

# AGUA

## Y MEDIO AMBIENTE

Un prontuario para la correcta toma de decisiones



FONDO PARA  
LA COMUNICACIÓN  
Y LA EDUCACIÓN  
AMBIENTAL, A.C.

# AGUA Y MEDIO AMBIENTE

Un prontuario para la correcta toma de decisiones

# ÍNDICE



**Coordinación editorial:** Teresa Gutiérrez  
**Compilación:** Daniela López / Josefa De Regules /  
Denise Flores / Karina Maldonado  
**Diseño:** Marcela Rivas  
**Agradecimientos:** Exequiel Ezcurra /  
Lorenzo Rosenzweig / Silvia Philippe  
por su lectura y recomendaciones generales.

Disponibilidad del agua en México .....	4
Gestión sustentable .....	6
Derecho humano al agua .....	8
Gobernanza y participación ciudadana .....	10
Gestión jurídica del agua .....	12
Costos y precios del agua .....	14
Agua virtual y huella hídrica .....	16
Humedales .....	18
Áreas Naturales Protegidas y agua .....	20
Agua y salud .....	22
Cambio climático y ciclo hidrológico .....	24
Inundaciones y sequías .....	26
Agua y agricultura .....	28
Agua y energía .....	30
Fractura hidráulica .....	32
Agua y minería .....	34
Contaminación y aguas residuales .....	36
Especies invasoras acuáticas .....	38
Bibliografía .....	40

# DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

El valor del agua debe calcularse teniendo en cuenta su disponibilidad y distribución en el espacio y el tiempo.

El agua es necesaria para todas las formas de vida, es un elemento crucial para el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de servicios ambientales de los que dependemos para sobrevivir y es un factor estratégico para el desarrollo del país.

México recibe alrededor de 1,489 mil millones de metros cúbicos al año de agua en forma de precipitación, de los cuales el 67% cae entre junio y septiembre, sobre todo en

la región sur-sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz y Tabasco), donde se recibe 49.6% de la lluvia. Del total de agua de lluvia en México 73% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, 22% escurre por los ríos o arroyos y 6% se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos. Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, México tiene 471.5 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable por año<sup>1</sup> –alrededor del 0.1 por

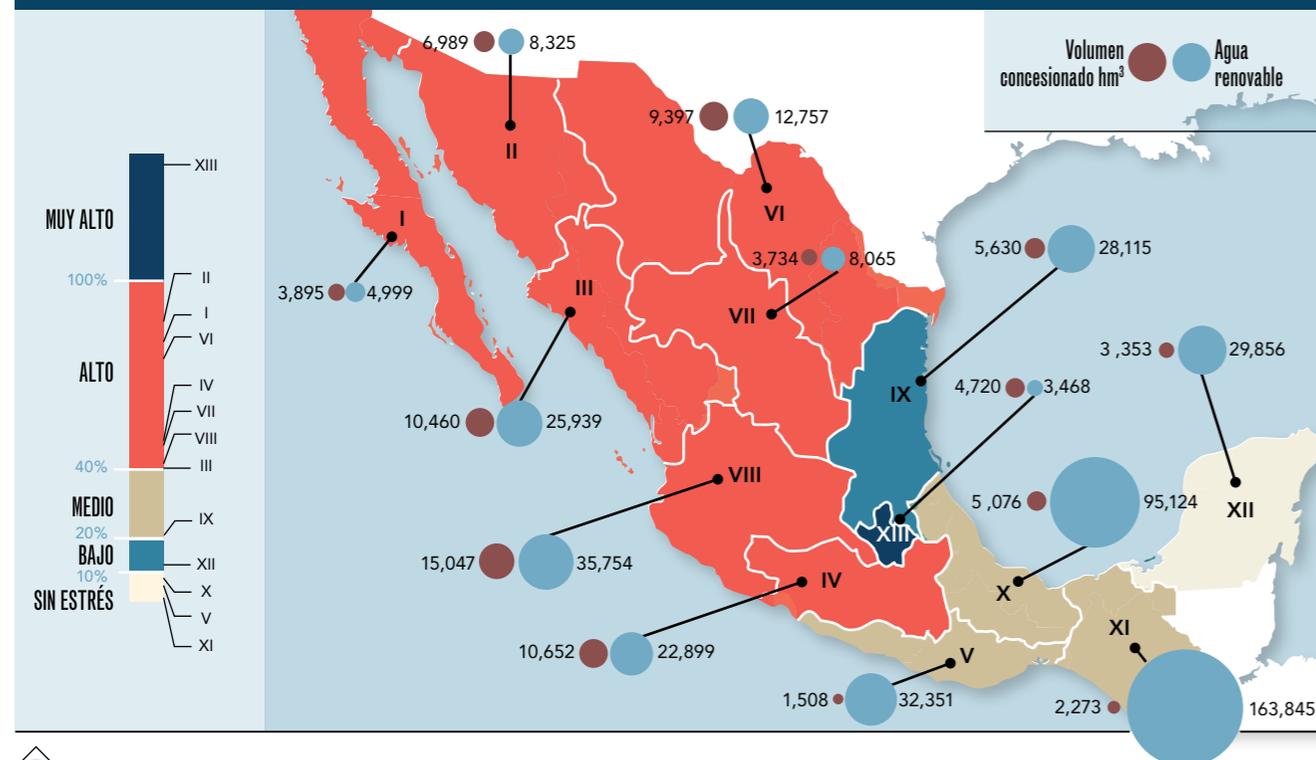
ciento de la disponible en el mundo– y está considerado como un país con baja disponibilidad de agua<sup>2</sup>.

Un aspecto importante a considerar en la disponibilidad de agua es el incremento de la población y su concentración en zonas urbanas. Según estimaciones de Conapo, entre 2012 y 2030 la población del país se incrementará en 20.4 millones de personas. Además, para 2030, aproximadamente 75 por ciento de la población estará en localidades urbanas. El incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable per cápita a nivel nacional<sup>2</sup>.

En 2012, con una población de 117 millones de habitantes, la disponibilidad natural media por habitante se calculaba en 4,028 metros cúbicos por año. Se estima que para 2030, con el aumento de la población y el deterioro de los cuerpos de agua descenderá hasta 3,430 metros cúbicos por habitante por año<sup>3</sup>. Otro aspecto significativo es el incremento del consumo de agua per cápita: en 1955, cada mexicano consumía alrededor de 40 litros al día; se calcula que en 2012 el consumo aumentó a 280 litros por persona al día.

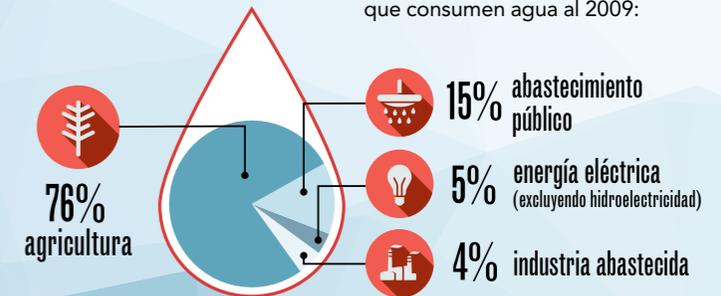
Para enfrentar la disminución de la disponibilidad del agua por habitante en los próximos años será necesario: reducir la demanda mediante el incremento en la eficiencia de los sistemas de distribución de agua en las ciudades y de los sistemas de riego; reducir la contaminación mediante sistemas de saneamiento alternativo y la reducción en el uso de agroquímicos y pesticidas; e incrementar la oferta aumentando el volumen de agua pluvial recolectada y el reúso de agua residual tratada.

## GRADO DE PRESIÓN SOBRE EL AGUA EN LAS REGIONES HIDROLÓGICAS ADMINISTRATIVAS DE MÉXICO



## USOS DEL AGUA EN MÉXICO:

De cada 100 litros de agua concesionados o asignados a procesos que consumen agua al 2009:



## DISPONIBILIDAD:

En México, la disponibilidad natural media per cápita de agua se ha reducido drásticamente



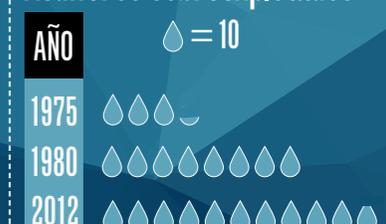
11 MILLONES DE MEXICANOS NO CUENTAN CON AGUA POTABLE

## PROVENIENCIA:

63% del agua utilizada en el país proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos)

37% proviene de fuentes subterráneas (acuíferos)

## Acuíferos sobreexplotados



# GESTIÓN SUSTENTABLE

Para contar con los requerimientos de agua de la población es preciso aprovechar las aguas pluviales y residuales.

El agua es vital para la salud, desarrollo y bienestar social, por lo que su atención debe ser prioritaria y coordinada entre los poderes de la Unión, las instituciones encargadas de su gestión y la ciudadanía.

## LA CUENCA

La cuenca es el territorio por donde transita el agua hacia una corriente principal y luego hacia un punto común de salida. Se considera que es la unidad geográfica funcional más adecuada para gestionar el agua con una perspectiva de sustentabilidad.



En el modelo económico actual, basado en la producción, el consumo y el uso indiscriminado de los bienes naturales, se da prioridad al valor productivo del agua sin tomar en cuenta su disponibilidad y distribución en el espacio y el tiempo.

El actual modelo de gestión del agua en México tiene una perspectiva político-administrativa que no considera la interrelación existente entre el sistema natural, social y productivo con el ciclo hidrológico que ocurre en las cuencas. Esta gestión fragmentada por sectores, por tipos de usos, por fuentes y otras variantes produce una visión sectorial y limitada sobre el manejo del agua. Sus resultados –escasez, contaminación, recrudescimiento de inundaciones y sequías e inequidad en el acceso– ponen en evidencia la necesidad de reorientar la gestión del agua para revertir o remediar los daños ocasionados al ambiente.

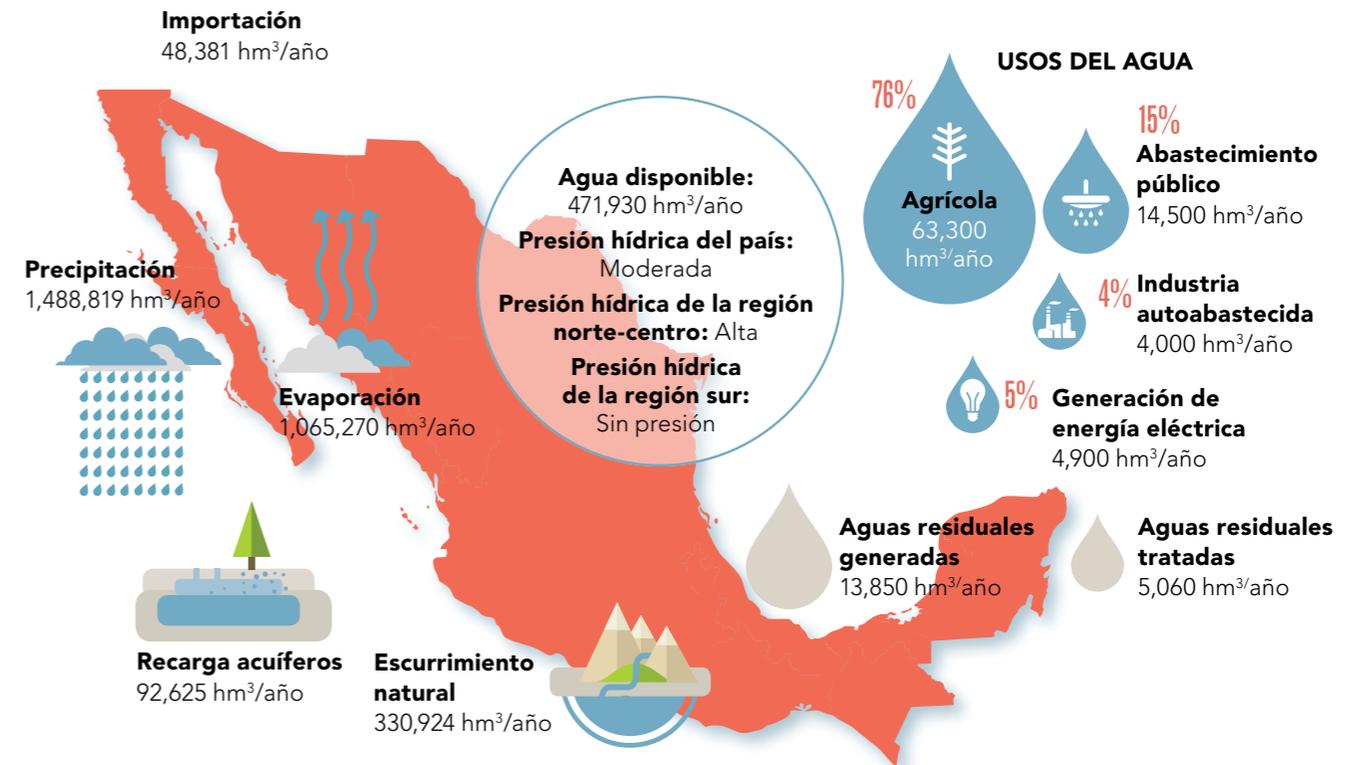
## EL BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico del país muestra la disparidad de la distribución del agua. Mientras que en el centro y norte tienen presión hídrica de media a fuerte debido al aumento de la población y la sobreexplotación de los acuíferos, en el sur, menos poblado y con más precipitación, la presión es moderada o escasa.

Al deforestarse las partes altas de las cuencas –por lo general con fines comerciales e inmobiliarios– se disminuye la infiltración, lo que ocasiona una reducción de la disponibilidad de agua dulce.

