

CONOCIMIENTO Y
TECNOLOGÍA PARA
SEGURIDAD HÍDRICA
NACIONAL

INFORME ANUAL IMTA
2018

INSTITUTO MEXICANO
DE TECNOLOGÍA DEL AGUA

PRINCIPALES RESULTADOS

1. INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN

- **Índices de Seguridad Hídrica**
HC1816.1

En México, junto con el crecimiento de la población, se han incrementado y diversificado los usos del agua, lo cual ha ocasionado problemas: acuíferos sobreexplotados, contaminación de cuerpos de agua, falta de saneamiento y deterioro de la infraestructura hidráulica, entre otros. A lo anterior, se suma la problemática derivada del cambio climático que, definitivamente, tendrá un impacto directo en la disponibilidad y accesibilidad del agua, así como en daños causados por inundaciones o sequías.

El objetivo de este proyecto radica en actualizar y divulgar Índices de Seguridad Hídrica (ISH) a escala municipal, en los criterios de accesibilidad a los servicios de agua potable y saneamiento, disponibilidad del recurso, sequías, seguridad y calidad del agua ante fenómenos de inundaciones, contaminación, salud, producción y gestión del agua.

Para evaluar la seguridad hídrica en los municipios del país se propusieron dos metodologías: a) Índice Global de Seguridad Hídrica (IGSH), aplicado en varios países y regiones a nivel mundial, se hizo una adaptación para poder aplicarlo anualmente con datos públicos de fuentes oficiales; b) Índice de Seguridad Hídrica Probabilístico (ISH), propuesto por el grupo de trabajo, con base en conceptos de peligro y vulnerabilidad, obteniendo con ello un índice de riesgo y, de éste, el Índices de Seguridad Hídrica.

El IGSH integra criterios físicos y socioeconómicos, cuantitativos e integrados de: disponibilidad del recurso, accesibilidad a los servicios de agua y saneamiento, seguridad ante inundaciones y calidad de aguas superficiales y subterráneas, y administración. El IGSH varía en un rango de valores “0-1” que representan “baja a alta”, condición de seguridad.

En el ISH se presentaron, como peligros: sequía, sobreexplotación de acuíferos y las declaratorias de emergencias hidrometeorológicas. Aquí se incluyeron la falta de servicios de agua y saneamiento. En el tema de vulnerabilidades se retomó la metodología de vulnerabilidad social del Centro Nacional de Prevención de Desastres, que engloba indicadores de población, salud, educación, vivienda, empleo e ingresos.

En el IGSH, si la extracción se toma como la suma del volumen superficial concesionado y el volumen extraído de aguas subterráneas renovables, las entidades que resultan con una situación más desfavorable son: Ciudad de México (0.52), Sinaloa (0.56), Sonora (0.57), Guanajuato (0.59), Baja California (0.60), Colima (0.60) y Aguascalientes (0.61). En la parte alta se ubica Oaxaca, junto con Yucatán (0.84). Oaxaca tiene el índice más bajo de accesibilidad, pero también el índice de disponibilidad más alto; le siguen Campeche (0.82), San Luis Potosí (0.81), Nayarit (0.80), Jalisco (0.80) y Chiapas (0.79).

Por otra parte, los municipios que resultaron con valores de ISH iguales o menores a 0.5 son: Mezquital, Durango; Balleza, Guachochi, Carichí y Urique, Chihuahua; Malinaltepec, Tlacoapa, San Miguel Totolapan, Acatepec, Cochoapa el Grande, Iliatenco, San Luis Acatlán y Metlatónoc, Guerrero; Del Nayar, Nayarit; Tehuipango, Veracruz, y Aquila, Michoacán. Dentro de los cien municipios con valores más críticos, 22 pertenecen a Oaxaca.

Con la metodología del IGSH, Oaxaca resulta con la mayor seguridad hídrica, pero con la metodología probabilística del ISH resulta con la mayor inseguridad. Esto se explicaría, en parte, a que en el IGSH el criterio de disponibilidad es el de mayor peso (45%) y, dentro de éste, el índice de escasez, que no se incluye en el ISH, tiene un peso del 70%. El ISH evalúa principalmente la vulnerabilidad social.

Resultados principales:

La medición de la seguridad hídrica a escalas nacional, estatal y municipal, mediante los índices e indicadores de los criterios considerados en su integración, permitirá identificar y priorizar poblaciones y áreas que presenten los mayores problemas, necesidades u oportunidades, para así poder plantear soluciones a ser integradas en programas sociales, económicos y ambientales.

El IGSH y el ISH se pueden definir como indicadores de tipo estratégico, los cuales constituyen alternativas para medir anualmente la seguridad hídrica en México, y por tanto, el grado de cumplimiento de objetivos de políticas públicas y programas presupuestarios, en la conservación y gestión del recurso hídrico, y en los servicios de agua y saneamiento a la población.

De igual forma, en el ámbito global, en el cumplimiento del objetivo 6 de los 17 Objetivos Globales para el Desarrollo Sostenible establecidos por la Organización de las Naciones Unidas: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

- ***Cartera de proyectos internos del IMTA para 2019, alineados a las prioridades de seguridad hídrica***
CP1810.1

A partir del año 2000, el concepto “Seguridad Hídrica” resulta estratégico para la gestión y desarrollo sostenible de los recursos hídricos, ya que conecta todos los grandes desafíos a enfrentar, como son, entre otros: alimentación, energía, cambio climático y desarrollo económico.

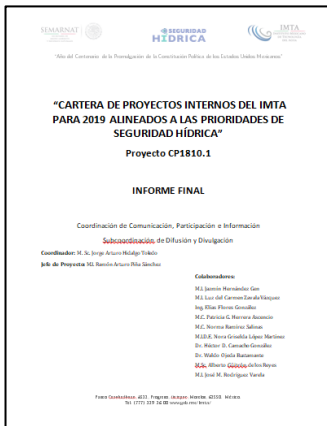
Por esta razón, el IMTA cuenta con su Programa Estratégico Institucional de Innovación Científica y Tecnológica en Seguridad Hídrica (Peish), que año con año se actualiza con aportaciones de equipos interdisciplinarios para ofrecer soluciones a los principales problemas del agua en el país.

En 2017 se redefinieron, como parte de los cinco subprogramas que componen el Peish, veinte líneas estratégicas y 38 líneas de investigación-acción, donde se plantearon 38 proyectos desarrollados durante 2018.

En este mismo año se continuó con: el proceso de planificación participativa, la integración de la cartera de proyectos internos 2019, la elaboración de una propuesta de procedimientos de gestión de proyectos y la organización del Segundo Seminario Internacional de Seguridad Hídrica.

Resultados principales:

La Cartera de Proyectos del Peish 2019, así como el intercambio de conocimientos en aspectos de Seguridad Hídrica en reuniones participativas y el Segundo Seminario Internacional, contribuyen con: propuestas interdisciplinarias a la solución de problemas ligados a la disponibilidad del agua en cantidad adecuada y calidad aceptable; la prevención y mitigación de riesgos y efectos de fenómenos hidrometeorológicos y antrópicos en cuencas; el mejoramiento de la eficiencia en el abastecimiento de agua potable y saneamiento a toda la población; la productividad hidroagrícola, y el fortalecimiento de las capacidades de la sociedad y tomadores de decisiones en relación con el agua para asegurar su sostenibilidad.



- **Indicadores de gestión prioritarios en organismos operadores de agua HC-1819.1**

Desde el 2005, el IMTA evalúa el desempeño de los organismos operadores de agua potable y saneamiento (Ooaps). Esta labor conforma el Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (Pigoo) y se lleva a cabo mediante una batería de indicadores, con la que se ha evaluado un total de 341 ciudades.

El proyecto tiene por objetivo apoyar a los Ooaps en la identificación y promoción de acciones para su mejora, que les permitan proporcionar un mejor servicio a los usuarios, garantizar su fiabilidad operativa, aumentar su rentabilidad y ayudarles a conservar el recurso agua.

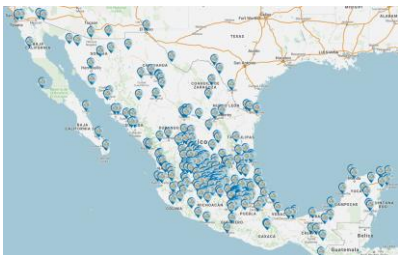
Para ello el Instituto definió, inicialmente, 15 indicadores de evaluación, que durante 2005 fueron aplicados a cincuenta Ooapas. En 2018 se logró la participación de 199 organismos, a quienes se les ha aplicado una batería de 29 indicadores de evaluación.

Resultados principales:

Existe una base de información que posibilita una evaluación general del comportamiento de los indicadores obtenidos por cada organismo operador participante.

La batería de 29 indicadores de gestión permite medir el desempeño y eficiencia de los sistemas de agua potable en los aspectos técnicos, operativos, comerciales y financieros.

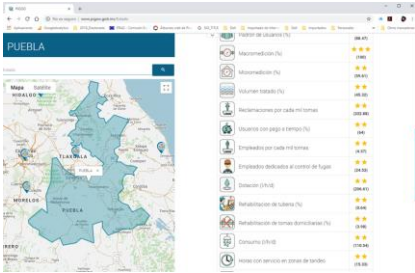
Idealmente, los indicadores de desempeño de un organismo deben ligarse a un objetivo o estrategia que establezca la misma entidad. Estos se calculan a partir de datos anuales y de variables: volumen de agua producido, número de empleados, ingresos y egresos totales, incidencia de fugas y reclamaciones, entre otras.



Organismos operadores participantes, 2018.



Proceso para obtener la información.



Sitio web del programa.

- **Modelo de simulación dinámica de La Laguna, para evaluación de escenarios socioeconómicos y climáticos TH1720.6**

En la Región Lagunera existe competencia por el agua entre diferentes consumidores, la cual está determinada por la baja disponibilidad del recurso y la existencia de diferentes usuarios en la agricultura de riego y de gravedad, el sector residencial, la ganadería y la industria. La demanda de agua para uso urbano proviene del crecimiento de la zona metropolitana integrada por los municipios de Torreón, en Coahuila, y Gómez Palacio y Lerdo en Durango, donde se concentra un poco más del 70% de la población.

Por lo anterior, la administración y manejo eficiente del agua es esencial para lograr la sustentabilidad y la seguridad hídrica de la región.

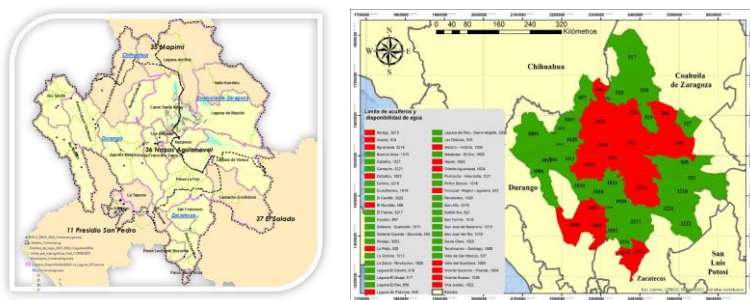
El objetivo del proyecto consistió en desarrollar un modelo hidrológico y de gestión de simulación dinámica que permita evaluar el impacto en los recursos hídricos y su disponibilidad para escenarios prospectivos resultantes de la actividad socioeconómica actual y futura, así como la ambiental y climatológica (histórica y por cambio climático), que permitan diseñar políticas que mitiguen los efectos más nocivos y apoyen la sustentabilidad de la región en el corto y largo plazos.

Durante 2018 se hizo un diagnóstico hidroambiental y socioeconómico que explica el manejo histórico y la situación actual de La Laguna; se desarrolló una base de datos geográfica e hidrológica con base en el modelo de datos hidrológico *ArchHydro*, considerando sus tres componentes y con información hidrológica, agropecuaria y socioeconómica que alimenta al modelo hidrológico y de gestión de simulación dinámica, y se generó una base de datos geográfica climatológica que contiene la información histórica y de escenarios de cambio climático.

Resultados principales:

Mediante el proyecto se generarán modelos de simulación de gestión que podrán emplearse por el organismo de cuenca para establecer políticas públicas que favorezcan la gestión sostenible del agua. Dicha gestión y establecimiento de políticas deberá favorecer al medioambiente para su preservación.

Asimismo, se tendrá un impacto tecnológico dado que se desarrollarán herramientas gestionar con la tecnología de modelación más avanzada, tal como son las bases de datos geográficas con el modelo de datos *ArchHydro*, el modelo de gestión con *WEAP (Water Evaluation And Planning)* y el modelo de flujo hidrodinámico con *MODFLOW*.



- **Soporte técnico y científico para la formulación del Programa Nacional Hídrico (segunda etapa)**

TH1810.1

En 2017 el IMTA comenzó a desarrollar el soporte técnico y científico, ahora llamado “Planeación Dinámica para la Sustentabilidad Hídrica” (PDSH), para formular el Programa Nacional Hídrico, y cuyo objetivo consiste en generar diferentes escenarios a corto, mediano y largo plazos, tanto de la oferta de los recursos hídricos como de su demanda y mostrando la brecha hídrica en los diferentes plazos. Ello permitirá identificar las medidas necesarias a realizar para cerrar la brecha existente, optimizando la factibilidad técnica y minimizando costos. De ahí el desarrollo del módulo “Cálculo de la brecha hídrica”.

