

# AGUA

## EN MÉXICO

Un prontuario para la correcta toma de decisiones



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

# AGUA

## EN MÉXICO

Un prontuario para la correcta toma de decisiones

# ÍNDICE



**Coordinación editorial:** Ma.Teresa Gutiérrez M.  
**Investigación:** María Elena Medina  
**Diseño:** Marcela Rivas

Agradecemos a Exequiel Ezcurra y Silvia Philippe  
por su lectura y recomendaciones generales

Disponibilidad del agua en México .....	4
Gestión sustentable .....	6
Usos del agua .....	8
Derecho humano al agua .....	10
Gobernanza y participación ciudadana .....	12
Gestión jurídica del agua .....	14
Costos y precios del agua .....	16
Agua virtual y huella hídrica .....	18
Ríos y lagos .....	20
Humedales costeros .....	22
Instrumentos legales y de política ambiental .....	24
El agua y la salud .....	26
Cambio climático y ciclo hidrológico .....	28
Inundaciones y sequías .....	30
Agua y agricultura .....	32
Agua y energía .....	34
Fractura hidráulica .....	36
Agua y minería .....	38
Aguas residuales y contaminación .....	40
Especies invasoras acuáticas .....	42
Notas y bibliografía .....	44

# DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

La disponibilidad de agua peligra ante el crecimiento poblacional, la contaminación de las cuencas, la falta de tratamiento y de reúso

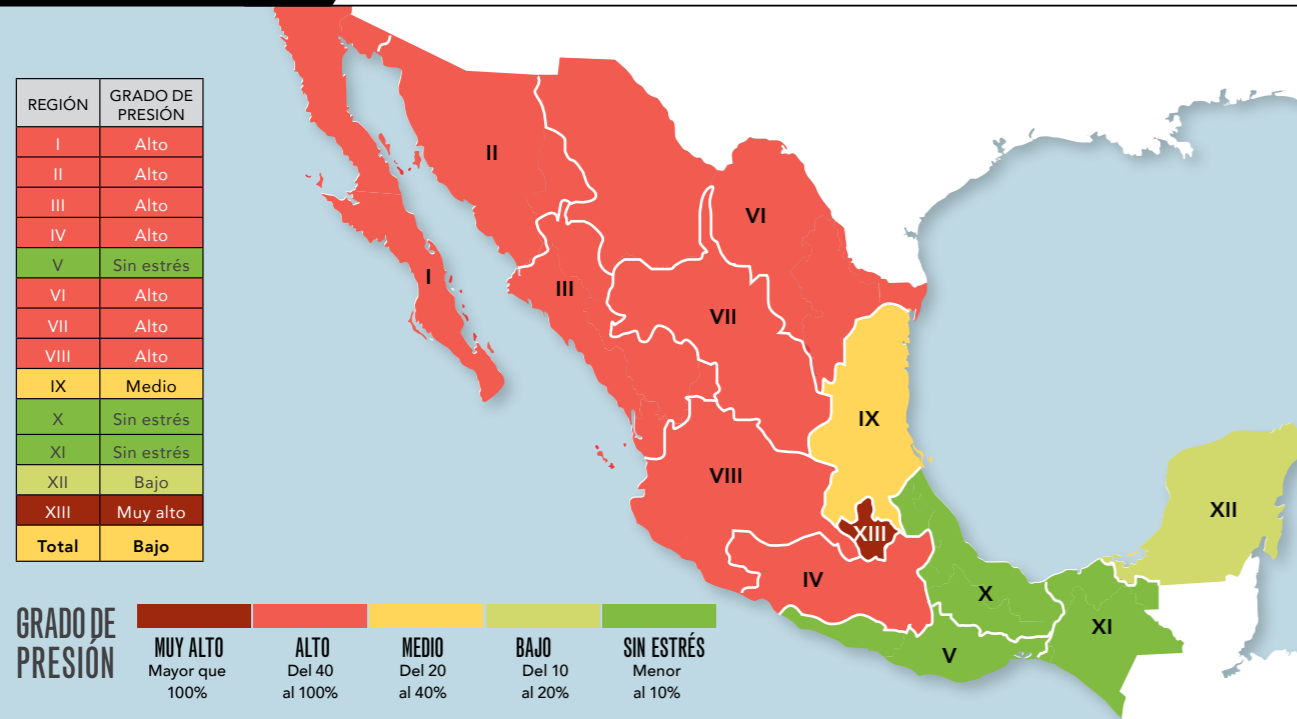
México ha recibido un promedio ligeramente mayor a 821 milímetros anuales de precipitación anual entre 2004 y 2016, con fuertes variaciones de tipo temporal y espacial a lo largo del año y del territorio nacional, lo que provoca grandes desigualdades en su distribución, pues el 67% de la lluvia cae entre junio y septiembre<sup>1</sup>, sobre todo en la región sur-sureste que recibe el 49.6% de la lluvia y es la zona más despoblada del país. En el norte llueve poco

y la densidad poblacional es mayor. Del total de lluvia que cae en México, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera; el 21.2% escurre por los ríos o arroyos, y el 6.4% recarga los acuíferos al infiltrarse en el subsuelo en forma natural<sup>2</sup>.

La precipitación pluvial es una parte esencial del ciclo hidrológico, pues produce el agua renovable, que es el agua factible de aprovechar de forma sustentable.

## UN PAÍS BAJO PRESIÓN

Con fines administrativos Conagua ha dividido al país México se divide en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA). El **grado de presión** se obtiene al dividir la extracción entre el agua renovable disponible.

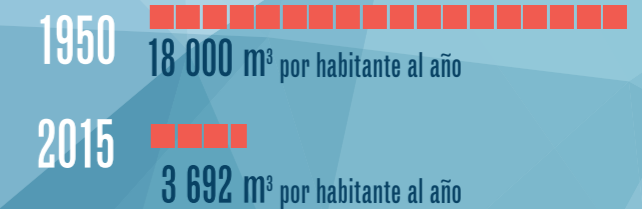


En 2015, el país contó con 446 777 millones de metros cúbicos de agua renovable<sup>3</sup>, que divididos entre 121 millones de habitantes resultan en 3 692 metros cúbicos per cápita al año, cifra que ubica a México entre las naciones que tienen estrés hídrico ocasional o local<sup>4</sup>. Esta cifra sirve solamente como una referencia, pues no incluye el agua que requieren los ecosistemas, las diferencias de disponibilidad entre las distintas regiones del país ni la cobertura de los servicios de agua.

Un factor determinante en la disponibilidad de agua es el tamaño de la población y su tendencia a concentrarse en zonas urbanas: se calcula que para 2030 la población de México será de 137.5 millones. Algunas de las regiones para las que se espera mayor crecimiento son al mismo tiempo aquellas donde ya existe un alto o muy alto grado de presión en los recursos hídricos. Esto ocasionará que se reduzca todavía más el agua renovable per cápita.

De 2015 a 2030, la Conagua prevé un decremento de 3 692 a 3 250 metros cúbicos por habitante al año, y en algunas regiones alcanzará niveles de escasez cercanos o incluso inferiores a 1 000 metros cúbicos por habitante al año<sup>5</sup>. Para enfrentar este déficit será necesario reducir la demanda de agua mediante el incremento de la eficiencia de los sistemas de distribución y riego, disminuir la contaminación de los cuerpos de agua mediante sistemas de saneamiento alternativo y menor uso de agroquímicos y pesticidas, así como aumentar la oferta mediante la recolección de agua pluvial y la reutilización de agua residual tratada.

## ¿CUÁNTA AGUA HAY?



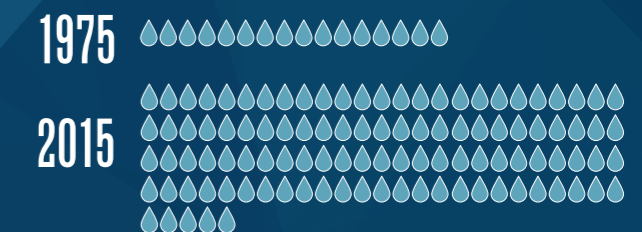
9

MILLONES DE MEXICANOS NO CUENTAN CON AGUA POTABLE

## ¿DE DÓNDE VIENE?



## Acuíferos sobreexplotados



# GESTIÓN SUSTENTABLE

Para garantizar los requerimientos de agua del país con una óptica de sustentabilidad es indispensable aprovechar las aguas pluviales y residuales

La actual crisis del agua abarca múltiples dimensiones y en gran medida es el resultado de un sistema de gestión o administración deficiente que no ha generado un sano equilibrio entre la demanda, la disponibilidad y la oferta de los recursos hídricos<sup>1</sup>.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua, el mayor consumo se debe a la ineficiencia de las prácticas de irrigación agrícola, al desarrollo industrial y a los malos hábitos de consumo.

Además, en el abastecimiento de agua se registran meras importantes por fugas en las redes de distribución. En el caso del agua potable es del 30 al 50% debido a la falta de mantenimiento de las tuberías, la falta de control de la presión y la mala calidad de los materiales empleados. En los domicilios se siguen utilizando muebles de alto consumo y se presentan fugas inadvertidas o no atendidas.

Aunque empieza a haber avances, existe un gran rezago en el aprovechamiento de aguas residuales tratadas, la verificación de aprovechamientos, el ordenamiento de acuíferos y cuencas, y la actualización de la metodología para el pago de derechos por uso o aprovechamiento de aguas nacionales.

El actual modelo de gestión que prevalece en México tiene una perspectiva político-administrativa que no considera la interrelación existente entre el sistema natural, social y productivo, y el ciclo hidrológico que ocurre en las cuencas.

Esta gestión fragmentada por sectores, por tipos de uso, por fuentes y otras variantes ha producido resultados que ponen en evidencia la necesidad de reorientarla.