Según Conagua<sup>1</sup>, los escenarios para 2020 y 2050 indican aumentos de temperatura de entre 1 y 3°C y disminuciones en la precipitación media anual de 5 a 10%. Esto hará que la evapotranspiración se incremente y que la

## BALANCE HÍDRICO



humedad en el suelo disminuya, lo que traerá por consecuencia mayores requerimientos de agua y, por lo tanto, un incremento en la extracción. En nuestro país –donde la agricultura genera 3.8% del PIB y consume 76% del agua nacional, donde el rendimiento agrícola por hectárea de superficie de riego cultivada sólo mejora entre 2.2 y 3.6 veces al de temporal y donde 70%

de los cuerpos de agua están contaminados y apenas se reutiliza 27.6% de las aguas residuales captadas en los centros urbanos– es necesario implantar un modelo de gestión por cuencas que se adapte a los condicionantes físicos y sociales, propicie la preservación de los ecosistemas y busque el equilibrio entre los usos y funciones del agua con la participación de los actores interesados.

# DERECHO HUMANO AL AGUA

Uno de los principales retos para nuestro país es lograr que las próximas generaciones vivan en un entorno que les permita desarrollar sus habilidades y capacidades y disfrutar el ejercicio de sus derechos.

El derecho humano al agua y al saneamiento fue reconocido por la Asamblea General de la ONU el 28 de julio de 2010 y exhorta a los Estados a hacer todo lo necesario –programas gubernamentales, financiamiento, apoyo técnico, etc.– para dar a toda la población agua potable y saneamiento de manera suficiente, físicamente accesible y económicamente asequible.

En México, el derecho humano al agua se reconoció el 8 de febrero de 2012 y está plasmado en el artículo cuarto, párrafo quinto de nuestra Constitución.

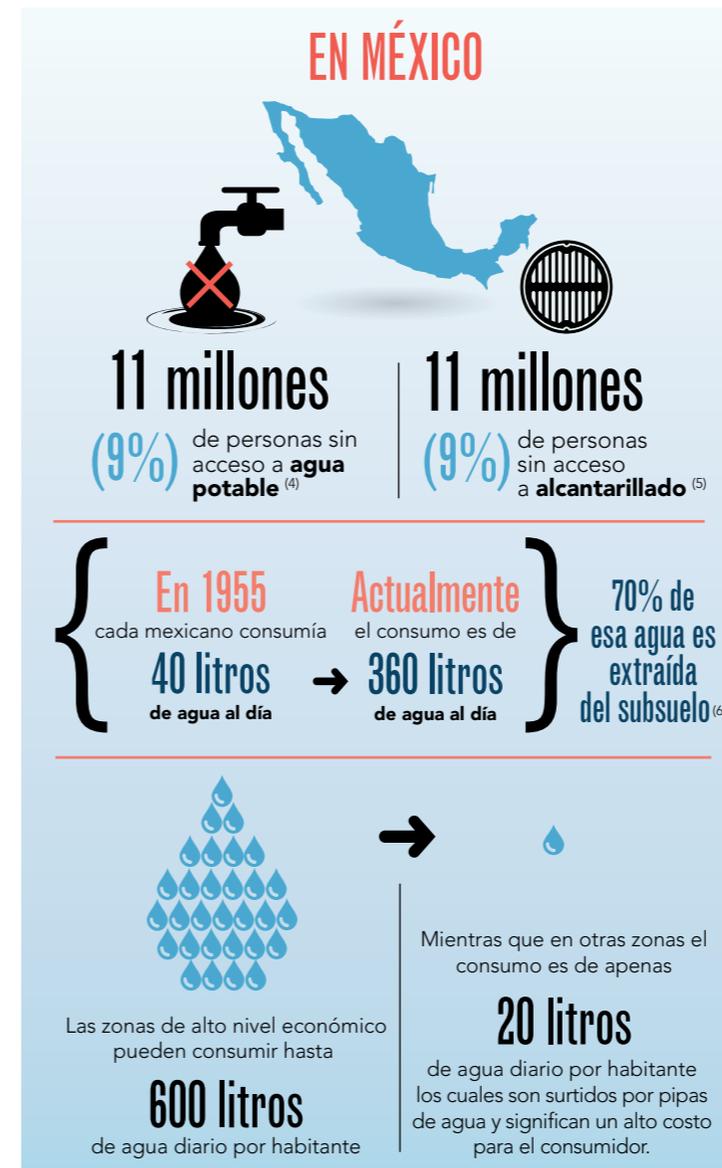
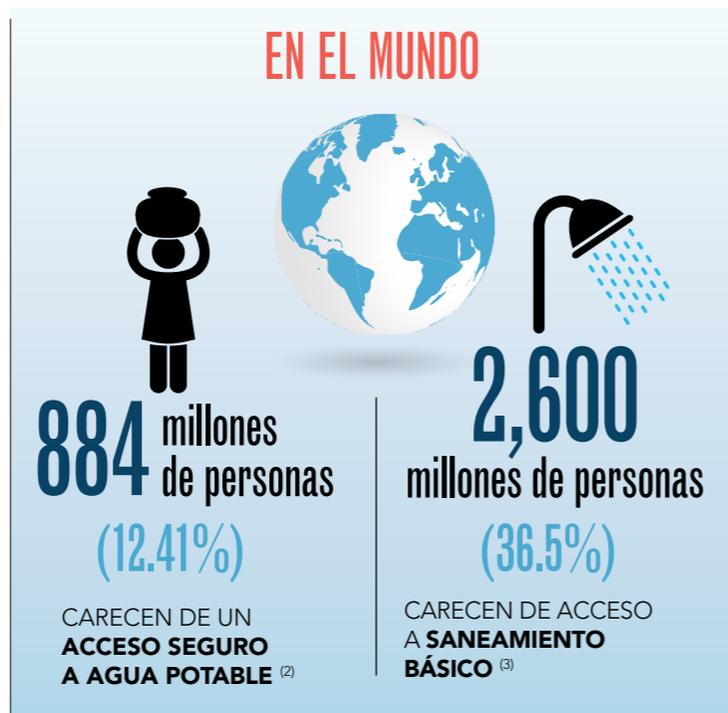


"Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apo-

yos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines".

RESOLUCIÓN A/RES/64/292<sup>1</sup>

Tradicionalmente se ha administrado el agua con criterios político-económicos, con poca participación de los ciudadanos y sin tomar en cuenta su ciclo natural. Esto ha producido deterioro ambiental, intensificado la vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos extremos y acentuado la inequidad.



Aún cuando las cifras oficiales indican altos niveles de cobertura en agua potable y alcantarillado a nivel nacional, en ciertas regiones y para ciertos grupos socioeconómicos existen considerables rezagos.

El derecho humano al agua es un factor de desarrollo y una oportunidad para avanzar hacia una sociedad incluyente, equitativa y justa. Para hacerlo realidad, es importante reconocer que la disponibilidad de agua depende en gran medida de la salud de los ecosistemas y es necesario tomar en cuenta diversos factores:

- El aumento poblacional y la creciente demanda de bienes y servicios: se estima que para el 2030 la demanda de agua se incrementará a 91.2 miles de millones de m<sup>3</sup> al año.
- La contaminación de los cuerpos de agua: 70% de las aguas superficiales presentan algún grado de contaminación y 24% tiene tal nivel de contaminación que es imposible darle un uso directo.
- La sobreexplotación de las aguas subterráneas: de los 653 acuíferos identificados, 192 están sobreexplotados.

La coordinación intergubernamental con responsabilidades claras, la gestión hídrica con un enfoque de cuenca, la inversión pública focalizada y auditada en infraestructura básica de agua, alcantarillado y saneamiento, el establecimiento de tarifas sustentables, el pago por servicios ambientales y el fomento a la participación ciudadana son algunas medidas que garantizarán el derecho humano al agua en México.

# GOBERNANZA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA

Los gobiernos que en sus bases propician la participación social son ejemplos de gestión ciudadana. Nuestro país necesita una mayor gobernanza del agua para que las decisiones tomadas sean realmente las que necesitamos.

Una buena gobernanza no es sólo resultado de un buen gobierno, sino de una interacción entre los organismos gubernamentales, el sector privado y la sociedad civil, que permita estructurar y operar reglas sociales para una convivencia justa. Forzosamente, esta idea involucra una participación abierta de la sociedad en la toma de decisiones de los asuntos que le interesan.

Si la gobernanza es el proceso mediante el cual se determinan las reglas de convivencia de una sociedad, la manera en que se distribuye y maneja el agua también debería estar determinada por éste. Si predominan otros intereses de sectores particulares y se ignoran las necesidades y demandas de otros sectores de la población, la distribución y el manejo del agua, necesariamente, reflejarán las injusticias sociales del sistema. Por esto es

indispensable reestructurar la gobernanza del agua en México, y dar a la sociedad civil mayor injerencia en las políticas públicas.

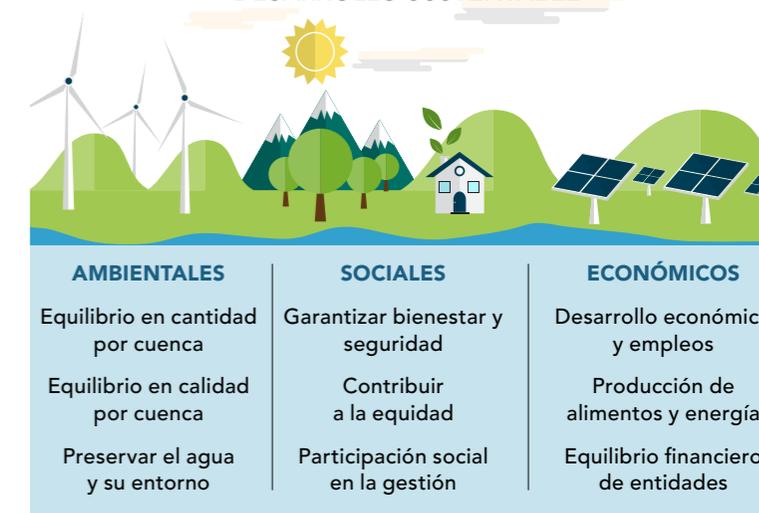
En México, país semiárido, son frecuentes los conflictos por el agua entre comunidades campesinas, indígenas, pequeños propietarios, grandes empresas agroindustriales, zonas urbanas e industrias.

Los usuarios no están dispuestos a reducir su demanda de agua, más bien pretenden que se encuentren nuevas fuentes –aún a costa de la integridad ambiental y social– mediante la inversión en grandes obras hidráulicas como acueductos y presas para el trasvase de agua (importación o exportación) a/de otras cuencas, cuando lo que haría falta sería invertir en soluciones más sustentables como mejorar la eficiencia de uso del agua disponible, reutilizar agua, captar agua de lluvia, restaurar las cuencas, etc. Así sería más factible lograr la equidad en el acceso al agua o reducir, por ejemplo, los impactos de las sequías e inundaciones.

La sociedad civil organizada cada vez se involucra más en asuntos como la contaminación de ríos, la sobreexplotación de acuíferos, la invasión de zonas federales, el abasto de agua potable y el saneamiento.

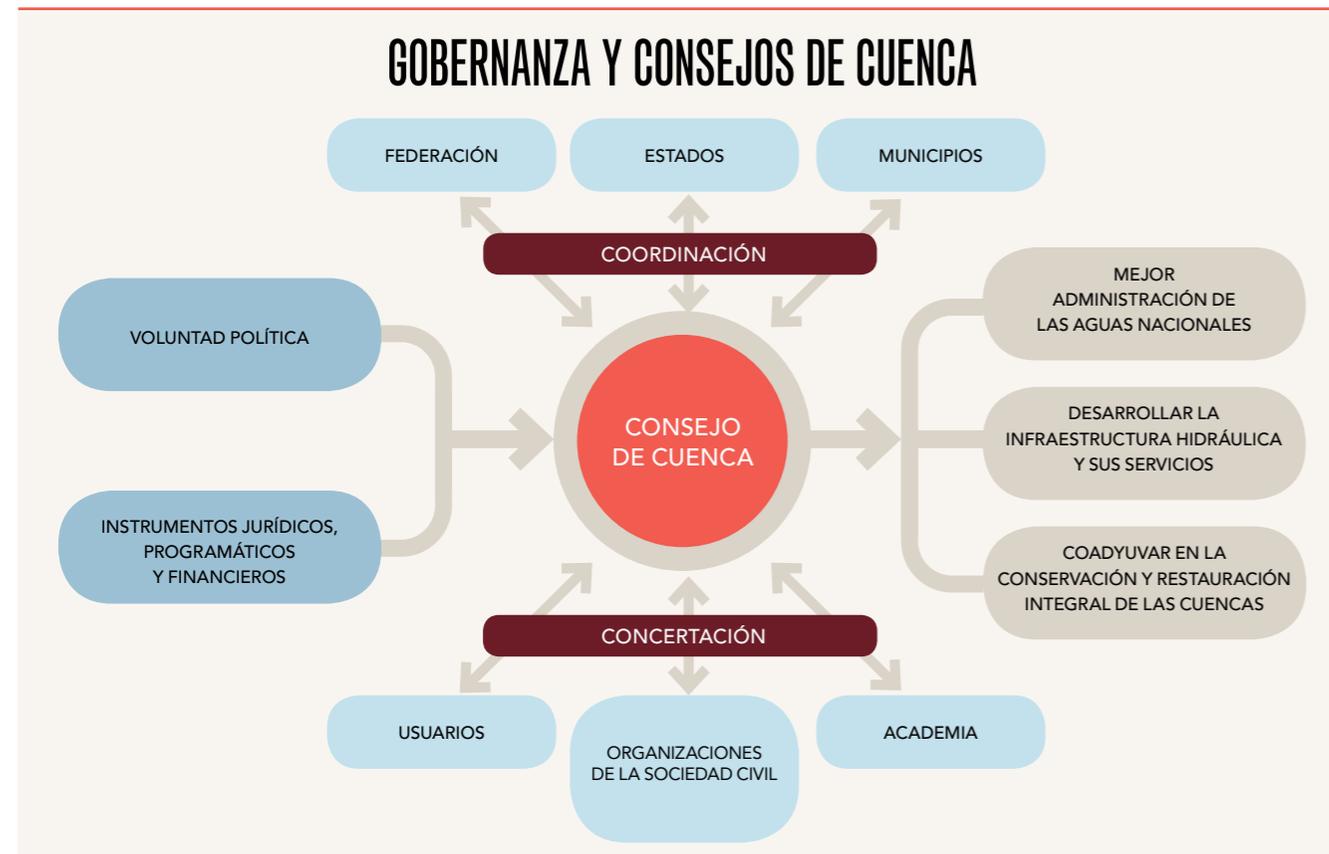
También ha aumentado la exigencia de que la población participe de manera más activa en el diseño de la Ley General de Aguas, el Programa Nacional Hídrico y los planes en las regiones hidrológico administrativas, estados y municipios.

