

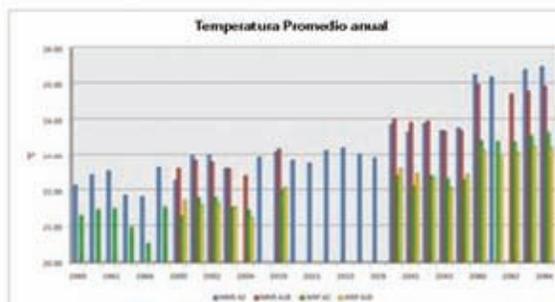
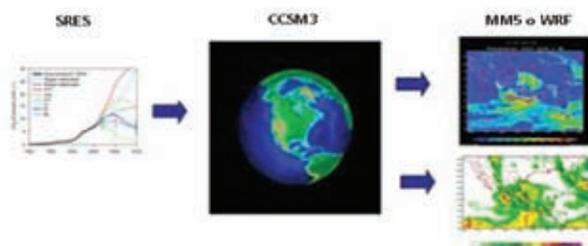
RESULTADOS RELEVANTES

INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

Regionalización dinámica de escenarios de cambio climático en México

A solicitud de la CONAGUA a través del Servicio Meteorológico Nacional, el IMTA simuló los escenarios de cambio climático A2, conocido también como mundo fragmentado, y A1B, de balance entre combustibles fósiles y otras fuentes de energía. Para ello, se utilizó la técnica de reducción de escala dinámica, empleando los modelos regionales MM5 e Investigación y Pronóstico del Estado del Tiempo (WRF, por sus siglas en inglés). Con la información que se desprende de este trabajo se evaluarán los impactos del cambio climático sobre el medio

ambiente en nuestro país para estos dos escenarios propuestos por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Mediante su corrida de control, se indicarán extremos en la precipitación, la temperatura, la presión atmosférica y el viento durante periodos seleccionados del siglo XXI. Así, se contará con una estimación del comportamiento de los principales fenómenos meteorológicos que afectan al país, como son el paso de frentes fríos y nortes, modificaciones en la cantidad de lluvia o la determinación de cambios en la frecuencia e intensidad de sequías o periodos húmedos. Con esta información se apoyará la toma de decisiones, a mediano y largo plazos, en cuanto al manejo de los recursos hídricos y la planeación de obras hidráulicas en México. Esta herramienta es única en el país.



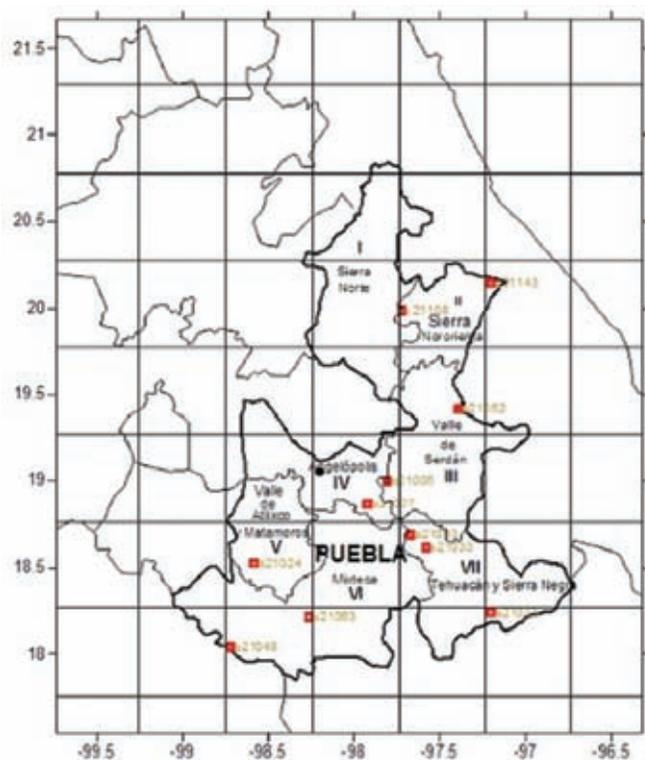
Promedio anual de la temperatura superficial para los años simulados con la técnica de reducción de escala dinámica durante los siglos XX y XXI con las duplas CCSM3-MM5 y CCSM3-WRF (escenarios A2 y A1B).

Análisis climatológico

Se realizó el análisis de calidad y homogeneización de las bases de datos climatológicos para el estado de Puebla y se calcularon los índices climatológicos con la información proveniente de las estaciones que cumplieron con las condiciones establecidas.

