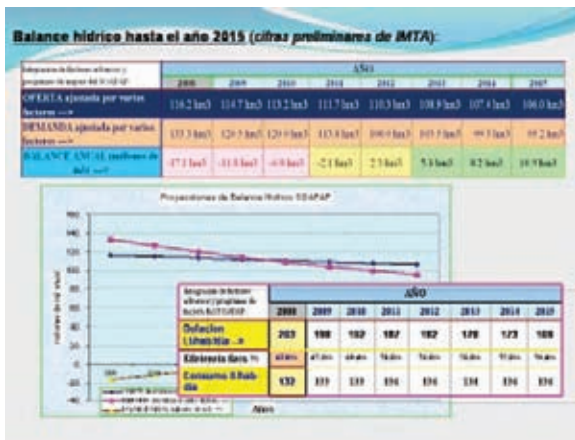
Se llevó a cabo el proyecto *Asesorías y evaluaciones en temas de desarrollo institucional y autosuficiencia financiera*. Para ello se analizaron los temas operativos, administrativos, técnicos y económico-financieros, y se realizaron recomendaciones en torno a: negociación de subsidios federales; Plan Integral de Desarrollo Hidráulico y Disponibilidad de Agua; revisión tarifaria; mejoras comerciales; ampliación de las prácticas de micromedición; mejora del desempeño institucional, y perfeccionamiento del sistema de información, así como acciones de mejora y análisis comparativos de otros sistemas operadores.

También se atendieron problemas específicos y consultas diversas del SOAPAP, generando informes detallados para cada temática. Se orientó y capacitó al personal en tareas de integración y análisis de información técnica, manejo financiero,

Asesorías y evaluaciones en temas de desarrollo institucional y autosuficiencia financiera para el SOAPAP. Coporación de Tarifas 2009 y 2010 (Volúmenes)

Tipo de consumo y rango de consumo		Consumo de agua L/usuario/meseta	Consumo de agua L/usuario/meseta	Producción media millones de litros (Dólares)	Ingreso anual millones (\$)	Distribución e ingresos %	
RESIDENCIAL							
HABITACIONAL		140,740					
0 a 10	7.2%	25,224	46.51	0.004	6.8	3.8%	
10 a 20	13.0%	39,402	36.87	3.033	24.3	14.5%	
20 a 30	17.0%	25,548	43.81	4.077	26.3	14.5%	
30 a 40	24.0%	37,026	37.84	10.472	42.8	18.2%	
40 a 50	24.0%	44,014	47.59	3.434	30.5	18.2%	
50 a 60	47.0%	6,770	506.42	5.545	20.1	18.4%	
60 a 700	77.0%	885	994.50	0.014	6.0	3.4%	
TOTAL		153,076	1,105.10	0.040	-	0.0%	
Consumo promedio		106.0	88%	8,637.54	1,322	7.0	4.0%
COMERCIAL INDUSTRIAL e INSTITUCIONAL							
COMERCIAL INDUSTRIAL e INSTITUCIONAL		16,407					
0 a 0.01 a 20	0.0%	0,000	127.00	0.782	4.8	2.8%	
0 a 20.01 a 40	0.0%	0,000	262.52	0.004	2.0	1.4%	
0 a 40.01 a 60	0.0%	0	688.67	0.000	-	0.0%	
0 a 60.01 a 80	0.0%	0	780.85	0.000	-	0.0%	
0 a 80.01 a 100	0.0%	2,880	4,205.12	3.074	18.4	9.2%	
0 a 100.01 a 2000	0.0%	0	2,548.00	0.000	-	0.0%	
TOTAL		27.0	101,127	278.54	33.4	20.4	10.0%

Propuesta de tarifas medidas para 2010, para el SOAPAP.