## OBJETIVOS DE GESTIÓN DEL AGUA DESARROLLO SUSTENTABLE



Según la Ley de Aguas Nacionales,

- por parte del Estado, la Comisión Nacional del Agua (Conagua) es el órgano superior de la federación en materia de recursos hídricos que se organiza a nivel nacional y a nivel regional hidrológico-administrativo, a través de sus Organismos de Cuenca (que son creados por la Ley).
- por parte de la sociedad, los Consejos de Cuenca (órganos de integración mixta) son los instrumentos para la participación ciudadana en la gestión del agua. Sin embargo, debido a la falta de claridad de la ley respecto de sus atribuciones y competencias y a los limitados recursos de que disponen, no han podido cumplir plenamente con sus funciones.



# GESTIÓN JURÍDICA DEL AGUA

Las aguas son propiedad de la Nación, su gestión, saneamiento y distribución equitativa, sustentable y coordinada son asuntos de seguridad nacional y justicia social.

La gestión jurídica del agua tiene como fundamento al primer párrafo del artículo 27 de la Constitución, en el que se declara a las aguas como propiedad originaria de la Nación. Este principio se complementa con lo que estipula el párrafo tercero respecto de la conservación, preservación del equilibrio ecológico, el establecimiento de reservas de agua y la destrucción de los elementos naturales. También se complementa con lo que consagra el párrafo quinto del mismo artículo respecto a las aguas nacionales y la distribución de las mismas. El esquema se cierra con los artículos 73 fracción XXIX G que da fundamento a las atribuciones concurrentes del Gobierno Federal, de los gobiernos de los Estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, y el artículo 115 fracción III que señala que los Municipios tendrán a su cargo las funciones y servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

El esquema de gestión del agua tiene como función primordial garantizar el derecho humano al ambiente sano, al agua potable y su saneamiento a partir de que la Constitución Mexicana lo reconoce en su artículo cuarto párrafo quinto y que lo consagra en el artículo primero donde se señala que todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en la Constitución y en los tratados internacionales signados por el Estado Mexicano.

El desafío de garantizar el derecho al agua potable y al saneamiento así como al medio ambiente sano es enorme si atendemos a dos situaciones fundamentales:

1. El esquema de distribución de competencias y la distribución de las aguas del país no coinciden. No es posible administrar y distribuir el agua equitativamente por Entidades Federativas, ya que estas 32 no coinciden con la distribución natural del agua. Además, los Estados no intervienen en la gestión del agua y no participan en la toma de decisiones al respecto debido a que no cuentan con atribuciones para ello en la Ley de Aguas Nacionales (LAN). En cambio, los 2,457 municipios que si tienen atribuciones como servicio público no tienen atribuciones para participar en el esquema de distribución de las aguas nacionales. En el caso del Distrito Federal esta situación es distinta ya que es el Gobierno del Distrito Federal quien controla el agua para las 16 delegaciones del Distrito Federal.

2. El esquema administrativo de gestión y administración de las aguas de la Nación en el que la Comisión "Nacional" del Agua es una dependencia desconcentrada de una dependencia del Ejecutivo Federal (la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) se organiza a partir de trece grandes cuencas.

Por lo anterior, es urgente la creación de un marco estratégico de gestión jurídica del agua en el que la administración y distribución del recurso agua atienda a los principios constitucionales, en razón de la naturaleza del agua como bien nacional, y que a su vez permita la gestión participativa y descentralizada del recurso, bajo el esquema del pacto federal y a partir del respeto a los principios del desarrollo nacional sustentable y a los derechos humanos.

**POR:** DRA. MARÍA DEL CARMEN CARMONA LARA

## HIDROSCOPIO DEL AGUA EN MÉXICO



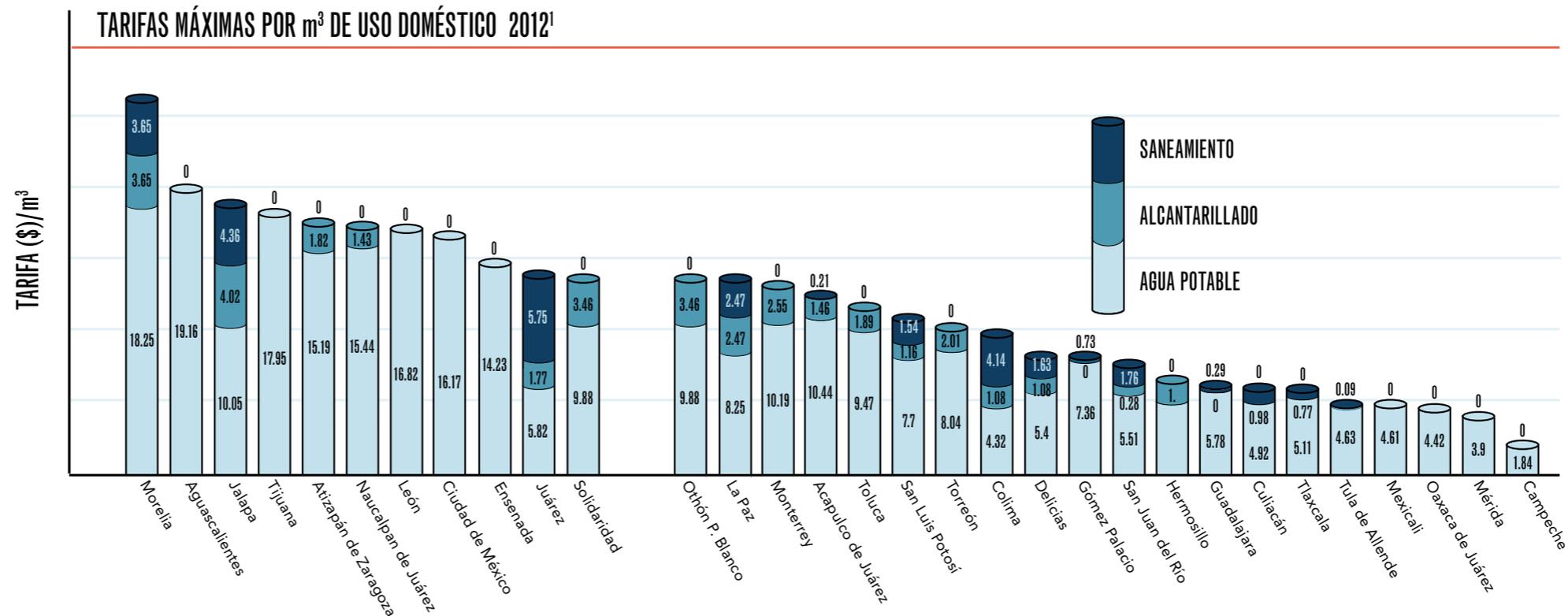
# COSTOS Y PRECIOS DEL AGUA

En el DF sólo el 13% de las casas habitación bebe agua de la llave. Los habitantes consumen un promedio 391 litros de agua embotellada al año, lo que representa \$4,600 millones de pesos<sup>2</sup>.

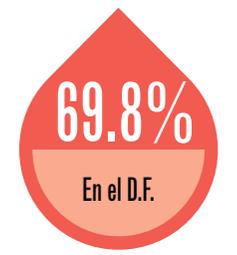
La conservación de los ecosistemas donde se da la recarga de acuíferos, la extracción, la construcción y mantenimiento de infraestructura, la potabilización, el suministro, así como el tratamiento de las aguas residuales normalmente no se consideran en los costos del agua. Las tarifas de agua pocas veces reflejan los costos que implican que salga agua cada vez que se abre la llave de un grifo.

Tan sólo en la Ciudad de México la media per cápita de consumo diario es de 314 litros por habitante. El Gobierno de la Ciudad México calcula que el metro cúbico de agua tiene un costo real de 20 pesos, pero en la actualidad sólo se cobra 2.38 pesos, lo cual significa que el subsidio del agua es casi de un 80%.

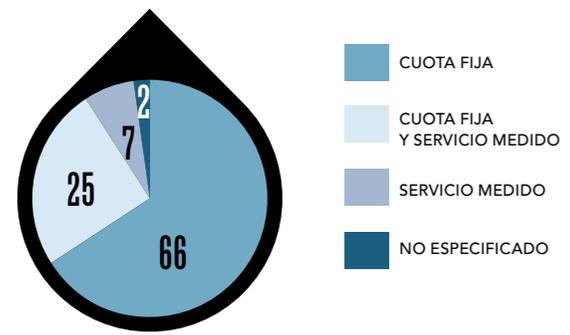
Recaudar los ingresos necesarios para mantener las fuentes de agua y una infraestructura adecuada de suministro y tratamiento es indispensable. Las tarifas varían por ciudad debido a factores locales y en algunos casos incluyen el saneamiento y alcantarillado.



## EFICIENCIA DE PAGO DEL AGUA<sup>5</sup>



## FACTURACIÓN DE AGUA POTABLE (%)<sup>3</sup>



El rezago en el establecimiento de tarifas y su cobro se ve reflejado en un bajo mantenimiento de la infraestructura, lo cual provoca que debido a las fugas se pierda el 39% del líquido en las tuberías y que la calidad del agua muchas veces no sea potable.

México es el primer consumidor de botellas de agua en el mundo con un promedio de 169.8 litros per cápita; el promedio del litro de agua embotellada es de 10 pesos.

## COBRO Y COSTO DEL AGUA EN MÉXICO<sup>4</sup>

**\$ 2.38 por metro cúbico (1,000 litros)**  
Tarifa popular (la más baja), el costo por litro es de

¢0.2

**\$10.49 por metro cúbico (1,000 litros)**  
Tarifa alta (la más alta), el costo por litro es de

¢1.0

**Garrafón de 20 litros de agua:**

**\$35.00**

Por tanto, el costo por litro de agua de garrafón es de

\$1.75

**Un litro de agua embotellada**

\$10.00

# AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA

El agua virtual es determinante en la sustentabilidad de bienes y servicios.

A lrededor de 95% del agua que consumimos está contenida en los procesos para producir los bienes que utilizamos. Al agua necesaria para producir un bien se le llama agua virtual (el adjetivo 'virtual' se refiere a que la mayor parte del agua utilizada para producir un bien no está contenida en dicho bien), y al volumen total de agua que se utiliza para producir los alimentos y servicios consumidos por un individuo o región y para disolver sus contaminantes se le llama huella hídrica.

La huella hídrica se puede calcular multiplicando todos los bienes y servicios consumidos por su contenido de agua virtual respectivo y generalmente se expresa en términos de volumen de agua por año.

No todos los productos que se consumen en una región se producen en la misma. Cuando se importan bienes, se está importando también la cantidad de agua que se usó en otras regiones para producirlos y transportarlos. Cuando se exportan, también se exporta agua. La huella hídrica es un indicador de la demanda de agua necesaria para producir los bienes y servicios en cada región, respecto a los recursos hídricos del planeta.

Las condiciones geográficas, el clima y el nivel de desarrollo tecnológico de cada región determinan la cantidad de agua que ésta utiliza.

El agua propia que usa una nación para producir los bienes que consume, más el agua virtual que importa, menos el agua virtual que exporta constituyen la huella hídrica de cada país. La huella hídrica promedio de México es de 1,350 metros cúbicos por habitante por año, ligeramente superior al promedio mundial, que es de 1,240<sup>1</sup>.

Considerar el agua virtual y la huella hídrica puede ayudar a encontrar soluciones adecuadas al problema de escasez de agua que padecen las regiones áridas. No tiene sentido que una región árida produzca alimentos de elevada agua virtual; podría comprarlos a regiones con abundancia y dedicar su escasa agua a otras prioridades, como el abasto público.

## HUELLA HÍDRICA

DEL AGUA QUE SE UTILIZA EN MÉXICO:



## AGUA VIRTUAL EN PRODUCTOS

Promedio global de contenido de agua virtual de algunos productos, por unidad de producto.



En 2012 México exportó 9,335 millones de metros cúbicos de agua virtual e importó 34,958, es decir, tuvo una importación neta de agua virtual de 25,624 millones de metros cúbicos de agua. De la importación neta de agua virtual, 37.9% correspondió a productos agrícolas, 35.6% a productos animales y 26.5% a productos industriales.

El mundo ahorra agua al exportar productos agrícolas de regiones ricas en agua hacia regiones con baja can-

tividad. Mediante el mercado de agua virtual se transfieren productos que consumen gran cantidad de agua de países que la tienen a otros con escasez o problemas de distribución.

En el modelo económico basado en la producción y el consumo y en el uso indiscriminado de los recursos naturales —en especial el agua— el costo ambiental en ocasiones supera al beneficio económico.



# ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y AGUA

Los ecosistemas mantienen la cantidad y la calidad de agua disponible. Su conservación en áreas naturales protegidas, es esencial para el ciclo hidrológico.”

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica en México para la conservación de la biodiversidad. Al proteger ecosistemas clave, contribuyen a conservar la diversidad biológica y servicios ambientales fundamentales como los hidrológicos. Al respecto, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible señala que “Los ecosistemas desempeñan una función esencial en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua”.

En 2006 se estimó que “el valor del agua asociado a las ANP y relacionado a los consumos por entidad federativa para distintos usos consuntivos del agua” fue de \$1,984.36 millones de pesos, equivalentes al 0.025% del PIB (TNC).