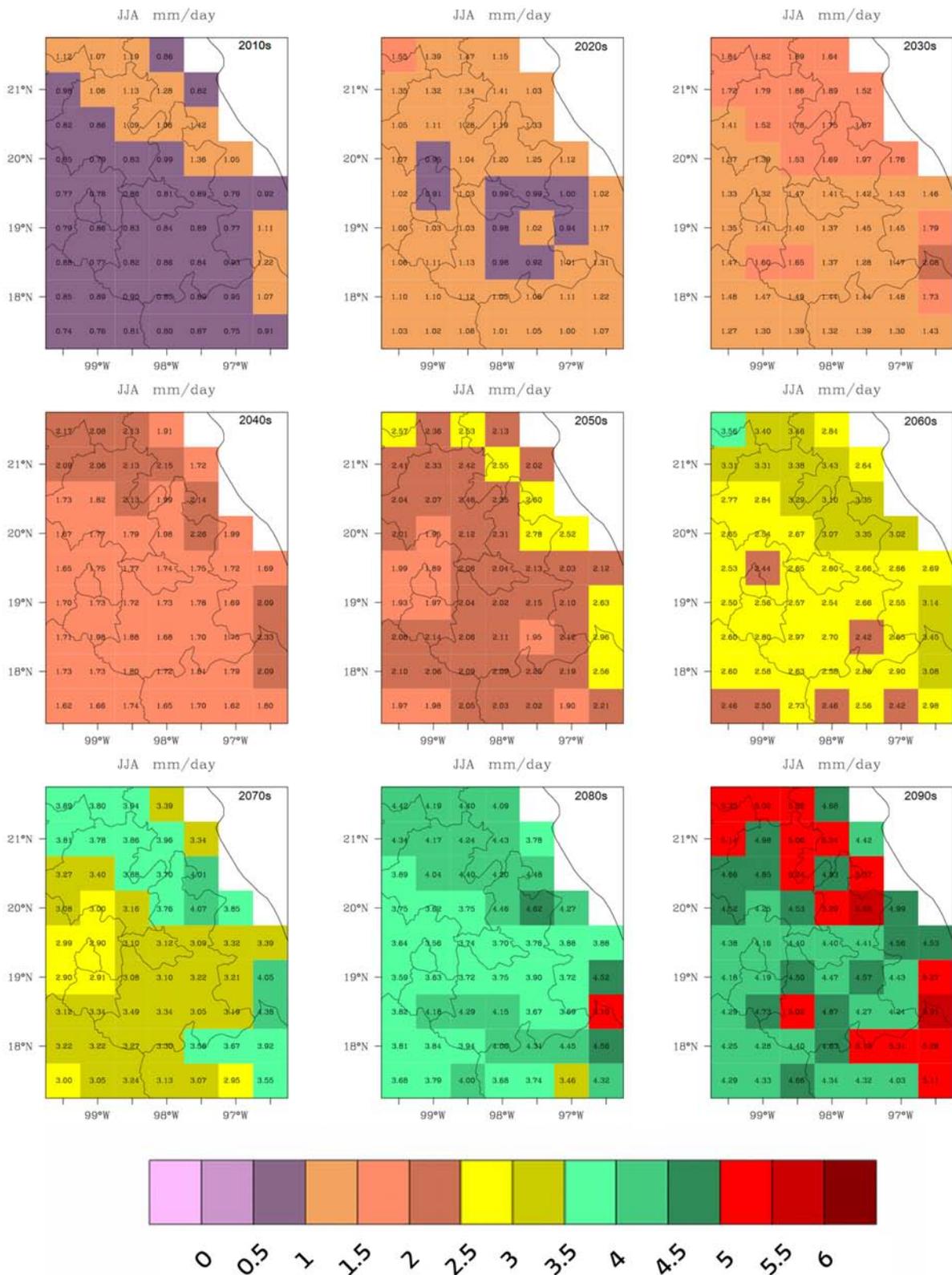
Por otra parte, se obtuvieron escenarios climáticos regionalizados para el siglo XXI (2010 a 2098) de la precipitación y la temperatura en superficie (media, máxima y mínima) utilizando una técnica

desarrollada en el IMTA, basada en el método *Reliability Ensemble Averaging* (REA). Finalmente, se presentó una comparación entre las tendencias históricas de temperaturas máxima y mínima —obtenidas después del proceso de calidad de datos y de la homogeneización en las estaciones climáticas— y las esperadas para la región en cuestión, bajo el escenario SRES-A2 (escenario de emisiones alto) en el periodo 2010-2039. La información generada en este proyecto será utilizada por diversos sectores para conformar el Plan Estatal de Atención al Cambio Climático en esta entidad.



Estaciones	ERIC III	INE
Base de datos	226	120
≥ 80%	71	34
QC	35	12
Homogéneas	11	3

Estaciones climatológicas homogéneas obtenidas para el estado de Puebla después de realizar el filtrado (tener, al menos, 80% de la información) y el análisis de control de calidad de datos de la información climatológica disponible.

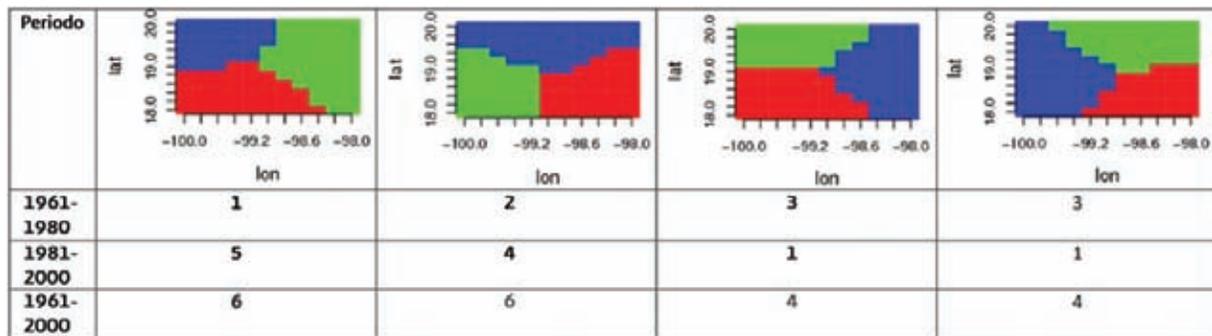


Proyecciones de anomalías de temperatura media en superficie (°C) en las inmediaciones del estado de Puebla para el escenario A2 durante el siglo XXI utilizando la técnica estadística REA.