Por lo anterior, y con la idea de tener un modelo de PDSH que genere diferentes escenarios para identificar alternativas de solución al cierre de las brechas hídricas, también se requería desarrollar los módulos “Cierre de brecha” y “Curva de costos”, que estimarían un costo aproximado de la solución a partir de una priorización de acciones.

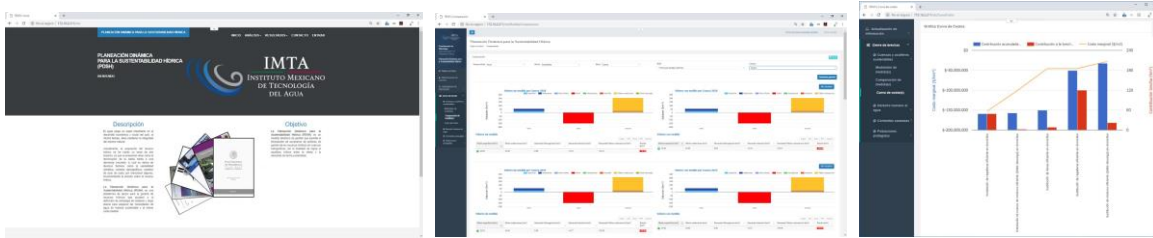
Complementariamente a los módulos mencionados, en el modelo de PDSH se integraron los módulos “Análisis de las brechas” y “Cierre de brecha” para los ejes rectores: derecho humano al agua con infraestructura de agua potable y alcantarillado, corrientes saneadas y poblaciones protegidas frente a fenómenos hidrometeorológicos extremos.

Lo anterior, debido a que el originalmente el modelo solo contemplaba el eje rector de cuencas y acuíferos sustentables.

Durante el año, se efectuaron la revisión y mejora de los algoritmos del cálculo de la contribución de agua de cada una de las medidas, y se diseñó de la interfaz de la modelación de las medidas y los formatos de resultados del cierre de las brechas hídricas.

Resultados principales:

Los impactos de proyecto radican en identificar las medidas necesarias para cerrar las brechas hídricas actual y futura en las cuencas y acuíferos del país, brindar apoyo a la política hídrica para la gestión sustentable del agua, reducir la sobreexplotación de acuíferos y lograr el equilibrio hidrológico de las cuencas y acuíferos.



- **Programa Estratégico para la conformación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica (Cemie-Hidro) 2018**

TH1811.1

Desde 2016, el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (Ineel) y el IMTA han sumado esfuerzos para promover y justificar la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica (Cemie-Hidro), mediante las convocatorias de la Secretaría de Energía (Sener) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Durante 2017, entre otras acciones, se celebró el 1er Simposio de Retos y Oportunidades de la Generación Hidroeléctrica. El objetivo del proyecto fue elaborar un documento con la integración de las líneas de acción que justifiquen la creación del Cemie-Hidro, por medio de diferentes análisis de expertos.

En junio de 2018 se presentó a la Sener una propuesta de creación del Cemie-Hidro. Como resultado de dicha reunión el Ineel y el IMTA participaron en la Convocatoria 2018-05 Cooperación Internacional entre México y China para el Desarrollo Minihidroeléctrico, a llevarse a cabo del 2019 al 2021, donde el IMTA desarrollará el Sistema y la Metodología para la Evaluación del Potencial Hidroeléctrico Nacional. Como parte de dichas acciones, el IMTA también fue invitado a participar en el 2018 Seminar on Small Hydropower and Sustainable Development, realizado en China.

En noviembre se efectuó la 1era Reunión de Expertos en Hidroenergía y, como resultado, se elaboró el documento *Posibilidades de desarrollo de la generación hidroeléctrica*.

De igual forma, se han editado dos libros: *Memorias del 1er Simposio Retos y Oportunidades de la Generación Hidroeléctrica, 2017*, y *Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica (Cemie-Hidro), Segunda parte: Sistemas híbridos solar-hidroeléctrico y Estudios sobre Evaluación de Potencial*.

Resultados principales:

El proyecto ha proporcionado elementos que justifican un mayor desarrollo y análisis en las soluciones para la generación hidroeléctrica mediante un Cemie-Hidro, desde los aspectos técnicos, científicos, sociales, ambientales, de mercado eléctrico, de regulación, difusión y formación de capacidades. Asimismo, se ha impulsado la investigación y colaboración estratégica nacional e internacional hacia esta fuente de generación limpia y renovable. Igualmente, se plantean como proyectos multipropósitos con beneficios sociales, económicos, ambientales y de producción de energía, entre otros.



Portada del libro *Memorias del 1era Simposio Retos y Oportunidades de la Generación Hidroeléctrica en México*.



Portada del libro *Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, Cemie-Hidro, 2da Parte: Sistemas híbridos solar-hidroeléctrico y Estudios sobre evaluación de potencial*".



Portada del documento *Posibilidades de desarrollo de la generación hidroeléctrica*.



Mesa 1: Investigación, desarrollo tecnológico e innovación en diversos esquemas de aprovechamiento hidroeléctrico.

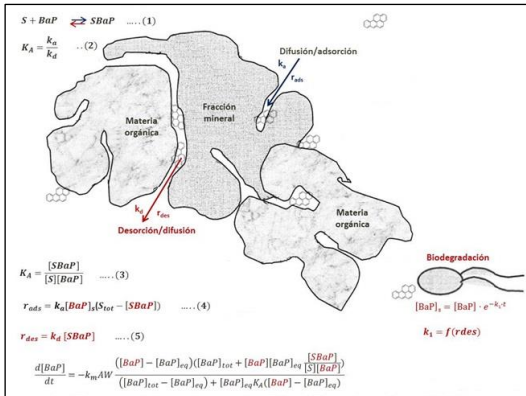
- ***Dinámica de benzo(a)pireno en medios porosos y su repercusión en la contaminación del agua***
TH1519

Debido a su hidrofobicidad, contaminantes orgánicos como los hidrocarburos poliaromáticos (HPA) tienden a acumularse en la materia orgánica y dentro de los poros de sedimentos y suelos (S&S). De esta forma, aun cuando los S&S han sido “remediados”, los HPA pueden presentar futuros riesgos de contaminación al ser liberados al agua. Para determinar los tiempos de remediación, se desarrollan experimentos para conocer la dinámica de sorción-difusión de benzo(a)pireno como indicador de HPA, así como el efecto que tiene la degradación del compuesto sobre esta dinámica.

Entre los resultados logrados en 2018, se encuentran: caracterizar muestras y experimentos de velocidad y equilibrio de sorción, un modelo conceptual del proceso de sorción-difusión, modelación de sorción-difusión en poros de S&S, presentación de cuatro resúmenes en congreso internacional y participación en cuatro eventos nacionales.

Resultados principales:

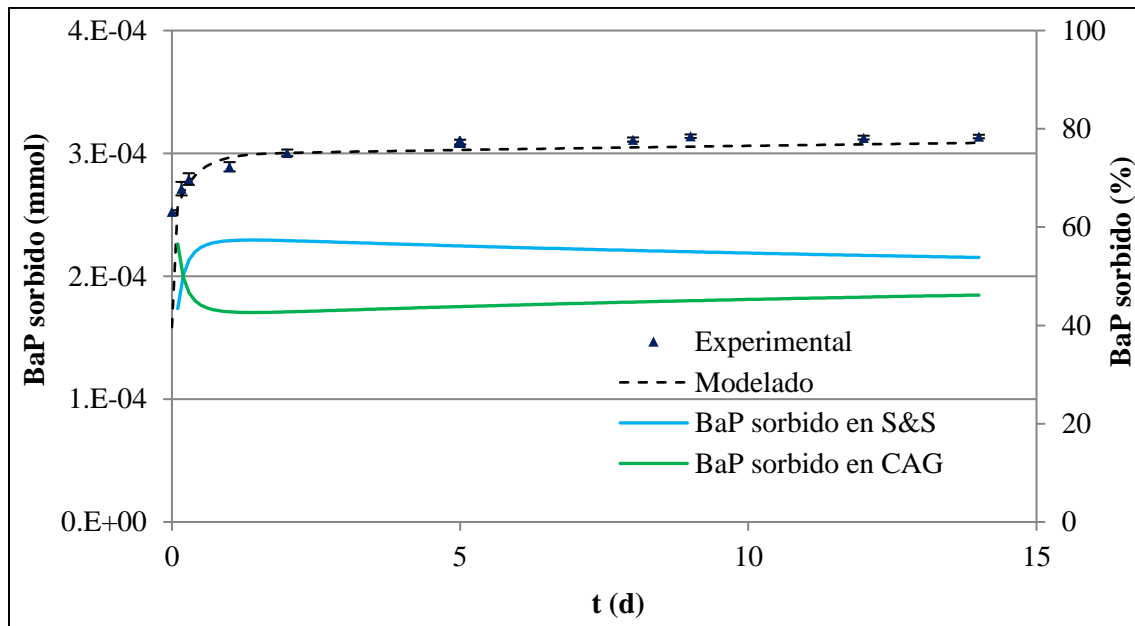
Se generó: información sobre la relación entre la dinámica de BaP en poros de S&S y la consecuente limitación sobre su disponibilidad; conocimiento para evaluar el riesgo de contaminación del agua por liberación del HPA de S&S debido a la difusión en poros, y un pronóstico del alcance y duración del saneamiento de HPA con la adición de carbón activado granular (CAG), así como el desarrollo de un modelo que describe el efecto de la difusión en poros, sobre el saneamiento por degradación fisicoquímica.



Modelo conceptual de sorción-difusión de BaP en S&S.



Arreglo experimental para evaluar la dinámica de sorción-difusión de BAP en S&S y CAG.



Arreglo experimental Sorción de BaP en S&S, con adición de CAG.

- **Evaluación de estrategias para controlar cargas internas de contaminantes en un cuerpo de agua**

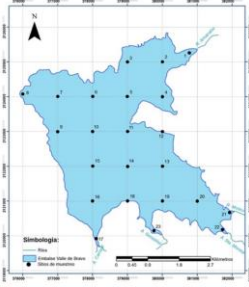
TH1703.F

La presa Valle de Bravo provee agua a la Ciudad de México y su zona conurbada, pero ya se le considera "eutrófica", porque se observa liberación de nutrientes desde los sedimentos bajo condiciones de anoxia. La contaminación en los cuerpos de agua no solo está presente en el agua, sino también en el sedimento, siendo este una fuente secundaria de contaminación. Ahora se evalúa la redistribución de contaminantes en la interfaz agua-sedimento de la presa, en reactores experimentales, mediante incubación de agua y sedimento con control de pH y control de oxidación (Eh) a través de suministro de oxígeno y nitrógeno gas.

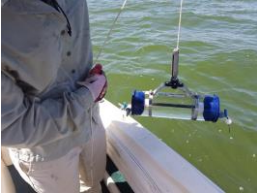
Se encontró que las concentraciones de níquel y zinc en agua disminuyen al aumentarse el Eh, debido a la formación de sustratos de óxidos de hierro y manganeso en sedimento, que adsorben el níquel y el zinc disueltos.

Resultados principales:

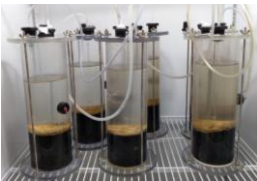
Los resultados obtenidos apoyan la correcta toma de decisiones en las estrategias de saneamiento del agua en la presa Valle de Bravo, se genera conocimiento científico sobre los procesos de redistribución de contaminantes por la aplicación de oxigenación y se brindan soluciones anticipadas a los problemas de contaminación que podrían presentarse en este y otros cuerpos de agua, por efecto de acciones de saneamiento mediante oxigenación del agua.



Mapa de los sitios de muestreo.



Obtención de muestras de agua con botella van Dorn horizontal.



Sistema de reactores experimentales.

- ***Evaluación de contaminantes en el río Atoyac, en el tramo comprendido entre los municipios Atoyac de Álvarez y Benito Juárez, Guerrero***
TH-1809.3

El problema que se plantea es la contaminación del río Atoyac, perteneciente a la Región Hidrológica No. 19 Costa Grande de Guerrero. En particular, por descargas de aguas residuales y disposición no controlada de los residuos generados, lo cual provoca altos niveles de contaminación y los consecuentes daños a la salud y ecológicos.

Por tal razón, se realizaron un inventario de potenciales fuentes contaminantes, muestreos de agua, evaluación técnica que refleja la situación actual del cuerpo de agua y propuestas de solución a la problemática de contaminación, que incluyen control de emisiones contaminantes (fuentes difusas y puntuales), caudal para riego y erosión.

Resultados principales:

Desarrollar comunicación para concientizar y solucionar la problemática existente en la cuenca, controlar de emisiones por ganadería, brindar alcantarillado y tratamiento de agua residual en poblaciones urbanas y rurales, controlar sedimentos y caudal para riego, y tener un adecuado manejo de basura.



Desforestación y ganadería, causantes de problemas ambientales en la cuenca del río Atoyac.



La extracción de agua para riego provoca agotamiento del caudal en el río.



El río se convierte en colector de agua residual, cuyo tratamiento no resuelve el problema mientras que no se atiendan la excesiva extracción, las fuentes difusas y la erosión.