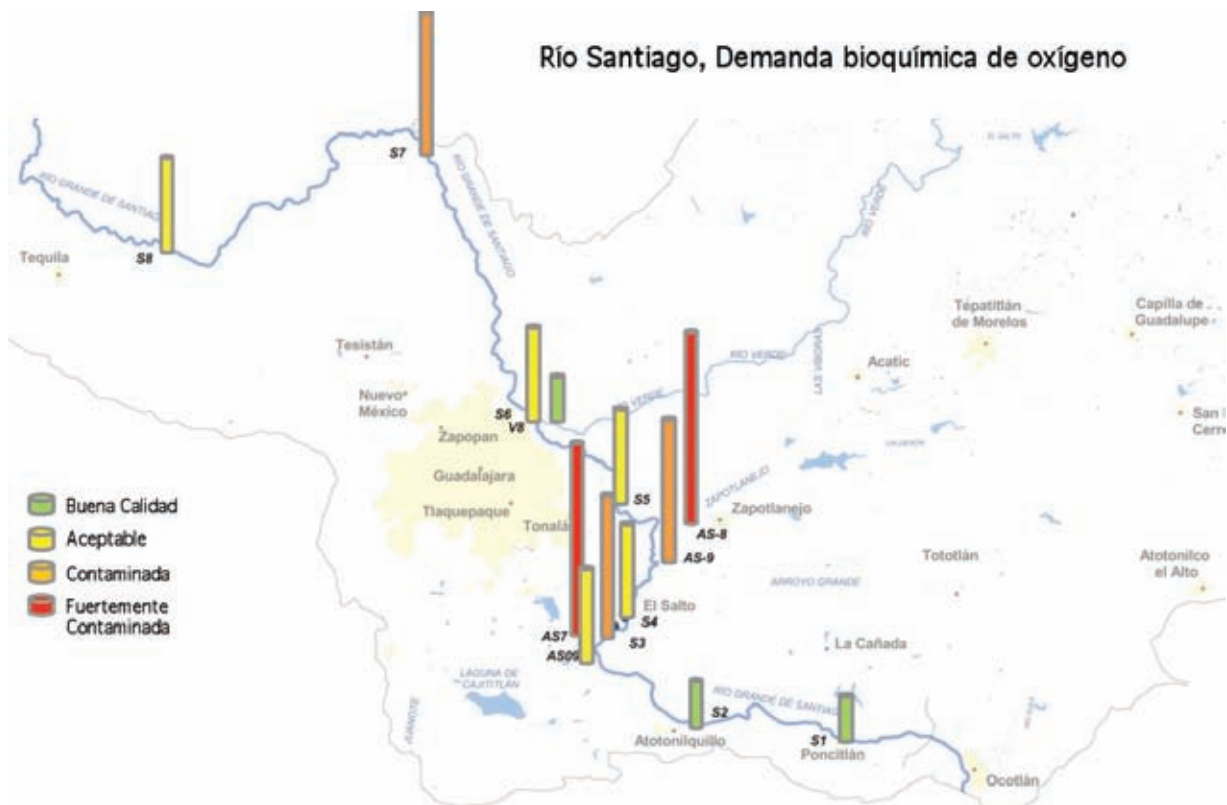
Balance hídrico propuesto para SOAPAP hasta el año 2015.

atención a clientes, y micromedición. Se sugirieron mejoras a manuales de procedimientos internos y modificaciones amplias a la estructura de tarifas que incluye una mejor fórmula de indexación y actualización en beneficio de los usuarios.

Jalisco

Clasificación del río Santiago

A solicitud de la Comisión Estatal del Agua de Jalisco, se realizó el proyecto *Estudios complementarios para la clasificación del río Santiago, Jalisco (desde su nacimiento en el lago de Chapala y hasta la presa Santa Rosa)*. Segunda etapa. En marzo y diciembre se efectuaron sendas campañas de muestreo en este tramo del río junto con sus afluentes principales: el río Zula y el río Verde. El trabajo consistió en aplicar cuatro grupos de parámetros de calidad del agua a 120 muestras tomadas en 34 sitios a lo largo del río y los afluentes mencionados, en 31 descargas municipales (considerando el influente y el efluente en 12 plantas de tratamiento), así como en 41 descargas industriales y pecuarias (considerando el influente y el efluente en dos de ellas). Los resultados de este estudio permitirán actualizar las condiciones particulares de descarga para ese cuerpo de agua.



Demanda bioquímica de oxígeno en el río Santiago.

Tabasco

Rehabilitación de plantas potabilizadoras

El Sistema de Agua Potable y Saneamiento del Municipio de Centro solicitó al IMTA la evaluación de las plantas potabilizadoras La Isla (250 L/s) y Parrilla (500 L/s) para verificar su eficiencia y el cumplimiento de la calidad del agua tratada de acuerdo con la Modificación a la NOM-127-SSA1-1994. Como resultado de la calidad del agua tratada, se obtuvo que La Isla sí cumple con la norma, mientras que Parrilla no cumple con el parámetro del aluminio. Con respecto a la eficiencia de tratamiento de las unidades que conforman el tren de tratamiento no fue el óptimo según criterios de diseño, por lo que se realizó el proyecto ejecutivo para la rehabilitación de las unidades de proceso de las dos plantas anteriormente mencionadas.