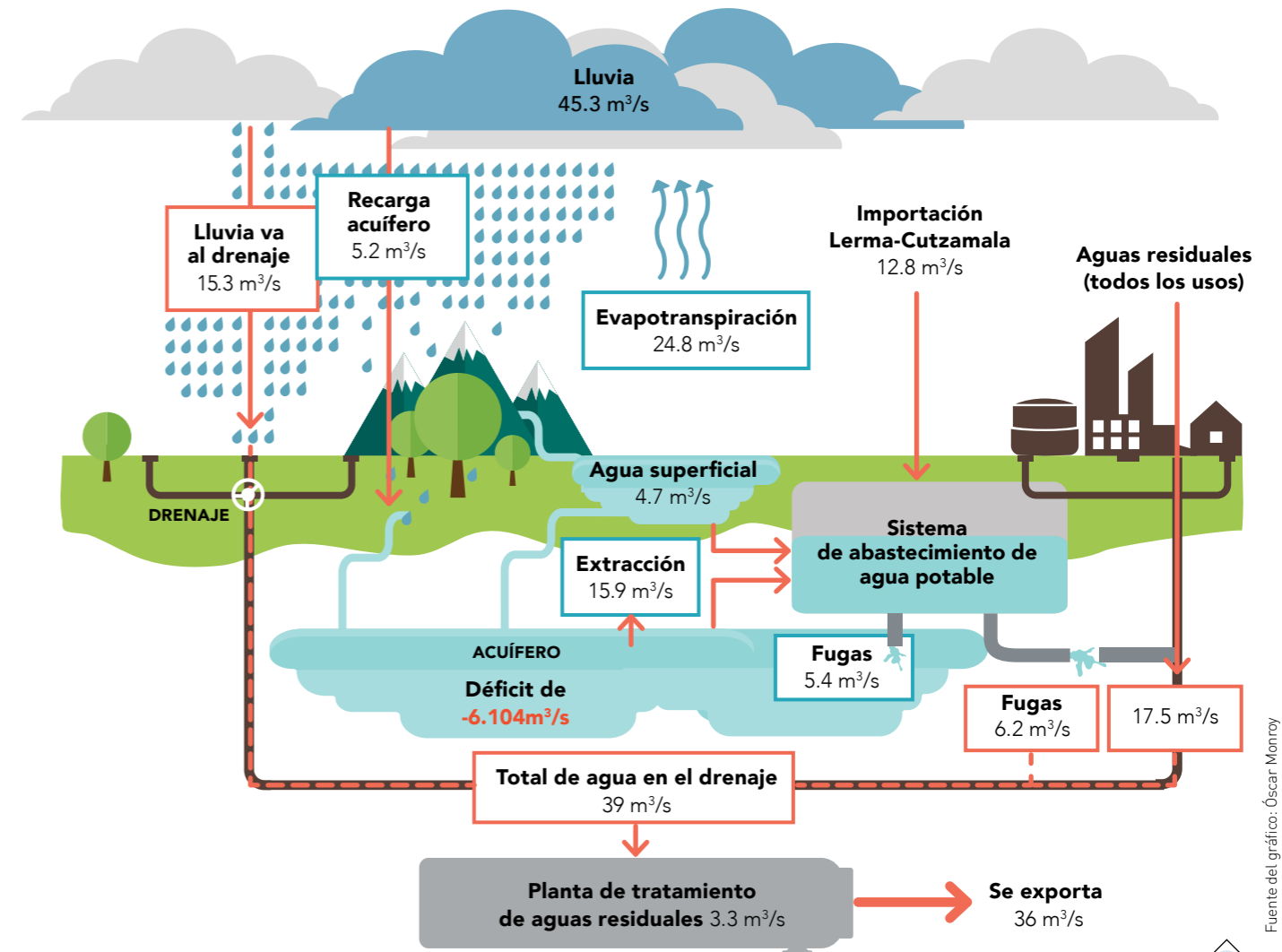


## LA CUENCA

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

Es necesario transitar hacia 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 aprovechamientos, bienes, servicios y funciones del agua con la participación de los actores involucrados: ciudadanos, usuarios, autoridades gubernamentales, expertos, organismos operadores, etcétera.

## BALANCE HÍDRICO DE LA CIUDAD DE MÉXICO





# USOS DEL AGUA

El sector agropecuario consume más de tres cuartas partes del agua que se usa en México, es urgente eficientar los sistemas de riego

En México, cada año se estiman los usos del agua con base en el volumen que el Ejecutivo, a través de la Conagua, concede. El volumen que se autoriza en una concesión no siempre representa el volumen real utilizado —existen aprovechamientos no registrados y un gran número de usuarios carecen de sistemas de medición o están en mal estado—, pero estos datos oficiales permiten hacer inferencias y comparaciones.

Los usos del agua se clasifican en dos grandes rubros: se habla de uso consuntivo cuando el volumen que se aprovecha sufre pérdidas importantes y el agua remanente tiene cambios en su calidad, y se considera uso no consuntivo cuando el volumen de agua antes y después de ser aprovechada es casi el mismo.

En 2015, el volumen total de agua concesionada en México fue de 266 569 millones de metros cúbicos<sup>1</sup>; el 67.8% fue de uso no consuntivo (vinculado principalmente a la industria hidroeléctrica) y el 32.2% tuvo un uso consuntivo. Del uso consuntivo, el 61.1% se extrajo de cuerpos superficiales y el 38.9% provino de fuentes subterráneas<sup>2</sup>.

A nivel mundial, el uso agrícola es el más importante y representa el 70% del volumen total de agua utilizado. En México la tendencia es la misma, aunque el porcentaje es superior: 76.3%<sup>3</sup>. El riego es un factor determinante en la actividad agrícola y su eficiencia determina el consumo de agua asociado a este sector (ver Agua y agricultura).

El siguiente sector en importancia es el industrial y energético. Se estima que a estas actividades se destina el

19% del agua consumida a nivel mundial. De este porcentaje, más de la mitad se utiliza en la industria termoeléctrica<sup>4</sup>; el resto corresponde a plantas petroleras, industrias metálicas, papeleras, madereras, industria de alimentos y manufactureras. Se estima que de 2000 a 2050, la demanda global de agua en la industria manufacturera se incrementará 400%<sup>5</sup>.

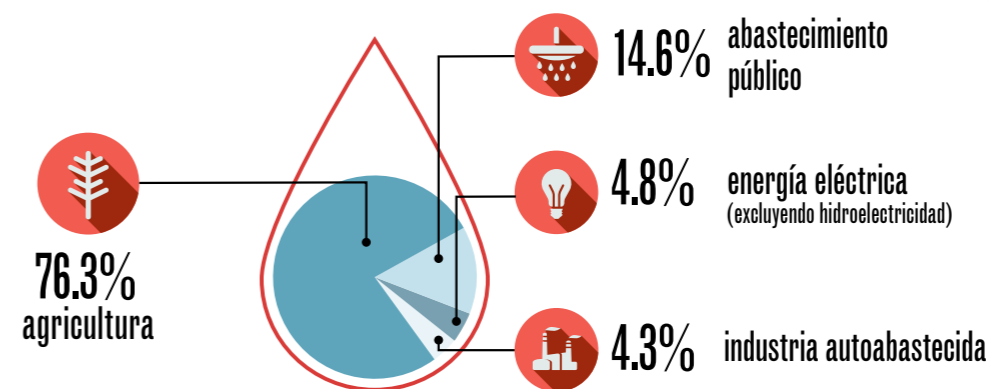
En México, la industria autoabastecida y la generación eléctrica, excluyendo hidroelectricidad, ocupan el 9.1% del agua total concesionada a usos consuntivos. Aun cuando este porcentaje no parece significativo, de 2006 a 2015 el volumen de agua subterránea concesionada para industria autoabastecida aumentó el 51.4%<sup>6</sup>.

En cuanto al abastecimiento público, mientras a nivel mundial se usa un promedio del 12% del agua extraída<sup>7</sup>, en México se utiliza el 14.6%<sup>8</sup>

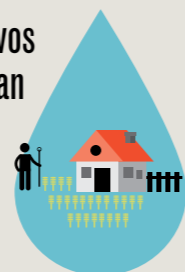
En nuestro país el servicio de agua potable, drenaje, alcantarillado y manejo de aguas residuales (tratamiento y disposición) compete a los municipios, que generalmente cuentan con concesiones para el aprovechamiento de agua subterránea, sin embargo, la asignación de agua superficial creció 32.3% de 2006 a 2015<sup>9</sup>.



## USOS DEL AGUA



Los usos consuntivos del agua se agrupan generalmente en cuatro grandes tipos



### Agrícola

Incluye el uso de agua en la industria pecuaria, acuícola y demás actividades primarias



### Abastecimiento público

Contempla las actividades domésticas y el uso público urbano



### Industria autoabastecida

Se ocupa en las agroindustrias e industrias dedicadas al comercio y los servicios



### Producción de energía

Se usa en la generación de electricidad exceptuando aquella proveniente de las hidroeléctricas

# DERECHO HUMANO AL AGUA

El acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho humano del que aún carecen millones de mexicanos

El derecho al agua potable y al saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos. La Asamblea General de la ONU lo reconoció así el 28 de julio de 2010 en la resolución A/RES/64/292.

En México, este derecho forma parte de la Constitución Política desde el 8 de febrero de 2012, al reformarse el artículo 4°.



"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-

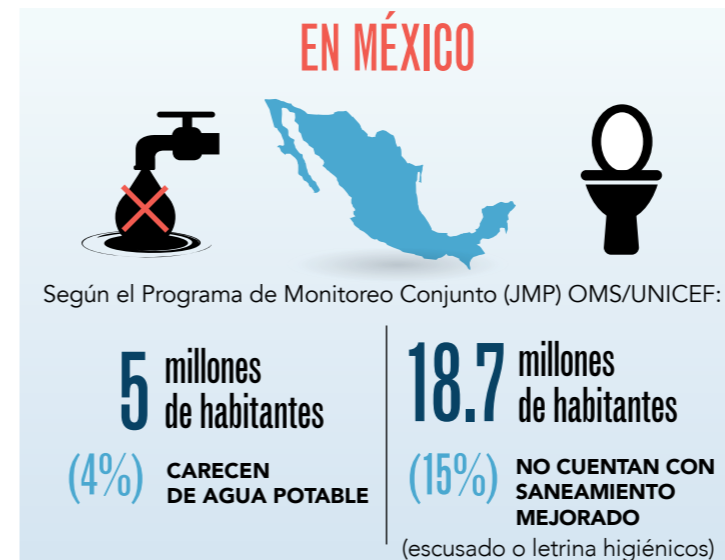
yos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos, estableciendo la participación de la Federación, las entidades federativas y los municipios, así como la participación de la ciudadanía para la consecución de dichos fines."