Los esfuerzos institucionales que realiza la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) se han fortalecido con instrumentos de carácter internacional. Ejemplo de ello es la *Convención relativa a los Humedales de Importancia Internacional (Convención de Ramsar)* que reconoce a los humedales como ecosistemas relevantes en la provisión de bienes y servicios ambientales, y los incorpora en su lista de importancia internacional (*Sitios Ramsar*). Existen 142 sitios en México de éstos, 63 corresponden espacialmente a 51 ANP.

La *Convención de Ramsar* aplica una definición amplia de los humedales, que abarca todos los lagos y ríos, acuíferos subterráneos, pantanos y marismas, pastizales húmedos, turberas, oasis, estuarios, deltas y bajos de marea, manglares y otras zonas entre otros; incluye ecosistemas tanto costeros, como continentales.



A través de sus *Sitios Ramsar*, México contribuye con aproximadamente 8 millones de hectáreas de humedales que brindan una amplia variedad de servicios ecosistémicos, entre los que destacan:

- Control de inundaciones
- Reposición de aguas subterráneas
- Estabilización de costas y protección contra tormentas
- Retención y exportación de sedimentos y nutrientes
- Depuración de aguas
- Reservorios de biodiversidad
- Productos de los humedales
- Valores culturales
- Recreación y turismo
- Mitigación del cambio climático y adaptación a él

Dado que la seguridad del agua es un asunto crucial para el país, reconocer la contribución de las ANP en su conservación ayuda a construir una base sólida para su protección y gestión integral. En esta dirección, un avance relevante se dio con la publicación de la *Norma Mexicana que establece el procedimiento para la Determinación del caudal ecológico en Cuencas hidrológicas (NMX-AA-159-SCFI-2012)* cuya aplicación permite determinar volúmenes de agua destinados a la conservación. Asimismo, a través de la colaboración entre Conanp, WWF y Conanp y la aplicación de esta norma, se definieron para el país 189 cuencas prioritarias para la conservación. Un paso más en este sentido, se logró el 15 de septiembre de 2014 con la publicación del primer Decreto mediante el cual se establecen “Reservas de agua con fines ambientales” que beneficiará al *Sitio Ramsar* y Reserva de la Biósfera Marismas Nacionales, en Nayarit.

# EL AGUA Y LA SALUD

El agua contaminada produce más muertes en el mundo hoy que las guerras y otras fuentes de violencia.

La falta de acceso a fuentes confiables de agua y al saneamiento eficiente genera pobreza, inequidad, enfermedad y muerte. El derecho humano a la salud está estrechamente vinculado al derecho al agua limpia, físicamente accesible y económicamente asequible.

Las enfermedades que se transmiten por el agua como la hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería y otras causantes de diarrea, así como posibles afecciones resultantes del consumo de agua con componentes químicos patógenos, tales como arsénico, nitratos o flúor, son la principal causa de muerte infantil de los países en desarrollo. En México ocupan el primer lugar para niños de entre 1 y 5 años<sup>1</sup>.

En México, según el XIII Censo Nacional de Población y Vivienda, 91 por ciento de la población tiene servicio de agua potable y 90 por ciento tiene cobertura de alcantarillado. Considerando la cobertura actual y el crecimiento poblacional, según la Agenda del Agua 2030 el reto será incorporar a 36.8 millones de habitantes a la cobertura de agua potable y 40.5 millones a la cobertura de alcantarillado. Alcanzar la cobertura universal en 2030, requerirá inversiones de 215 mil millones de pesos y la instrumentación de medidas de higiene, educación y acceso a los servicios de salud.

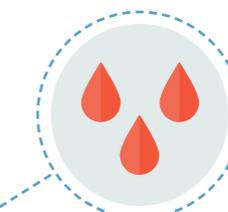
La salud humana es un tema transversal en las cuestiones relacionadas con el agua, por lo que puede ser un motivador clave en la movilización de las comunidades a participar en la conservación de la naturaleza y la gestión ambiental.



Las enfermedades infecciosas intestinales en nuestro país ocupan el **QUINTO LUGAR DE MORTALIDAD EN NIÑOS MENORES DE UN AÑO<sup>2</sup>**



Las enfermedades infecciosas intestinales representan un alto costo a los sistemas de salud estatales; tan sólo en Morelos el gasto a los servicios de salud pública superó los **4 MILLONES DE DÓLARES EN 2002<sup>4</sup>**



Se estima que **48.09% DE LAS MUERTES POR ESTE TIPO DE PADECIMIENTOS SE PUEDEN PREVENIR**, en especial para los menores de 14 años<sup>3</sup>.

## COSTOS DE SANEAMIENTO



Por cada peso que se invierta en agua potable, saneamiento y promoción de la salud, particularmente la higiene personal y doméstica en México, **se ahorrarán cinco pesos** aproximadamente en gastos de tratamientos médicos y días no laborados<sup>5</sup>.

El saneamiento puede **reducir la mortalidad** evitable de enfermedades infecciosas intestinales en un **16%**.



El costo del sistema de alcantarillado urbano es de **\$3,500 pesos** por año y en el rural es de **\$5,000 pesos** por año, sea provisto mediante una red o a través de letrinas o fosas sépticas<sup>6</sup>.



**LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE:** acceso a sistemas de infraestructura básica y tratamiento parcial de fuentes por persona fue de **\$13.38 dólares** aproximadamente.

El costo de inversión para la conexión domiciliaria o fosa séptica por persona fue de **\$160 dólares<sup>7</sup>**.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y CICLO HIDROLÓGICO

México es el décimo segundo país con mayores emisiones de GEI del mundo, y de los más vulnerables ante sus efectos.

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el cambio climático es un fenómeno atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. El ciclo del agua es el conjunto de procesos

que generan el movimiento del agua en la hidrosfera (sistema material constituido por el agua que se encuentra bajo y sobre la superficie de la Tierra).

Durante el siglo XXI el cambio climático aumentará la presión sobre los recursos hídricos al modificar el ciclo del agua en cuanto a precipitaciones, humedad del

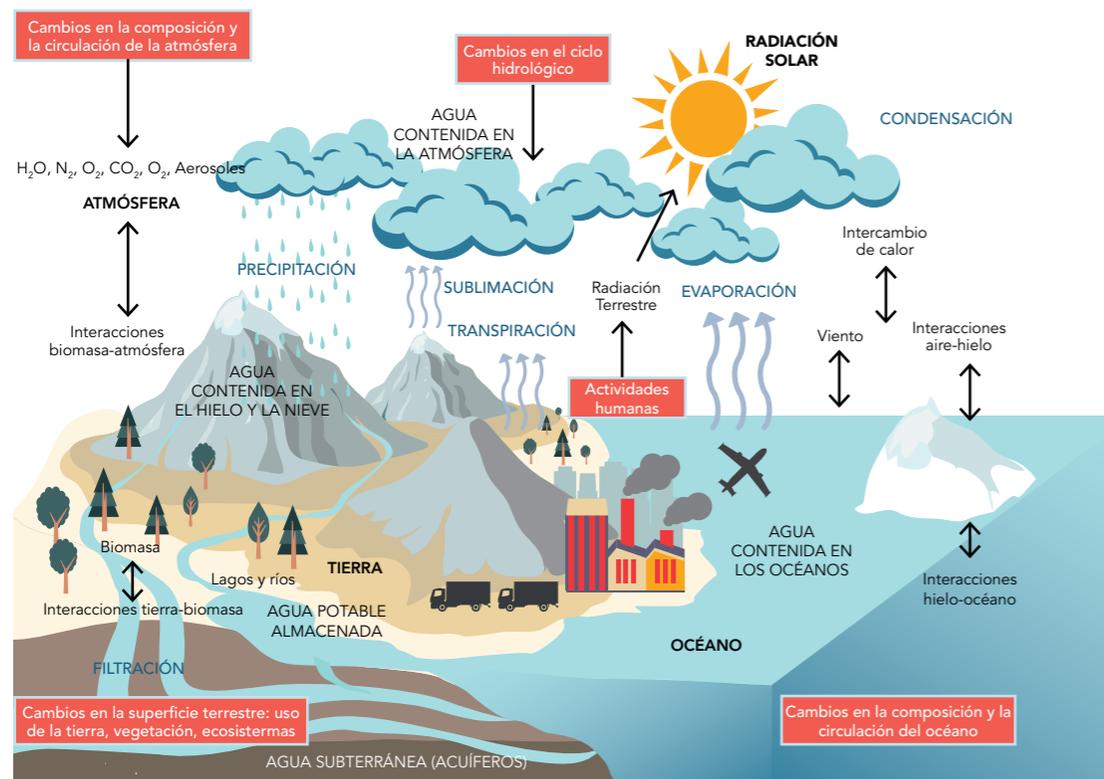
suelo, escurrimiento, evaporación, vapor atmosférico y temperatura del agua. El cambio climático afecta tanto a la calidad como a la cantidad de agua disponible para los seres humanos y el ambiente.

Los modelos de cambio climático sugieren que en este siglo nuestro planeta se calentará entre 1.4 y 5.8°C, dependiendo de los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según proyecciones de la Red Mexicana de Modelación del Clima, a lo largo de las próximas décadas México experimentará un incremento de temperatura generalizado superior a 6% respecto a la media histórica y superior al incremento global.

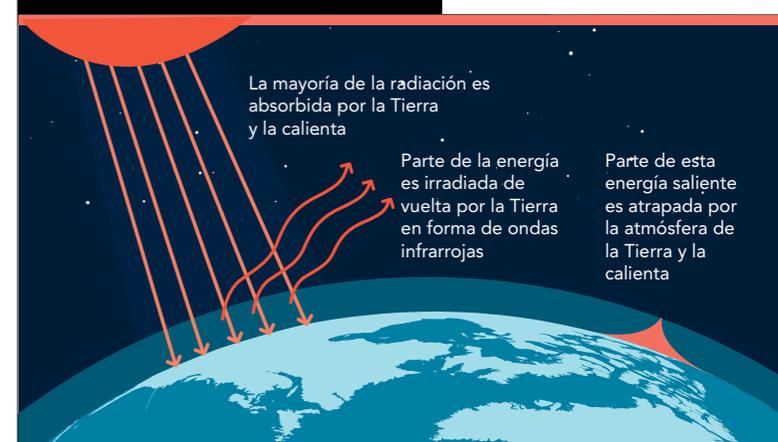
Es probable que los fenómenos hidrometeorológicos extremos —como las inundaciones y las sequías— aumenten en intensidad, duración y frecuencia. Además, otros cambios globales como el crecimiento de la población, la urbanización y las modificaciones en el consumo de bienes y servicios agravarán la presión sobre los recursos hídricos.

Las actividades humanas que más afectan el ciclo del agua son las que modifican la composición química de la atmósfera (emisión de GEI) además de la agricultura, la deforestación, la construcción de presas, la extracción de agua subterránea, la extracción de agua de ríos y lagos y la urbanización.

## IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO



## EL EFECTO INVERNADERO



Los impactos del cambio climático en el agua perjudican el desarrollo económico, social y ambiental, pues afectan a todos los sectores de la actividad humana como la producción de alimentos, la generación de energía, el abastecimiento de agua y la protección al ambiente.

En vista de que reaccionar frente a situaciones meteorológicas extremas multiplica el costo financiero, ambiental y social, es necesario planear medidas de adaptación al cambio climático que armonicen y den coherencia a las políticas hídrica, agrícola, energética y de uso de suelo. Esto permitirá reducir la vulnerabilidad a sus impactos.

En 2011, México contribuyó con **1.4 por ciento** de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>, derivadas principalmente de la quema de combustibles fósiles.

# INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Más de 28 millones de mexicanos están expuestos a un riesgo elevado de sufrir daños por fenómenos hidrometeorológicos.

Por su ubicación geográfica, México tiene una gran variedad de climas. Al sur hay bosques y selvas tropicales que reciben una gran cantidad de lluvia, mientras que el centro-norte sufre por falta de agua. Este contraste hídrico, punteado por inundaciones y sequías periódicas, probablemente se agravará, pues el cambio climático hará que estos eventos se vuelvan más extremos y frecuentes.

En los últimos años, México ha enfrentado un número creciente de fenómenos climáticos extremos, que han generado pérdidas humanas y altos costos económicos y sociales. Los daños económicos relacionados con estos eventos han aumentado de un promedio anual de 730 millones de pesos durante el periodo de 1980 a 1999 a 284,351 millones para el periodo 2000-2012, y en ese mismo periodo, en promedio murieron 152 personas por año por las mismas causas.

## GRADO DE RIESGO POR CICLONES TROPICALES



Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), durante 2013 México tuvo una precipitación acumulada de 868.3 milímetros, 16% superior al promedio histórico de 747.4, debido a la presencia de 32 ciclones tropicales que provocaron daños en 483 municipios de 19 estados.

## GRADO DE RIESGO POR SEQUÍAS



Por otro lado, la sequía afecta al menos a 33 millones de personas y sigue aumentando por la deforestación. México, según la Comisión Nacional Forestal (Conafor), es uno de los diez países con mayor área de bosques primarios, con una superficie forestal de alrededor de 139 millones de hectáreas, de las cuales 60% son bosques y selvas. Pero

también es una de las naciones que más pierde en este rubro: se deforestan alrededor de 150 mil hectáreas anuales.

Estos problemas se verán agravados por los efectos del cambio climático ya que, de acuerdo con las proyecciones futuras de diversos escenarios climáticos, las temporadas de sequías se prolongarán en el norte y centro del país, el nivel del mar se elevará y aumentará la probabilidad de que impacten huracanes de mayor intensidad en las costas del Pacífico y del Atlántico.