- ***Muestreo y evaluación de atrazina y dos metabolitos en agua de tres zonas agrícolas donde se aplica Gesaprim, localizados cerca de Cuernavaca, Morelos***

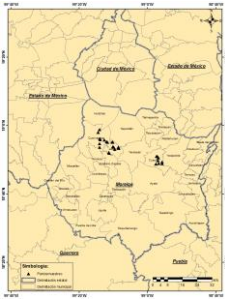
TH-1809.4

La atrazina pertenece al grupo de los herbicidas triazínicos organoclorados. Se utiliza para controlar la aparición de malezas en cultivos de maíz, sorgo, caña de azúcar y trigo, entre otros. Después de la aplicación de atrazina, ésta puede permanecer por días o meses en el suelo y, en la mayoría de los casos, es degradada. Sin embargo, también posee alta movilidad ambiental. Dentro de la zona de estudio se identificaron ocho poblaciones y para saber si son vulnerables a la contaminación por acumulación de atrazina, se analizó la actividad agrícola.

Se identificó y recopiló información en cuatro zonas con posible influencia de actividades agrícolas, y que sean potencialmente vulnerables a la acumulación de atrazina en agua para consumo humano, y se hicieron muestreo y evaluación de concentraciones de atrazina y dos metabolitos en muestras de agua de las zonas estudiadas.

Resultados principales:

Se estudiaron cuatro zonas vulnerables a contaminación de agua para consumo humano por atrazina, desetilatrizina y desisopropilatrizina: Ciudad de México y Cuernavaca, Jiutepec y Cuautla, en Morelos. Solo en estas tres últimas poblaciones se pudo comprobar la utilización de Gesaprim.



Sitios de muestreo seleccionados.



Medición de conductividad eléctrica en celda de aislamiento.



Obtención de muestra compuesta de agua para duplicados.

- ***Evaluación de la calidad y cantidad de agua del río Cuautla, Morelos, sus afluentes y descargas de aguas residuales***
TC1707.6

Los estudios de calidad del agua de los cuerpos de agua permiten a la Conagua conocer el nivel de contaminación, determinar el uso potencial del recurso hídrico y conocer las fuentes de contaminación que los afectan, entre otros aspectos.

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua del río Cuautla, sus afluentes y fuentes puntuales de contaminación, a fin de determinar el uso potencial de sus aguas.

Los resultados permiten establecer las acciones técnicas y jurídicas necesarias para controlar la calidad de las fuentes de contaminación, con la intención de restaurar la calidad del recurso en los cuerpos de agua. Con base en lo anterior, la Conagua decidió llevar a cabo el proyecto de investigación.

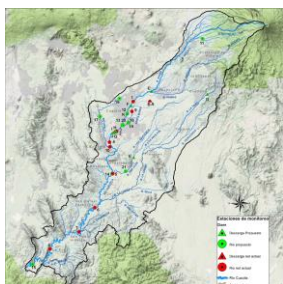
Conforme a los puntos de muestreo definidos en la primera etapa, se realizó el segundo muestreo correspondiente a la época de secas, en el que se midieron parámetros de campo y se colectaron muestras para parámetros fisicoquímicos, metales, orgánicos, microbiológicos y biológicos.

De los resultados obtenidos en el primer muestreo, se tuvo que con respecto al CECA-MEX-1989 para fuente de abastecimiento de agua potable, de los 19 sitios monitoreados, el 47% se consideran fuertemente contaminados con respecto a coliformes fecales y el 26% contaminados por demanda química de oxígeno, pero si se consideran los sólidos suspendidos totales como indicador, el 74% de los sitios presenta una calidad "Excelente".

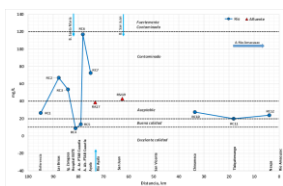
Resultados principales:

Para un gran porcentaje de la población morelense el agua del río es una fuente de abastecimiento, riego y producción agrícola regional, pero también es un ecosistema significativo por su biodiversidad. Por ello, conocer la calidad del agua y sus principales contaminantes permitirá establecer acciones para su mejora, lo cual tendrá repercusiones en lo social, el medioambiente y la producción.

El mejoramiento de la calidad del agua permitirá rehabilitar los ecosistemas acuáticos, eliminar los efectos negativos en la salud pública, incrementar la disponibilidad del recurso hídrico y recuperar los servicios ambientales que estos brindan.



Mapa hidrográfico de la subcuenca del río Cuautla, sus afluentes principales y sitios de monitoreo.



Demanda química de oxígeno en el río Cuautla y afluentes.

- ***Estrategia para estimar y calcular las emisiones de gases de efecto invernadero en la cuenca del río Apatlaco, que coadyuve en la educación ambiental de la población en Morelos***

TC11721.6

Para estimar la contribución de los nuevos proyectos de saneamiento en las acciones de mitigación de cambio climático establecidas por el gobierno del estado de Morelos, se trabajó en la metodología del Panel Intergubernamental del Cambio Climático con la finalidad de determinar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por descarga y tratamiento de aguas residuales municipales. Así, se revisaron los diferentes sistemas de disposición y proyectos efectuados en el periodo 2015-2017 para determinar su aportación en las emisiones GEI, se hicieron estudios de percepción social y se desarrolla una campaña de divulgación del proyecto y sus resultados.

Entre los trabajos llevados a cabo durante 2018, se tienen: adaptación de la metodología para estimación de los GEI, cálculo de las emisiones de estos gases por aguas residuales: línea base y disposición a alcantarillado y/o fosas sépticas, por operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, desarrollo de un plan estratégico de comunicación (información básica en videos, spots y materiales impresos).

Asimismo, se redactaron dos capítulos para libros editados por el Instituto: “Emisiones de gases de efecto invernadero de aguas residuales municipales en la cuenca del río Apatlaco” y “Estimación inicial de gases de efecto invernadero por la descarga de aguas residuales municipales en la cuenca del río Apatlaco, Morelos, México”.

Finalmente, se concluyó el diseño, producción e impresión de los materiales del módulo de comunicación, así como los materiales para medios digitales y tradicionales (televisión, radio e internet), cinco spots para radio y tres videos de cinco minutos cada uno. También, se creó el sitio web *Dale un respiro al Apatlaco* (<http://unrespiroapatlaco.org/>).

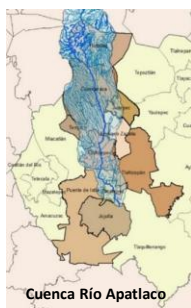
Resultados principales:

Adaptar una metodología para determinar las emisiones GEI generadas por las descargas de aguas residuales y su tratamiento.

Cuantificar los GEI por el manejo de aguas residuales.

Informar a la población sobre los GEI, aguas residuales, saneamiento y ventajas de la conexión a la red de alcantarillado.

Difundir conocimiento y modificar percepciones de los habitantes acerca de los GEI, cómo afectan el entorno e identificar propuestas de solución.



- ***Estimación y dispersión de contaminantes en el río Yaqui, Sonora; evaluación y riesgos ambientales***
DP1812.1

En Sonora se localizan 14 cuencas hidrológicas, siendo la del río Yaqui la de mayor extensión e importancia económica para el país por la producción minera, agrícola, pecuaria y alta actividad acuícola en la laguna El Tóbari, golfo de California, la cual se clasifica como área de protección de flora y fauna declarada por la Red Hemisférica de Reservas para las Aves Playeras, categoría Internacional. Sin embargo, las actividades anteriormente mencionadas han causado efectos negativos en las matrices ambientales (agua, suelo, sedimento), ecosistemas acuáticos y en la salud humana.

La zona de estudio es un sistema complejo medioambiental donde los drenes del sistema de riego del Distrito de Riego 041 Río Yaqui forman una red hidrográfica artificial que transportan contaminantes inorgánicos y orgánicos a la laguna El Tóbari. De ahí la importancia de estudiar la bioacumulación y magnificación de estos contaminantes en la cadena trófica del ecosistema acuático y los daños a la salud pública, a fin de fortalecer el desarrollo sustentable del Valle del Yaqui.

Como resultado de cinco campañas de muestreo en 49 puntos en los diferentes sistemas que conforman la zona de estudios, se han identificado los puntos críticos de contaminación por las actividades agrícolas, descargas municipales y pecuarias (Dren Colector Arroyo 16), identificando la presencia de contaminantes como arsénico, aluminio, boro, plomo, hierro, fósforo, nitritos, nitratos y bromuros que rebasan los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA 01/89, además de glifosato, como herbicida, y furacin, como antibiótico.

Por otra parte, en la Bahía de El Tóbari se determinaron mercurio, plomo y cadmio en las matrices agua, sedimentos y organismos que rebasan las normas respectivas. Aunado a esto, existe exposición a metaloides y metales pesados y plaguicidas (arsénico, endrina) en pozos de agua potable de los pueblos indígenas yaquis.

Por tal motivo, el monitoreo e inventario realizados con la recopilación de resultados de los contaminantes contribuyen significativamente a la seguridad hídrica para ofrecer un equilibrio ecológico, disminuyendo los impactos para el aprovechamiento del recurso hídrico y el desarrollo sostenible de la zona de estudio.

Resultados principales:

Los resultados del trabajo serán referencia para quienes toman decisiones dirigidas a la definición de nuevos y mejores criterios de evaluación y monitoreo medioambiental en las cuencas hidrológicas. Dichos resultados ayudan a evaluar el impacto ambiental respecto al monitoreo de contaminantes, ya que la identificación química del comportamiento de los metales en el agua, sedimento y organismos es primordial para proponer y tomar medidas de mitigación, con la finalidad de contrarrestar daños ambientales y de salud pública.



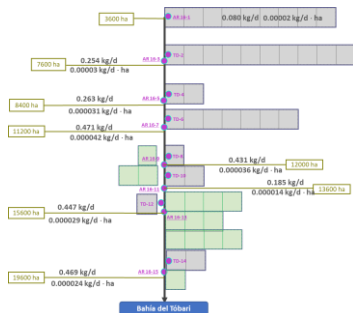
Colaboración del personal técnico del Distrito de Riego Río Yaqui, en la campaña de muestreo a tributarios y Dren Colector Arroyo 16.



Muestreo en la laguna El Tóbari, Sonora.



Abastecimiento de agua potable mediante el pozo ubicado en Vicam (pueblo yaqui), Sonora. Concentración de arsénico cuatro veces, por encima de la NOM-127-SSSA1-1994, modificada en el año 2000.



Carga de mercurio expresada en kilogramos por día (kg/d) y en kilogramos por día por hectárea (kg/d-ha) acumulada, en los 15 puntos de muestreo en el Dren Colector Arroyo 16, Distrito de Riego 041 Río, Sonora.

- **Tarifas de agua potable, alcantarillado y saneamiento DP1815.1**

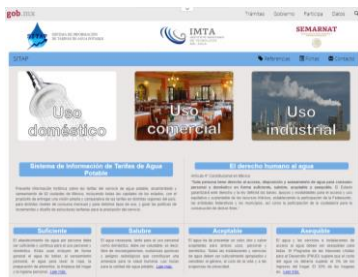
Como parte del estudio sobre el derecho humano al agua, desde 2012 se han revisado y analizado las estructuras y niveles tarifarios de agua potable, alcantarillado y saneamiento (Apays). Así, en 2016 se desarrolló una herramienta denominada “Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable” (Sitap), que permite consultar y analizar información tarifaria histórica por año (desde 2006 a la fecha) acerca de los servicios de Apays. En 2018 se actualizó e incrementó la cobertura de dicho sistema.

El Sitap permite consultar información histórica sobre las tarifas del servicio de Apays de 82 ciudades de México, incluyendo todas las capitales de los estados, por tipo de servicio: agua potable, alcantarillado y saneamientos; por tipo de usuario: doméstico (alto, medio y bajo), comercial e industrial; por rango de consumo mensual; por región hidrológica, y por tamaño del organismo operador con respecto al número de tomas y a precios corrientes o constantes. Los gráficos se pueden descargar en distintos formatos.

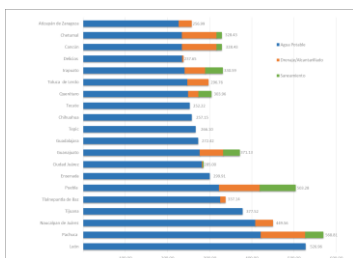
Además, se elaboró un informe final que contiene los antecedentes del Sitap; evolución de la cobertura del sistema; categorización por tipo de usuario; análisis de las tarifas que se aplicaron durante 2018; análisis de *benchmarking* respecto a tarifas, eficiencias, Índice de Desarrollo Humano y Producto Interno Bruto, así como un anexo con la descripción del contenido de este sistema de información (página web Sitap: <http://187.189.183.90/>)

Resultados principales:

El Sitap entrega una visión amplia y comparativa de las tarifas en distintas regiones del país, para distintos niveles de consumo mensual y distintos tipos de uso. Dicho sistema de información tiene el propósito de guiar las políticas de incrementos y diseño de estructuras tarifarias para la prestación del servicio, con miras a establecer tarifas económica y socialmente justas, que promuevan el uso eficiente del recurso. A la fecha, el Sitap cuenta con 6 255 visitas al sitio web y ha sido citado en diferentes publicaciones asociadas con costos y tarifas del agua.