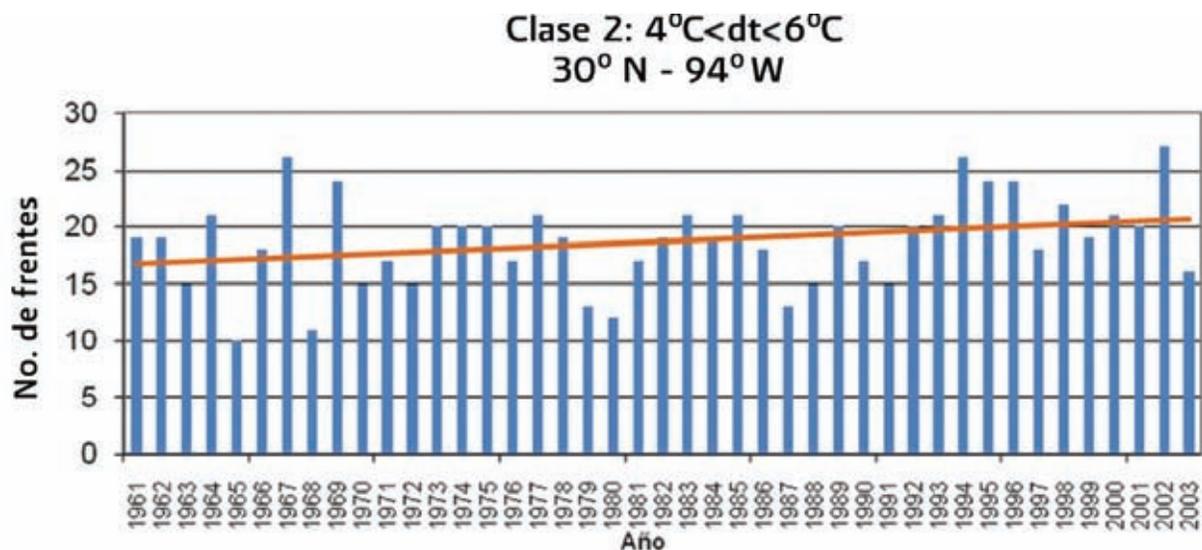
Tendencias climáticas de fenómenos hidrometeorológicos extremos en México durante los últimos cuarenta años

Este proyecto multianual CONACYT/IMTA estudia las tendencias climáticas de fenómenos como:

tormentas (utilizando *cluster analysis*), frentes fríos (aplicando análisis de Fourier-onduletas para su detección y análisis), ondas de calor y frío, y caudales. Como parte de este proyecto se generará una base de datos sobre la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos hidrometeorológicos extremos antes descritos. La información generada servirá para que los diversos sectores productivos del país adopten las medidas convenientes para enfrentarlos. La sencilla operación de la base de datos permitirá que los actores clave puedan utilizarla sin ser especialistas en la materia.



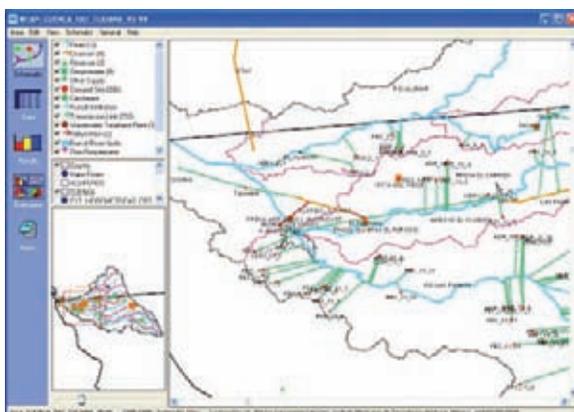
Cambios en el patrón de tendencias de precipitación en enero (1961-2000): tormentas de intensidad baja (zonas en rojo), media (verde) y alta (azul) en la zona centro (18 a 20° N y 98 a 100° W), utilizando *cluster analysis*.



Número de frentes fríos anualizado para la región I (30° N y 94° W). Clase 2 significa que provocó una variación de temperatura entre 4 °C y 6 °C. Para la detección de frentes fríos (cambio de viento y temperatura) se utilizó análisis de Fourier (onduletas).

Análisis y modelación hidrológica de calidad del agua y gestión en la región fronteriza México-Estados Unidos

Entre los principales resultados de este proyecto CONACYT obtenidos durante el presente año destacan la generación de bases de datos geoespaciales de aguas superficiales y subterráneas y calidad del agua de las cuencas de los ríos Colorado y Tijuana y otras cuencas transfronterizas; el desarrollo de modelos de gestión de cantidad del agua mediante el Sistema de Evaluación y Planeación Hídrica (WEAP, por sus siglas en inglés) para las mismas cuencas; la impartición a personal de la CONAGUA de un curso sobre el modelo de datos *ArcHydro* de calidad del agua superficial y la implementación de sistemas de información hidrológica en línea; el desarrollo de un sitio web y aplicaciones para consulta de las bases de datos de las cuencas transfronterizas mencionadas, utilizando el *software ArcIMS*. Esta información es fundamental para gestión y negociaciones en cuencas transfronterizas.



Modelo de gestión de la cuenca del río Tijuana: ubicación de usuarios del agua, presas y acueductos.



Sitio web para consulta de información del proyecto y aplicación para consulta de datos de aguas superficiales y subterráneas y calidad del agua de las cuencas transfronterizas.

Control biológico del carrizo gigante en México

El uso de agentes de control biológico en México es una alternativa a la aplicación de herbicidas. El IMTA y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA, por sus siglas en inglés) continuaron sus trabajos de colaboración sobre el tema con el proyecto *Evaluación del impacto del carrizo gigante (Arundo donax) en México y evaluación de posibles agentes de control*. Los resultados obtenidos a la fecha incluyen la puesta en marcha de la unidad de cría masiva de dos agentes de

control biológico: una avispa (*Tetramesa romana*) y una escama (*Rhizaspidotus donacis*) y la liberación de estos agentes en el río Bravo, contando con anuencia de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), la SAGARPA y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.



Laboratorio para la cría masiva de agentes de control biológico.



Miembros de las delegaciones de México y EUA durante la liberación de la especie *Tetramesa romana* en el puente Colombia, Nuevo León.



Reunión CILA-IMTA-USDA-SAGARPA-SEMARNAT en las instalaciones de la CILA en Nuevo Laredo, México.