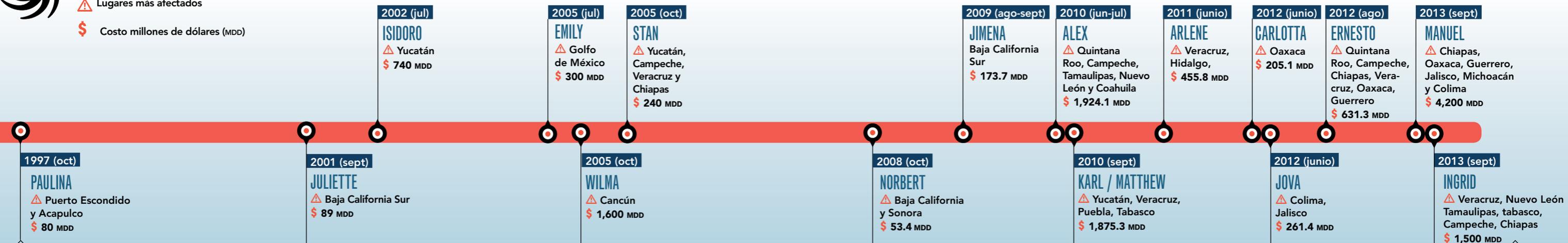
Un estudio del Banco Mundial indica que, para 2045, la vulnerabilidad de estados como Zacatecas y Guanajuato en el centro o Chihuahua en el norte aumentará debido a la escasez de agua. Por otro lado, en el sureste, Yucatán y Chiapas se verán más afectados por las lluvias. Además, para las temporadas primavera-verano 2030-2039 los efectos del cambio climático asociados con inundaciones y sequías afectarán la producción de maíz en al menos 85% de los municipios del país.



## HURACANES MÁS INTENSOS EN MÉXICO 1997-2013

▲ Lugares más afectados

💰 Costo millones de dólares (MDD)



# AGUA Y AGRICULTURA

Casi todas las formas tradicionales de generación de energía requieren del uso de agua, al mismo tiempo que la extracción, tratamiento y distribución del agua demanda gran cantidad de energía.

**D**urante 2012, el sector agroalimentario mexicano produjo un total aproximado de 255 millones de toneladas de alimentos. De esta cifra, 235 millones de toneladas fueron aportados por la agricultura. Este sector consume 77% del agua disponible en el país.

La transformación de ecosistemas que prestan valiosos servicios ambientales hidrológicos (como captación y recarga de acuíferos) en terrenos cultivables, la baja disponibilidad de agua en las zonas de mayor producción del país, el crecimiento poblacional y las grandes deficiencias en el uso y suministro del agua de riego generan preocupación.

Pese a que la superficie de áreas de riego es menor, su productividad es 3.7 veces mayor que las de temporal, por tal razón es fundamental buscar su uso eficiente. Las propuestas principales apuntan hacia la reparación, modernización y tecnificación de los sistemas de riego.

En México el método de riego por gravedad (rodado) es el más utilizado, sin embargo, es el que registra más pérdida del líquido debido a fugas y evapotranspiración.

El subsidio al consumo de electricidad para bombeo agrícola a través de la tarifa 09, incentiva el desperdicio

Comparación entre **superficie cosechada** (Hectáreas=ha) y cantidad de **precipitación pluvial al año** (Milímetros=mm) de entidades ubicadas al noreste y al sureste de México.

## DISPONIBILIDAD DEL AGUA Y ÁREA COSECHADA



## DEMANDA DE AGUA (m³) POR CULTIVO (toneladas)<sup>2</sup>

CULTIVO	SUPERFICIE COSECHADA (ha)	DEMANDA DE AGUA POR PRODUCTO (m³/ton)
Caña de Azúcar	134 725	183
Trigo Grano	455 387	1,076
Sorgo Grano	503 550	1,248
Maíz Grano	740 292	2,271
Frijol	56 604	5,018
Alfalfa	152 085	5,023

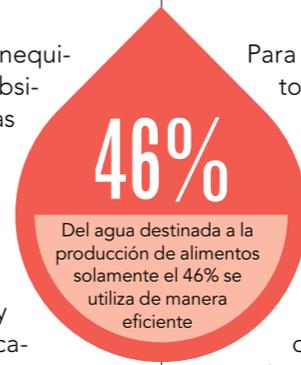
del agua y de la electricidad, y desalienta el uso de tecnologías de riego eficientes.

Durante el 2012, el subsidio a esta tarifa fue inequitativo, pues sólo 33 usuarios recibieron un subsidio mayor a \$ 500 mil pesos anuales, mientras que más de 17 mil usuarios recibieron un subsidio menor a \$500 pesos al año.

Para resolver esta situación se ha planteado el incremento de la tarifa 09, lo cual disminuiría la extracción de agua hasta en 15%, y en consecuencia tendría un impacto significativo en la explotación de los acuíferos. Por otro lado se incentivaría el uso de cultivos menos intensivos de agua; la reconversión tecnológica hacia sistemas de

riego y bombeo más eficientes; y una reducción en el consumo de agua y energía.

Para lograr una producción sostenible de alimentos en los siguientes años, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) recomiendan: fomentar prácticas de conservación de áreas de recarga o fuentes de agua, promoción de técnicas de captación y almacenamiento de agua de lluvia y escorrentía, tecnificación de riego, orientación hacia cultivos que requieran menos agua, cambios en prácticas de cultivo y rehabilitación de distritos de riego, por citar algunos ejemplos.



# AGUA Y ENERGÍA

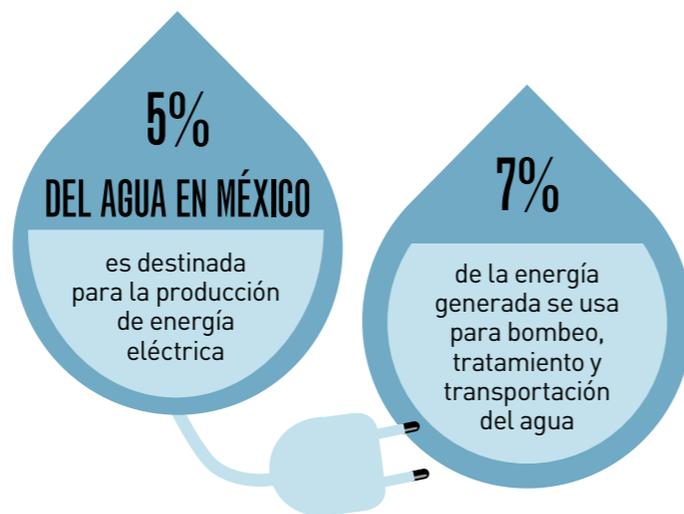
El agua y la energía están íntimamente vinculadas y son interdependientes. Para extraer y dar tratamiento al agua se utiliza energía y para producir y transmitir energía se necesita agua. Las hidroeléctricas utilizan la energía cinética del agua para mover las turbinas que generan electricidad, las termoeléctricas usan el calor residual de las turbinas para generar vapor de agua y producir más electricidad y las plantas de energía nuclear usan agua para generar vapor y para el enfriamiento de los reactores.

En nuestro país, que requiere entre 230 y 235 terawatts ( $10^{12}$  watts) por hora para funcionar, las centrales termoeléctricas convencionales son las principales generadoras de energía eléctrica.

El agua y la energía tienen impactos decisivos en el alivio de la pobreza. En el mundo, cerca de 1,300 millones de personas no tienen acceso a la electricidad, 768 millones de personas carecen de acceso a agua potable y 2,500 millones no tienen servicios de saneamiento. En México hay 11 millones de personas (aprox.) sin acceso a agua potable, 11 millones (aprox.) sin acceso a alcantarillado y 3 millones sin energía eléctrica.

El desperdicio de agua está directamente relacionado con el uso ineficiente de la energía. Por ejemplo, 70 por ciento del agua extraída en el mundo se utiliza en la pro-

## ¿CUÁNTO SE USA?



ducción agrícola; sin embargo la eficiencia global del riego es inferior al 50 por ciento. Además, según el Centro Mario Molina, el subsidio total para producir electricidad y distribuirla a regiones agrícolas en México es de más de 11.4 mil millones de pesos anuales, por lo que se estarían desperdiciando aproximadamente 5.7 mil millones debido a la ineficiencia. Por otra parte, el bombeo de agua para uso agrícola consume cerca de 8 mil gi-

La formas tradicionales de generación de energía son altamente demandantes de agua así como la extracción, tratamiento y distribución del agua requieren de energía. Urge transitar hacia la planeación coordinada de ambos sectores.

## EL PROYECTO DE LA PRESA HIDROELÉCTRICA LAS CRUCES, EN EL RÍO SAN PEDRO MEZQUITAL

### COSTO

VS

### BENEFICIO



Inundará 14 sitios sagrados de la etnia Náyeri,

suspenderá el principal aporte de nutrientes que recibe **Marismas Nacionales**, afectando la integridad de esta zona de manglares, la más importante del Pacífico Norte en América,



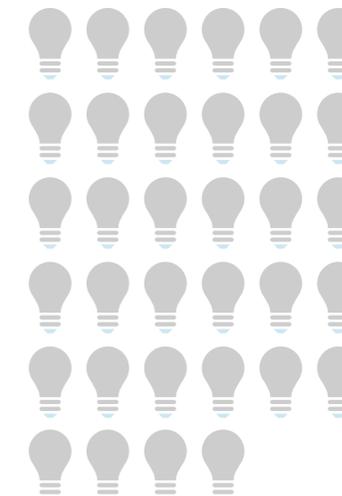
afectará a las **pesquerías** que viven gracias a sus nutrientes río abajo (6 mil toneladas anuales).



suspenderá el aporte de nutrientes y agua a **55 mil hectáreas** de áreas de cultivo



generará **805 gigawatts por hora**



(la producción nacional es de 27,444 megawatts por hora).

gawatts ( $10^9$  watts) por hora, lo que corresponde a cerca de 5 millones de toneladas de  $CO_2$  emitidas por año.

La demanda de agua dulce y energía seguirá aumentando de manera significativa en las próximas décadas y presionará los recursos en casi todas las regiones, en particular en los países en desarrollo y los emergentes como el nuestro.

Para promover prácticas sustentables en este ámbito tenemos que comprender la conexión y los efectos entre el agua y la energía y entender que la mejora en la eficiencia del agua y la energía es fundamental para el bienestar. La planeación coordinada de ambos sectores permitirá reducir ineficiencias y mejorar el acceso de las personas a ambos recursos.

Las centrales termoeléctricas en México producen entre 44 y 48% de la energía total y consumen 22.53 m<sup>3</sup> por segundo de agua, lo que equivale a 1.5 veces la cantidad que el Sistema Cutzamala proporciona al DF y al Estado de México.

# FRACTURA HIDRÁULICA

El impacto ambiental del fracking o fractura hidráulica puede ser grave, por lo que esta actividad debe regularse y supervisarse con suma responsabilidad.

La fracturación hidráulica o *fracking* es una técnica que permite extraer gas atrapado en rocas de lutitas o esquistos que se encuentran en el subsuelo. En Estados Unidos esta técnica genera el 67% de la producción de gas natural no convencional, pero el debate sobre los costos económicos, ambientales y en la salud humana aún continúa.

En México, el volumen aproximado de recursos recuperables de shale gas es de 681 billones de pies cúbicos, mientras que el gas natural convencional alcanza los 113

La perforación de un pozo de shale gas implicaría un costo de entre 2 y 6 millones de galones de agua.

billones de pies cúbicos. Para el año 2017, Pemex planea la perforación de 175 pozos de shale gas.

Durante el 2011, como parte de los trabajos en Marcellus Shale, en el estado de Pennsylvania, Estados Unidos, se fracturaron **1500 POZOS** en lo que se utilizaron de **45,426m<sup>3</sup> A 75,708m<sup>3</sup> DE AGUA**.

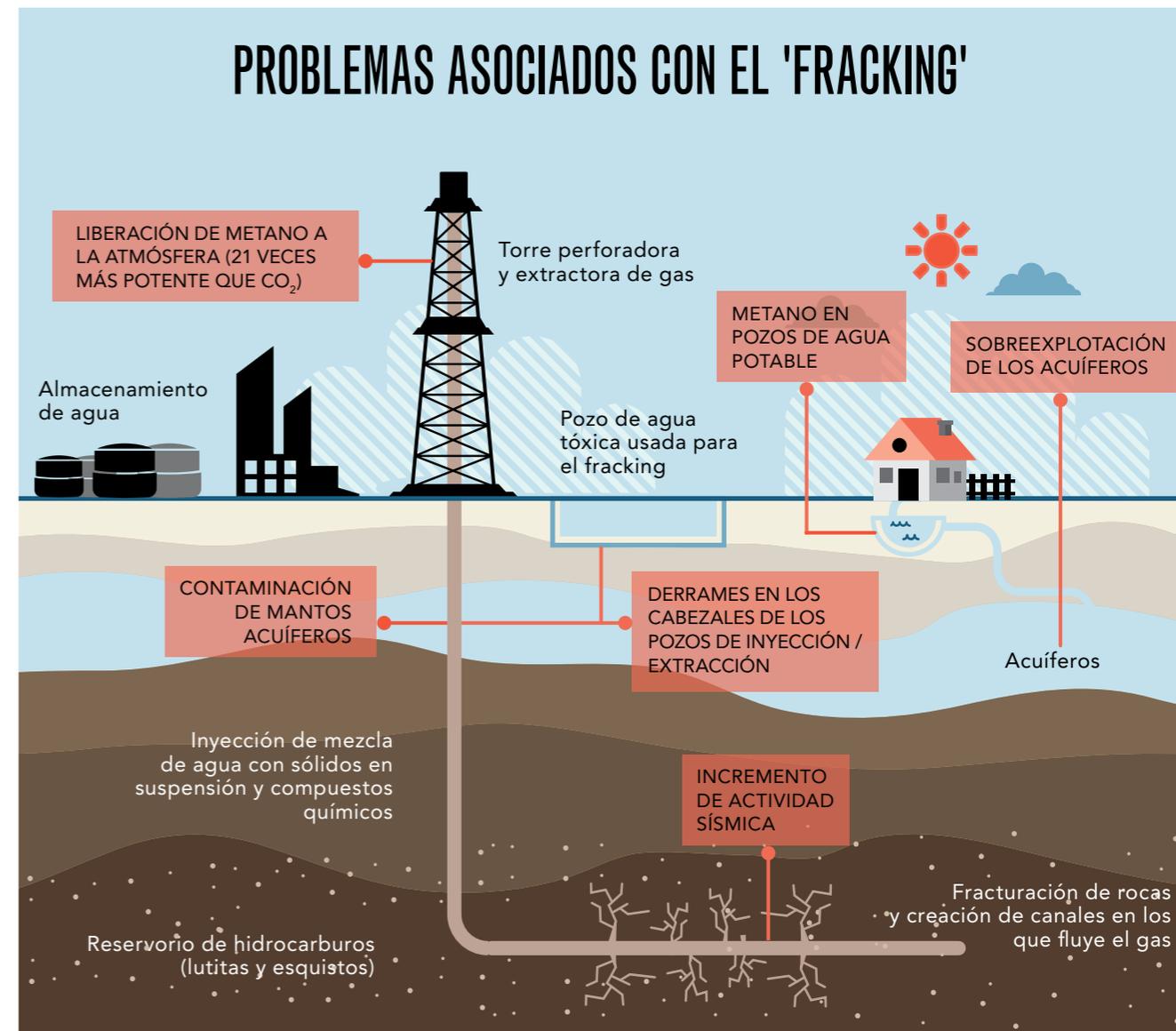
Esta técnica trae consigo problemas vinculados, principalmente, con la contaminación del agua durante el proceso de extracción, liberación de gases de efecto invernadero más potentes que el bióxido de carbono e incremento de la actividad sísmica en regiones aledañas a la zona de extracción.