Sistema de Información de Tarifas de Agua Potable.



Tarifa mensual para uso doméstico, clasificación "baja", de 2018 (cifras en pesos y consumo mensual de 20 m³).

- **Desalinización de agua subterránea salobre mediante energía solar para aplicaciones de riego agrícola en zonas rurales**
RD1718.6

El IMTA ha desarrollado proyectos donde se potencializa el uso de energía solar. Uno de ellos es el sistema desalador autónomo para agua salobre que trabaja mediante nanofiltración solar a baja presión, con lo cual se busca favorecer el desarrollo de zonas rurales marginales habilitando tierras de cultivo que, en las circunstancias actuales, no son aprovechadas.

También, se intenta aumentar la disponibilidad hídrica local mediante el tratamiento de agua salobre, lo que se traduce en estabilidad social y apoyo a la producción alimentaria.

La capacitación y transferencia tecnológica pretende incrementar la rentabilidad de tierras potenciales que hoy en día no producen por la falta de recurso hídrico con buena calidad para riego.

A la fecha, se cuenta con un prototipo instalado en un invernadero en Villa de Cos, Zacatecas, mismo que fue puesto en marcha para dar seguimiento a un cultivo de jitomate, logrando determinar el costo por metro cubico de agua.

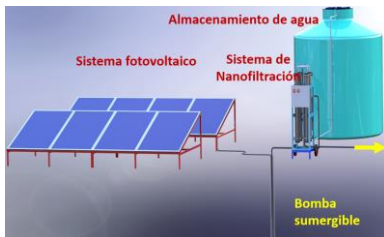
Para ello, se construyeron e instalaron dos prototipos de NF/RO-PV, (nanofiltración/ósmosis inversa-fotovoltaica), se dio seguimiento al riego de plántulas de jitomate como unidad experimental NF/RO-PV y se elaboró un programa de capacitación para la formación de estudiantes.

Resultados principales:

Desarrollo de zonas rurales marginales y disponibilidad hídrica local mediante el tratamiento de agua salobre.

La capacitación y transferencia tecnológica incrementa la rentabilidad de tierras y forma estudiantes.

Desarrollo tecnológico de dos unidades experimentales de NF/RO-FV, mismas que se utilizan para la evaluación en campo.



Diseño de sistema de desalinización solar.



Instalación y puesta en marcha de sistema de desalinización a nivel laboratorio.



Instalación de sistema de bombeo con paneles solares.



Explicación a usuarios del funcionamiento del sistema de desalinización solar.



Cultivo donde se utiliza el agua producto del sistema.

- **Aplicación de internet de las cosas en el IMTA**
TH1820.1

El Internet de las Cosas, a pesar de ser un concepto novedoso, su origen se remonta hacia finales de la década de los años noventa, específicamente al Instituto de Tecnología de Massachusetts.

Internet de las Cosas, en el mundo, ha llegado ser relevante en temas técnicos, sociales y económicos. Existen cinco áreas temáticas claves para explorar el Internet de las Cosas: seguridad, privacidad, interoperabilidad y estándares, cuestiones legales reglamentarias relacionadas con los derechos, y economías emergentes y cuestiones de desarrollo.

El IMTA ha integrado estas áreas temáticas a su quehacer debido al crecimiento y adaptación tecnológica, seguridad y cuestiones de desarrollo, mediante la aplicación móvil *SMARTIMTA*, que presenta información actualizada de los resultados de automatización de procesos y equipos concretos y su interoperabilidad entre productos y servicios que proveen la información a tiempo real. Por ejemplo: estadística de acceso vehicular, gasto de agua del pozo, servicios meteorológicos y eventos del centro de capacitación, entre otros.

Durante 2018 se hicieron pruebas de funcionalidad de la tecnología GPS (sistema de posicionamiento global para monitoreo de ruta de vehículos oficiales, diseño del sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa en los Centros de Datos del Instituto, desarrollo del módulo de cita médica para la aplicación *SMARTIMTA*, diseño del circuito para monitoreo y control de luminarias solares exteriores del Instituto por medio de wifi y mantenimiento de la aplicación móvil *SMARTIMTA* para las plataformas Android e IOS.

Resultados principales:

Los resultados de la inversión generarán ahorros económicos, a mediano y largo plazos, por la utilización eficiente de los recursos.

Mediante el uso eficiente de los recursos, como son los vehículos oficiales, se disminuye la contaminación generada por combustibles fósiles derivados del petróleo.

Este desarrollo tecnológico convertirá al IMTA en una institución inteligente, al generar mecanismos que permitan aprovechar eficientemente los recursos, el monitoreo de dispositivos y la sistematización de servicios.

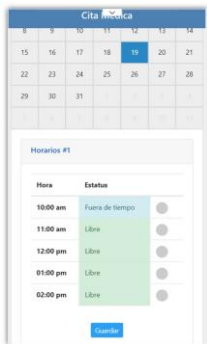
Al sistematizarse la cita para una consulta médica en el Instituto, por medio de *SMARTIMTA*, se proporciona un servicio eficiente y genera un adecuado clima organizacional.



Monitoreo de trayectoria de un vehículo con GPS, mediante la aplicación DAGPS.



Sistema de monitoreo de temperatura y humedad relativa en los Centros de Datos del Instituto.



Módulo de cita médica en la aplicación SMARTIMTA.

2. ASESORÍA Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

- ***Estudio para restituir y mejorar la capacidad de conducción mediante el manejo adecuado del aire y optimización del funcionamiento hidráulico en las líneas 1 y 2 del Sistema Cutzamala (Segunda etapa)***

HC1825.3

Como resultado de los estudios desarrollados, se determinaron posibles soluciones para incrementar la capacidad de conducción de las líneas 1 y 2 del Sistema Cutzamala, y se definió el diseño, ubicación y parámetros de las válvulas de admisión y expulsión de aire (VAEA) y desfogues de la nueva línea 3.

Derivado de los recorridos e inspección del funcionamiento de las VAEA existentes en las líneas 1 y 2, las mediciones de presión en las mismas y el análisis hidráulico con los modelos matemáticos, se determinó que en el tramo de la Torre de Oscilación 5 al Tanque Santa Isabel, de acuerdo con los datos recabados en campo, la capacidad máxima es de 9.78 m³/s, lo cual puede asociarse problemas de atrapamiento de aire, funcionamiento inadecuado de las VAEA o un incremento en la rugosidad de los tubos a través de los años de operación.

También, se desarrollaron modelos matemáticos para representar el comportamiento del flujo en las tres líneas del sistema y se efectuaron talleres de capacitación al personal operativo de la Conagua, mismos que permitirán realizar diversos escenarios de funcionamiento, llenado, vaciado y puesta en marcha del sistema.

La construcción de la línea 3 no está exenta de problemas. En el estudio se identificaron algunos, principalmente el aspecto de seguridad e integridad de la conducción con espesor de 5/8", que si bien no pone en riesgo inmediato a la tubería, sí puede presentar una falla ante la combinación de eventos, como puede ser un vaciado súbito por ruptura y la falla de las válvulas de admisión y expulsión de aire.

Dada la magnitud, complejidad e importancia del sistema, es necesario continuar con los estudios para conocer el comportamiento de los fenómenos que afectan el funcionamiento de las líneas 1 y 2, y proponer alternativas de solución o mitigación, así como para evitar situaciones similares que se pudieran presentar en la línea 3.

Por ello, se recomienda construir el modelo físico del sistema. Con esta herramienta podrá visualizarse el comportamiento del aire dentro de las conducciones, lo que permitirá proponer modificaciones al sistema y evaluar sus efectos; también, permitirá capacitar al personal en la operación y el comportamiento del sistema.

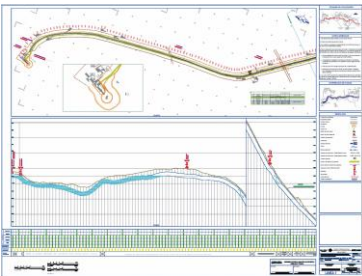
Resultados principales:

El estudio de funcionamiento del Sistema Cutzamala tendrá un impacto en la seguridad pública, ya que se podrán identificar posibles zonas de falla en las conducciones y, con ello, evitar su colapso y el consecuente desabasto de agua potable a la población.

El Sistema Cutzamala, por sus características y la cantidad de población a la que brinda servicio, se considera infraestructura de seguridad nacional. Así, el presente estudio dará certeza sobre la seguridad estructural de las conducciones del sistema y permitirá su mejor operación.



Preparación para conexión de la línea 3, desde la planta de bombeo 5.



Plano actualizado de la línea 2.



Arreglo de las VAEA de un solo cuerpo en la Línea 1.

- **Fortalecer la capacidad institucional para atención y registro de solicitudes de los usuarios de aguas nacionales, Objetivo I y II**
DP1840.3, DP1822.3

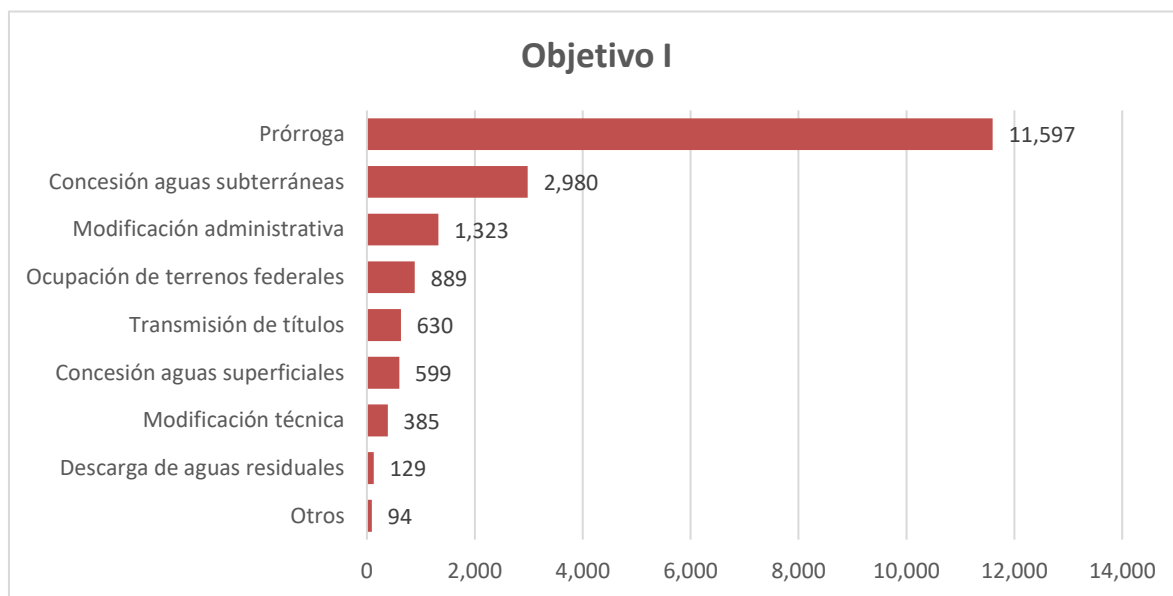
México cuenta con un sistema de concesiones y asignaciones de agua superficial y subterránea regidos por la Ley de Aguas Nacionales, que permite al Estado administrar los recursos hídricos del país. Dada la alta demanda de solicitudes de usuarios de aguas nacionales y la falta de capacidad para atender el rezago de trámites, desde 2013 se colabora con la Conagua para elaborar los proyectos de resolución, resolución-título o título de concesión y la solicitud de su inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua (Repda), a efecto de otorgar seguridad jurídica a los particulares mediante la inscripción oportuna y confiable de las concesiones, emitir la información estadística y permitir la consulta pública.

En 2018 se elaboraron proyectos de resolución, resolución-título o título de concesión de 18 626 trámites de aguas nacionales, pendientes de resolver y titular, así como trámites de usuarios de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, en el ámbito nacional, organismos de cuenca y direcciones locales.

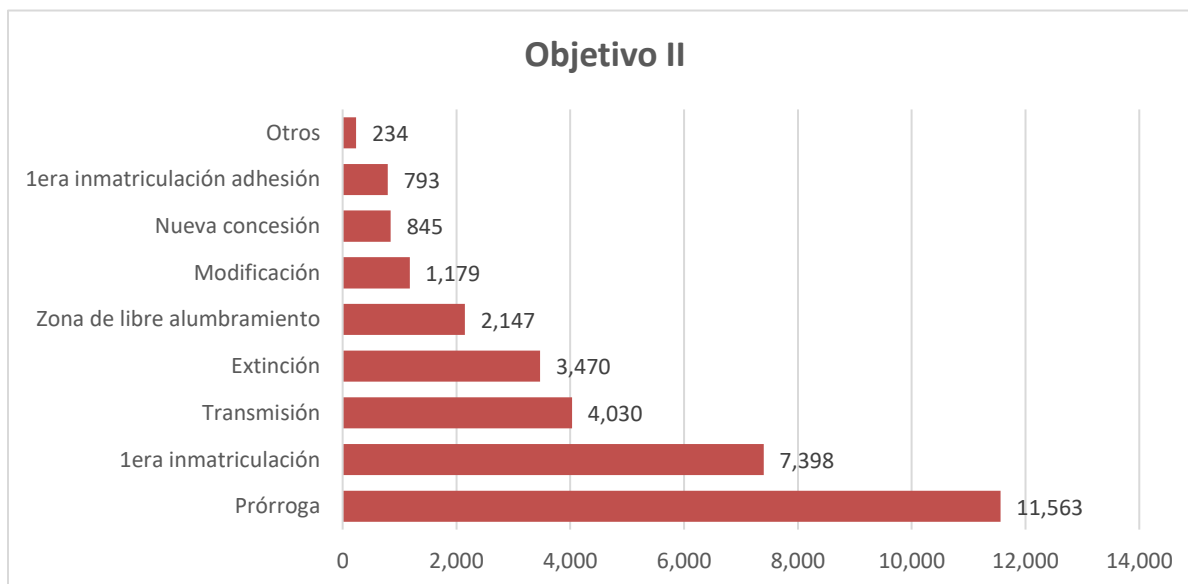
También, se analizó y determinó la procedencia de 37 000 solicitudes de inscripción. En función de los asientos de registro preexistentes y los ordenamientos legales aplicables, se elaboró el proyecto de inscripción (hoja y sello de registro) al Repda, para firma del registrador y elaboración de la respuesta a la autoridad solicitante. Del total de trámites trabajados, 31 659 (86%) se inscribieron y 5 341 (14%) se reasignaron.