Metodología para estudios de toxicidad en peces

En el marco del proyecto interno *Implementación y validación de la prueba de toxicidad aguda con peces y desarrollo de la metodología preliminar para observar el daño genético en los peces, a través de la reacción en cadena de las polimerasas (PCR), así como implementación de metodologías por cromatografía de gases para compuestos orgánicos y disruptores endócrinos* se obtuvo como resultado la implementación y posterior documentación de la prueba de toxicidad con el pez cebra (*Danio rerio*), cubriendo, de esta manera, el nivel trófico que corresponde a mamíferos. Esta prueba permite determinar la toxicidad aguda en muestras ambientales de agua, sedimentos y otros compuestos, así como en descargas industriales.



Dimorfismo sexual de *Danio rerio* (parte superior: espécimen macho, parte inferior: espécimen hembra).

Tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades

En 2008 se firmó el convenio de colaboración entre el IMTA y la UNAM a través del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias

(CRIM) para realizar el *Estudio de tres diferentes sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades*. De esta manera, se ha trabajado en una modificación de la tecnología, desarrollada por el IMTA en 2007, que acopla el sistema de humedal con un biofiltro empacado con material orgánico. Se analizaron un humedal construido de flujo vertical subsuperficial y nuevos materiales orgánicos para el empaque de los biofiltros: chuspata, conífera, teca y chicozapote. Durante 2009 se probó esta modificación operando con dos diferentes cargas orgánicas. Los mejores resultados se obtuvieron con el empaque de chicozapote. El agua residual así tratada cumple con las normas NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997.



Acoplamiento del humedal con el biofiltro.

Tratamiento de efluentes de granjas porcícolas

En seguimiento al acuerdo de cooperación internacional por cuatro años, firmado en 2009 por el IMTA y el Centro de Investigación Industrial de Quebec (CRIQ), Canadá, se desarrolló en Jojutla, Morelos, el *Sistema de tratamiento anaerobio para la reducción de carga orgánica alta y acoplamiento con un sistema de pulimento para la reducción de nutrientes con agua residual de una granja porcícola de tipo de engorda*. Este sistema opera con base en

la separación de sólidos, el tratamiento anaerobio y la filtración sobre material orgánico. Las eficiencias de remoción se midieron en cada etapa del proceso. De esta manera, el sistema de separación sólido/líquido (cribado) reduce en un 45% los sólidos suspendidos totales, el sistema anaerobio disminuye la demanda química de oxígeno (DQO) en un 60%. En cuanto al proceso de filtración sobre materiales orgánicos, la reducción de la DQO es del 81.7% y la del nitrógeno amoniacal del 91%. La eficiencia de remoción global del sistema completo es de 93%. Por otra parte, se depositaron ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial tres registros de patente relacionados con el desarrollo de este proyecto.



Agua residual cruda proveniente de una granja porcícola en Morelos.

Remoción de arsénico

En la Comarca Lagunera, aproximadamente el 30% de las fuentes de suministro público urbano presentan concentraciones de arsénico superiores a los 25 $\mu\text{g/L}$. Previendo que se apruebe el proyecto de modificación a la norma NOM127-SSA1-1994 que propone que el límite máximo de este elemento disminuya a 10 $\mu\text{g/L}$, y que, en consecuencia, el 90% de las fuentes de esta región quedara fuera de la norma, el Fondo Metropolitano de la Comarca Lagunera encomendó al IMTA la realización de un estudio comparativo de cinco tecnologías aptas para

la remoción de arsénico: nanofiltración, coagulación-floculación convencional, electrocoagulación (con tecnología desarrollada en el IMTA), adsorción en medios específicos (sorb 33 o equivalente) y deionización capacitiva. Durante el desarrollo del proyecto se agregó otra tecnología: microfiltración asistida por coagulación en línea. Las pruebas de tratabilidad se llevaron a cabo en dos pozos de la zona afectada: uno en Torreón, Coahuila, y otro en Gómez Palacio, Durango.

Se analizaron las variables siguientes: consumo de reactivos y energía eléctrica, eficiencia de remoción de arsénico, posible remoción de otras sustancias, costo del desecho de residuos líquidos y sólidos, nivel de calificación de la mano de obra, y costo de inversión. Todas las tecnologías resultaron efectivas y produjeron agua con concentraciones inferiores a 0.01 miligramos por litro.

Desde la perspectiva del Valor Actual Neto Social, las tecnologías más económicas en orden descendente son: coagulación convencional, coagulación con microfiltración, electrocoagulación, nanofiltración y adsorción en dióxido de titanio. La deionización capacitiva, por su parte, es apta para volúmenes reducidos, como los que se manejan en la industria del agua embotellada, mas no para el suministro urbano.



Unidad de nanofiltración.

Los costos de operación oscilan entre 1.19 \$/m³ para la microfiltración y 3.25 \$/m³ para la adsorción. Sin embargo, existen otros factores a considerar para la instalación de las plantas, como la disponibilidad de espacio y el interés de los organismos operadores para asignar la cantidad de personal requerido para la operación de los sistemas tanto en número como en nivel de calificación.

Ahorro de agua mediante la eliminación de sílice en torres de enfriamiento

Los procesos industriales, en especial los que se refieren a la generación de energía termoeléctrica y a la refinación de petróleo, demandan una gran cantidad de agua que es contaminada, principalmente por sílice, durante el proceso que se lleva a cabo en los sistemas de enfriamiento. Para atender esta situación El IMTA, con el apoyo del Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía (CFE-CONACYT), realizó el proyecto *Ahorro de agua mediante recuperación de purgas en torres de enfriamiento a través de la eliminación de microorganismos, sílice y otras especies.*



Planta piloto acoplada a la torre de enfriamiento de la central termoeléctrica Guadalupe Victoria, Comisión Federal de Electricidad en Lerdo, Durango.