Pruebas de trazadores en el sedimentador de la planta potabilizadora Villa Parrilla, municipio de Centro, Tabasco.

Nayarit

Asesoramiento tecnológico

El IMTA realizó actividades de supervisión, asesoría y capacitación para la instalación de sistemas de

drenaje en una superficie de 2,600 ha en el Módulo de Riego III de la Margen Derecha del río Santiago del DR 043 Estado de Nayarit.

Como resultado se observó que a partir de una muestra de 88 colectores y drenes supervisados, el 20% (18 perfiles) estaba mal instalado, por lo que se instó a su reposición. Adicionalmente se hicieron las recomendaciones siguientes: colocación de señalamientos, replanteamiento de algunos diseños, remplazo de maquinaria y equipo que no cumplía con los requerimientos de potencia y normas de drenaje, reposición de las protecciones de las descargas que mostraban socavación, cierre hermético de las uniones entre colectores y drenes, colocación de estructuras de control. Asimismo se sugirió no instalar unas válvulas que pretendían evitar la entrada de agua a los sistemas, ya que se consideraron innecesarias.

Por otra parte, se impartieron 40 horas de capacitación a 32 productores y 29 técnicos cuya preparación beneficiará a 538 usuarios de los sistemas de drenaje. También se elaboró la *Guía para la instalación y supervisión de sistemas de drenaje parcelario subterráneo*, misma que se entregó a los capacitandos.



Taller de capacitación en aula.



Taller de capacitación en campo.



Vista aérea de Jarácuaro.



Portada de la Guía para la instalación y supervisión de sistemas de drenaje parcelario subterráneo.



Diseño de la red de distribución de Jarácuaro.

Trabajos de colaboración con organismos no gubernamentales

Agua y saneamiento

Como parte del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, llevado a cabo junto con la Fundación Gonzalo Río Arronte, se realizó un proyecto ejecutivo para la renovación de la red de agua potable de la localidad de Jarácuaro, que beneficiará a 2,200 habitantes, de los cuales quinientos carecen del servicio. Asimismo se realizó el proyecto ejecutivo del colector Salazar-humedal de Erongarícuaro, que ampliará la cobertura de drenaje en un 10%, beneficiando a quinientos habitantes y contribuyendo al saneamiento del Lago.

Transferencias de tecnologías apropiadas

Se incrementó en 290,000 litros la infraestructura de almacenamiento, tanto en vivienda como en la comunidad, de San Jerónimo Purenchécuaro. Se implementaron y pusieron en operación modelos comunitarios de captación, almacenamiento y tratamiento de agua de lluvia para consumo humano en Arócutin, San Francisco Uricho y Napízaro, municipio de Erongarícuaro; en las comunidades se aseguró el agua para consumo humano en cantidad (4 L/hab/día) y calidad de acuerdo con normatividad. Los beneficios se extienden a una población rural de 1,000 habitantes.



Cisternas comunitarias (100,000 litros) en San Jerónimo Purenchécuaro.



Etapa de llenado del tanque de descarga de fondo para riego parcelario en El Jagüey, Tzintzuntzan.



Almacenamientos (100,000 litros) y planta de tratamiento en Napízaro, Erongarícuaro.

Sistemas de riego de bajo costo para pequeñas zonas de riego

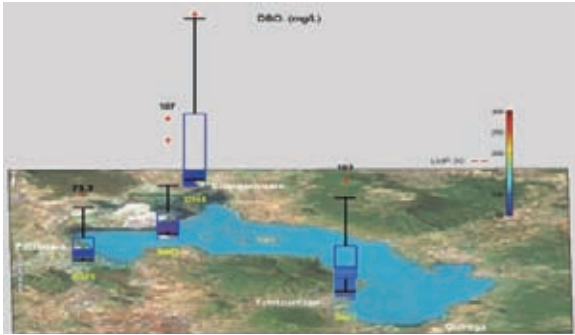
Con la entrada en operación de sistemas de riego por gravedad, con niveles de eficiencia global del 70% y de bajo costo, en las comunidades de El Rodeo, El Jagüey y Las Cuevas, Tzintzuntzan, se potenció el desarrollo de la agricultura de la zona e incrementó la eficiencia en el uso y manejo del agua de riego en el módulo Lázaro Cárdenas. Las áreas tecnificadas alcanzan una superficie cultivable de 90 ha. Cabe resaltar que se trata de una importante innovación tecnológica para la región.