Resultados principales:

Ante la Conagua y ante terceros, se otorga seguridad jurídica a los particulares. Mediante los títulos y concesiones registradas, la Conagua recibe cuotas por explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, extracción de materiales pétreos y descargas de aguas residuales.



Elaboración de proyectos de resolución, resolución-título o título de concesión de 18 626 trámites.



Procedencia de 31 659 solicitudes de inscripción.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON

EL INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA

- ***Apoyo técnico para la implementación del proyecto piloto de tecnologías alternativas en escuelas***
HC1824.3

La importancia estratégica del Componente 4 de la Reforma Educativa, Programa Nacional de Bebederos Escolares, radica en la estrecha vinculación de una política pública del sector educativo con una problemática de salud pública creciente a escala nacional, que es la obesidad en niños y adolescentes de nuestro país.

En este sentido, el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (Inifed) ha desarrollado y puesto en marcha las primeras tres etapas del Programa Nacional de Bebederos (de 2015 a 2018), que priorizan el beneficiar a los planteles que cuenten con agua entubada o conexión a la red municipal.

Pero también en 2018 el Inifed, con permanente asesoría del IMTA, desarrolló el Proyecto Piloto Bebederos Escolares con el uso de tecnologías alternativas, que tuvo como objetivo instalar Sistemas Bebedero en planteles educativos de educación básica empleando fuentes de abastecimiento distintas al agua entubada, mediante el uso de tecnologías alternativas (sistemas de captación pluvial y captación de agua del ambiente o condensación), a fin de incorporar estos equipos y tecnologías en la siguiente etapa del Programa Nacional de Bebederos Escolares.

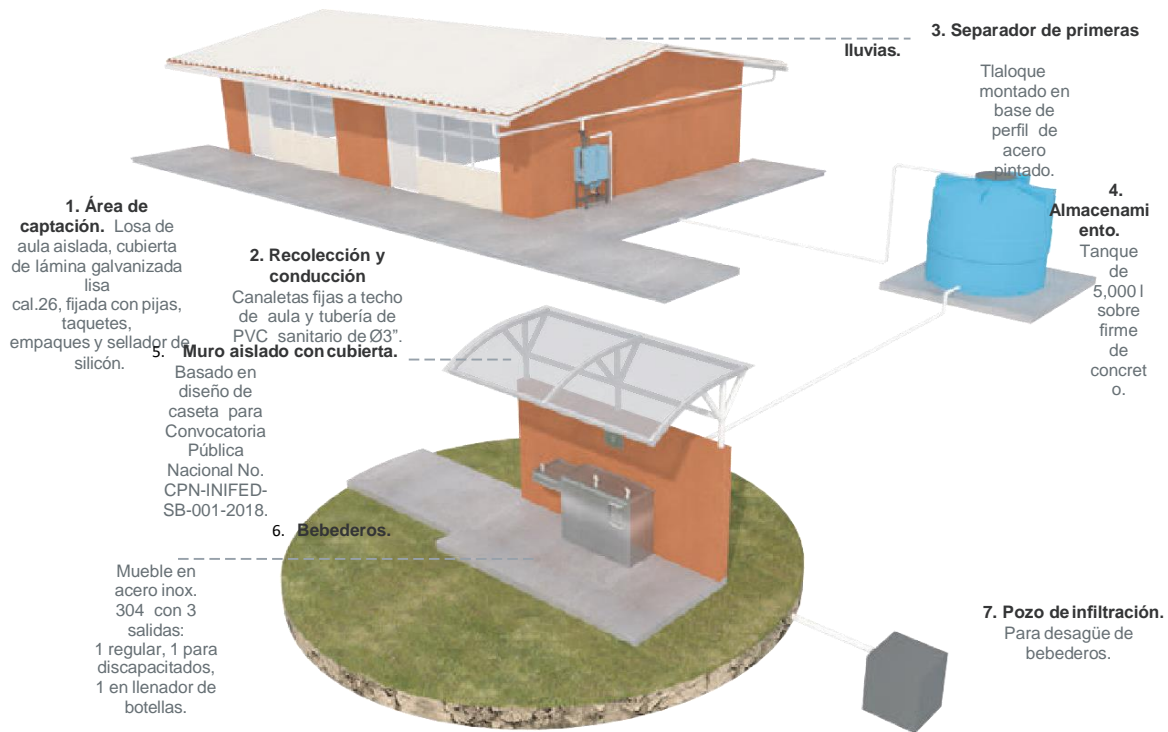
Se instaló un total de 19 Sistemas de Bebederos en los estados de Chiapas, Veracruz y Tabasco; 14 de ellos por medio de captación de agua de lluvia; y en Morelos, Estado de México, Ciudad de México, San Luis Potosí e Hidalgo, un sistema de captación atmosférica (condensación) por entidad.

Resultados principales:

Los sistemas alternativos representan soluciones a bajo costo y su implementación no solo considera el plantel educativo, sino a la comunidad, ya que alumnos y padres de familia conocen el proceso de instalación y funcionamiento; son sistemas fácilmente replicables.

La utilización de estas alternativas disminuye la sobreexplotación de mantos acuíferos.





- **Apoyo técnico para revisión, análisis y aprobación de sistemas de filtración y potabilización para el Componente 4 del Programa de la Reforma Educativa, ciclo escolar 2017-2018**

TC1806.3

El Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (Inifed) tiene la responsabilidad de instalar los Sistemas de Bebedero para suministro continuo de agua potable en planteles escolares del Sistema Educativo Nacional. Con el fin de asegurar que el agua de los bebederos es apta para consumo humano, el IMTA brinda al Inifed, por tercer año consecutivo, el apoyo técnico para revisar, analizar y aprobar los equipos de filtración y potabilización que se instalan, así como para monitorear y analizar el agua que abastece a la escuela y la que se produce en los bebederos.

Dentro de las labores, se llevó a cabo el análisis de datos de calidad del agua de abastecimiento a los planteles educativos, emitiendo en cada caso los dictámenes correspondientes al tipo de equipo de filtración y potabilización necesario a instalar, para dar cumplimiento a las normas oficiales mexicanas NOM-127-SSA1-1994 (modificación del año 2000) y la NOM-201-SSA1-2015.

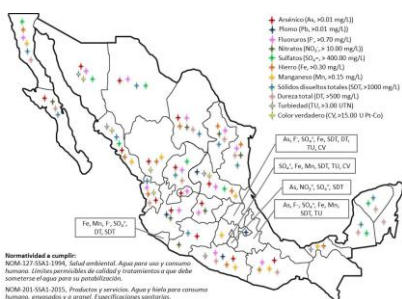
Con respecto al agua producida por los Sistemas de Bebederos, del análisis de datos de calidad del agua se concluyó que en todos los casos analizados y verificados hubo cumplimiento de la normativa nacional vigente, considerando los límites máximos permisibles para los parámetros bacteriológicos, organolépticos, fisicoquímicos, arsénico y metales pesados más conservadores o restrictivos.

Del monitoreo de agua de red municipal realizado por el laboratorio de Calidad del Agua y los datos proporcionados por las empresas, los principales problemas de incumplimiento de la normativa fueron: parámetros bacteriológicos, color verdadero, turbiedad, arsénico, fluoruros, hierro, manganeso, nitratos, sólidos disueltos totales y dureza total.

Resultados principales:

El apoyo técnico que se brinda al Infed tiene como fin asegurar que el agua de bebida para la comunidad escolar es química y microbiológicamente segura, además de ser organolépticamente aceptable, contribuyendo así a evitar el consumo de bebidas edulcoradas que favorecen la obesidad y padecimientos asociados.

Igualmente, se contribuye a la prevención de infecciones gastrointestinales de origen hídrico y a la reducción de la exposición a contaminantes químicos como son el arsénico, fluoruros y nitratos, que tienen potencial para afectar la salud en el mediano y largo plazos.



Calidad del agua de abastecimiento en los planteles educativos seleccionados.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ENTIDADES Y MUNICIPIOS

Chihuahua

- **Plan Estatal Hídrico 2040 de Chihuahua TH1723.3**

Chihuahua presenta condiciones climáticas caracterizadas por temperaturas extremas y escasez de lluvia, haciendo vulnerable a la población ante fenómenos hidrometeorológicos extremos, sequía y eventuales inundaciones, que afectan a las actividades sociales y económicas, las cuales se intensificarán a futuro por efectos del cambio climático.

En 2018 se analizó la sobreexplotación de acuíferos y la calidad del agua en la entidad, y se elaboró un diagnóstico de los servicios de agua potable alcantarillado y saneamiento en 37 localidades del estado.

De 61 acuíferos existen treinta sobreexplotados, con un déficit de 2 588 hm³, y se prevé que el déficit se incremente a 4 688 hm³ en 2020. De igual forma, hay presencia de arsénico en el estado; 30.5% de las muestras de agua rebasan el límite máximo permisible de la NOM-127-SSA1-1994 y el 62% de la Organización Mundial de la Salud.

También, en las muestras tomadas existe presencia de flúor y plomo, 32 y 3%, respectivamente, que rebasan el límite máximo permisible, según la NOM-127-SSA1-1994.

Para atender la problemática hídrica, reforzar las propuestas de solución e incorporar proyectos que atiendan los problemas hídricos locales, se celebraron 12 Foros de Participación Ciudadana, que contaron con la

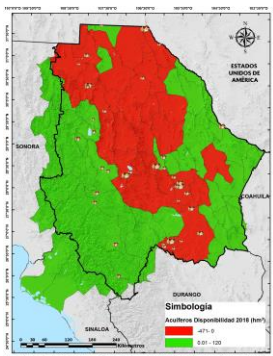
asistencia de la sociedad civil, organizaciones gubernamentales, organizaciones no gubernamentales e instituciones educativas, destacándose la conformación de comités ciudadanos para dar seguimiento a las acciones del plan.

Se elaboró un catálogo de proyectos para solucionar cada uno de los problemas identificados, el cual fue validado por las juntas Central, Municipal y Rural de Agua y Saneamiento, la Secretaría de Desarrollo Rural y la Comisión Nacional del Agua.

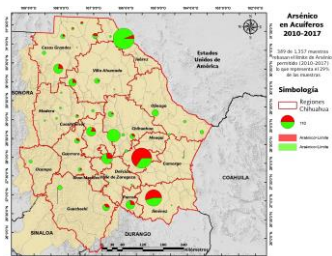
Adicionalmente, se propuso mejorar la gobernanza hídrica ampliando las facultades de la Junta Central de Agua y Saneamiento y de la Secretaría de Desarrollo Rural, crear un Consejo Consultivo Hídrico y un Instituto Estatal del Agua, instalar y fortalecer los comités técnicos de agua subterránea, elaborar un plan de acción para reducir la sobreexplotación de los acuíferos y un sistema de información para el control de pozos.

Resultados principales:

El Plan Estatal Hídrico 2040 de Chihuahua orientará las acciones para atender la problemática hídrica estatal: controlar la sobreexplotación de acuíferos; reforestar las partes altas de las cuencas de los ríos Bravo, Conchos, Fuerte, Casas Grandes, Santa María y El Carmen; garantizar agua en cantidad y calidad adecuada a la población; mantener e incrementar las coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de las poblaciones urbanas y rurales, en especial en comunidades con índices de marginación altos y muy altos, así como fomentar las actividades productivas (agricultura, industria, turismo y minería) de manera sustentable.



Localización de los acuíferos sin disponibilidad.
(Fuente: *Diario Oficial de la Federación*, 4-01-2018).



Localización de los sitios de monitoreo y presencia de Arsénico.
(Fuente: *Comisión Estatal de Protección contra Riesgos Sanitarios*, 2010-2017).

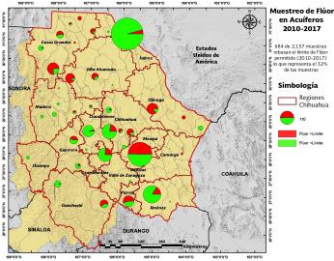


Figura Localización de los sitios de monitoreo y presencia de Flúor (Fuente: Comisión Estatal de Protección contra Riesgos Sanitarios, 2010-2017).