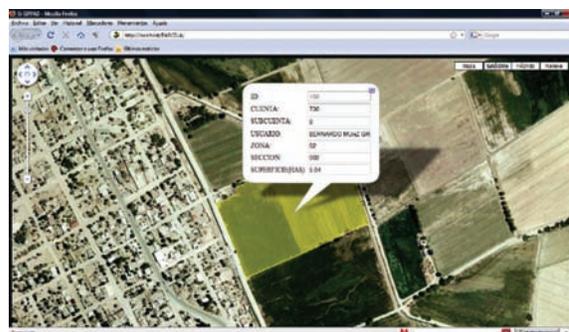
Para desarrollar este proyecto se empleó una planta piloto móvil diseñada y construida en el IMTA para evaluar la remoción de sílice en agua residual tratada en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Lerdo, Durango, así como en agua de recirculación utilizada en las torres de enfriamiento de la central termoeléctrica Guadalupe Victoria de la misma ciudad. Como resultado se determinó una remoción de sílice del 79% en agua residual tratada y del 25% en el agua de recirculación. De estos datos se desprende que es conveniente tratar el agua de repuesto ya que facilita la optimización del proceso, ahorra agua y abate costos, a la vez que brinda beneficios ecológicos y económicos para la industria.

Sistema de Información de Campo y Administrativa para Módulos de Riego (ICAM-Riego)

Uno de los principales problemas que enfrentan las asociaciones de riego es la gestión técnica y administrativa, y en particular el cobro de la cuota por servicio de riego. Para mejorar su recaudación, el Distrito de Riego 005, Delicias, Chihuahua, solicitó al IMTA una metodología que permitiera establecer en tiempo real tanto el monto del servicio a cobrar como el pago del mismo. En respuesta a este requerimiento, el Instituto desarrolló el sistema *Información de campo y administrativa para módulos de riego (ICAM-Riego)*, que tiene como base el *Sistema de pronóstico del riego en tiempo real (SPRITER)*.

Esta tecnología utiliza en tiempo real la información de campo y administrativa, lo que mejora la operación y administración de los módulos de riego; incrementa la productividad del agua y su uso eficiente; fortalece la administración federal al contar con información

oportuna obtenida de fuentes fidedignas; facilita el trabajo del personal, y promueve el conocimiento y el análisis de variables hidroagrícolas para la administración, conservación y operación del riego. Este sistema se aplicó con éxito en los distritos de riego 005 Delicias y 042 Buenaventura, Chihuahua, y 023 San Juan del Río, Querétaro, que en conjunto abarcan 110,000 hectáreas.



Aplicaciones del sistema ICAM-Riego.

Recarga inducida del acuífero en Valle de México

En el proyecto *Conservación de agua y suelo en subcuencas del acuífero del valle de México*, contratado por la SEMARNAT, se propició la infiltración de los escurrimientos en los cauces del llamado "suelo de conservación" de la subcuenca del río Eslava, Delegación Magdalena Contreras. Para

ello se realizaron las prácticas mecánicas siguientes: en laderas, 5,000 tinas ciegas, y en cauces, 64 obras transversales de diversos materiales en función de las características de cada sitio: 17 de geocostales, 17 de gaviones rellenos de piedra y treinta de gaviones rellenos de geocostales. El volumen total de obra construida fue de 3,570 m³, con la generación de aproximadamente 10,700 jornales en beneficio de los ejidatarios de San Nicolás Totolapan. Cabe mencionar que los ríos Eslava y Magdalena constituyen los dos afluentes vivos con que cuenta el Distrito Federal, de ahí su importancia estratégica.

Para asegurar la infiltración de los escurrimientos, se construyó en el paramento aguas arriba un muro de gavión relleno de geocostales. Esta acción representa una adecuación en la construcción de las represas de gavión tradicionales, buscando con esto mayor cantidad de infiltración.

El impacto estimado de estas actividades es la infiltración de 352,000 m³ por año, en el acuífero del Valle de México. Este proyecto piloto puede extenderse a las regiones altas del Valle de México.



Represa de gavión con refuerzo de geocostales en la subcuenca del río Eslava, Distrito Federal.

Instrumentación de prácticas de conservación de microcuencas

Se consolidaron las acciones de conservación de agua, suelo y bosque en la cuenca del lago de Pátzcuaro. Para ello se seleccionaron las microcuencas de Cerritos e Ichupio, con una superficie aproximada de 6,000 ha cada una. Los trabajos se concentraron en las laderas y los principales arroyos identificados como los de mayor producción de azolves que afectan la zona de riego de Tzurumútaro, así como a las poblaciones de Ichupio y Tarerío, con una población aproximada de 1,500 habitantes.

En las laderas se reforestaron 500 ha, de las cuales 90 se prepararon a base de cinceleo, siguiendo curvas de nivel, y 410 se reforestaron en cepas tradicionales. La primera evaluación de supervivencia, al mes de realizadas las reforestaciones, arrojó un prendimiento superior al 97%, mismo que descenderá a cerca del 70% después de la época de sequía, cifra muy superior al 15% tradicional en la cuenca de Pátzcuaro. Asimismo se cavaron 5 km de zanjas de infiltración (tinas ciegas), con una capacidad de captación promedio de 225 m³ por hectárea; se plantaron 5 km de cercos vivos con especies maderables de ciprés; se construyeron represas de control de azolves a base de gaviones rellenos de



Trabajos conservacionistas en microcuencas del lago de Pátzcuaro.

pedra, represas de piedra acomodada y represas de geocostales con capacidades de 450, 250 y 300 m³, respectivamente, que se estima retendrán 3,000 m³ de azolves que de otra manera se alojarían en el lago. Estas actividades generaron más de 3,000 jornales temporales para los productores de las dos microcuencas.