Actualmente, algunos de los asuntos pendientes alrededor del *fracking* están relacionados con la regulación del uso del agua y su tratamiento posterior, así como el derecho a exigir y conocer la composición de los fluidos que son empleados en el proceso de extracción.

## ÁREAS DE EXTRACCIÓN DE GAS EN MÉXICO



Pemex tiene identificadas cinco cuencas potenciales, todas en el noreste y en el Golfo de México: CHIHUAHUA, SABINAS-BURRO-PICACHOS, BURGOS, TAMPICO-MISANTLA Y VERACRUZ.



# AGUA Y MINERÍA

Una mina de oro a cielo abierto usa más de 4 MILLONES DE LITROS DE AGUA DIARIOS.

La minería en México tuvo su mayor auge en el periodo colonial, produjo, por una parte, importantes polos de desarrollo, y por otra, graves tensiones sociales. Actualmente es la cuarta actividad económica con mayor captación de divisas (USD 18 mil millones), y durante el 2013 sostuvo 332 mil 501 plazas laborales.

Hasta el 2012, los cinco estados con más proyectos mineros son: Sonora (154), Chihuahua (87), Durango (70), Sinaloa (66), Zacatecas (50). En ese mismo año, la minería mexicana extrajo, principalmente: plata (4 millones 496 mil toneladas), zinc (500,125 t), cobre (439,571 t), plomo (210,382 t), molibdeno (11,366 t), y oro (96,650 t). Esta industria consume aproximadamente entre el 3% y el 5% del agua disponible en nuestro país.

Durante los últimos 6 años (2008-2013) se han expedido 8,478 títulos de concesión y asignación minera con lo cual actualmente se cuenta con un total de 27,022 por una superficie total de casi 32 millones de hectáreas, 16% del territorio nacional. Junto a su valor para el desarrollo económico, es innegable la amenaza que representan para el agua, el ambiente y la salud humana.

La Norma Oficial Mexicana NOM-157-SEMARNAT-2009 establece los elementos y procedimientos para instrumentar planes de manejo de residuos mineros. Se calcula que al año se generan cerca de 123 millones de toneladas de residuos mineros, de las cuales sólo el 10% es reutilizado. Según la ley minera mexicana, la contaminación

del ambiente derivada de las actividades mineras amerita sanciones administrativas, mas no la cancelación de las actividades.

En materia de justicia ambiental, uno de los grandes problemas es la ausencia de una regulación que demande a las empresas el pago de costos de remediación de los sitios en los que se lleva a cabo actividad minera, ya que generalmente estos gastos son absorbidos por los propios países o regiones. Otra amenaza es la falta de neutralización de la toxicidad de las aguas residuales y su disposición a cielo abierto ya que la legislación mexicana no compromete a las empresas a resolver este problema. Por lo tanto, el tratamiento de estas aguas solamente se realiza mientras los trabajos mineros están activos.

A fin de enfrentar la problemática ambiental y social del sector minero, distintos órganos internacionales han desarrollado lineamientos, iniciativas y convenciones con el fin de mejorar el desempeño ambiental y social de la minería. La minería responsable no debería poner en riesgo los recursos naturales de los cuales vive una región. No debería aceptar como inevitables riesgos que pueden ser fatalmente trágicos para la población. No debería dañar áreas naturales protegidas seleccionadas por su importancia para la nación. No debería poner en riesgo otras actividades económicas de las cuales vive y se sustenta en el largo plazo el desarrollo regional y la economía de las comunidades locales. No debería poner en entredicho las metas nacionales de reducción de emisiones.

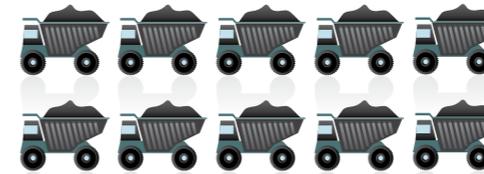
## MINAS Y CONSUMO DE AGUA EN MÉXICO

**Mina San Xavier**  
(San Luis Potosí):  
**32 millones** de litros de agua diarios.

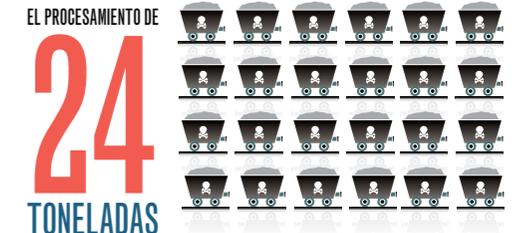
**Mina Mazapil**  
(Zacatecas): **89 millones** de litros de agua diarios.

**Mina Paredones Amarillos**  
(Baja California):  
usará en 10 años de vida **50 mil millones** de litros de agua.

LA EXTRACCIÓN DE  
**132**  
TONELADAS DE ROCA,



el volumen transportado por **10 camiones** materialistas estándar

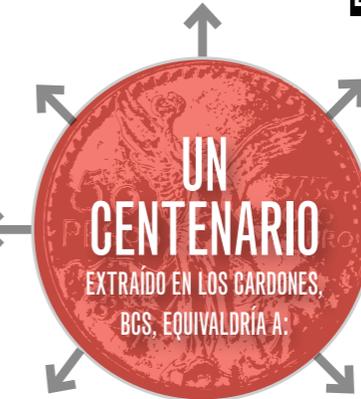


EL PROCESAMIENTO DE  
**24**  
TONELADAS

DE TIERRA LIXIVIADA con solución de cianuro altamente tóxica

LA EMISIÓN DE UNOS  
**650 KG**  
DE CO<sub>2</sub>

a la atmósfera, junto con otros gases de efecto invernadero, como SO<sub>2</sub> y NO



UN CENTENARIO EXTRAÍDO EN LOS CARBONES, BCS, EQUIVALDRÍA A:

LA LIBERACIÓN AL AMBIENTE DE  
**30 KG**  
DE SALES DE CIANURO que ponen potencialmente en riesgo la calidad del agua cuenca abajo



EL CONSUMO DE **1,300 KW-H** DE ELECTRICIDAD suficientes para abastecer de energía eléctrica a cerca de **20-30 familias** por día

EL CONSUMO DE **100 MIL LITROS DE AGUA DULCE**

suficientes para proporcionar agua a cerca de **200 familias** por un día

LA DISPOSICIÓN AL MAR DE **3,200 KG** de sales residuales provenientes del proceso de desalación



EL CONSUMO DE **450 LITROS** DE COMBUSTIBLES FÓSILES (diesel y combustóleo)

# AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN

El tratamiento de aguas residuales es sumamente importante para la sostenibilidad del ciclo de agua, al evitar la sobreexplotación de acuíferos y la contaminación de los ecosistemas.

Es preciso ajustar los procesos de tratamiento, no sólo por procurar el bienestar social y del ambiente, sino también por razones económicas y de seguridad nacional.

En México en 2011, los costos económicos de la contaminación del agua por descargas de aguas residuales no tratadas alcanzaron –según el INEGI– el 0.4% del PIB de ese año, es decir 60,800 millones de pesos<sup>1</sup>. La contaminación del agua ha llegado a tal grado que requiere de una fuerte inversión, no sólo para infraestructura de tratamiento de las aguas residuales sino para cubrir el costo de tratar enfermedades diarreicas debidas a la contaminación del agua y de los productos agrícolas que dependen de la misma.

Tan grave es la falta de agua como la pérdida de su calidad ocasionada por el uso humano. Cada día se vierten millones de metros cúbicos de aguas residuales, desechos industriales y agrícolas tratados de forma inadecuada a los cuerpos de agua.

Cada año mueren millones de personas a causa del agua no apta para el consumo humano, en 2004 México presentó 4,180 defunciones por enfermedades diarreicas,

Lagos, ríos y deltas reciben una cantidad de contaminación equivalente al peso de toda la población mundial (de cerca de 7,000 millones de personas).

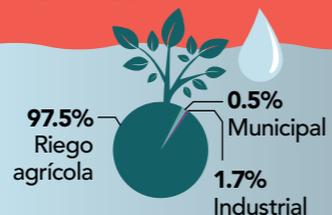
## AGUAS RESIDUALES

### PLANTAS DE TRATAMIENTO:

**2 342** plantas municipales tratan **47.5%** de los **210.2 m<sup>3</sup>/s** recolectados en los sistemas de alcantarillado

**2 530** plantas industriales usan **28.8%** de los **60.5 m<sup>3</sup>/s** generados

### AGUA TRATADA SE USA EN:



El reúso de aguas residuales podría contribuir a cerrar la brecha entre oferta y demanda de agua en **40%**

### PRODUCIDAS:

13.85 miles de hm<sup>3</sup>/año (439.54 m<sup>3</sup>/s)

### RECOLECTADAS EN ALCANTARILLADO:

6.63 miles de hm<sup>3</sup>/año (210.2 m<sup>3</sup>/s)

### TRATADAS:

5.1 miles de hm<sup>3</sup>/año (160.33 m<sup>3</sup>/s) = 36.8%

### AGUA NO TRATADA:

8.75 miles de hm<sup>3</sup>/año

### SE VA HACIA:

Mar, ríos, lagos y riego agrícola

Costo económico de la contaminación del agua por descargas de aguas residuales no tratadas = **0.4% DEL PIB = \$60,800,000,000**

casi el 1% del total de muertes de ese año. La contaminación del agua debilita o destruye los ecosistemas que sustentan la salud humana, la producción de alimentos y la biodiversidad (ONU).

Por ello, invertir en la infraestructura necesaria para incrementar la capacidad de tratamiento de aguas

residuales resulta en una ganancia a largo plazo, al disminuir los costos de la contaminación, sobreexplotación y transportación del agua. Estos costos irán aumentando progresivamente con el crecimiento de la población –particularmente en áreas urbanas– y se intensificará la presión sobre los recursos locales del agua.

**POR EJEMPLO, LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA DEL VALLE DE MÉXICO PRESENTAN SOBREEXPLORACIÓN DE 200%, POR LO CUAL SE INVIERTEN 3 MIL MILLONES DE PESOS AL AÑO SÓLO EN TRANSPORTAR AGUA AL DISTRITO FEDERAL.**

Por otro lado, el uso de aguas residuales tratadas podría contribuir a cerrar la brecha entre la oferta y la demanda de agua. Según las proyecciones de Conagua, en 2030 esta brecha será de 23 mil millones de metros cúbicos. Asimismo, se estima que habrá un total de 9.2 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales. Entonces, si se tratara el 100% de las aguas residuales (como está planeado para 2030), se reduciría la brecha en un 40% y se podrá liberar la misma cantidad de agua de primer uso, con lo que se reduciría la presión hídrica y la sobreexplotación de acuíferos, se prevendría la contaminación continua de los cuerpos de agua y se reducirían las enfermedades diarreicas.

Hay dos tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales sustentados en procesos biológicos: aerobios y anaerobios. Los primeros proporcionan un medio de alto contenido de oxígeno para que los organismos puedan degradar la porción orgánica de los desechos a dióxido de carbono y agua. Los segundos utilizan bacterias que descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno; los gases liberados (metano y dióxido de carbono) pueden usarse como combustible.

El tratamiento de aguas residuales tiene un efecto positivo en el ambiente y en el bienestar de las comunidades. Además, genera un ahorro tangible al reducir la sobreexplotación y contaminación de agua.

# ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS

Las especies invasoras representan la segunda causa de pérdida de biodiversidad en el planeta.

Las especies exóticas invasoras (EEI) son aquellas que, al ubicarse fuera de su hábitat natural, encuentran condiciones propicias que les permiten colonizar nuevos ambientes y expandirse con rapidez. Por lo general, su introducción y dispersión causa graves daños ambientales, económicos y a la salud, así como pérdida de biodiversidad y degradación de los servicios ecosistémicos. La magnitud de su impacto dependerá del estado de conservación del ecosistema, de las características inherentes a las especies y de la efectividad de las vías de introducción asociadas.

Para los ambientes acuáticos, la introducción intencional o accidental de estas especies tiene consecuencias impredecibles y a menudo irreversibles. El reemplazo de especies nativas por EEI altera la composición de las comunidades y los procesos de los ecosistemas, con graves efectos negativos, tanto ecológicos como económicos. Por ejemplo, se estima que la invasión de plecos en la

presa Infiernillo (ubicada entre los estados de Guerrero y Michoacán) ha costado a las pesquerías mexicanas más de 13 millones de dólares en pérdidas de producción.