Guanajuato

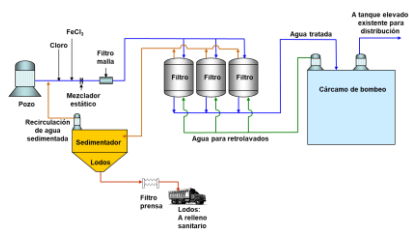
- **Ingeniería básica para planta potabilizadora, en la localidad de Milpillas de Santiago, Victoria TC1814.3**

Milpillas de Santiago se ubica en el municipio de Victoria, Guanajuato; tiene 788 habitantes y 193 tomas de agua potable. Cuenta con un pozo de 7.68 L/s cuya agua contiene entre 0.039 a 0.058 mg/L de arsénico, único parámetro por arriba de los límites establecidos en la Modificación del año 2000 a la NOM-127-SSA1-1994, el cual es de 0.025 mg/L. Además, las guías de calidad de agua de la Organización Mundial de la Salud establecen un valor de referencia de 0.010 mg/L y clasifica al arsénico como carcinógeno de humanos. Por ello el agua, de no potabilizarse, representa un riesgo de salud para la población.

En atención al problema, el IMTA hizo el diseño funcional de una planta potabilizadora de filtración directa para remoción de arsénico en agua para uso y consumo humano, como base para el desarrollo del proyecto ejecutivo y su construcción.

Resultados principales:

Con la construcción de la planta potabilizadora se eliminará el riesgo a la salud de la población por consumir agua libre de arsénico y, además, significará un sustancial ahorro económico por no comprar agua embotellada.



Esquema de tratamiento para remoción de arsénico (filtración directa).



Visita de reconocimiento al pozo de Milpillas de Santiago.



Monitoreo de calidad del agua en sitio.

- ***Estudio para identificar proyectos productivos en aprovechamiento integrado del agua, agricultura y energía RD1807.1***

Para gestionar una cuenca se han propuesto diversos planes: de manejo, rectores e hídricos. Sin embargo, la mayoría de las veces estos planes se realizan sin considerar la realidad social y económica de los pobladores. Así, las acciones propuestas no son las más acordes para resolver la problemática de la degradación de los recursos naturales. Por tal motivo, en la cuenca siguen avanzando los problemas ambientales: deforestación, erosión de suelos, contaminación de ríos y azolvamientos de las presas, entre otros.

De ahí que se requiera efectuar planes que consideren acciones donde no solo se fomente la conservación o rehabilitación de los recursos naturales, sino que también tengan como beneficio la productividad, para que sus pobladores los apliquen en sus comunidades. Por tanto, lo ideal es elaborar un Plan de Reversión Productiva a escala de cuenca que integre proyectos productivos orientados hacia el aprovechamiento de energías renovables, dirigidos al desarrollo de bosques y actividades agropecuarias sostenibles.

Se seleccionó la cuenca de la presa Álvaro Obregón (El Gallinero), localizada en Dolores Hidalgo, Guanajuato, donde se hicieron diagnósticos biofísico y socioeconómico (línea base de los recursos del medio natural: suelo, vegetación y agua), y se caracterizaron los suelos. También, considerando la zonificación agroecológica, se definieron las mejores áreas para la producción de cultivos y frutales. De esta manera, en su conjunto, se dio forma al Plan de Reversión Productiva para la cuenca,

Asimismo, se elaboraron tres proyectos productivos para el ámbito agrícola, tres proyectos productivos para el ámbito pecuario y dos proyectos productivos para el ámbito forestal, los cuales se conformaron a partir de identificar las necesidades de los productores y la participación coordinada con ellos.

Por otra parte, se impartieron dos cursos-talleres a 91 productores y técnicos locales: *Proyectos productivos para el aprovechamiento integrado del agua, agricultura y energía*, y *Manejo fitosanitario de las especies forestales del Megaparque Bicentenario, Dolores Hidalgo, Guanajuato*.

En cuanto a propuestas de desarrollos tecnológicos aplicados a la reversión productiva, se realizó un estudio paramétrico de una cámara destinada para el germinado de maíz forrajero con iluminación LED y también se construyó una unidad experimental de malla sombra con riego hidropónico para cultivo de fresa.

Resultados principales:

Desarrollo de una metodología adaptada a la cuenca para elaborar el Plan de Reversión Productiva con proyectos productivos forestales, agrícolas y pecuarios, que aprovecha de manera integral el recurso agua y la energía renovable.

Mejoramiento de las condiciones económicas de los productores.



Recorrido en campo para elaborar el diagnóstico de la problemática de los recursos agua, suelo y vegetación en la cuenca.



Curso-taller *Proyectos productivos para el aprovechamiento integrado del agua, agricultura y energía.*



Curso-Taller *Manejo fitosanitario de las especies forestales del Megaparque Bicentenario, Dolores Hidalgo, Guanajuato.*



Unidad experimental (invernadero) de malla sombra con riego de agua proveniente de un sistema de desalinización por nanofiltración, para cultivo de fresa.

Nayarit

- ***Seguimiento y evaluación del proyecto de riego por gravedad tecnificado en el Distrito de Riego 043 Estado de Nayarit***
RD1720.3

La componente Riego por Gravedad Tecnificado (Rigrat), del Subprograma de Rehabilitación, Modernización, Tecnificación y Equipamiento de Distritos de Riego (DR), del Programa de Apoyo a la Infraestructura

Hidroagrícola de la Conagua, tiene como objetivo tecnificar el riego por gravedad en los DR mediante la asistencia técnica y capacitación a usuarios y personal técnico de las asociaciones civiles de usuarios.

El proyecto parte de las siguientes consideraciones: 1) el riego por gravedad impera en los DR, 2) la eficiencia de aplicación en las parcelas es muy baja y 3) los estudios han demostrado que con herramientas de modelación y metodologías de caracterización hidrodinámica de suelos, un adecuado diseño del riego por gravedad permite alcanzar altas eficiencias de riego.

En 2014, el proyecto se implantó en 2 000 hectáreas del Distrito de Riego 043 Estado de Nayarit. El IMTA ha sido la institución coordinadora en Nayarit y se encarga de asesorar las actividades.

Durante 2018 se efectuaron diversas labores: equipamiento de módulos de riego con equipo topográfico, estaciones meteorológicas y equipo de medición del flujo de agua y de humedad del suelo; proyectos ejecutivos de nivelación de tierras en 1 100 hectáreas; caracterización hidrodinámica de suelos y diseños de riego por gravedad en 500 hectáreas; evaluación del riego en cultivos de maíz, caña de azúcar, arroz y plátano, y selección y capacitación de responsables técnicos.

Resultados principales:

El diseño del riego auxiliado con técnicas de modelación ha propiciado el aumento en la eficiencia de aplicación del riego y rendimiento de los cultivos en poco más de 10%, en ambas variables.

Los resultados del proyecto favorecieron la gestión de apoyos para la nivelación de 1 000 hectáreas, en 2018.

El interés por el Rigrat, entre los usuarios del DR, permitió la ampliación de 2 000 a 6 000 hectáreas en los ciclos agrícolas Primavera-Verano y Otoño Invierno 2018, de las cuales 3 000 del programa Rigrat se implementarán en el Módulo II, al que se incorporan tres responsables técnicos del programa.

Por el impacto del programa, se decidió la continuación transexenal del mismo y, para 2019, se autorizaron apoyos en proyectos de nivelación en cerca de 500 hectáreas distribuidas en ambos módulos.



Localización de parcelas con proyectos ejecutivos de nivelación realizados en el marco del proyecto Rigrat.



Proyecto de nivelación de tierras en el lote 20117-0 y 20118-0 del Módulo de Riego III del DR 043 Estado de Nayarit.



Bordo delimitado en una parcela de arroz.

Sinaloa

- ***Diagnóstico, plan de acción y proyecto ejecutivo de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán HC1809.3***

Con asistencia técnica, el IMTA apoya a Banobras en el Programa de Modernización de las Áreas Comerciales de los Organismos Operadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

El Instituto realizó el diagnóstico, plan de acción y proyecto ejecutivo para la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Mazatlán (Jumapam), Sinaloa, con el objetivo de que dicha Junta Municipal fortalezca sus ingresos propios mediante el incremento de recaudación de los derechos por consumo de agua y, por lo tanto, en la mejora de eficiencia del Área Comercial.

Del diagnóstico realizado resultaron 16 acciones, las cuales permitirán un mejor funcionamiento del Área Comercial. En acuerdo con la Jumapam se elaboró el proyecto ejecutivo considerando, de manera total o parcial, 13 acciones, para lo cual se requiere de una inversión de 11 391 842.04 pesos.

Resultados principales:

Con el desarrollo del proyecto hubo: incremento anual de la facturación y recaudación; optimización en las actividades que desarrolla el personal, desde la toma de lectura hasta el cobro de los servicios; disminución de usuarios morosos; mejora en los servicios de atención a usuarios; fomento de ahorro en agua; aumento de la eficiencias comercial y global, así como reembolso de apoyos no recuperables del 40% de la inversión para la Jumapam, por parte de Banobras, por la ejecución del proyecto ejecutivo.



Área de atención a usuarios de la Jumapam.



Encuesta a los usuarios para conocer la problemática percibida.



Verificación del funcionamiento de los micromedidores.

- **Coordinar trabajos de seguimiento y evaluación de la componente Riego por Gravedad Tecnificado, en una superficie de 7 000 hectáreas, en los distritos de riego 076 Valle del Carrizo y 075 Río Fuerte, Sinaloa RD1731.3**

En México, el riego por gravedad domina la superficie agrícola, pero en la conducción y aplicación de agua en la parcela se identifican pérdidas. Por ello, se requiere tecnificar el riego para aumentar su eficiencia y sostener el rendimiento. Debido a esta razón, se implementaron acciones de asistencia técnica, equipamiento y nivelación de tierras en los distritos de riego 075 y 076, al norte de Sinaloa.

Para tal fin, se apoya a productores en el diseño del riego para definir su trazo y dirección, se elaboran recetas de riego que incluyen el cómo, cuánto y cuándo regar en las parcelas, considerando las características edáficas, agronómicas y ambientales.

Los indicadores para evaluar resultados están referenciados con valores de eficiencia del uso del agua y productividad de la parcela y del agua. Se dio seguimiento al riego en 927 parcelas, en las cuales se realizaron los aforos de los cuatro riegos de auxilio y de asiento.

Resultados principales:

Se atendieron cinco módulos en el DR 075 y uno en el DR 076.

La superficie fue de 7 017 hectáreas, que beneficia a 801 productores.

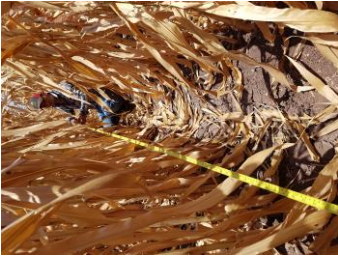
Se midió el agua a escalas toma granja y parcela.

Se estimó un incremento en la eficiencia de aplicación, siendo de 50% y una productividad del agua de 1.10 kg m⁻³, con un ahorro de agua promedio de 540 m³/ha.

Se nivelaron 480 hectáreas.



Riego eficiente, en parcela nivelada, con diseño y trazo del surco.



Estimación de cosechas.



Aforo en canal de toma.



Seguimiento del contenido de humedad para pronóstico del riego.

- ***Actualización del proyecto ejecutivo de la sobreelevación del canal principal Humaya y presa derivadora Andrew Weiss, en Sinaloa (Quinta etapa)***

RD1730.3

A través del tiempo y en pro de una agricultura más competitiva y sostenible, y adaptada a la evolución de la demanda, el Sistema Humaya ha venido cambiando el patrón de cultivos, de tal forma que en la actualidad predomina el cultivo de maíz, lo que en el ámbito de la operación se traduce en un intervalo de riego más corto y la necesidad de conducir un caudal mayor, lo cual implica una presión para manejar tirantes superiores a los originalmente considerados. Esto ha llevado, incluso, a invadir el bordo libre, poniendo en riesgo la infraestructura.

El canal principal Humaya (CPH) fue diseñado para dar servicio de riego a aproximadamente 150 000 hectáreas en los distritos de riego 010 Culiacán Humaya y 074 Mocorito, con una capacidad de conducción de 100 m³/s. Sin embargo, desde los años ochenta se detectó que por cuestiones estructurales, solamente se podían transitar 85 m³/s, y esto invadiendo, en ciertos tramos, el bordo libre.

Esta situación originó que los usuarios solicitaran apoyo oficial a la Conagua para aumentar la capacidad del CPH hasta 120 m³/s. Bajo este escenario, en 2012 el gobierno federal estableció el compromiso gubernamental CG-099 "Elevar los bordos del canal principal Humaya para incrementar su capacidad".

El IMTA ha venido participando en la elaboración de los proyectos ejecutivos para diques, rehabilitación de represas, entradas de agua y de sobreelevación del canal principal Humaya.

Resultados principales:

Los proyectos ejecutivos permitirán el aumento en la capacidad de conducción del CPH y, con ello, la entrega más eficiente en tiempo y forma del agua a los agricultores, para así incrementar la productividad de los cultivos de la zona; principalmente maíz.



Sobreelevación del dique Mariquita.



Sobreelevación del canal principal Humaya.