PÁRRAFO SEXTO DEL ARTÍCULO 4° DE LA CONSTITUCIÓN

Aun cuando las cifras oficiales muestran avances a nivel nacional en la cobertura de agua potable (92.5%) y alcantarillado (91.4%)<sup>1</sup>, y de que México cumplió con las metas de acceso al agua y saneamiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, en ciertas regiones y para ciertos grupos socioeconómicos todavía hay rezagos considerables.



EL COSTO DEL AGUA NO DEBE SUPERAR EL **3% del ingreso del hogar**



Según la Conagua:  
**9 millones** de habitantes (7.5%) carecen de agua potable y **10.4 millones** de habitantes (8.6%) no cuentan con alcantarillado

EN 2015 EL CONSUMO PROMEDIO NACIONAL FUE DE



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 necesidad de bienes y servicios: se estima que en 2030 la oferta de agua podría llegar a 68 300 millones de metros cúbicos, pero la demanda será de 91 200 millones<sup>2</sup>.
- La contaminación de los cuerpos de agua: el 32.4% de las aguas superficiales monitoreadas está contaminado o fuertemente contaminado<sup>3</sup>.
- La sobreexplotación de las aguas subterráneas: de nuestros 653 acuíferos, 105 están sobreexplotados<sup>4</sup>.
- La falta de participación activa de la ciudadanía en la toma de decisiones y en la exigencia de mayor transparencia y rendición de cuentas; contrapesos a la corrupción y al sobreconcesionamiento.

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; la revisión y cumplimiento de los volúmenes concesionados; 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

Para beneficio del ambiente y las comunidades se requiere mayor participación de la sociedad civil en las políticas públicas del agua

Una buena gobernanza es resultado de una adecuada interacción entre las instituciones gubernamentales, el sector privado, así como las organizaciones de la sociedad civil. Permite estructurar y operar acuerdos para una convivencia justa. Forzosamente, una adecuada gobernanza involucra una participación abierta de la ciudadanía en la toma de decisiones sobre los asuntos de su interés.

Si la gobernanza se define como el proceso mediante el cual se determinan las reglas de convivencia de una sociedad, también debería determinar la manera en que se distribuye y administra el agua. Si predominan los intereses particulares y se ignoran las necesidades y demandas de ciertos sectores de la población, la distribución y el manejo del agua reflejarán igualmente las injusticias sociales del sistema.

## LA LEY DE AGUAS NACIONALES ESTABLECE QUE:

- Por parte del Estado, la **Comisión Nacional del Agua** (Conagua) es el órgano superior de la Federación en materia de recursos hídricos; se organiza a nivel nacional y regional de forma hidrológico-administrativa, a través de **Organismos de Cuenca**, 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 a sus atribuciones y competencias, y a los limitados recursos de los que disponen, no han podido cumplir plenamente con sus funciones.

Por ello es indispensable reestructurar la gobernanza de los recursos hídricos y dar a la sociedad civil mayor injerencia en las políticas públicas.

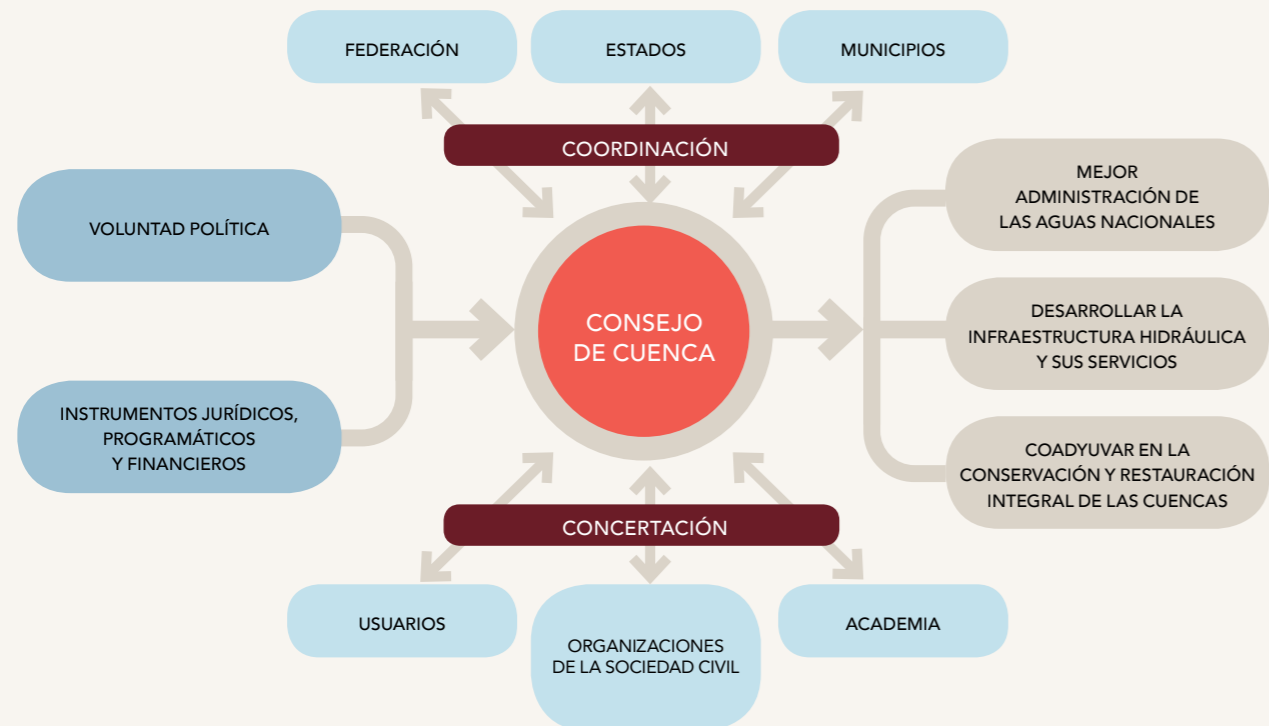
En México son frecuentes los conflictos por el agua entre comunidades campesinas, indígenas, pequeños propietarios, grandes empresas agroindustriales, zonas urbanas e industrias.

Generalmente, los usuarios no están dispuestos a reducir la demanda y pretenden encontrar nuevas fuentes –aun a costa de la integridad ambiental y social– mediante la inversión en grandes obras hidráulicas como acueductos y presas para el trasvase de una cuenca a otra, cuando lo indicado sería invertir en soluciones sustentables para volver eficiente el uso, incrementar la reutilización, captar la lluvia o restaurar las cuencas. Ello haría factible, por ejemplo, reducir la inequidad en el acceso y el impacto de sequías e inundaciones.

La sociedad civil organizada se involucra cada vez 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 necesidad de que la población participe de manera más activa en el diseño de la Ley General de Aguas y del Programa Nacional Hídrico, y en los planes en las regiones hidrológico-administrativas, los estados y los municipios.

## GOBERNANZA Y CONSEJOS DE CUENCA



## OBJETIVOS DE GESTIÓN DEL AGUA



### DESARROLLO SUSTENTABLE

AMBIENTALES	SOCIALES	ECONÓMICOS
Equilibrio en cantidad por cuenca	Garantizar bienestar y seguridad	Desarrollo económico y empleos
Equilibrio en calidad por cuenca	Contribuir a la equidad	Producción de alimentos y energía
Preservar el agua y su entorno	Participación social en la gestión	Equilibrio financiero de entidades



# GESTIÓN JURÍDICA DEL AGUA

México cuenta con un marco legal que no ha logrado resolver los diferentes retos de gestión integral y sustentable de los recursos hídricos como bien nacional

La gestión jurídica del agua en México tiene como fundamento lo que dictan tres artículos de la Constitución Política (4°, 27 y 115) y la Ley de Aguas Nacionales.

El artículo 4° reconoce que toda persona tiene derecho al acceso, la disposición y el saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado debe garantizar este derecho de forma equitativa y sustentable, y establecer la participación de la Federación, los estados y la ciudadanía para conseguirlo. El artículo 27 señala que las aguas son propiedad de la Nación y sienta las bases para que el Estado regule su aprovechamiento sostenible, con la participación de la ciudadanía y de los tres niveles de gobierno. Especifica que la explotación, el uso o aprovechamiento de los recursos se realizará mediante concesiones otorgadas por el Ejecutivo, con base en las leyes. El artículo 115, por su parte, especifica que los municipios tienen a su cargo los servicios públicos de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales.

En cuanto a la legislación secundaria, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el ordenamiento reglamentario del artículo 27 constitucional; regula la distribución y control del agua, y designa a la Comisión Nacional del Agua como el órgano responsable de ejercer la autoridad y administración del agua a nombre del Ejecutivo. La LAN se creó en 1992 y fue reformada casi en su totalidad en 2004.

Otras leyes secundarias se relacionan también con el tema de agua, como la de cambio climático, la de desarrollo forestal sustentable, la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente, la ley minera y otras.