El agua de las embarcaciones es una vía de introducción no intencional que puede transportar cualquier especie marina que en alguna fase del ciclo de vida flote libremente en el agua (plancton); se estima que en México hay cerca de 200 especies acuáticas exóticas introducidas por esta vía. Otras vías no intencionales son las bioincrustaciones, los canales artificiales, así como las

Las principales vías de introducción de especies exóticas invasoras acuáticas son el agua de lastre de los barcos, las bioincrustaciones y la acuicultura.

presas, las plataformas de perforación, los remolques de embarcaciones y la dispersión natural (eventos meteorológicos extremos, migración de aves acuáticas, etc.).

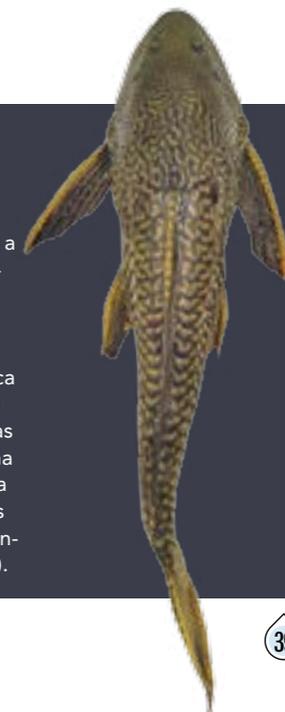
La acuicultura es una vía de introducción intencional importante pues muchas de las especies que se cultivan se seleccionan por su resistencia y adaptabilidad, por lo que tienen una alta probabilidad de convertirse en invasoras. En México, especies exóticas como la tilapia, las carpas y la trucha arcoíris se cultivan de manera extensiva.

Algunas especies, como el lirio acuático, pueden impedir la navegación, modificar los hábitats acuáticos o albergar vectores de enfermedades. Otras, como el mejillón cebra, quitan nutrientes de los cuerpos de agua dulce y obstruyen tuberías de plantas hidroeléctricas.

Las especies invasoras pueden causar también impactos sanitarios al ser portadoras de patógenos o parásitos

ajenos al ecosistema. Por ejemplo, el caracol trompetero es portador de varias especies de parásitos del ser humano y las mareas rojas producen toxinas que dañan los sistemas digestivo y nervioso de muchos animales, entre ellos el hombre.

México requiere el trabajo coordinado de las instituciones gubernamentales federales bajo un marco legal adecuado. Es necesario atender los vacíos regulatorios tanto para el control de la introducción como para el manejo de estas especies. La implantación de instrumentos económicos de carácter fiscal y el establecimiento de herramientas de análisis de riesgo como un instrumento obligatorio estandarizado en la normatividad ambiental para fortalecer el enfoque preventivo, la detección temprana y la respuesta rápida pueden contribuir a prevenir o reducir riesgos por EEI.



## LIRIO ACUÁTICO<sup>1</sup> (*Eichhornia crassipes*)

Esta especie de origen sudamericano, constituye ya un serio problema a nivel mundial. Se caracteriza por su tolerancia a climas extremos, invade los cuerpos de agua con facilidad y es capaz de duplicar su biomasa cada 6-18 días. Se ha dispersado por Estados Unidos, México, Centroamérica, Las Antillas y partes cálidas del hemisferio occidental. En México fue

introducida a finales del siglo XIX y, prácticamente todos los lagos tienen problemas con esta especie.

### IMPACTOS

• Disminuye la capacidad de intercambio de oxígeno entre la interfase aire-agua y evita la penetración de la luz. Provoca la eliminación de microalgas que son el alimento de crustáceos y peces.

- Al morir se deposita en el fondo del cuerpo de agua produciendo condiciones de falta de oxígeno que interfieren con las funciones de los organismos que habitan en el fondo.
- Altera la composición de comunidades de invertebrados, afectando en última instancia a las industrias pesqueras.
- Entorpece la navegación por ríos y lagunas

## PLECOS<sup>2</sup> (*Loricáridos*)

La primera especie de esta familia identificada en México fue el *Liposarcus (Pterygoplichthys) multiradiatus* en el río Balsas en 1995. En 2002 se registró el primer estado invasivo en la cuenca. Actualmente, el problema es grave, pues al menos cuatro especies ya se han establecido en la presa El Infiernillo, uno de los mayores cuerpos de agua dulce del país (120 km de longitud, 40 mil Ha de superficie y 11.86 mil millones de m<sup>3</sup>

de capacidad). Esta presa era el principal sitio para la pesca de agua dulce del país. Antes de la invasión, los pescadores capturaban casi 20 mil toneladas de tilapia al año, mientras que en los últimos tiempos capturan de 13 mil a 15 mil toneladas. Esta baja en la producción pesquera ha impactado a los pescadores y su calidad de vida.

Las pérdidas brutas derivadas de la presencia de plecos en la presa Infiernillo son del orden de 178 millones de pesos, es

decir, unos 16.4 millones de dólares. Además, se han perdido cerca de 43 mil empleos indirectos y 3 mil 500 directos a causa de la infestación de loricáridos tan sólo en este lugar.

La pérdida de ingresos de las personas empleadas en la pesca o en los servicios de apoyo a la pesca también ha afectado a las familias al punto de generar una difícil situación socioeconómica que se está repitiendo en otros lugares (por ejemplo, en la cuenca del Grijalva y el Usumacinta).

# BIBLIOGRAFÍA

## ◆ **DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN MÉXICO:**

1. Centro Virtual de Información del Agua (2011). Agua en México. Consultado en agosto de 2014: <http://www.agua.org.mx/index.php/el-agua/agua-en-mexico>
  2. Comisión Nacional del Agua (2013) Estadísticas del Agua en México. Edición 2013. México. Consultado en julio de 2014. Versión digital: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=86&n4=399>
  3. Comisión Nacional del Agua (2013) Estadísticas del Agua en México. Edición 2013. México. Consultado en julio de 2014. Versión digital: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=86&n4=399>
- Conagua (2013) Elaborado a partir de Subdirección General Técnica 2013 y Subdirección General de Administración del Agua 2013.
  - Conagua (2012) Atlas Digital del Agua México 2012. Sistema Nacional de Información del Agua. Consultado en julio de 2014: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/>
  - CARABIAS, J. y LANDA, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad Nacional Autónoma de México- Colegio de México - Fundación Gonzalo Río Arronte. Primera edición. México

## ◆ **GESTIÓN SUSTENTABLE:**

1. Conagua. Subdirección General de Programación. Elaborado con base en datos de: Conapo. Proyecciones de la Población de México 2005-2050. México, 2008. Conagua. Subdirección General Técnica.
- Agua.org (s.f.). Consultado en Septiembre de 2014, de <http://agua.org.mx/>
- COTLER, H. y PINEDA, R. (2008). Boletín del archivo histórico del agua. Año 13. Mayo- agosto 2008. Semarnat. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/9149-manejo-integral-de-cuencas-en-mexico-ihacia-donde-vamos>
- COLLADO, J. (1999) Marco Legal para el manejo de cuencas en México. Congreso Nacional de Irrigación: simposio 4 Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas. Culiacán. Sinaloa. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/544-marco-legal-para-el-manejo-de-cuencas-en-mexico>
- COTLER et. al., (2013) Cuencas Hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable y Red Mexicana de Cuencas Hidrográficas. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/27952-cuencas-hidrograficas-fundamentos-y-perspectivas-para-su-manejo-y-gestion>
- ANDRADE, A. y NAVARRETE, F. (2004) Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integral del recurso hídrico. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA - Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Red de Formación Ambiental. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/27952-cuencas-hidrograficas-fundamentos-y-perspectivas-para-su-manejo-y-gestion>

[org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/23280-lineamientos-para-la-aplicacion-del-enfoque-ecosistémico-a-la-gestion-integral-del-recurso-hídrico](http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/23280-lineamientos-para-la-aplicacion-del-enfoque-ecosistémico-a-la-gestion-integral-del-recurso-hídrico)

- MUÑOZ, M. y GUTIÉRREZ-YURITA, P. (2012) La gestión del agua en México: un viaje del pasado hacia el futuro. Consultado de mayo de 2014: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1264-gestion-del-agua-en-cuencas-hidrograficas/22045-la-gestion-del-agua-en-mexico-un-viaje-del-pasado-hacia-el-futuro>

## ◆ **DERECHO HUMANO AL AGUA:**

1. Organización Mundial de la Salud (OMS), Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH), Centro por el Derecho a la Vivienda y contra los Desalojos (COHRE), Water Aid, Centro de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. The Right to Water. 2003. [www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right\\_to\\_Water.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_Water.pdf)
2. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), UNESCO Etxea – Centro UNESCO del País Vasco. Resultado de la reunión de expertos internacionales sobre el derecho humano al agua. París, 7 y 8 de julio de 2009. [unesdoc.unesco.org/images/0018/001854/185432s.pdf](http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001854/185432s.pdf)
3. Banco Mundial (2013) Indicadores de Desarrollo Consultado en: <http://wdi.worldbank.org/table/2.1#>
3. [www.uia.mx/web/files/la\\_problematika\\_del\\_agua%20.pdf](http://www.uia.mx/web/files/la_problematika_del_agua%20.pdf)
3. Banco Mundial (2013) Indicadores de Desarrollo Consultado en: <http://wdi.worldbank.org/table/2.1#>
4. Organización Mundial de la Salud (OMS), Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH), Centro por el Derecho a la Vivienda y contra los Desalojos (COHRE), Water Aid, Centro de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. The Right to Water. 2003. [www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right\\_to\\_Water.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_Water.pdf)
3. Banco Mundial (2013) Indicadores de Desarrollo Consultado en: <http://wdi.worldbank.org/table/2.1#>
5. Semarnat, CNA. Editado en Agua.org.mx. 2014) Banco Mundial (2013) Indicadores de Desarrollo Consultado en: <http://wdi.worldbank.org/table/2.1#>
6. Semarnat, CNA. Editado en Agua.org.mx. 2014)
7. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat), Centro por el Derecho a la Vivienda y contra los Desalojos (COHRE), Asociación Estadounidense para el Progreso de la Ciencia (AAAS), Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Manual on the Right to Water and Sanitation. 2007. [www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2536](http://www.unhabitat.org/pmss/listItemDetails.aspx?publicationID=2536)
8. Organización Mundial de la Salud (OMS), Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos (ACNUDH), Centro por el Derecho a la Vivienda y contra los Desalojos (COHRE), Water Aid, Centro de Derechos

Económicos, Sociales y Culturales. The Right to Water. 2003. [www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right\\_to\\_Water.pdf](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/docs/Right_to_Water.pdf)

9. Conagua, Estadísticas del agua en México 2013.
- MARTINEZ, F. y VELAZCO, A. (2014) Guía para la defensa comunitaria del agua. Centro Mexicano de Derecho Ambiental y Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1322-agua-y-justicia-social>
- NORIA, G. (2013) Guía para legisladores en Recursos Hídricos. Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua/1185-documentos/24529-guia-para-legisladores-en-recursos-hidricos>

## ◆ **GOBERNANZA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA:**

- MARTINEZ, F. y VELAZCO, A. (2014) Guía para la defensa comunitaria del agua. Centro Mexicano de Derecho Ambiental y Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1322-agua-y-justicia-social>
- CERAMI, A. (2013) El derecho a participar directamente en la toma de decisiones sobre asuntos públicos como mecanismos para la protección ambiental. Comisión de Nacional de los Derechos Humanos. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/gestion-del-agua/1257-participacion-ciudadana>
- NORIA, G. (2013) Guía para legisladores en Recursos Hídricos. Fondo para la Comunicación y Educación Ambiental. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua/1185-documentos/24529-guia-para-legisladores-en-recursos-hidricos>
- Organización de Naciones Unidas (s.f.) Gobernanza. Consultado en junio de 2014: <http://www.un.org/es/globalissues/governance/>
- Organización de Naciones Unidas (s.f.) About UNPAN. Consultado en junio de 2014: <http://www.unpan.org/Home/AboutUNPAN/tabid/736/language/en-US/Default.aspx>
- CORREA, L. (2011) Pasado y presente ¿Qué es lo nuevo? Consultado en junio de 2014: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua/1185-documentos/24529-guia-para-legisladores-en-recursos-hidricos>

## ◆ **COSTOS Y PRECIOS DE AGUA:**

1. Comisión Nacional del Agua (2012). Sistema Nacional de Tarifas. Gráfica Tarifas máximas por m<sup>3</sup> de uso Doméstico para ciudades de Situación del Subsector - 2012 30 m3. Consultado julio de 2014: <http://www.conagua.gob.mx/Tarifas/Consultas.aspx>.
2. MONTERO, D. (2014) Resultados del proyecto Calidad y disminución de la demanda de agua en el Distrito Federal. Pág. 4-5. Consultado en julio de 2014: [http://www.uam.mx/semanario/xx\\_22/files/assets/common/downloads/xx\\_22.pdf](http://www.uam.mx/semanario/xx_22/files/assets/common/downloads/xx_22.pdf)
3. Conagua. Consulta de tarifas nacionales. <http://www.conagua.gob.mx/Tarifas/Consultas.aspx>

4. Gobierno del Distrito Federal (s.f.) El agua en la ciudad. ¿Cuánto pagamos por el agua? Consultado en julio de 2014: [http://cuidarelagua.df.gob.mx/cuanto\\_pagamos.html#U9TL5OOSyB](http://cuidarelagua.df.gob.mx/cuanto_pagamos.html#U9TL5OOSyB)
5. Cobro y Costo del Agua (Código Fiscal del Gobierno del Distrito Federal. Sistema de Aguas del Distrito Federal): [http://cuidarelagua.df.gob.mx/pdf/info\\_cobro\\_agua.pdf](http://cuidarelagua.df.gob.mx/pdf/info_cobro_agua.pdf) Consulta de tarifas nacionales. <http://www.conagua.gob.mx/Tarifas/Consultas.aspx>