Monitoreo de calidad del agua

Se desarrolló el proyecto *Monitoreo de la calidad del agua y de las descargas del lago de Pátzcuaro, tercera etapa*, que consistió en efectuar seis campañas de monitoreo. Los resultados más relevantes obtenidos indican que ninguna descarga municipal de las monitoreadas cumple con los límites máximos permitidos para la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (NOM-001-SEMARNAT-1996). La descarga que presentó mayor contaminación es la de Tzintzuntzan, seguida de las de la isla de Janitzio, Erongarícuaro, Quiroga y Pátzcuaro. No se registró toxicidad en ninguno de los niveles tróficos analizados dentro del lago (bacterias, fitoplancton, zooplancton, y peces). Sin embargo, se detectó la presencia de microcystinas en todas las estaciones de muestreo, por lo que la calidad del agua puede empezar a alterar su condición tóxica.

La evolución del Índice de Calidad del Agua (ICA), entre 2006 y 2009, presentó un promedio de 65.5 unidades, lo que indica que la calidad del agua del lago se mantiene en condiciones promedio muy semejantes entre 62 y 70 unidades, que permiten clasificar al sistema acuático como levemente contaminado y propicio para uso agrícola y de calidad aceptable para los usos de pesca y recreación. La tendencia a la disminución del nivel de agua en el

lago, así como los incrementos de florecimientos algales y sólidos suspendidos totales, explican, entre otras variables, la disminución de la transparencia del agua en el mismo periodo.



Demanda bioquímica de oxígeno en las descargas monitoreadas del lago de Pátzcuaro.



Sólidos suspendidos totales en el lago de Pátzcuaro.

Tecnologías apropiadas

Se cuenta con un área demostrativa de tecnologías apropiadas para el manejo integral del agua (modelo de espacio ecológico de educación ambiental) en el municipio de Pátzcuaro, y con las propuestas de los planos para el correspondiente en el municipio de Quiroga.

Memoria ilustrada

Se editó la *Memoria ilustrada del Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro 2003-2008*, que da cuenta del desarrollo de los proyectos y sus resultados desde el inicio del Programa.

Vivero regional autosuficiente de especies forestales y no forestales

Dentro del vivero regional de la Comisión Forestal de Michoacán en Pátzcuaro se consolidó la operación de un módulo tecnificado, construido con tecnología de punta, que se sustenta en el diseño de un contenedor que garantiza un profuso sistema radical, así como un óptimo crecimiento de las plantas, propiciado por un sistema de riego automatizado que distribuye homogéneamente agua y otros insumos.

En dicho módulo se reprodujeron 564,000 plantas de las especies *Pinus greggii* y *Pinus pseudostrobus*, cuya alta calidad se conoce con el nombre de "planta plantable". Ambos productos poseen las características más deseables: altura de 25-30 cm, tallo bien lignificado y con grosor mayor a 5 mm, buena distribución de raíces laterales, eje central bien definido, abundantes puntos de crecimiento y una bien proporcionada superficie aérea con respecto de las raíces y una apariencia vigorosa. Con esta acción se asegura una alta supervivencia de los árboles recién plantados, que es uno de los aspectos más críticos en la reforestación de la cuenca del lago de Pátzcuaro. Estos resultados son extrapolables a otras regiones y cuencas del país.



Módulo tecnificado de producción de plantas de calidad para la cuenca del lago de Pátzcuaro.

Calibración de molinetes

Como parte de los servicios directos a usuarios se realizó el mantenimiento y la calibración de 375 molinetes de diferentes tecnologías provenientes de la CONAGUA, la CFE y diversas empresas.



Modelo Price Modelo mecánico Modelo horizontal

Transferencia de tecnologías apropiadas en la huasteca potosina

Con apoyo del Fondo para la Paz, se realizó la transferencia de tecnología para la construcción de 118 cisternas con autocaptación para almacenamiento de agua de lluvia: 22 con capacidad de 50,000 litros, una de 20,000 litros y 95 de 11,000 litros en las comunidades de El May y Malilijá, municipio de Tanlajás, y Pokchich y Santa Martha, municipio de San Antonio. Esto representa una capacidad de almacenamiento de 2,165,000 litros distribuida en 226 viviendas, con un beneficio para 938 habitantes.