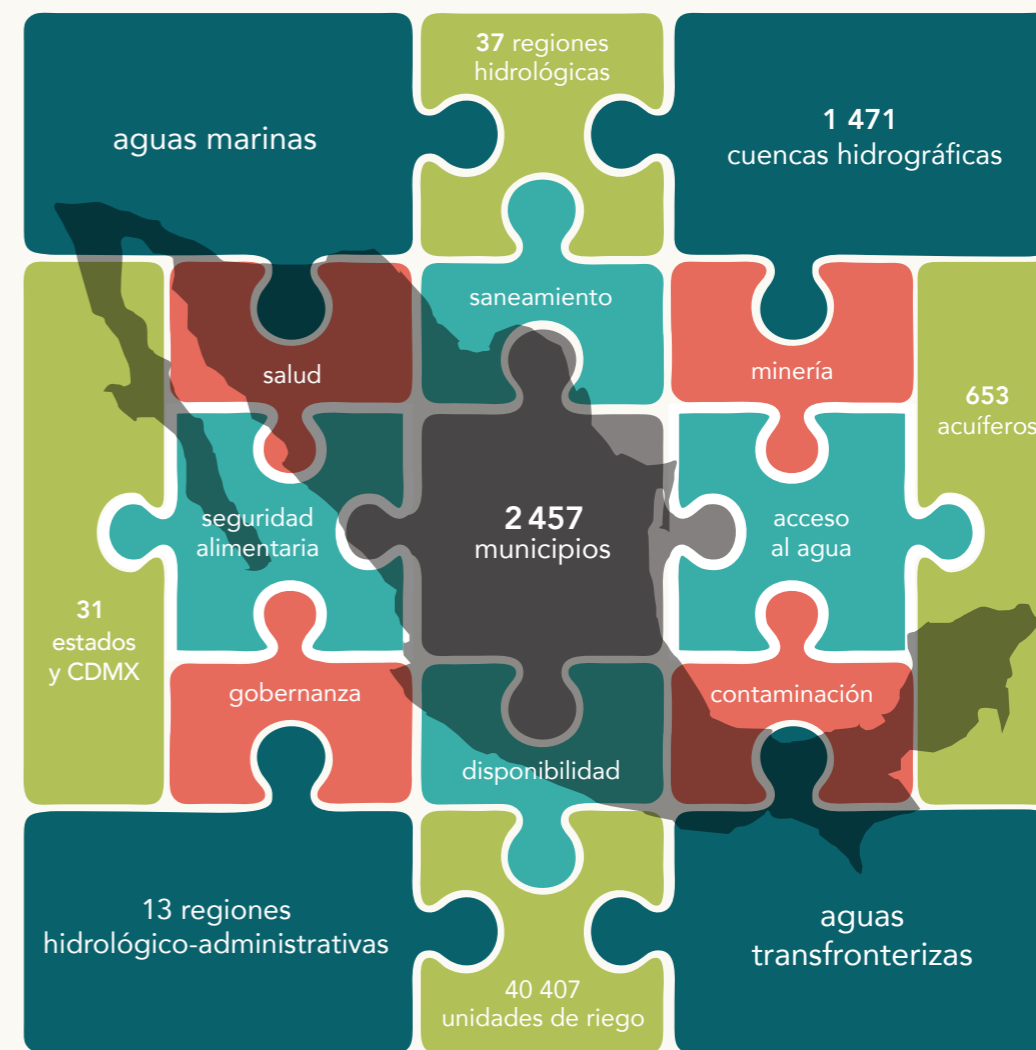
La Ley Federal de Derechos, por su parte, clasifica las zonas de disponibilidad de agua y determina las tarifas por uso, así como el cobro por descarga de aguas residuales con base en su calidad y la de los cuerpos de agua receptores.

A partir de que se incorporó el derecho humano al agua en el artículo 4° constitucional, está pendiente la discusión de la Ley General de Aguas que lo normará.

No obstante la normatividad existente, prevalecen problemas como los siguientes:

- Los hábitos y prácticas en el uso del agua, que son elementos que fomentan el desperdicio.
- La insuficiente capacidad de los municipios para satisfacer en cantidad y calidad los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.
- La falta de coordinación interinstitucional y de claridad en la competencia de la federación, los estados y los municipios.
- El rezago de tarifas y los subsidios que fomentan el desperdicio.
- Las malas condiciones de la infraestructura.
- Una gestión centralizada que impide una visión integral de cuenca en la que se fomente la participación ciudadana.
- La concesión de volúmenes superiores a la disponibilidad y las extracciones ilegales, sin sanciones.
- Los trasvases de una cuenca a otra con serias consecuencias ambientales y alto consumo energético.
- La contaminación de los cuerpos de agua por descargas legales, ilegales o no tratadas.

El complejo entramado natural, social y político del agua representa un gran reto de legislación que deberá ser considerado en el diseño de la nueva Ley General de Aguas



# COSTOS Y PRECIOS DEL AGUA

Las tarifas del agua están rezagadas y gozan de subsidios que fomentan el desperdicio e impiden su aprovechamiento sustentable

El recibo del agua refleja pocas veces el costo real de ponerla en nuestros grifos, pues regularmente no considera la preservación de los ecosistemas donde se recargan los acuíferos, la potabilización, el tratamiento de aguas residuales, la construcción y el mantenimiento de infraestructura.

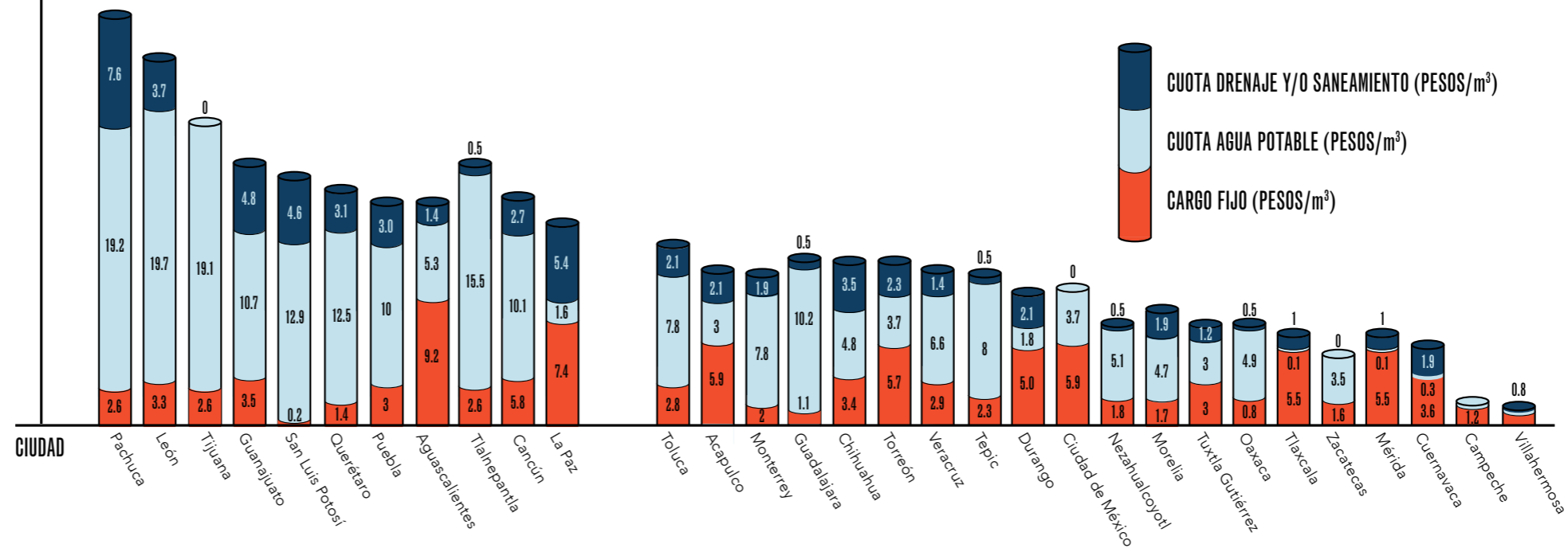
Por ejemplo, en 2015, la dotación de agua en la Ciudad de México fue de 317.4 litros por habitante al día, pero el consumo promedio fue de 165.5 litros por habitante al día<sup>1</sup>. Es decir, antes de llegar al medidor del consumidor, se perdió casi la mitad de los recursos hídricos (152 litros por habitante al día). Existe una eficiencia física del 52.1%; la eficiencia física representa el porcentaje de agua que consumen los usuarios respecto del volumen total que se inyecta y es un indicativo de las pérdidas que hay en la red<sup>2</sup>.

En cuanto a las tarifas, para el equivalente bimestral que cada habitante de la Ciudad de México consume en promedio (menos de 15 metros cúbicos), la ley establece una cuota mínima (430.81 pesos) en la que el precio de cada metro cúbico es de 28.72 pesos. Pero además, la ley concede subsidios hasta del 91.3%, lo que puede reducir el precio del agua a 2.49 pesos por cada mil litros<sup>3</sup>.

Para preservar las fuentes de agua y mantener una infraestructura adecuada de suministro y tratamiento es indispensable recaudar e invertir los ingresos necesarios. No obstante, no existen criterios uniformes para el cálculo de las tarifas y estas varían por municipio, legislación y operadores locales, y en general se vinculan a intereses políticos dejando de lado las consideraciones técnicas.

El rezago en la actualización y el cobro de tarifas se ve reflejado en un bajo mantenimiento de la infraes-

## PRECIOS POPULARES



tructura hidráulica, lo cual provoca fugas en las que se pierde casi el 45%<sup>4</sup> del agua que se transporta en todo el país. También contribuye a que no se dé un tratamiento adecuado a las aguas residuales que se vierten directamente en ríos, lagos o barrancas y contaminan los ecosistemas.

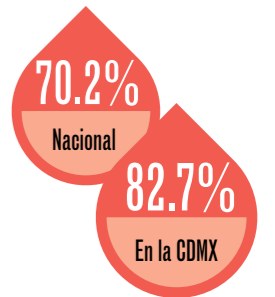
Debido a la falta de confianza de los usuarios en la potabilidad, México se ha convertido en el mayor consumidor en el mundo de agua embotellada, con 264 litros per cápita al año<sup>5</sup>.

## DEL AGUA SUBSIDIADA, AL AGUA COMO MERCANCÍA

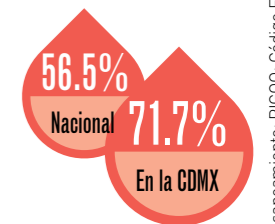
Así se cotiza el agua en la Ciudad de México, donde el grado de presión sobre los recursos hídricos es muy alto.



## EFICIENCIA DE COBRO



## USUARIOS CON PAGO A TIEMPO



Fuentes de gráficos: Subsector agua potable, drenaje y saneamiento; PIG00; Código Fiscal del Distrito Federal, y precios públicos de la marca más vendida (consultados en enero 2017 en supermercado).

# AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica de México es superior al promedio mundial debido a la forma en que se usa el agua disponible

El agua que usamos en actividades cotidianas como bañarnos, lavar la ropa o preparar los alimentos representa un porcentaje mínimo de la que en realidad utilizamos. Gastamos el 96% del agua de forma indirecta, a través de los productos y servicios que consumimos.

Al agua necesaria para producir o fabricar un bien se le llama agua virtual, en virtud de que está implícita en el producto final, pero no presente en él. Al volumen total de agua que se usa tanto para la producción de un bien, como para el consumo del mismo, más el agua que se requiere para asimilar los contaminantes que se generan durante este proceso, se le llama huella hídrica.

La forma en que se produce un producto, en dónde y en qué momento, y si el agua se usó eficientemente, son factores que impactan el cálculo de su huella hídrica.

No todos los bienes que se consumen en una región se producen localmente. Cuando se importan, también se importa indirectamente la cantidad de agua que se usó en otro lugar para producirlos y transportarlos, y cuando se exportan, igualmente. Es así que la huella hídrica de un país se compone del agua propia que utiliza para producir lo que consume, más el agua de lo que importa, menos el agua de lo que exporta.

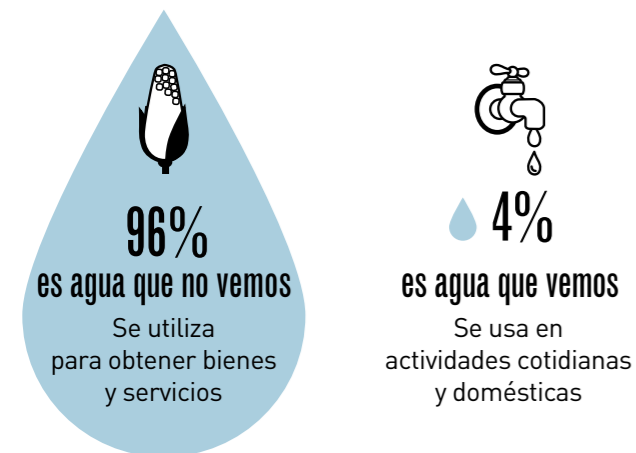
La huella hídrica es un indicador de la demanda de agua necesaria para la producción respecto a los recursos hídricos del planeta

Las condiciones geográficas, el clima y el nivel de desarrollo tecnológico son factores determinantes en la cantidad de agua que una región utiliza.

Desde su creación en 2002, este concepto se ha convertido en una herramienta útil que permite comprender el impacto que causan en el medio ambiente los hábitos de consumo de la población.

La huella hídrica promedio de México es de 1 978 metros cúbicos por habitante al año, superior al promedio mundial, que es de 1 385 metros cúbicos por habitante al año<sup>1</sup>.

## EL AGUA QUE CONSUMIMOS



## MÁS LITROS DE LOS QUE VEMOS

La huella hídrica revela cuánta agua se usa en la producción, consumo y asimilación de contaminantes de un producto, y puede variar mucho de una región a otra; aquí se muestran los promedios globales.



En 2015, México exportó 9 216 millones de metros cúbicos de agua virtual e importó 32 248 millones, es decir, tuvo una importación neta de 23 033 millones de metros cúbicos: 48.3% de productos animales, 38.4% de productos agrícolas y 13.1% de productos industriales<sup>2</sup>.

Se ahorra agua al exportar productos agrícolas de regiones de alta disponibilidad hacia regiones de baja

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

Con el uso indiscriminado de los recursos naturales –en especial del agua–, es común que el costo ambiental supere el costo económico de los productos procesados.

# RÍOS Y LAGOS

Los ríos y lagos, hoy utilizados como desagües, han sido fundamentales para el desarrollo de la humanidad

Se calcula que del agua total del planeta solamente una pequeña porción, menos del 1%, se encuentra como agua dulce accesible al ser humano en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos. Este porcentaje es el que durante años ha permitido la vida en el planeta.

Desde principios de la historia los seres humanos hemos usado los ríos y otras fuentes superficiales de agua, como lagos y lagunas, como ejes de desarrollo. Diversas civilizaciones se asentaron en sus cauces, crearon una cultura propia y actividades fundamentales como la agricultura, la pesca y el comercio. Los ríos arrastran sedimentos y nutrientes que se depositan en las orillas y los deltas, transportan agua dulce, contribuyen a la salud de los ecosistemas y al bienestar de las comunidades<sup>1</sup>.

El agua es un recurso limitado, su manejo supone un serio desafío para el desarrollo sostenible, pero gestionada de manera eficiente y equitativa puede jugar un papel sustantivo en la resiliencia de los sistemas social, económico y ambiental.

Más de 1400 millones de personas en el mundo viven en cuencas fluviales donde el uso de agua excede los niveles mínimos de recarga, lo que lleva a la desecación de los ríos, la sobreexplotación de los acuíferos y los ecosistemas dependientes del agua sufren una rápida degradación<sup>2</sup>.

En México existe una red hidrográfica de 633 000 kilómetros por la que fluye, en ríos y arroyos, el 87% del

escurrimiento total superficial del país. Dos tercios de este escurrimiento se da en siete cauces: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá, cuyas cuencas representan el 22% de la superficie del país.

Prácticamente todos los ríos y arroyos del país presentan algún grado de contaminación debido a la descarga de aguas residuales no tratadas<sup>3</sup>, pues en México se trata solo una parte de las aguas que se usan en la industria y el abastecimiento público<sup>4</sup>.

México comparte ocho cuencas con los países vecinos: tres con Estados Unidos (Bravo, Colorado y Tijuana); cuatro con Guatemala (Grijalva-Usumacinta, Suchiate, Coatán y Candelaria), y una con Belice y Guatemala (Río Hondo). Las aguas de los ríos Colorado, Tijuana y Bravo se comparten bajo los lineamientos del Tratado de Aguas, firmado entre México y Estados Unidos en 1944.

Los lagos y lagunas del país tienen una capacidad de almacenamiento de 14 000 millones de metros cúbicos. Por su capacidad y extensión, se han identificado siete lagos relevantes que representan el 74% del agua almacenada en México: Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Catemaco, Yuriria, Tequesquitengo y Dr. Nabor Carrillo.

A la capacidad de almacenamiento de los embalses naturales se suma la de presas y otros cuerpos artificiales. En México existen más de 5 000 presas y bordos con una capacidad de 150 000 millones de metros cúbicos, cuyo volumen varía de acuerdo a la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones.

## PRINCIPALES RÍOS, LAGOS Y PRESAS DE MÉXICO



Chapala es el lago más grande con una extensión de 1116 km<sup>2</sup> y una profundidad entre cuatro y seis metros; es la principal fuente de abastecimiento para la Zona Metropolitana de Guadalajara.

### RÍOS MÁS CAUDALOSOS:

- Grijalva-Usumacinta
- Papaloapan
- Coatzacoalcos
- Balsas
- Pánuco
- Santiago
- Tonalá

### LAGOS PRINCIPALES:

- Chapala (8 126 millones de m<sup>3</sup>)
- Cuitzeo (920 millones de m<sup>3</sup>)
- Pátzcuaro (550 millones de m<sup>3</sup>)
- Catemaco (454 millones de m<sup>3</sup>)
- Yuriria (188 millones de m<sup>3</sup>)
- Tequesquitengo (160 millones de m<sup>3</sup>)
- Dr. Nabor Carrillo (12 millones de m<sup>3</sup>)

### PRESAS PRINCIPALES:

- La Angostura (Capacidad: 13 169 millones de m<sup>3</sup>)
- Malpaso o Raudales (Capacidad: 12 373 millones de m<sup>3</sup>)
- Infiernillo (Capacidad: 9 340 millones de m<sup>3</sup>)



# HUMEDALES COSTEROS

Los manglares son humedales costeros que brindan servicios ambientales de producción y protección que ascienden a millones de dólares al año

La Ley de Aguas Nacionales define los humedales como zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia de mareas, como pantanos, ciénegas, lagos, ríos, manglares, marismas y otros.

Los humedales representan ecosistemas estratégicos para la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas, por lo que es necesario llevar a cabo acciones que aseguren su preservación.

Entre los humedales costeros, que incluyen marismas, esteros y lagunas, destacan los manglares por la importancia de los servicios ambientales que proveen. Los manglares son ecosistemas de transición entre las costas y el mar, conformados por distintas especies de mangles, árboles capaces de crecer en suelos anegados de agua salina.