## ◆ **AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA:**

1. Agua.org (s.f.) Sustentabilidad. Consultado en mayo de 2014: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/sustentabilidad>
- CARABIAS, J. y LANDA, R. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. Universidad Nacional Autónoma de México- Colegio de México - Fundación Gonzalo Río Arronte. Primera edición. México
- Comisión Nacional del Agua (2012) Atlas de Agua en México 2012. Semarnat-Conagua. México. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/estadisticas/25118-atlas-del-agua-en-mexico-2012-conagua>
- Comisión Nacional del Agua (2013) Estadísticas del Agua en México. Edición 2013. México. Consultado en julio de 2014. Versión digital: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/estadisticas/30681-estadisticas-del-agua-en-mexico-edicion-2013>
- Consejo Consultivo del Agua A.C (s.f.) Consultado en mayo de 2014: <http://www.aguas.org.mx/sitio/index.html>
- ÍSITA, R. y DE REGULES, J. (2013) Agua: del universo a la llave. Consultado en mayo de 2014: <http://www.aguas.org.mx/sitio/index.html>
- Institute for Water Education (s.f.) Consultado en mayo de 2014: <http://www.unesco-ihc.org/>
- Water Footprint Network (s.f.) Consultado en mayo de 2014: [www.waterfootprint.org/index.php?page=files/home](http://www.waterfootprint.org/index.php?page=files/home)

## ◆ **ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y AGUA:**

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas: <http://www.conanp.gob.mx>

## ◆ **AGUA Y SALUD:**

1. COLLADO, Jaime (2008). "Interrelaciones Agua y Salud Pública en México" proyecto de fortalecimiento del manejo integrado del agua. Versión digital: [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/OMM-PREMIA\\_064\\_Agua&Salud\(p\).pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/OMM-PREMIA_064_Agua&Salud(p).pdf)
- GODÍNEZ Trejo, M. (2009) Estimación de tasas de mortalidad, esperanza de vida y AVP por causas de muerte, 2010-2020, en Análisis de las Principales Causas de Muerte, 2009. Versión digital: <http://www.dgis.salud.gob.mx/descargas/pdf/4mis-is-05.pdf>
- MATÍAS, Juan. Et al. "Impacto socio-económico por las enfermedades hidrotansmisibles en Morelos". Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

# BIBLIOGRAFÍA

## ◆ INUNDACIONES Y SEQUÍAS:

- Diario Oficial de la Federación (2013) Estrategia Nacional de Cambio Climático. Versión Digital: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5301093&fecha=03/06/2013)
- Comisión Nacional del Agua (2013) Se prepara Conagua para afrontar las lluvias y sequías de 2014. Boletín de prensa emitido el 18 diciembre 2013. Consultado en junio de 2014: <http://www.cna.gob.mx/SalaPrensa.aspx?n1=3975&n2=Comunicados>
- Comisión Nacional Forestal (s.f.) Guía práctica sobre cambio climático y bosques. SEMARNAT. Consultado en junio de 2014: <http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/documentos/2562GuiaPracticaSobreElCambioClimaticoYBosques.pdf>
- Banco Mundial (2013) Las dimensiones sociales del Cambio Climático en México. Consultado en junio de 2014: <http://www.bancomundial.org/content/dam/Worldbank/document/web%20spa%20mexico.pdf>

## ◆ AGUA Y AGRICULTURA:

1. (MAPA) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (s.f) Consultado en: <http://www.siap.gob.mx/derre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>
  2. (CUADRO) MEKONNEN, M. and HOEKSTRA, A. (2010) The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products, Value of Water Research Report Series No. 47, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report47-WaterFootprintCrops-Vol1.pdf>
- LANDEROS, C. et.al. (2013) El agua y la agricultura en México. Revista Online AZ. Consultado en junio 2014: <http://educacionyculturaaz.com/analisis-el-agua-y-la-agricultura-en-mexico/>
  - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2011) El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. FAO, Roma. Versión digital: <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
  - PÉREZ, R. y AGUILAR, A. (2012) Agricultura y contaminación del agua. Instituto de Investigaciones Económicas, UNAM, México. Versión digital: <http://ru.iiec.unam.mx/1885/1/AGRIContAgua-IMPRESI%C3%93N-12-10-2012.pdf>
  - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013) Atlas agroalimentario. Versión digital: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/atlas2013/index.html>
  - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010) Proyecto estratégico de Tecnificación del Riego. Versión digital: <http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agricultura/Documents/Proyectos/Boletin.pdf>

## ◆ AGUA Y ENERGÍA:

- Comisión Nacional del Agua (2011) Situación del subsector agua potable, alcantarillado y saneamiento. Versión digital: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/DSAPAS%20Edicion%202011.pdf>

- DE BUÉN, O. (2009) Agua y energía. Energía, Tecnología y Educación. Versión digital: <http://www.aguas.org.mx/sitio/archivos/capa1/5.pdf>
- Comisión Federal de Electricidad (2006) Uso y aprovechamiento del agua para generación de energía eléctrica. IV Foro Mundial del Agua. Versión digital: <http://www.bvsde.opsoms.org/bvsacg/e/foro4/17marzo/water/uso.pdf>
- GARCIA HEREDIA, J (2010). Hay 3 millones de mexicanos sin acceso a la electricidad: Kessel. La Prensa (online), 29 de septiembre 2010. Versión digital: <http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n1798639.htm>

## ◆ FRACTURA HIDRÁULICA:

- BALTAZAR, E (2014) Crean normas para regular el fracking. El Siglo de Torreón, 15 de mayo del 2014, versión digital: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/994015.crean-normas-para-regular-el-fracking.html>
- Department of energy USA (2013) Natural gas from shale: questions and answers, s/. Versión digital: [http://energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/how\\_is\\_shale\\_gas\\_produced.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2013/04/f0/how_is_shale_gas_produced.pdf)
- Durham Energy Institute (2013) What size of earthquakes can be caused by fracking? Durham University, Science and society. Versión digital: [https://www.dur.ac.uk/resources/dei/ResearchBrief\\_InducedSeismicity\\_final.pdf](https://www.dur.ac.uk/resources/dei/ResearchBrief_InducedSeismicity_final.pdf)
- GUZMAN, F (2013) Taller de hidrocarburos en lutitas. Gas Shale, Protección al medio ambiente, México, Instituto Mexicano del Petróleo. Versión digital: <http://www.imp.mx/eventos/TLutitas/Medio-Ambiente-IMP-21-10-13.pdf>
- HERNÁNDEZ, M (2010) Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. Tierra latinoamericana. Versión digital: <http://www.globalnature.org/bausteine.net/f/7880/HumedalesyCarbono.pdf?fd=2>
- JACKSON, R et.al. (2013) Increased stray gas abundance in a subset of drinking water wells near Marcellus shale gas extraction. Proceedings of the National Academy of Science. Versión digital: <http://www.pnas.org/content/110/28/11250>
- MYERS, T (2012) Potential contaminant pathways from hydraulically fractured shale to aquifers, in Groundwater. Versión digital: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-6584.2012.00933.x/abstract>
- PEMEX (2013) Plan de acción climática de Petróleos Mexicanos y sus organismos subsidiarios, México. Consultado en mayo de 2014: [http://www.pemex.com/acerca/informes\\_publicaciones/Documents/pac\\_2013.pdf](http://www.pemex.com/acerca/informes_publicaciones/Documents/pac_2013.pdf)
- United States Environmental Protection Agency (2014) Summary of The Clean Water Act. Versión digital: <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>

## ◆ AGUA Y MINERÍA:

- Cámara Minera Mexicana (2013) Situación de la minería mexicana en 2013. LXXVII Asamblea General Ordinaria. México. Versión digital: [https://www.camimex.org.mx/files/9714/0544/1072/situacion\\_de\\_la\\_mineria.pdf](https://www.camimex.org.mx/files/9714/0544/1072/situacion_de_la_mineria.pdf)

- ESTRADA, A. (2001) Impactos de la inversión minera canadiense en México: una primera aproximación. FUNDAR. México. Versión digital: [https://www.academia.edu/1034817/Impactos\\_de\\_la\\_inversion\\_minera\\_canadiense\\_en\\_Mexico\\_una\\_primera\\_aproximacion](https://www.academia.edu/1034817/Impactos_de_la_inversion_minera_canadiense_en_Mexico_una_primera_aproximacion)
- GONZALEZ, J. (2011) Minería en México. Referencias generales, régimen fiscal, concesiones y propuestas legislativas. Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. México. Versión digital: [www3.diputados.gob.mx/camara/.../Mineria\\_en\\_mexico\\_docto121.pdf](http://www3.diputados.gob.mx/camara/.../Mineria_en_mexico_docto121.pdf)
- HERNÁNDEZ, M. (2014) Reprueba Tetela hacia el futuro promoción del gobierno RMV a minas en La Jornada de Oriente (online). Versión digital: <http://www.lajornadadeoriente.com.mx/2014/01/22/reprueba-tetela-hacia-el-futuro-promocion-del-gobierno-de-rmv-a-minas/>
- LANDEROS, C. (2012) Reutiliza minería apenas 10% de los residuos" en El Siglo de Torreón (online). Versión digital: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/801216.reutiliza-mineria- apenas-10-de-residuos.html>
- Sistema de Administración Minera (2013) Expedición de títulos de concesión minera. Consultado en Mayo de 2014: <http://www.siam.economia.gob.mx/es/siam/2013>
- ROSAS, C. (s.f) Los residuos peligrosos en México, s/d. Consultado en mayo de 2014: <http://cetrad.org/v2/book/export/html/1372>

## ◆ CONTAMINACIÓN Y AGUAS RESIDUALES:

1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (s.f.) Sistema de Cuentas Nacionales de México, Cuentas económicas y ecológicas de México, 2003-2011. Consultado en octubre de 2014: [http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/doc/SCEEM0311\\_08.pdf](http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/ee/doc/SCEEM0311_08.pdf)
- CASTILLO, I (2012) Problemas de Calidad del Agua en México. Seminario sobre instrumentos económicos para cuencas ambientales. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/estudios/397/castillo.html>
  - Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua (2014) Se construirá un nuevo emisor de aguas residuales. Consultado en octubre de 2014: <http://www.comda.org.mx/seconstruira-un-nuevo-emisor-de-aguas-residuales/>
  - Comisión Nacional del Agua (2011) Agua en el Mundo. Estadísticas del Agua en México, Edición 2011. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf>
  - Comisión Nacional del Agua (2013) Estadísticas del Agua en México, edición 2013. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-2-14Web.pdf>
  - Comisión Nacional del Agua (2010) Experiencias en la Instrumentación de Acciones de Saneamiento: Situación actual y Principales Proyectos de Infraestructura en México. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/CONAGUA.pdf>
  - COTLER, H. (2010) Las cuencas hidrográficas de México: Priorización y toma de decisiones. En Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización (H.

- Cotler, Ed.). Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/639/priorizacion.pdf>
- DE LA PEÑA, M et.al. (2013) Tratamiento de Aguas Residuales en México. Banco Interamericano de Desarrollo: Sector de Infraestructura y Medio Ambiente. Consultado en octubre de 2014: [file:///C:/Users/Margarita/Downloads/Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales\\_en\\_Mexico2013.pdf](file:///C:/Users/Margarita/Downloads/Tratamiento_de_aguas_residuales_en_Mexico2013.pdf)
- Agua.org (s.f.) Planta de tratamiento de aguas residuales de Atotonilco". Consultado en octubre de 2014: <http://www.agua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/ usos-del-agua/uso-domestico-del-agua-urbano-y-rural/1282-tratamiento-de-aguas-residuales/30791-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-atotonilco-como-funciona-2>
- PEÑA NIETO, Enrique (2013) Primer Informe del Gobierno 2012-2013: 4.4.2 Implementar un manejo sustentable del agua, haciendo posible que todos los mexicanos tengan acceso a ese recurso. Presidencia de la Nación. México. Consultado en octubre de 2014: <http://www.presidencia.gob.mx/informe/>
- Secretaría de gobernación (2013) Programa Sectorial de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018 (PROMARNAT). Diario Oficial de la Federación. Gobierno Federal. Consultado en octubre de 2014: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5326214](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5326214)
- ROSALES, P. y BARRERA, A. (2003) Efectos económicos provocados por la contaminación del agua en la cuenca baja del río Coatzacoalcos, México. Instituto Mexicano del Petróleo. México. Consultado en octubre de 2014: <http://207.248.177.30/mir/uploadtests/24390.177.59.11.IMTA.%20Efectos%20econ%C3%B3micos%20provocados%20por%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20agua%20en%20la%20cuenca%20baja%20del%20r%C3%ADo%20Coatzacoalcos,%20M%C3%A9xico.pdf>

## ◆ ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS:

1. MIRANDA, M.G. y A. Lot (1999) "El lirio acuático ¿una planta nativa de México". Revista Ciencias 53, enero-marzo. pp 50.
  2. SANDOVAL, et al. (2012) Nuevo registro de *Pterygoplichthys disjunctivus* (*actinopterygii: Loricariidae*) en la desembocadura del río Cahuayana. Coahuayana. Michoacán. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 294-297.
- FLORES MALDONADO, J. et. al. (2008) El Carrizo Gigante, especies invasoras de ecosistemas riparios. CONABIO: Biodiversitas. México.
  - MENDOZA, R. y KOLEFF, P. (2014). Especies Acuáticas invasoras en México. CONABIO. México.
  - GONZÁLEZ, A. et. al. (2014) Sistema de información de especies invasoras, en Mendoza, R. y Koleff, P., Especies invasoras en México. CONABIO. México, pp. 95-112. Versión digital: <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/acuaticas-invasoras-cap05.pdf>



# AGUA Y MEDIO AMBIENTE

Un prontuario para la correcta toma de decisiones

ESTA PUBLICACIÓN SE REALIZÓ GRACIAS AL APOYO DE:



FONDO MEXICANO  
PARA LA CONSERVACIÓN  
DE LA NATURALEZA, A.C.  
Institución privada

FMCN 20 años