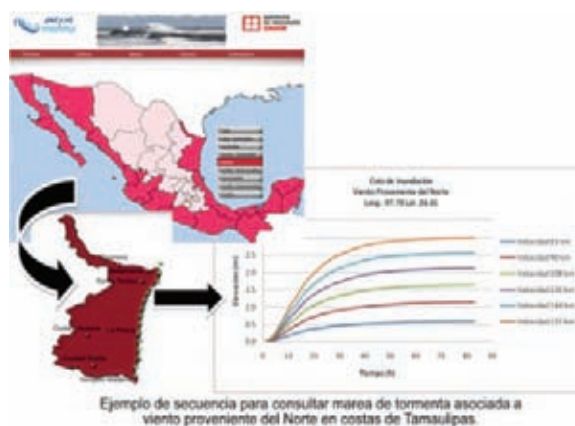


Cisterna de 50,000 litros y sistema de captación en Santa Martha.

Zonas en peligro de inundación en las costas de México

Cada año nuestro país se ve afectado por el paso de ciclones tropicales en ambos litorales que generan daños por viento, precipitación, oleaje y marea de tormenta. Sin embargo, no existen estudios sistemáticos que brinden diagnósticos y pronósticos tanto a la sociedad en general como a los tomadores de decisiones para evaluar zonas con potencial de riesgo. Por ello, el IMTA, en colaboración con el Instituto de Ingeniería de la UNAM, realizó un estudio de la dinámica que genera la sobre elevación del nivel del mar, asociada con la marea de tormenta, utilizando bases de datos de trayectorias e intensidades de huracanes.

Mediante la aplicación de simulaciones numéricas de marea de tormenta, bajo las condiciones observadas de 1950 a 2007 (intensidades y direcciones de viento), se generó, para ambos litorales, una base de datos zonificados de la sobre elevación del nivel del mar esperada ante ciclones tropicales con características conocidas.



Ejemplo de secuencia para consultar marea de tormenta asociada a viento proveniente del norte, en costas de Tamaulipas.

Sistemas de drenaje agrícola para tres empresas de Sinaloa

El IMTA instituyó el Programa de Reconocimiento de la Calidad de Productos y Servicios del Sector Agua, que busca, a través de la evaluación de la conformidad de una norma de producto y de sistemas de control de calidad, reconocer mediante un documento el impulso de la calidad de productos y servicios del sector agua. En este sentido, a solicitud de tres empresas de Sinaloa, dos de Los Mochis y una de Culiacán, se evaluaron los servicios de diseño e instalación de sistemas de drenaje agrícola subterráneo entubado.

Cada evaluación se realizó con base en las normas NMX-O-170-SCFI-2003 *Lineamientos generales para proyectos de diseño de sistemas de drenaje agrícola subterráneo entubado* y NMX-O-184-SCFI-2004 *Lineamientos generales para la instalación de sistemas de drenaje agrícola subterráneo entubado* elaboradas por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Sistemas y Equipos de Riego.



Evaluación documental de los servicios de diseño e instalación de sistemas de drenaje agrícola subterráneo entubado a empresas en Los Mochis.

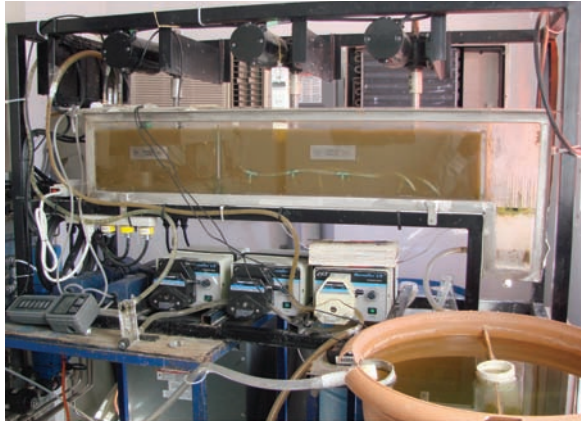


Evaluación de la instalación de un sistema de drenaje agrícola en Culiacán.