Metodología para cálculo de curvas elevación-área-capacidad (CEAC)

Con el objetivo de validar esta metodología, que utiliza la tecnología geomática aplicada a estudios hidráulicos, se eligieron cuatro embalses, comprendidos dentro del Plan Hidráulico del Noroeste, que se modelaron tridimensionalmente con el fin de simular su capacidad de almacenamiento para diferentes niveles de elevación de la cortina. Uno de los resultados del empleo de esta metodología es que se puede saber el comportamiento de un embalse e inferir la disponibilidad de agua en diferentes periodos, sin tener que realizar costosos levantamientos topográficos. La información obtenida es de gran valor para el proceso de evaluación de gran visión y la realización de anteproyectos.

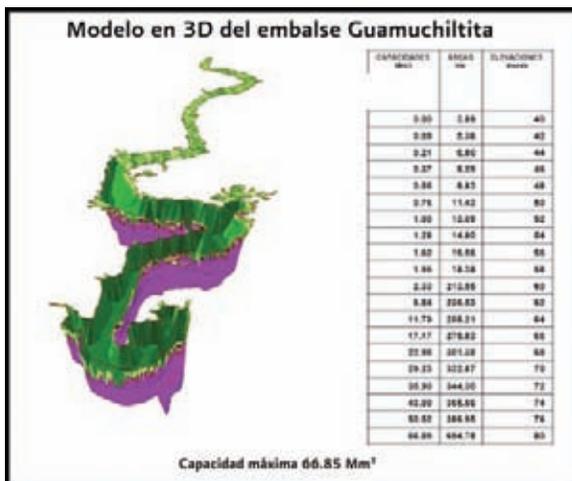
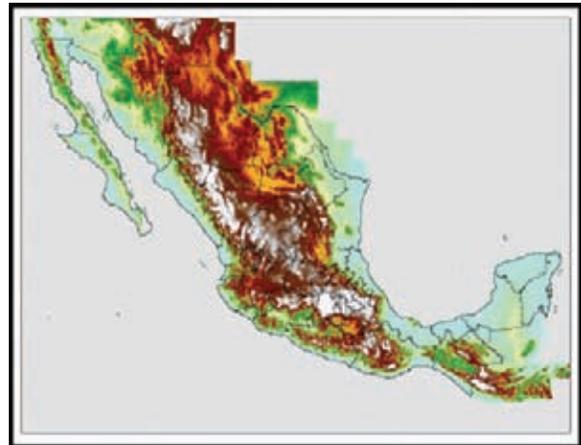
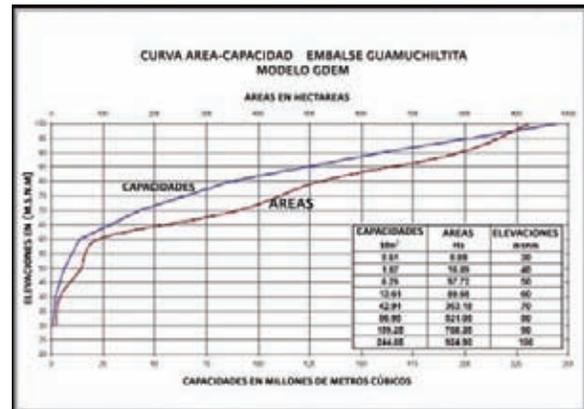


Ilustración de productos obtenidos para el proyecto Guamuchilita, Sinaloa.



Modelo digital del terreno desarrollado con imágenes ASTER, disponible en el IMTA.



Conflictos por el agua

Como parte del proyecto *Diseño de un observatorio de conflictos como apoyo para gobernanza del agua* se continuó con la sistematización de seiscientos nuevos registros en la base de datos del Observatorio,

así como con la modificación de doscientos conflictos ya sistematizados. Por otra parte, se elaboró el documento *Aproximaciones para un diagnóstico de la problemática del agua desde un enfoque de género en México* y se impartieron cuatro talleres a 126 participantes que incluyen este enfoque en relación con las políticas públicas.

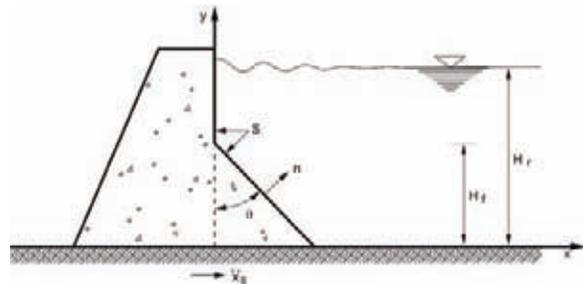


Talleres de análisis de la problemática del agua con enfoque de género.

Efectos de ondas superficiales en presiones hidrodinámicas

Se examinaron los efectos de las ondas superficiales de gravedad en las presiones hidrodinámicas generadas por sismo sobre presas rígidas con

paramento mojado no vertical, teniendo en cuenta la compresibilidad y viscosidad del agua. Así, se obtuvo una solución sencilla de forma cerrada mediante el método de Trefftz. La frontera bajo estudio se redujo sólo al paramento y los grados de libertad del problema se restringieron al número de funciones de aproximación usadas para el análisis; además, se evaluó la distribución de las presiones hidrodinámicas a lo largo del paramento, así como el empuje lateral resultante y su altura efectiva de aplicación. Los resultados han dependido en gran parte de la forma del paramento y, en menor medida, de la consideración de las ondas superficiales. Con esta solución es posible estimar, para fines de diseño, la recurrente separación y el subsecuente impacto del agua en la cortina. Ello permite definir un criterio de posible cavitación.



Presas rígidas con paramento no vertical sujeta a movimiento horizontal del terreno.