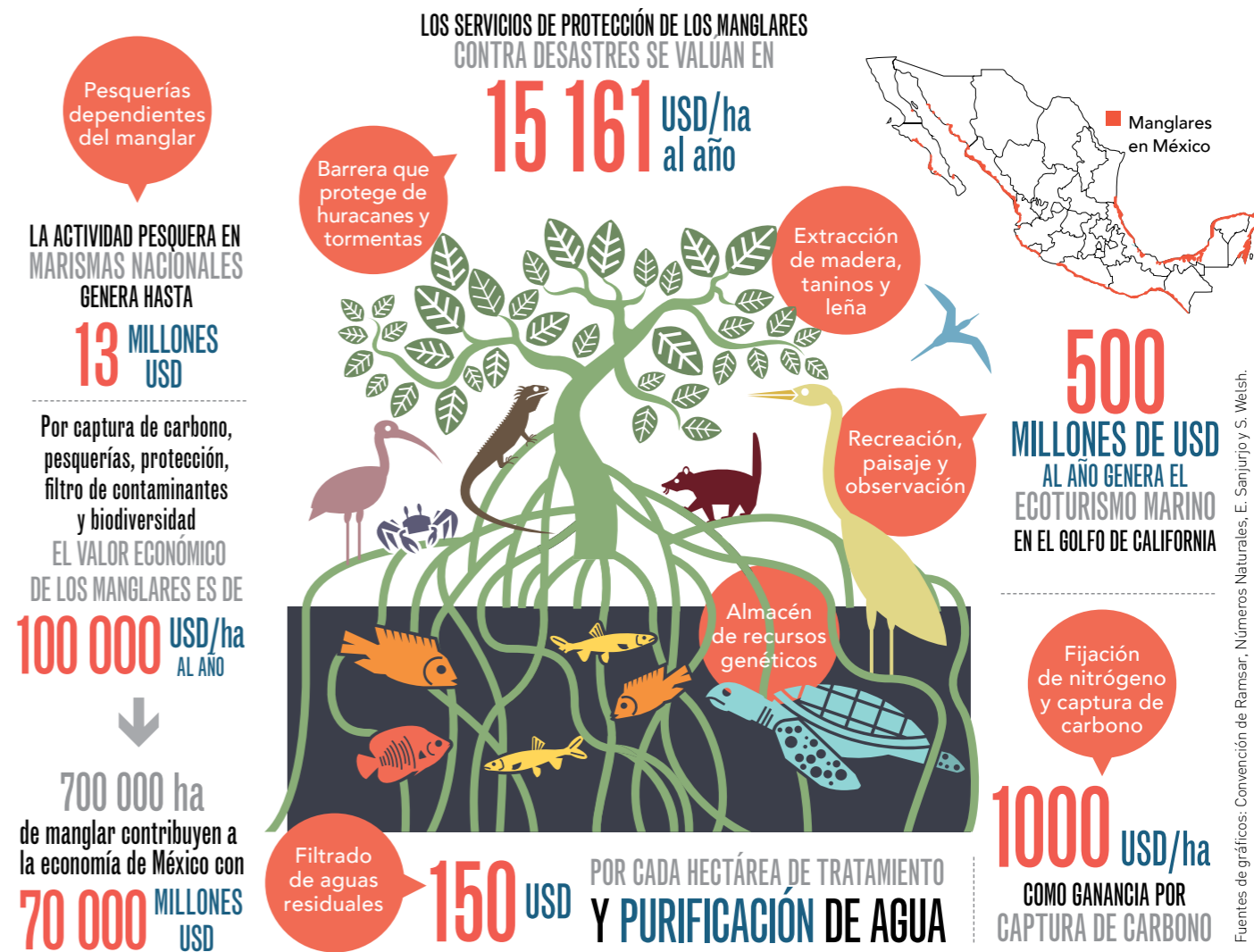
Además de ser zonas privilegiadas de alimentación y refugio para una gran variedad de especies de flora y fauna, los manglares actúan como una barrera natural de protección costera ante inundaciones, huracanes, erosión y cambios en el nivel del mar. La tercera parte del volumen pesquero de México proviene de especies que pasan parte de su ciclo de vida en los manglares, y en particular entre las raíces del mangle rojo.

Los manglares representan grandes bienes, valores y servicios ambientales: un bosque de mangle es capaz de producir al año hasta 20 toneladas de hojarasca que alimentan los ciclos de vida de la costa, y capturan una cantidad variable de bióxido de carbono de la atmósfera, mitigando los efectos del cambio climático<sup>1</sup>. Bajo sus raíces se inmovilizan grandes cantidades de materia orgánica y sedimentos, que funcionan como sumideros de carbono atmosférico y trampas de contaminantes que limpian el agua de los ríos antes de su desembocadura en el mar.

Se calcula que cerca del 50% de los manglares del mundo se ha perdido en los últimos 50 años<sup>2</sup> a causa de actividades humanas como el cambio de uso de suelo para desarrollos turísticos, agrícolas, acuícolas y urbanos; la descarga de aguas negras y desechos sólidos, y la contaminación por pesticidas y derrames de petróleo.



## BIENES, VALORES Y SERVICIOS DE LOS MANGLARES





# INSTRUMENTOS LEGALES Y DE POLÍTICA AMBIENTAL

Estos instrumentos pretenden conservar el ciclo hidrológico

Los ecosistemas brindan una importante gama de servicios de los que depende la humanidad, y desempeñan una función esencial en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua.

En México, las áreas naturales protegidas (ANP) son uno de los instrumentos de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. Al proteger áreas naturales clave y mantener su dinámica natural se contribuye a preservar el ciclo hidrológico. Se calcula que la aportación económica de las ANP al valor de los recursos hídricos –para uso agrícola, abastecimiento público, industria autoabastecida, termoelectricidad e hidroelectricidad– es de 4 639 millones de pesos<sup>1</sup>.

México es signatario de la Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional RAMSAR, un tratado intergubernamental que sirve como marco para la acción nacional y la cooperación internacional a favor de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Nuestro país ha inscrito 142 sitios en la lista de Ramsar.

Otro instrumento para la conservación de agua es el esquema de pago por servicios ambientales (PSA), que inició en México en 2003 en la modalidad de servicios ambientales hidrológicos con el objetivo de reducir la deforestación y disminuir la pobreza. Al amparo de este instrumento de política ambiental, ejidos, comunidades y poseedores de bosques y selvas reciben de la Conafor una compensación económica por conservar y mantener los servicios ambientales que sus terrenos proveen<sup>2</sup>.

## Proteger los ecosistemas es proteger la cantidad y calidad del agua



De 2003 a 2011 se asignaron 6 012 millones de pesos bajo el esquema de PSA para la ejecución de 5 085 proyectos de conservación en una superficie de 3.1 millones de hectáreas y se benefició a más de 5 800 ejidos, comunidades y pequeños propietarios en todo el país<sup>3</sup>.

Considerando que la seguridad del agua es un asunto de fundamental interés y su conservación está íntimamente ligada al funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y a su variabilidad temporal, en 2012 se publicó la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas, el volumen mínimo necesario que debe conservarse en un cuerpo de agua para proteger las condiciones y el equilibrio ecológico del ecosistema acuático y la variabilidad en su régimen hidrológico.

Teniendo como base este instrumento técnico y normativo inició el Programa Nacional de Reservas de Agua en el que la Conagua, con la colaboración de la Conanp y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), definieron 189 cuencas prioritarias para el país. "Una reserva de agua consiste en un volumen del total del agua susceptible de concesión en una cuenca, que se destina a una función exclusiva, en este caso la protección ecológica."

La reserva de agua es el instrumento de protección de un volumen de agua de mayor jerarquía y se establece por decreto presidencial. Un paso en este sentido se dio el 15 de septiembre de 2014 con la publicación del primer decreto que establece "Reservas de agua con fines de ambientales", el cual beneficia al Sitio Ramsar y Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, en Nayarit.

# EL AGUA Y LA SALUD

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

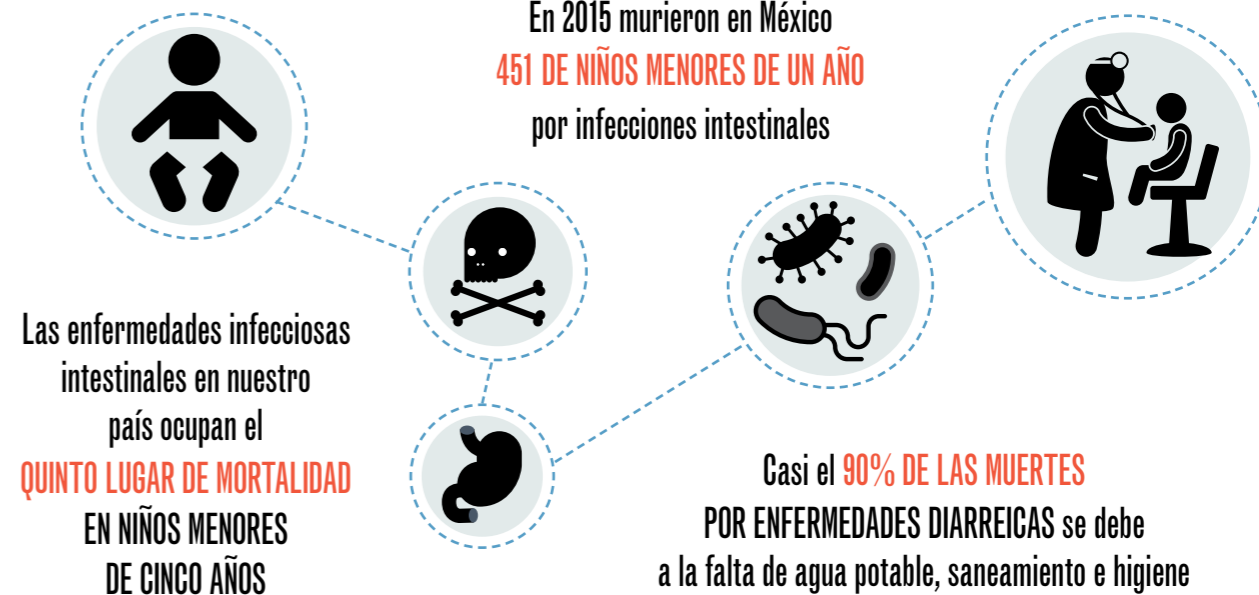
La falta de acceso a fuentes confiables de agua genera pobreza, inequidad, enfermedad y muerte. Tal como reconoció la ONU, el derecho al agua y al saneamiento es un derecho esencial para el disfrute de otros derechos, como la salud.

Agua limpia, suficiente, accesible y asequible es crucial para reducir la mortalidad infantil, disminuir las enfermedades que se transmiten por el agua –como hepatitis viral, fiebre tifoidea, cólera, disentería y otras causantes de diarrea–, así como afecciones provocadas por la exposición a químicos patógenos como arsénico, nitratos y flúor.

En México, a medida que se ha incrementado la cobertura de agua potable y alcantarillado, se ha reducido también la tasa de mortalidad provocada por enfermedades diarreicas en menores de cinco años: en 1990 era de 122.7 por cada 100 000 niños de esa edad, y en 2014 fue de 9.1<sup>1</sup>.

En 2011 se calculó que hacia 2030, el reto sería incorporar a 36.8 millones de habitantes a la cobertura de agua potable y 40.5 millones a la de alcantarillado, con una inversión estimada de 215 000 millones de pesos<sup>2</sup>.

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



## EL COSTO DE TENER AGUA Y SANEAMIENTO... O NO



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** en gastos de tratamientos médicos y días no laborados, aproximadamente



El **26%** de la población rural en México **no cuenta con escusado o letrina higiénicos** y el **4%** defeca al aire libre, lo que favorece el contagio de enfermedades diarreicas



Debido a la falta de confianza en la calidad del agua suministrada, México es el **mayor consumidor per cápita del mundo de agua embotellada**, con **264 litros anuales por habitante**



Del **1 al 7%** del PIB anual de un país se pierde en gastos en salud y días laborables perdidos por la falta de acceso a agua potable y saneamiento

# CAMBIO CLIMÁTICO Y CICLO HIDROLÓGICO

Los escenarios de aumento en la temperatura y disminución en las precipitaciones ocasionarán un incremento en la demanda de agua

Según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre 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 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).