Asesoría a Termoeléctrica de Mexicali

A solicitud de esta empresa se efectuó el proyecto *Evaluación de alternativas para aumentar la remoción de nitrógeno total en la planta de tratamiento y proponer modificaciones al proceso de desnitrificación* para disminuir la concentración de nitrógeno total a menos de 5 mg/L. Para esto, se realizaron dos pruebas piloto. En la primera, el reactor aerobio operó con aeración intermitente para que funcionara de manera anóxica por cortos periodos. En la segunda se implementó una recirculación de agua clarificada a la zona anóxica. A temperaturas superiores a los 25 °C, los resultados mostraron que una recirculación interna no favorece la remoción de nitratos.

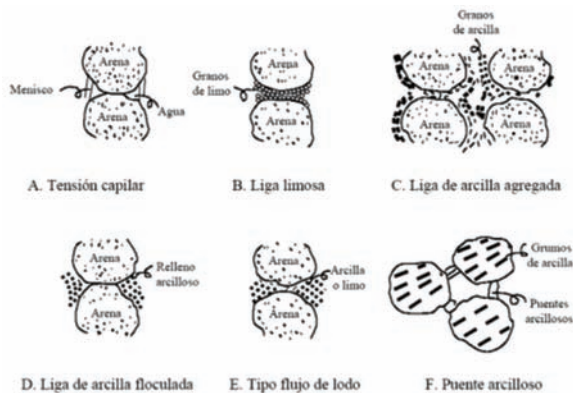
En relación con la aeración intermitente, al observarse inicios de condiciones anaerobias, se redujo el ciclo de tres a una hora. De esta manera, una relación aeración-anoxia entre 0.6 y 0.7 proporciona un efluente con nitratos y amoníaco de 2 y 3 mg/L, respectivamente. A temperaturas inferiores a 25 °C la aeración intermitente proporcionó una concentración de amoníaco de 0 mg/L. Sin embargo, la concentración de nitratos fue superior a los 10 mg/L, lo que indica que el proceso de desnitrificación se inhibe a temperaturas bajas, ya que la actividad de las bacterias desnitrificantes disminuye.



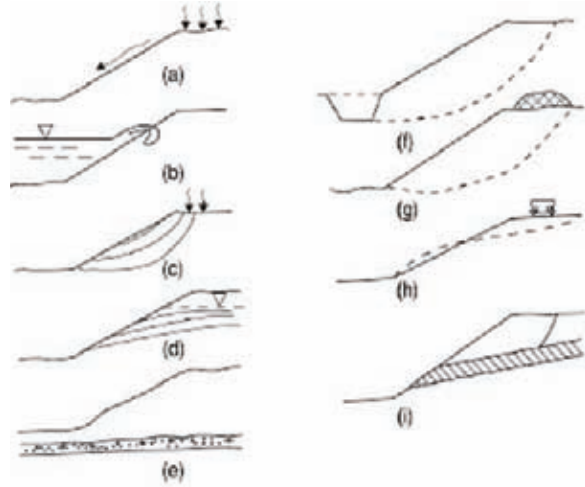
Planta piloto para la evaluación de alternativas para aumentar la remoción de nitrógeno total en la planta de tratamiento.

Atenuación de los efectos de las inundaciones en zonas urbanas

Con el fin de abordar la problemática asociada con sistemas de protección en ríos ante inundaciones, se abrió un proyecto interno para revisar el estado del arte y realizar estudios experimentales para generar recomendaciones que mejoren el diseño y la estabilidad de los bordos de protección y las estructuras para minimizar sus fallos. Con ello se incrementará la seguridad y se reducirán los riesgos de desbordamiento de ríos y las consecuentes inundaciones de zonas urbanas. Como resultado, se cuenta con información para determinar coeficientes de arrastre en sistemas de protección contra la erosión de cauces y con criterios para el diseño de vertedores tipo abanico.



Estructuras típicas de suelo colapsable.



Mecanismos de falla de taludes.

Cooperación técnica internacional

UNESCO

Cátedra UNESCO-IMTA, El Agua en la Sociedad del Conocimiento

A partir de la instalación de la Cátedra se han llevado a cabo diversas actividades, entre las que destacan:

La operación y fortalecimiento de *Atl: El Portal del Agua desde México*, medio electrónico mediante el cual la Cátedra cumple con su objetivo asociado a la información y documentación de su campo de estudio. El portal *Atl* se mantuvo en el segundo lugar en visitas mensuales de la Red de Sitios IMTA. Con el número de visitantes acumulados en diciembre, llegó a los casi 80,000 visitantes anuales esperados, que significan más de cuatro veces los estimados en 2008.