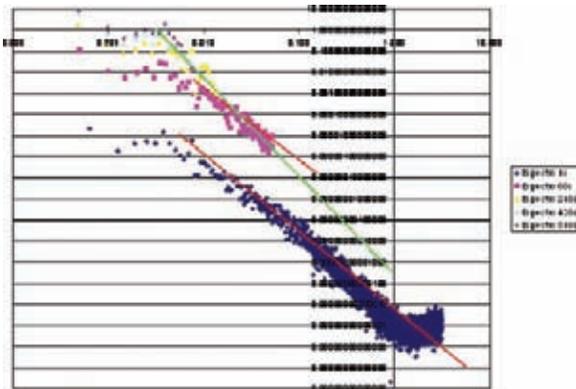
Análisis espectral de consumo doméstico de agua potable

Una de las variables con mayor incertidumbre en su comportamiento dentro del análisis hidráulico de las redes de agua potable es el consumo, cuyo carácter estocástico demostrado recientemente, ha dificultado el desarrollo de una metodología capaz de representar esta variable ya que es imposible definir con exactitud dos situaciones: el grado de

información que se pierde al muestrear la señal con cierto intervalo de registro junto con la posible presencia de enmascaramiento y, el rango en el tiempo en que pueden aplicarse estos procesos de agregación y desagregación temporal.

Sin embargo, el proceso basado en el análisis de Fourier puede aplicarse como herramienta de desagregación temporal y obtener el intervalo de registro óptimo de medición en campo. De esta manera se observó que el rango de aplicación del esquema se encuentra entre los 240 y 1 segundos. En otras palabras, es posible medir con intervalo de registro hasta de 240 segundos y recuperar información con intervalo de registro de un segundo. Este método se validó con mediciones en campo de consumo doméstico realizadas en una ciudad mexicana.

Las series de demanda de agua potable se ocupan en diferentes actividades relacionadas con el diseño y la operación de sistemas de distribución de agua, entre otras: modelación dinámica hidráulica y de calidad del agua en las redes (se alimenta con datos de la demanda y su variación en el tiempo), registros de telemetría, determinación de los coeficientes de variación diaria u horaria de la demanda en el análisis, y diseño de tanques de regulación.



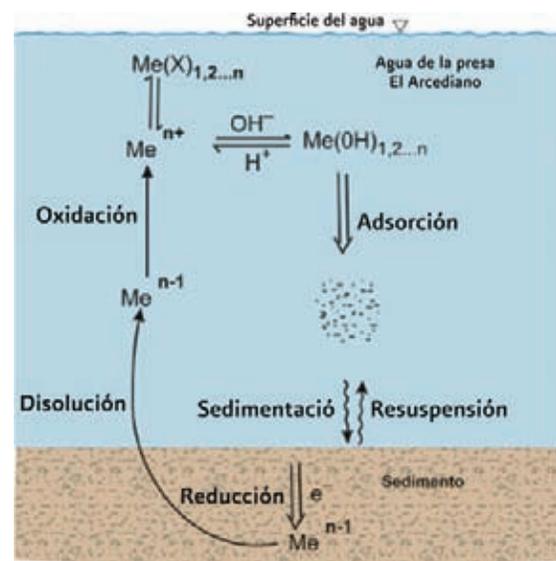
Comparación de pendientes de los espectros obtenidos a partir de las señales abuelas y madres ensambladas.

Escenarios de desorción de metales por resuspensión de sedimentos

El IMTA ha desarrollado para la Comisión Estatal del Agua de Jalisco estudios para formular escenarios y estimar los riesgos que se corren con la desorción de contaminantes, acumulados en sedimento, vertidos al agua que se dirige hacia la presa Arcediano.

Con base en los resultados que se desprenden del análisis de muestras ambientales, obtenidas en los ríos Verde y Santiago, se formularon escenarios y se realizó una simulación numérica de la distribución, entre agua y sedimentos, de diversos contaminantes: metales, plaguicidas clorados, hidrocarburos poliaromáticos y bifenilos policlorados.

Entre las sustancias medidas en sedimentos sólo el manganeso y el níquel sobrepasaron los criterios ecológicos de probable efecto. Se observó que los metales se acumulan principalmente en minerales de hierro, seguido por arcillas y, en menor grado, en minerales de manganeso, por lo que se considera que la interacción de metales con minerales de



Ciclo de metales en agua y sedimentos.

hierro controla la distribución de metales entre agua y sedimentos.

Las simulaciones para estimar el riesgo de contaminar el agua por la desorción de metales de los sedimentos sugieren que a diferencia del arsénico, el cobre y el mercurio, las concentraciones de manganeso, plomo, cromo y níquel pueden rebasar los criterios ecológicos de la calidad del agua como fuente de abastecimiento ante la presencia de grandes volúmenes de azolve en la presa.

Correlación de la anomalía de precipitación y la temperatura superficial de los océanos (1970-2000)

Se diagnosticó la relación de la anomalía de precipitación de la temporada (julio- septiembre) en la región central y noroeste del país, con la anomalía de la temperatura superficial de los océanos Pacífico y Atlántico (enero-marzo), tomando como periodo base 1970 a 2000.

Los resultados mostraron que las variaciones de precipitación en la región central se relacionan significativamente con las variaciones en la temperatura de los océanos: para el Pacífico en las regiones conocidas como El Niño y Alberca de Agua Caliente y, para el Atlántico, cerca de la costa oeste de África. En el caso de la región noroeste se encontraron correlaciones positivas de precipitación con la temperatura del Pacífico para regiones cercanas al golfo de California y valores negativos para el Atlántico. Asimismo, los resultados indicaron que los valores de temperatura que presentan mayor correlación con las variaciones de precipitación de julio-septiembre son los correspondientes al mismo trimestre en la región central, para el noroeste los valores con mayor correlación son los tres trimestres

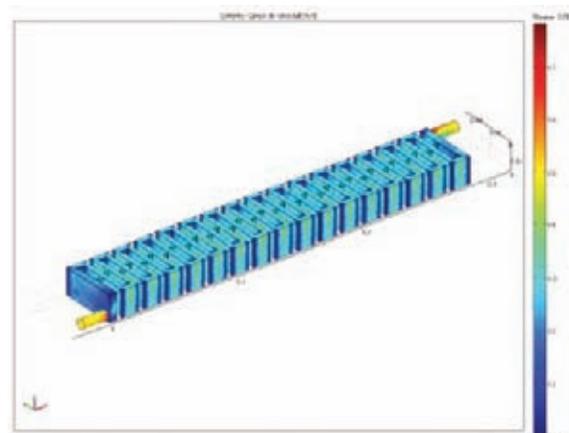
previos a julio-septiembre en el Pacífico y de uno para el Atlántico. Se avanza así en el desarrollo de una herramienta para completar y realizar un buen pronóstico estacional de precipitación para México.