El cambio climático aumentará la presión sobre los recursos hídricos al modificar el ciclo del agua en cuanto

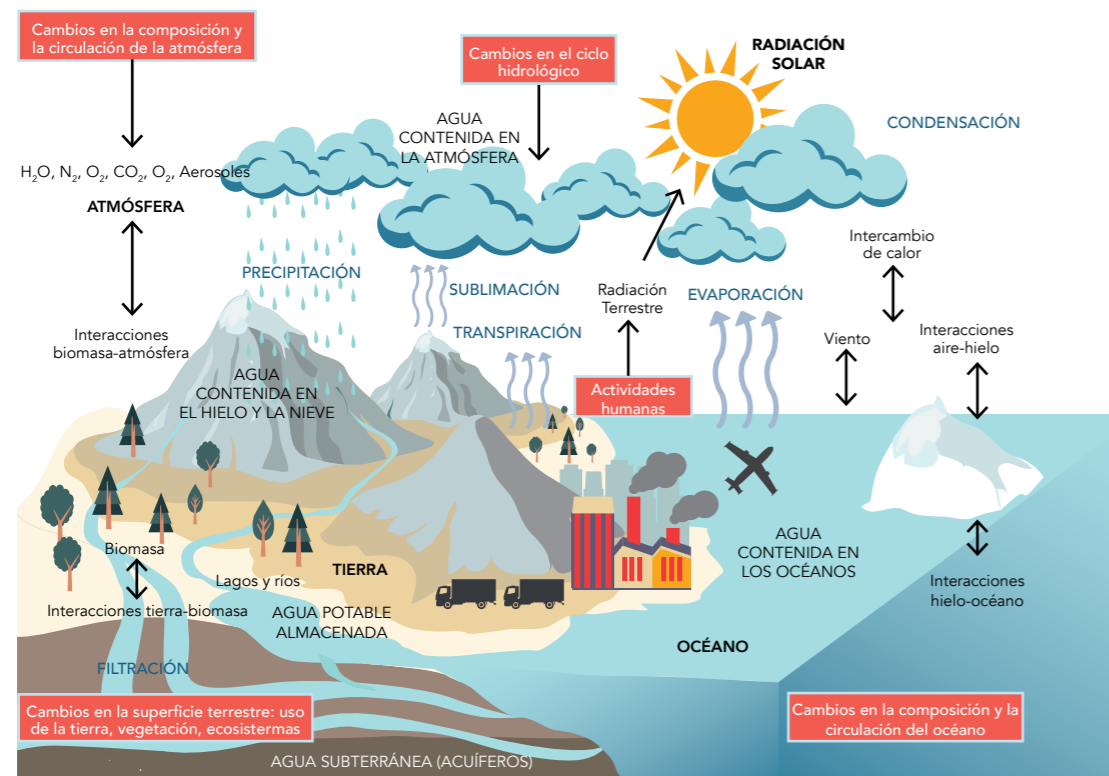
a precipitaciones, humedad del suelo, escurrimiento, evaporación, vapor atmosférico y temperatura del agua. Los cambios no serán uniformes, pero afectarán tanto la calidad como la cantidad de agua disponible para los seres humanos y el ambiente.

Los diferentes modelos de calentamiento global sugieren que la temperatura de nuestro planeta podría incrementarse de 0.3 a 4.8 °C para 2100 –con respecto a 1986-2005–, dependiendo del control de los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)<sup>1</sup>. Los escenarios para México prevén, también para finales de este siglo, un aumento de más de 4 °C en la zona fronteriza con Estados Unidos, y de alrededor de 2.5 y 3.5 °C en el resto del país<sup>2</sup>.

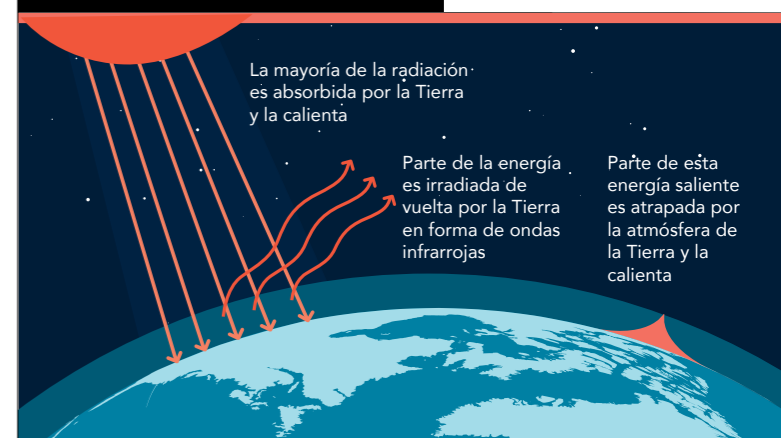
Bajo estas condiciones, se acentuará el contraste en la precipitación entre las regiones secas y húmedas, y entre las temporadas de lluvia y estiaje, aunque es posible que haya excepciones regionales. Se plantea que los desastres por fenómenos meteorológicos extremos –como sequías, inundaciones, incendios forestales, infestaciones de insectos, deslaves y derrumbes– aumentarán en número y afectaciones. Otros cambios globales como el crecimiento poblacional, la urbanización y el consumo también agravarán la presión sobre los recursos hídricos.

Las actividades humanas que más impactan el ciclo del agua son las que modifican la composición química de la atmósfera con la emisión de GEI, además de la agricultura, la urbanización, la deforestación, la construcción de

## IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO



## EL EFECTO INVERNADERO



presas, la sobreexplotación de acuíferos, la extracción de agua de ríos y lagos.

Los impactos del cambio climático en el agua afectarán el desarrollo económico, social y ambiental, pues todos los sectores de la actividad humana y el funcionamiento de los ecosistemas dependen del agua.

Para enfrentar la vulnerabilidad de nuestro país ante el cambio climático es necesario planear medidas de mitigación pero sobre todo de adaptación que armonicen y den coherencia a las políticas hídrica, energética, agrícola y de ordenamiento territorial.

México contribuyó en 2016 con el **1.33%** de las emisiones globales de bióxido de carbono derivadas del consumo de combustibles fósiles<sup>3</sup>, es el **décimo segundo** generador de emisiones del planeta

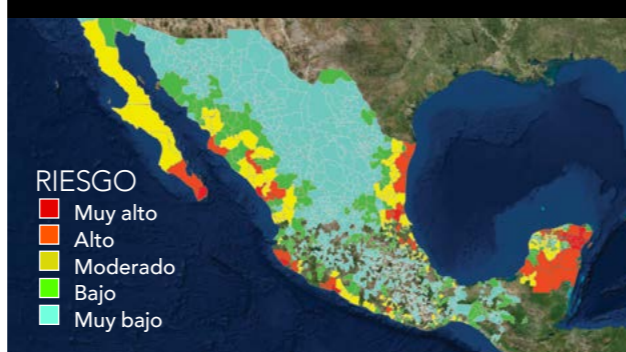
# INUNDACIONES Y SEQUÍAS

Los desastres de origen hidrometeorológico causan más del 90% de las pérdidas económicas y se incrementarán con el calentamiento global

Por su ubicación geográfica, México tiene una amplia variedad de climas. Al sur y sureste hay bosques y selvas tropicales que reciben gran cantidad de lluvia, mientras que el centro y el norte sufren por falta de agua. Este contraste hídrico, caracterizado por periodos de inundaciones y sequías, posiblemente se agravará por el cambio climático al provocar que estos eventos aumenten en número y consecuencias.

En los últimos años, México ha enfrentado una cifra creciente de fenómenos meteorológicos extremos que han resultado en desastres, al causar pérdidas humanas y altos costos socioeconómicos. Se estima que los eventos ocurridos en la década de 1980 a 1990 causaron pérdidas por 70 millones de dólares, mientras que de 2010 a 2014 ascendieron a 2 174 millones de dólares<sup>1</sup>.

## GRADO DE RIESGO POR CICLONES TROPICALES



En 2015, el 96.2% de las pérdidas económicas correspondió a desastres de origen hidrometeorológico y ascendió a 17 110 millones de pesos; el 44% por lluvias fuertes, y el 28.4% por ciclones tropicales<sup>2</sup>.

## GRADO DE RIESGO POR SEQUÍAS



Según la Conagua, durante 2015 México tuvo una precipitación pluvial acumulada de 872 milímetros, es decir, un 17.8% superior a la precipitación pluvial normal, que es de 740 milímetros (de 1981 a 2010)<sup>3</sup>.

Por otro lado está la sequía. Aunque se trata de una propiedad normal y recurrente del clima, se considera atípica cuando se refiere a un periodo prolongado (una estación, un año o varios años consecutivos) en que la precipitación es menor a la normal. En 2015 se presentaron en el país franjas de sequía moderada, severa y extrema en Baja California y la frontera con Estados Unidos, así como zonas aisladas anormalmente secas en el sureste y el sur del país<sup>4</sup>.

Una de las principales consecuencias de la sequía son los incendios forestales, que agravan aún más la pérdida de bosques en México (de acuerdo con la FAO, un promedio de 148 000 hectáreas al año durante los últimos 25 años<sup>5</sup>). La Estrategia Nacional de Cambio Climático establece en su diagnóstico que México presenta una alta vulnerabilidad ante inundaciones y sequías, al poner en riesgo a 61 millones y 54 millones de personas, respectivamente<sup>6</sup>.

## LOS PEORES DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS

En los últimos 60 años se han duplicado los desastres relacionados con el agua. Estos son los eventos recientes que mayores pérdidas humanas y económicas han dejado a México.