También, la gestión y expansión de la Red de Especialistas, Expertos e Investigadores (REEI) de la Cátedra, creó un espacio de colaboración e

intercambio de información con respecto al agua y la sociedad del conocimiento. Hasta el momento cuenta con 36 miembros. Se creó el *Boletín de Novedades Atl* a fin de mantener informados tanto a los miembros de la REEI como a otras audiencias y se envió a 1,315 personas.



Asimismo, se celebró el *Seminario Anual 2009, Información y conocimiento del agua: Prioridad mundial*. Esta reunión anual se organizó el presente año bajo el tema “Información y conocimiento del agua: prioridad mundial”, con las mesas: Información y comunicación sobre el agua en la sociedad del conocimiento; Información para la gestión y

governabilidad del agua, y Acceso al conocimiento hídrico.

Para reforzar esta labor de diseminación de conocimiento se creó un sitio que facilitó la organización del Seminario en el que participaron tres conferencistas y veinte panelistas con más de setenta asistentes. Las memorias de esta reunión constituyen una importante contribución al estudio del agua en la sociedad del conocimiento.

De igual forma, los resultados de la Cátedra incluyen la celebración del *Seminario para comunicadores: agua y meteorología en México* y el *Concurso de fotografía IMTA 2009*. De manera complementaria, se han desarrollado diversos sitios web temáticos íntimamente relacionados con la Cátedra, así como la investigación y publicación del libro *Cultura hidráulica y simbolismo mesoamericano del agua en el México prehispánico*

Unión Europea

Proyecto ANTINOMOS

En colaboración con la Unión Europea se continuó con el proyecto *Red de conocimientos para resolver problemas reales del agua en países en vías de desarrollo: superando las diferencias y vacíos de conocimiento* (ANTINOMOS, por su abreviatura en inglés). El IMTA participa como colíder en el tema “Administración y gestión de conocimiento”, y contribuye a conceptualizar el marco de referencia y los estudios de caso para identificar conocimientos relevantes de tecnologías y prácticas globales y locales en México. El objetivo principal de este proyecto para el periodo 2009 se centró en la evaluación de tecnologías del agua, siguiendo la metodología planteada por la Unión Europea, lo que permitirá tener

resultados comparativos de los países que conforman el consorcio que sustenta este proyecto.

También se trabajó en los componentes de análisis del marco institucional de administración y gestión del agua, balance de los problemas reales del agua y sus retos; examen de las tecnologías y prácticas globales y locales de abastecimiento y saneamiento del agua. Con base en esta revisión se realizaron diez evaluaciones preliminares de tecnologías. Para ello se revisó, con los usuarios y operadores, el desempeño de la tecnología de acuerdo con los objetivos establecidos en su diseño inicial; se examinó su funcionamiento y la operación de la tecnología; se evaluó la existencia de riesgos ambientales, higiénicos y de salud; se estudió el grado de adopción social y las razones del fracaso o éxito de la transferencia tecnológica. Las localidades visitadas fueron: en Morelos, Ajuchitlán y Villa Nicolás Zapata, San Juan Tlacotenco; en Michoacán, La Vitela, San Pedro Pareo, Santa Fe de la Laguna, Quiroga y Cucuchucho; en el Estado de México, Texcoco. Adicionalmente se hicieron mediciones de la calidad del agua en comunidades seleccionadas, como parte de la metodología, incluyendo los lugares seleccionados por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), que también es miembro del consorcio del proyecto.



Proyecto VIVACE

En coordinación con la Unión Europea, el IMTA inició el proyecto *Servicios viables y vitales para el manejo de recursos naturales en América Latina* (VIVACE, por su abreviatura en inglés). Los participantes del Consorcio Internacional de Investigación de este proyecto son: Universidad de Recursos Naturales y Ciencias de la Vida Aplicadas, Austria; Fundación Lettinga Asociados, Países Bajos; Politécnico de Bari, Departamento de Arquitectura y Planificación Urbana, Italia; Instituto Internacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo, Reino Unido; Instituto Nacional del Agua, Argentina, y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México.

El proyecto se basa en la innovación técnica de conceptos para los servicios vitales y viables y en

la integración analítica de enfoques y herramientas para el soporte de decisiones.