Rehabilitación de represa en el canal principal Humaya.



Entrada de agua para el proyecto ejecutivo.

TRABAJOS EN COLABORACIÓN CON ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES

- ***Sistema de información para incentivar el cobro-pago del agua Fase II (2015-2018)***
HC-1533.4

El proyecto surge en 2012, como resultado de una solicitud que la Fundación Gonzalo Ríos Arronte I. A. P. (FGRA) hace al IMTA con la finalidad de realizar un sistema de información específico sobre el cobro-pago del agua, tanto para organismos operadores del agua potable y saneamiento (Ooaps) como para distritos (DR), con miras al incremento de las eficiencias comercial y de cobro que permitieran establecer una política de *benchmarking* entre los organismos involucrados, a través de estímulos económicos o en especie, y otorgados a los mejores en ello.

Entre los logros obtenidos durante el proyecto en sus varias etapas se encuentran: una metodología para el cálculo de indicadores de cobro y pago del agua que está siendo aceptada por los Ooaps y los DR, un sitio web del proyecto que presenta los indicadores obtenidos en los años que lleva el proyecto desde su inicio y se ha celebrado en seis ocasiones la entrega del Reconocimiento Fundación Gonzalo Ríos Arronte a las mejores prácticas en cobro-pago del agua, Ediciones 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 y 2018.

Durante 2018 se logró la participación de 149 organismos con los requisitos para ser evaluados, los cuales brindan servicio a 14.8 millones de tomas de agua, lo que representa más del 60% de las tomas reportadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía en el país.

En cuanto a los DR, se contó con todos ellos, mismos que produjeron 54 millones de toneladas de diversos productos, con un valor total de producción arriba de los 149 mil millones de pesos y un volumen distribuido del orden de los 29 200 millones de metros cúbicos.

Resultados principales:

Con los resultados obtenidos, la FGRA cuenta con una herramienta que permite la elección de los Ooaps y los DR que presentan mejor comportamiento para, con ello, elegir a quiénes premiar por su esfuerzo. Además, la sociedad tiene la posibilidad de ver el comportamiento de los indicadores presentados por cada una de las instituciones participantes.



Organismos operadores participantes, 2018.



Distritos de riego participantes, 2018.



Libro con resumen de resultados del proyecto.

- **Modelo hidráulico del vertedor de la presa Tenango HC 1823.3**

La presa Tenango forma parte del Sistema Hidroeléctrico Necaxa, construido en 1910. Debido a que en 1999 hubo lluvias atípicas, se realizaron cambios a la geometría del vertedor. Con estas modificaciones, la estructura terminal del vertedor presenta ahogamiento y desborde de agua por los muros, provocando socavación.

La empresa Generadora Fénix, S. A. P. I de C. V. solicitó al IMTA verificar el funcionamiento hidráulico del vertedor de la presa mediante un modelo hidráulico, a fin de aportar las modificaciones necesarias para garantizar condiciones hidráulicas satisfactorias.

En el laboratorio se analizó el comportamiento hidráulico del vertedor para diferentes gastos. Como resultado, se propone modificar la geometría de la estructura terminal (salto de esquí) para prevenir problemas de desborde y socavación lateral, tal como ha ocurrido en el pasado.

Resultados principales:

Con la propuesta de modificación de la geometría de la estructura terminal se garantiza que el vertedor de la presa funcione de una manera segura ante eventos climáticos extremos, previniendo problemas de socavación que pongan en riesgo

la estabilidad de la estructura vertedora y, por ende, de toda la presa, así como de la población ubicada aguas abajo de la cortina.



Problemas operativos del vertedor actual, 2005.



Comportamiento del flujo sobre el vertedor para $Q = 535 \text{ m}^3/\text{s}$ (modelo hidráulico que simula el vertedor de la presa Tenango, en el laboratorio de Hidráulica).



Propuesta final de modificación de la estructura terminal, ángulo 12° , elevación labio 1 333.25 msnm (modelo hidráulico que simula el vertedor de la presa Tenango, en el laboratorio de Hidráulica).

- ***Desarrollo de un repositorio de información como soporte a la mejora de prácticas en empresas de agua y saneamiento***
CP1725.3

Esta cooperación técnica se orienta al diseño e implementación de un repositorio de información, como primera etapa de un sistema de soporte a la mejora de prácticas en empresas de agua y saneamiento en México.

La División de Agua y Saneamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) lleva a cabo en México la operación del Programa para el Desarrollo Integral de los Organismos Operadores de Agua y Saneamiento

(Prodi) y la cooperación técnica asociada, mediante la que se busca incidir en la mejora de eficiencias y flujos de efectivo de los organismos operadores, a través de intervenciones en procesos comerciales y técnicos. Como parte del PRODI, se desarrollan los Planes de Desarrollo Integral (PDI), a través de los cuales se identifican las principales áreas de oportunidad en las operaciones de los sistemas participantes.

Actualmente, organismos operadores desarrollan un PDI y el BID ha diseñado un producto de conocimiento denominado *AquaRating*, un sistema universal y voluntario de evaluación de la gestión de empresas de agua y saneamiento, utilizando indicadores cuantitativos y de buenas prácticas. Hoy en día, siete organismos operadores mexicanos inician la implementación del estándar *AquaRating* y existe un interés creciente en adoptarlo.

El IMTA hizo una revisión detallada del estudio de evaluación del estándar *AquaRating* para el desarrollo del repositorio y la documentación requerida. Además, propuso un proceso de búsqueda de información para el repositorio y la inclusión de la cultura del agua, no cubierta por dicho estándar.

De igual forma, mediante cuestionario se hizo un estudio de mercado a los organismos operadores, a fin de conocer qué atributos consideran más importantes, ya que son factor clave al decidir si les es útil para orientar el diseño del modelo de negocio. El 60% indicó que les importa la sostenibilidad financiera, el 56% los beneficios a la sociedad y 50% la sostenibilidad ambiental.

También, se desarrolló un diccionario para organizar la base de datos que contiene una lista de todos los archivos que la conforman, el número de registros por tabla, nombres y tipos de datos de cada campo.

Fue de interés para el BID complementar el repositorio en una segunda etapa, donde se busca que en dicha plataforma puedan estar disponibles documentos de referencia, tales como manuales, guías, normas e informes adicionales a los incorporados en la primera etapa, incluyendo documentos en inglés con una herramienta de traducción automática; un directorio de especialistas o asesores; un catálogo de cursos, talleres o seminarios; un catálogo de proveedores de servicios y productos, y videos como apoyo a la explicación de procesos técnicos.

Asimismo, se busca que en esta plataforma en foros de comunicación, los propios organismos operadores puedan ofrecer a sus pares colaboración para la mejora de prácticas en temas específicos, permitiéndoles comunicarse directamente y acordar la forma de colaborar más idónea, además de contar con un espacio para el intercambio directo de comunicaciones.

Se desarrolló un plan de operación que abarcó las actividades, personal y equipo que se requerirán para dar continuidad a la administración del sistema, bajo un enfoque optimizado para minimizar costos, con el fin de proponer cuotas de ingreso, comisiones por anuncio de ofertas comerciales y una estructura de administración que favorezca la operación sostenible de la comunidad de prácticas, así como reglas de operación donde se definirán las condiciones para validar el autorregistro de especialistas, cursos y proveedores; organizar la incorporación de videos y documentos de referencia; registrar a los usuarios y habilitar su acceso al foro de comunicación, y registrar a los enlaces de los organismos operadores encargados de proponer intercambios de experiencias. En este documento se propusieron, además, los términos de la limitación de responsabilidad del BID e IMTA, con la fundamentación legal necesaria.

Resultados principales:

Se muestra un impacto económico, social y tecnológico para el desarrollo de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con la finalidad de conocer cómo se encuentran evaluados al interior de sus diversas áreas, lo que genera una oportunidad para mejorar sus procesos y, por lo tanto, mejorar el servicio que brindan a la sociedad y, así, recaudar dinero en la facturación del agua.

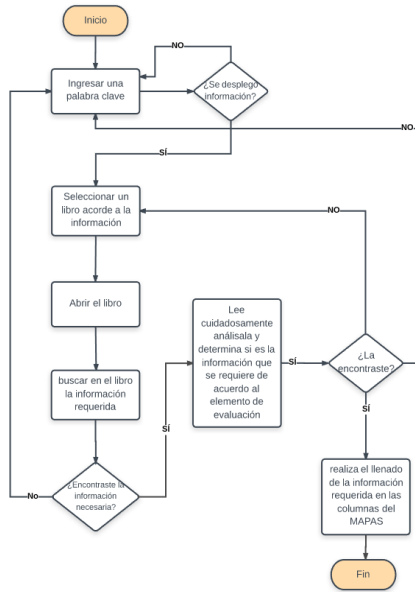
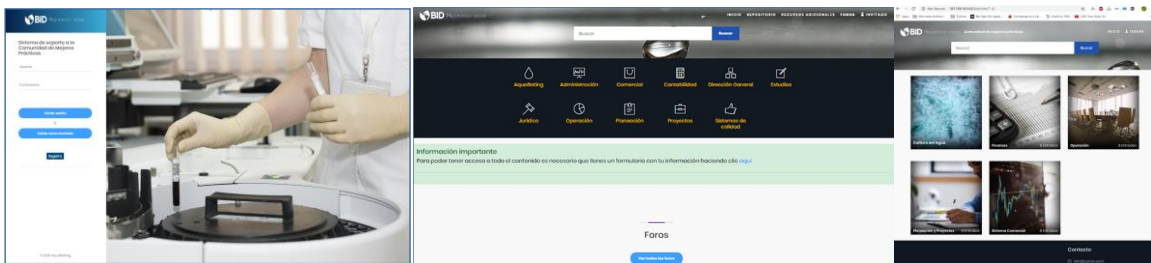


Diagrama de proceso de búsqueda y análisis de información.



Inicio y foros de la plataforma.

3. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

- **Posgrado IMTA**
DP1813.1

El IMTA desarrolla la enseñanza en nivel posgrado, de forma directa o mediante acuerdos de colaboración. En forma directa se tienen el Programa de Posgrado de maestría y doctorado de Ciencias y Tecnología del Agua, con las áreas de concentración: Hidrometeorología, Sistemas Ambientales e Ingeniería en Sistemas Hidráulicos, y el Programa de Posgrado de maestría a distancia de Gestión Integrada de Recursos Hídricos. En el caso del posgrado mediante acuerdo de colaboración está el Programa de Posgrado de maestría y doctorado de Ingeniería, Campus IMTA-UNAM, con las áreas de concentración: Civil/Hidráulica y Ambiental/Agua.

La eficiencia terminal de todos los programas de posgrado por cohorte en diciembre de 2018 es de 63%. Hasta el momento, se cuenta con una comunidad estudiantil de 92 alumnos, una participación de 55 investigadores-profesores del IMTA y 12 investigadores-profesores de seis instituciones externas. En el ciclo escolar de 2018 se impartieron 26 115 horas de clases a nivel maestría en cursos curriculares, extracurriculares y propedéuticos.

Principales resultados:

En 2018 se graduaron 27 alumnos: 21 a nivel maestría y seis de doctorado. Por programa de posgrado, cuatro alumnos son del Programa IMTA y 23 del Posgrado IMTA/UNAM.



Día del Posgrado, donde se presentaron avances de investigación de los alumnos del Programa IMTA.



Evento Hackathón 2018 del posgrado. Presentación de proyectos de innovación e inventiva.

- **Capacitación en cursos especializados relacionados con la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, dirigidos a servidores públicos involucrados en el manejo del recurso hídrico**
DP1824.3

Con la finalidad de aprovechar las competencias del personal experto en agua potable y saneamiento, desde 2016 la Conagua ha promovido el proyecto *Escuela del Agua*, mediante el cual impulsa la profesionalización y mejora de capacidades técnicas del personal que colabora en los organismos operadores y comisiones estatales de agua del país.

En 2018, el proyecto *Escuela del Agua* obtuvo la aprobación de la Conagua para ser organizado e impartir cursos de capacitación, por lo que se gestionaron convenios de colaboración con 23 comisiones estatales de agua del país, lo que permitió la participación de su personal y de los organismos operadores de su respectivo estado.

Se integraron dos programas de cursos: el primero se conformó por 36 eventos de capacitación organizados en Morelos, prioritariamente en las instalaciones del IMTA y, el segundo programa, se estructuró en 26 cursos impartidos en distintos estados de la república. En suma, a los 62 cursos de capacitación asistieron un total 1 375 trabajadores del subsector agua potable, pertenecientes a 23 estados de la república.

Principales resultados:

La *Escuela del Agua* promueve el mejoramiento de las capacidades técnicas del personal de los organismos operadores de agua potable y comisiones estatales de agua del país, incrementando con ello la calidad de los servicios que ofertan dichas instituciones a sus usuarios finales. Este proyecto se desarrolló como una meta de cumplimiento en cuanto a educación continua y capacitación en el subsector, así como un instrumento en materia de fortalecimiento de los organismos operadores.



Inauguración del proyecto *Escuela del Agua*.



Práctica en el curso *Macro y micromedición*.



Curso en aula del centro de capacitación del IMTA.

- ***Fortalecimiento de habilidades mediante capacitación a trabajadores de la Japami y de la Jiapaz, así como evaluación y certificación de la competencia laboral en estándares de competencia DP1808.3***

En 2018 se firmó un Contrato de Prestación de Servicios Profesionales entre la Junta de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Irapuato (Japami) y el Instituto.