Modelación de un reactor de electrocoagulación para remoción de arsénico

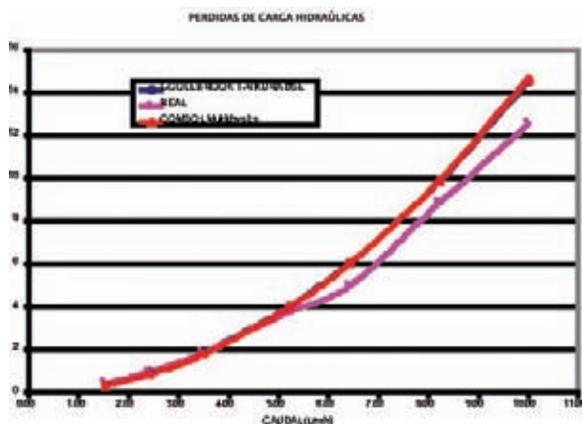
Se ha trabajado en la optimización de un reactor de electrocoagulación para remoción de arsénico en agua para consumo humano, con el cual se han obtenido eficiencias superiores al 90% para dejar el arsénico por debajo de los límites prescritos en la NOM-127-SSA1-1994, modificación al año 2000.

Los estudios analizan el efecto, sobre la eficiencia del reactor, de algunas variables de operación: gradiente de mezclado, tiempo de residencia, producto de Gt , presencia de cloro, conductividad del agua y densidad de corriente.

Paralelamente se desarrolló un programa en *Excel* para calcular las pérdidas de carga hidráulica y eléctrica a través del reactor en función de sus dimensiones, lo que permite diseñarlo para diferentes condiciones



Campo de velocidades en el reactor.



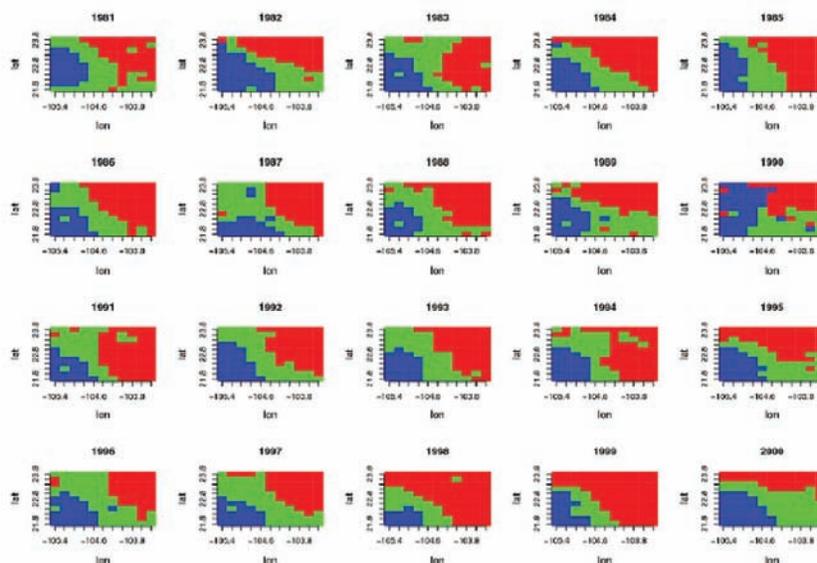
Pérdidas de carga hidráulicas en el reactor.

de operación. También se realizaron simulaciones de los comportamientos hidráulico, eléctrico y de difusión del reactor utilizando el programa *Comsol Multifisica*[®] con la finalidad de compararlo con los resultados reales y los obtenidos con el programa en *Excel*, y así optimizar los diseños de reactores de electrocoagulación. Hasta el momento, se ha encontrado un adecuado acoplamiento con los resultados obtenidos en *Excel*, los datos reales y los del *Comsol*.

Tendencias de tormentas de magnitud moderada basada en técnicas de análisis de conglomerados

En el marco del proyecto CONACYT 2007-2010 *Tendencias climáticas de fenómenos hidrometeorológicos extremos en México durante los últimos 40 años*, se han realizado cálculos de tendencias de tormentas de magnitud moderada utilizando técnicas de análisis de conglomerados. Lo novedoso de esta metodología se centra en que los complejos patrones de precipitación de una región determinada son clasificados a través *clusters* (conglomerados). La técnica escogida para el análisis fue PAM (*Partitioning Around Medoids*) y las precipitaciones fueron clasificadas en tres tipos de *clusters*: de intensidad baja (rojo), media (verde) y alta (azul).

Distribución espacial de precipitaciones de intensidad baja (rojo), media (verde) y alta (azul) en una región de Nayarit para los meses de agosto del periodo 1981-2000.



Distribución espacial de precipitaciones de intensidad baja (rojo), media (verde) y alta (azul) en una región de Nayarit para los meses de agosto del periodo 1981-2000.



IMTA

Investigación

Desarrollo, adaptación,
formación de recursos

del

humanos

calificados

difusión

Ciencias

transferencia de tecnología