El proyecto dio inicio con un taller de planeación y programación de trabajo efectuado en el IMTA, con una posterior revisión de avances en la ciudad de Buenos Aires, Argentina. Mediante este proyecto se sistematizaron y revisaron diversos programas públicos que cumplen con las necesidades de investigación del proyecto y se seleccionaron algunos para iniciar el análisis planteado. Se realizó el estudio de línea base de Xochimilco, que contiene, entre otros temas, las características socioeconómicas de la zona de estudio, la situación de infraestructura y servicios, conflictos existentes en la zona, principales actores e instituciones, ejercicios recientes de planificación participativa y planes y políticas para el área.



Delimitación de Xochimilco, zona de estudio de VIVACE.



Vista de las chinampas, Xochimilco.

Estados Unidos de América

Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos (CILA)

De conformidad con las medidas de cooperación para el río Colorado establecidas por ambos países, México y Estados Unidos de América han creado un Grupo Base Binacional compuesto por siete instituciones de cada país con el fin de implementar acciones de cooperación conjunta para el uso de las aguas del río Colorado en las dos naciones.

El proceso conjunto de cooperación se desarrolla bajo los auspicios de la CILA, y su objetivo consiste en establecer un grupo internacional con representantes de los usuarios de nivel federal, estatal y de organizaciones expertas no gubernamentales de ambos países para explorar, identificar y finalmente implementar iniciativas relacionadas con la conservación de agua, manejo de escasez, aumento de agua y temas ambientales con beneficios binacionales en las áreas de usos ambientales, agrícolas y urbanos. Todos los proyectos y medidas conjuntas deben ser consistentes con el Tratado de Aguas de 1944, que asigna una porción de las aguas del río Colorado a México.

El Grupo Base Binacional estableció cuatro grupos de trabajo en búsqueda de acciones de cooperación en el mismo número de grandes áreas: Conservación, Nuevas Fuentes de Agua, Temas Ambientales y Operación del Sistema. El IMTA participa en las dos últimas.

Dentro de este contexto, el IMTA asesora a la CILA mexicana en materia de políticas de uso de las agua del río Colorado, analizando las diversas propuestas que se han hecho en las reuniones binacionales correspondientes, mediante el uso de los modelos

Sistema de simulación del río Colorado y Planeación y evaluación del agua.

Asimismo, el IMTA participa en reuniones con las áreas jurídicas de la SEMARNAT, la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE), la CONAGUA y la CILA para evaluar la pertinencia de las acciones propuestas.

Competitividad del Sector Agua

Con financiamiento de la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, (USAID, por sus siglas en inglés), se llevó a cabo la *I Reunión Internacional de Competitividad del Sector Agua: Los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Urbanas* del 2 al 4 de septiembre. Con la participación de destacados investigadores, especialistas, técnicos y funcionarios de la gestión del agua a nivel internacional, se discutieron los elementos que determinan la competitividad vinculados al sector agua, y en especial a los servicios de agua potable y saneamiento. Asimismo se revisaron las relaciones entre competitividad, productividad y eficiencia en el Subsector Agua Potable, y sus posibles efectos en la competitividad nacional, regional y local.

Se determinó que la competitividad tiene relaciones directas con otras variables que son afectadas directamente por el desempeño de los organismos operadores de agua potable y saneamiento, como son la productividad, la eficiencia y la competencia, mismas que pueden ser consideradas como los tres vértices de la gestión eficiente. Asimismo, se analizaron los arreglos institucionales, el marco legal y regulativo, y la gestión de los operadores, incluidas la información y la medición de su desempeño, por mencionar los más importantes, como factores de competitividad y eficiencia.

Japón

Tratamiento de aguas residuales

En un esquema de cooperación a terceros, México y Japón, a través del IMTA y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), con el apoyo de la SRE, organizaron el *Primer Seminario para la Detección de Necesidades Tecnológicas sobre Tratamiento de Aguas Residuales* con el propósito de estimular la diseminación de conocimiento y experiencias en el ámbito del tratamiento y aprovechamiento de aguas y lodos residuales en la región de América Latina y el Caribe para alcanzar las Metas del Milenio en 2015. Los países participantes fueron: Costa Rica, Colombia, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú y República Dominicana. Se presentaron como prioridades el intercambio de experiencias a través de foros y asesorías para el establecimiento de una legislación regional y la necesidad de brindar capacitación al personal técnico en sistemas no convencionales de tratamiento de aguas residuales de bajo costo de operación y de mantenimiento. Asimismo, durante este año se llevaron a cabo negociaciones con JICA para firmar un nuevo acuerdo de cooperación durante tres años para capacitar a técnicos en este último rubro.



Ceremonia de clausura del seminario.