Los trabajos consistieron en capacitar, evaluar y certificar hasta 63 trabajadores de dicha Junta en los siguientes estándares de competencia laboral: 13 trabajadores en el EC0141 “Conservación del funcionamiento operativo de la red de alcantarillado”, 9 en el EC0208 “Conservación de la red de alcantarillado mediante vehículo de desazolve”, 8 en el EC0318 “Mantenimiento electromecánico a una estación de bombeo de agua potable”, 15 en el EC0145 “Conservación de la red de agua potable” y 15 en el EC0214 “Tratamiento de aguas residuales con lodos activados”. Asimismo, se evaluó a tres técnicos en el EC0317 “Control de la eficiencia energética en la operación de las estaciones de bombeo de agua potable”.

Como resultado de los procesos de evaluación resultaron 56 personas “Competentes”, que se hicieron acreedoras a la obtención de su certificado de competencia laboral, emitido por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales.

Por otra parte, se firmó un Convenio de Colaboración entre la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas (Jiapaz) y el IMTA, para capacitar, evaluar y certificar hasta veinte trabajadores en el estándar de competencia laboral EC0140 “Cuantificación del consumo de agua potable con medición”, en el cual resultaron todos “Competentes”, por lo que también se hicieron acreedores del certificado de competencia laboral.

Principales resultados:

Mediante el proyecto, los directivos de Japami mejoraron los servicios que prestan a la ciudadanía e impulsaron la profesionalización de su personal. Por su lado, la Jiapaz fortaleció sus ingresos propios a través de incrementar la recaudación de los derechos por consumo de agua, mejorando la medición.

En total, se organizaron cinco cursos de capacitación, se entregaron constancias de participación de cursos a ochenta trabajadores (sesenta de la Japami y veinte de la Jiapaz) y 76 certificados de competencia laboral con resultado de “Competente” (56 de la Japami y veinte de la Jiapaz).



Impartición de un curso.



Evaluación en el EC0141.

4. PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN DEL CONOCIMIENTO

**Edición de la revista *Tecnología y Ciencias del Agua*
CP1807.2**

**CANAL IMTA: El primer canal por internet del Sector Agua en México
CP1814.1**

El Canal IMTA es espacio de divulgación audiovisual que propicia la difusión de una visión integrada de los recursos hídricos, producto de diversos análisis técnicos, económicos y sociales elaborados en un marco de sustentabilidad que favorezca la seguridad hídrica; es decir, que incide en la generación de una nueva cultura del agua más participativa, incluyente y multidisciplinaria. La diseminación del conocimiento generado en el Instituto, podrá favorecer indirectamente la diversificación de los clientes del Instituto.

En 2018 se hicieron las siguientes emisiones del Canal IMTA, las cuales se transcribieron a los idiomas inglés, francés y portugués: *Las ondas del Este, los manantiales de Morelos y un libro; El ciclo del agua, Día Mundial del Agua y una guía para reforestación; Las ondas de calor, cuánta agua hay en el planeta y cómo está distribuida, La lluvia, captación de agua de lluvias y el Foro Agua 24-7; ¿Qué es la seguridad hídrica?; ¿Qué es la resiliencia?; ¿hábitos para combatir el cambio climático?; Investigación de ecotoxicología utilizando *Daphnia magna* y El muro verde del IMTA.*

También se difundieron las Noti-IMTA, noticias sobre el sector agua; entre ellas: *Por los océanos, sin popote está bien; Esto es lo que debes hacer antes de un ciclón tropical; Confirman existencia de agua en la luna, se encuentra en forma de hielo a 163° bajo cero; Celebran Pre-Congreso: Agua para el Progreso de México, los Riesgos para la Seguridad Hídrica; La ONU y la Comisión Europea crean Plataforma Global de Plásticos y Un innovador método de lavado ayudará a reducir la huella hídrica.*

Asimismo, se hicieron transmisiones en vivo, vía internet, de los siguientes eventos: Foro Agua 24-7; Diálogo con Ingenieros. Colegio Mexicano de Ingenieros Civiles; Pre-Congreso: Agua para el Progreso de México, los Riesgos para la Seguridad Hídrica; Segundo Seminario Internacional de Seguridad Hídrica; 8° Congreso Nacional de Investigación y Cambio Climático, y Simposio de Tecnología Disruptiva para la Seguridad Hídrica. Cabe mencionar que algunas transmisiones también se hicieron a través de Facebook Live, Twitter y Periscope.

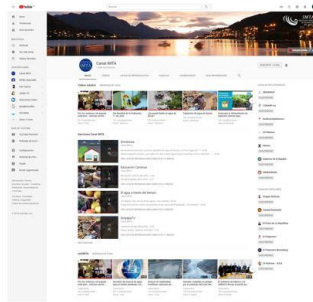
De igual forma, se realizó del video *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua: Innovación para alcanzar la seguridad hídrica en México*, así como cinco videocápsulas sobre fechas relevantes del sector hídrico.

Del periodo del 01 de enero al 30 de junio 2018 se han generado las siguientes visualizaciones en diferentes dispositivos:

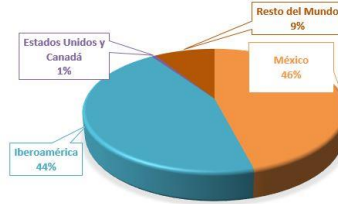
- ❑ 103,705 reproducciones de 104 países.
- ❑ 54 videos producidos
- ❑ 3,665 horas de visualización de contenidos, con un promedio de duración de 02:07 minutos.
- ❑ El medio de acceso al canal fue:
 - > 46,953 visualizaciones a través de computadoras de escritorio.
 - > 48,717 visualizaciones a través de teléfonos celulares
 - > 3,263 visualizaciones por TVs
 - > 4,490 visualizaciones por Tablets
 - > 220 visualizaciones por videoconsola
 - > 62 desconocido

El canal IMTA cuenta con 1,494 suscriptores.

Asimismo, cuenta con 637  Me gusta, y con 55 comentarios.



AUDIENCIA



Noticiero del sector agua en México

Del 01 de enero al 30 de junio se produjeron 12 **noticieros** el cual ha generado un impacto de 3,342 visualizaciones, los principales países de consulta de este noticiero son México con 2,985, Estados Unidos con 92, Perú con 42 y otros con 223 visualizaciones.

VISUALIZACIONES



Transmisiones en vivo

Este año se ha cubierto 1 **transmisión** en vivo en la cual se ha obtenido un total de 887 visualizaciones, con un tiempo promedio de 185 horas de reproducción.

Eventos	Visualizaciones
Foro Agua 24 -7	887

Los principales países que siguen las transmisiones en vivo son los siguientes:

- > México 93%
- > Perú 2.3%
- > Ecuador 0.6%
- > Estados Unidos 0.9%
- > España 0.3%
- > Otros 2.9%

Impacto del cambio climático para la gestión integral de la cuenca hidrológica del río Apatlaco CP1819.1

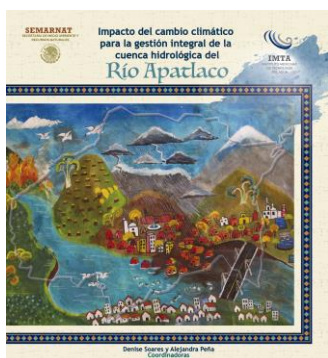
En 1979, la primera Conferencia Mundial sobre Clima reconoció, por vez primera, el cambio climático como un problema grave. Posteriormente, la creciente evidencia científica y el desarrollo de varias conferencias internacionales sobre el clima ayudaron a atraer el interés sobre el tema, a escala internacional. En 1988, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Meteorológica Mundial establecieron el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, creada en 1992, argumentó que las predicciones de la posibilidad en el incremento de temperatura se debía a causas antrópicas y definió este incremento como "cambio climático".

La cuenca del río Apatlaco, ubicada en Morelos, sufrirá problemas por la reducción en la cantidad y calidad del agua, la contaminación de ésta y de suelos, conflictos entre los antiguos pobladores de los pueblos de la región y los habitantes de las nuevas unidades multifamiliares, así como la creciente competencia por el recurso entre los distintos usos, potenciada a su vez por los impactos del cambio climático. Todo ello provocará mayor vulnerabilidad de sus habitantes, junto con el incremento de impactos en lo económico, social y ambiental.

En este contexto se desarrolló un proyecto consistente en generar investigaciones de carácter social, de política pública, hidrológica, agrícola y ambiental, acerca de las afectaciones del cambio climático en la cuenca

del río Apatlaco, para luego ser conjuntadas en un libro orientado a brindar elementos de análisis sobre los impactos del cambio climático en la cuenca del río Apatlaco.

El libro, *Impacto del cambio climático para la gestión integral de la cuenca hidrológica del río Apatlaco*, consta de 13 artículos inéditos redactados por un equipo de profesionales del IMTA adscritos a áreas técnicas y sociales, además de contar con la participación de investigadores de la Universidad Autónoma de Morelos y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Así, se constituyó en una obra multidisciplinaria con dictaminación por parte de investigadores pertenecientes a reconocidas instituciones nacionales, entre ellas: la Universidad Nacional Autónoma de México, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, El Colegio de San Luis, el Instituto Mora y Oxfam México.



Portada del libro *Impacto del cambio climático para la gestión integral de la cuenca hidrológica del río Apatlaco*.

Centro Interactivo de Tecnología del Agua CP1816.1

Como parte de este centro interactivo se diseñó, desarrolló e instaló la *Exposición itinerante Agua 24-7 cantidad adecuada calidad aceptable* en el auditorio del Instituto.

En marzo se inauguró la exposición y en mayo se celebró un foro con los temas “Cantidad adecuada”, “Calidad aceptable” y “Cultura hídrica”. Al mes de junio, la exposición fue visitada por 524 personas entre estudiantes de educación primaria, media superior y superior, así como funcionarios de diversas instituciones y público en general.

El impacto social de la exposición itinerante radica en que, a través de la divulgación, estudiantes de los diversos niveles educativos y sociedad en general conocen y comprenden aspectos de seguridad hídrica y los diferentes ámbitos con los que se interrelaciona: agua y energía, cambio climático, resiliencia, agua potable, cuencas transfronterizas, ecosistemas y biodiversidad, y gobernanza.

La exposición itinerante inició su recorrido en el mes de septiembre, en cuatro sedes: Facultad de Ingeniería de la UNAM, Ciudad Universitaria; Tuzo Forum y Museo El Rehilete, Hidalgo, y Museo de Ciencias de Morelos. El total de visitantes, del mes de febrero a noviembre, fue de 2 865 personas.

Asimismo, la exposición se instaló en dos eventos: La Participación Social en la Cultura del Agua para el Rescate de los Ríos Urbanos, en la ciudad de Puebla, y la Feria Interestatal Cultura del Agua y Bosque del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, en la ciudad Querétaro.



Organización del 6to Simposio Internacional sobre Manejo de Sedimentos (I2SM 2018) TH-1708.2

La evaluación y manejo de sedimentos es un problema a escala mundial. Las vías fluviales han sido expuestas a contaminantes que luego se acumulan en sedimentos y que pueden llegar a liberarse con el tiempo. Por lo tanto, debe ser evaluada la gestión de sedimentos y su reúso.

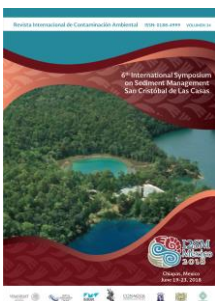
Este simposio internacional se lleva a cabo cada dos años en diferentes sedes, bajo auspicio de un comité permanente con sede en la Universidad de Minas en Douai, Francia, y el comité organizador de cada país. En esta ocasión, el simposio lo organizó el IMTA, con la participación de universidades y centros de investigación locales.

El simposio resultó en un diálogo académico e institucional sobre el tema y un intercambio de conocimiento entre estudiantes, profesionales, académicos e industriales dirigido a lograr avances para una adecuada gestión de sedimentos.

También, se editaron las memorias del simposio.



Ceremonia de inauguración del I2SM 2018.



Portada de las Memorias de I2SM 2018.

5. COOPERACIÓN TÉCNICA INTERNACIONAL

6. OTRAS ACTIVIDADES RELEVANTES

7. PREMIOS Y DISTINCIONES

ANEXOS

1 VINCULACIÓN CON CENTROS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO Y UNIVERSIDADES

2 ADMINISTRACIÓN

3 PROYECTOS 2018 QUE CONFORMAN ESTRATEGIAS INTEGRALES DE ATENCIÓN

El IMTA ha desarrollado una serie de proyectos que, de manera integral, atienden problemáticas incorporando el criterio natural del espacio físico asociado al territorio, así como sus dinámicas social, económica y ambiental. Al mismo tiempo, se genera una aproximación multidisciplinaria al involucrarse diversas áreas técnicas del Instituto. Este enfoque ha permitido obtener los casos más logrados de gestión integral del agua y enfoques transversales que posibilitan a las diferentes disciplinas articular la información, habilidades y conocimiento de los expertos para así colaborar en la solución de problemas complejos.

4 CATÁLOGO DE PROYECTOS DESARROLLADOS (DICIEMBRE 2018)