† Decesos    \$ Costo en millones de dólares (MDD)

**1988**  
HURACÁN GILBERTO  
† 225  
\$ 76 MDD

**1990**  
INUNDACIONES EN CHIHUAHUA  
† 200  
\$ 2.5 MDD

HURACÁN DIANA  
† 139  
\$ 90.7 MDD

**1997**  
HURACÁN PAULINA  
† 228  
\$ 447.8 MDD

**1999**  
INUNDACIONES EN PUEBLA  
† 263  
\$ 235.3 MDD

INUNDACIONES EN VERACRUZ  
† 124  
\$ 216 MDD

**1998**  
INUNDACIONES EN CHIAPAS  
† 229  
\$ 602.7 MDD

**2002**  
CICLÓN TROPICAL ISIDORE  
† 4  
\$ 918.9 MDD

**2005**  
CICLÓN TROPICAL WILMA  
† 0  
\$ 1 723.9 MDD

CICLÓN TROPICAL STAN  
† 98  
\$ 1 934 MDD

**2007**  
LLUVIAS E INUNDACIONES EN TABASCO  
† 0  
\$ 2 918.6 MDD

**2010**  
CICLÓN TROPICAL ALEX  
† 21  
\$ 2 001 MDD

CICLONES TROPICALES KARL Y MATHEW  
† 23  
\$ 1 972.8 MDD

**2013**  
CICLONES TROPICALES INGRID Y MANUEL  
† 157  
\$ 3 041.4 MDD

**2014**  
CICLÓN TROPICAL ODILE  
† 6  
\$ 2 476.9 MDD



# AGUA Y AGRICULTURA

El mayor consumidor de agua es el sector agrícola, con sistemas de riego y de bombeo que son muy ineficientes

En 2015, el sector agroalimentario mexicano (agricultura, ganadería y pesca) produjo 268 millones de toneladas de alimentos. De esta cifra, el sector agrícola aportó 246 millones de toneladas. Este sector consume 76.7% del agua disponible en el país<sup>1</sup>.

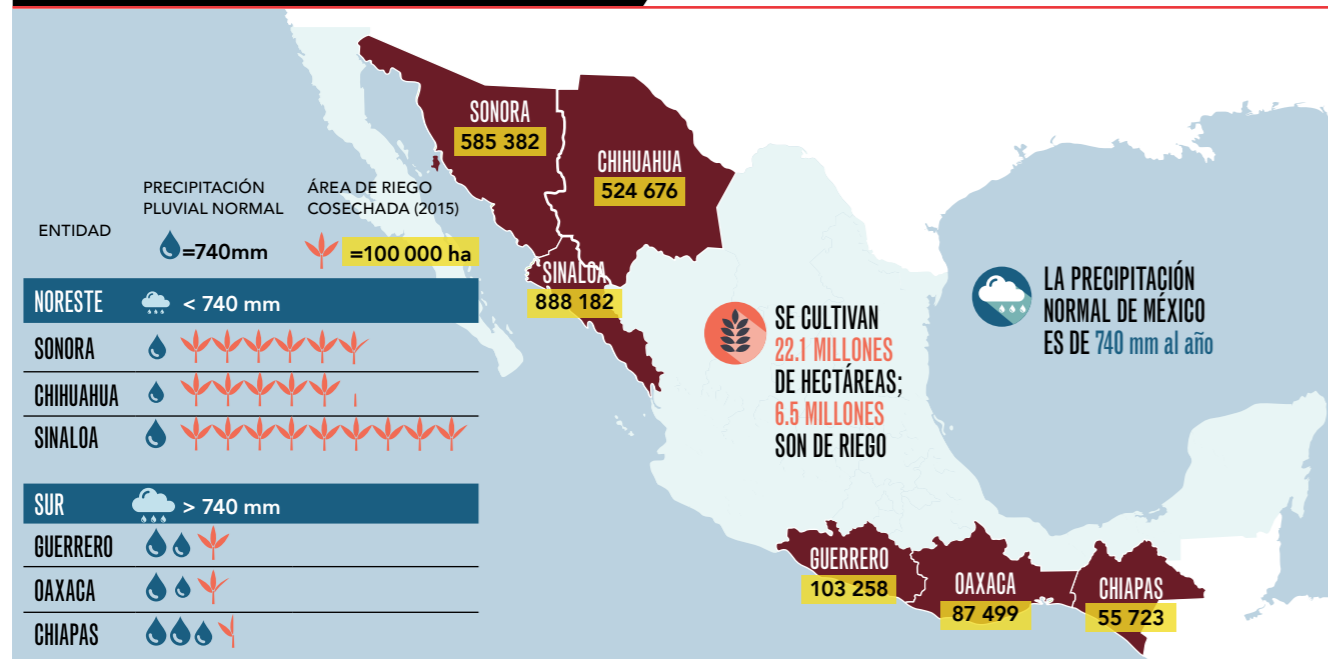
La transformación de ecosistemas que prestan valiosos servicios ambientales hidrológicos (como captación de agua de lluvias y recarga de acuíferos) en terrenos de cultivo, la producción agrícola altamente demandante de agua en las zonas de más baja disponibilidad de

agua del país, y las grandes ineficiencias en el uso y suministro del agua de riego, son prácticas contrarias al aprovechamiento sustentable del agua.

Pese a que la superficie de cultivo de riego es menor que la de temporal, su productividad es de 2.2 a 3.3 veces mayor<sup>2</sup>. Por tal razón es fundamental buscar que la conducción y la distribución del agua de riego sea eficiente; las propuestas principales apuntan hacia la reparación, modernización y tecnificación de esos sistemas.

En México se siembra más donde falta agua: donde la precipitación normal al año (milímetros=mm) es menor, el área cosechada (hectáreas=ha) es mayor gracias al riego.

## DISPONIBILIDAD DE AGUA Y CULTIVO DE RIEGO



## ÁREA COSECHADA POR CULTIVO DE RIEGO Y DEMANDA DE AGUA

CULTIVO	ÁREA COSECHADA (ha) (2015)	DEMANDA DE AGUA (m <sup>3</sup> /ton)
Caña de Azúcar	318 775	210
Maíz Grano	1 485 422	1 222
Trigo Grano	699 001	1 827
Sorgo Grano	462 578	3 048
Frijol	153 393	5 053

En México, el método de riego por gravedad o rodado, en el que el agua proveniente de las presas, ríos, lagos o manantiales se conduce a través de canales hacia las parcelas, es el más usado. Sin embargo, este sistema registra la mayor pérdida debido a fugas y evapotranspiración.

Por otro lado, el subsidio al consumo de electricidad para bombeo agrícola a través de la tarifa 09 incentiva no solo el desperdicio de energía sino también de agua, y desalienta el uso de tecnologías eficientes. Según un estudio publicado en 2005 por la Semarnat, este subsidio es inequitativo al favorecer a los grandes productores agrícolas, pues beneficia con más de 500 000 pesos al año solamente a 33 usuarios, y

con menos de 500 pesos al año a más de 17 000<sup>3</sup>. El incremento de la tarifa 09 podría disminuir la extracción de agua de los acuíferos hasta en un 15%; esto incentivaría cultivos menos intensivos en el uso de agua, una reconversión tecnológica con sistemas de riego y bombeo más eficientes, y una disminución en el consumo de agua y energía eléctrica.



Para lograr una producción sostenible de alimentos en los siguientes años, la FAO y la Sagarpa recomiendan fomentar prácticas de conservación de áreas de recarga o fuentes de agua, captar y almacenar agua de lluvia y escorrentía, tecnificar el riego, promover cultivos que requieran menos agua, hacer cambios en las prácticas de cultivo y rehabilitar los distritos de riego.



# AGUA Y ENERGÍA

La planeación coordinada de los sectores hídrico y energético permitirá reducir ineficiencias y mejorar el acceso de las personas a ambos recursos

El agua y la energía están íntimamente vinculadas y son interdependientes. Para extraer, distribuir y dar tratamiento al agua se utiliza energía, y para producir y transmitir energía de la forma en la que lo hacemos actualmente se necesita agua: las plantas 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 de energía nuclear usan agua para generar vapor y para enfriar los reactores.

En 2015 nuestro país requirió 288 billones de watts-hora<sup>1</sup>, las centrales termoeléctricas son las principales generadoras de electricidad.

El agua y la energía tienen impactos decisivos en el desarrollo y el alivio a la pobreza. En el mundo, cerca de 1 186 millones de personas carecen de electricidad<sup>2</sup>, 663 millones de agua potable y 2 400 millones de saneamiento mejorado<sup>3</sup>. En México 1.85 millones de habitantes no cuentan con energía eléctrica<sup>4</sup>, 9 millones de personas no tienen agua potable y 10.4 millones no cuentan con alcantarillado<sup>5</sup>.

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

## ¿Qué se usa para producir la electricidad en México?

De **260 billones de watts-hora** que generó CFE en 2015:



**210.4**

billones de watts-hora provinieron de la quema de **combustibles fósiles**



**50.4**

billones de watts-hora provinieron de energías que se consideran **limpias por sus bajas emisiones de gases**

<b>151.5</b> GAS NATURAL	<b>30.1</b> HIDRÁULICA
<b>33.5</b> CARBÓN	<b>11.6</b> URANIO
<b>24.1</b> COMBUSTÓLEO	<b>6.3</b> GEOTERMIA
<b>1.4</b> DIESEL	<b>2.4</b> EÓLICA
	<b>0.0</b> SOLAR FOTOVOLTAICA

producción agrícola, sin embargo, la eficiencia global del riego es inferior al 50%. Según la Sagarpa, en 2013, el subsidio total a la tarifa 09 de suministro eléctrico para bombeo agrícola fue de \$22 910 millones de pesos. De los 98 000 pozos que hay para uso agrícola, el 70% tiene sistemas de bombeo con altos consumos de electricidad<sup>6</sup>.

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

**COSTO**

VS

**BENEFICIO**



Inundaría **14 sitios sagrados** de la etnia Náyeri,

suspendería 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,



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

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



Generaría **751 gigawatts-hora al año**



En 2015, las hidroeléctricas en México generaron **30 891.4 gigawatts-hora**

En 2015, el consumo de energía eléctrica para bombeo agrícola fue de 10 billones de watts-hora<sup>7</sup>, con una emisión de 4.6 millones de toneladas de bióxido de carbono<sup>8</sup>.

La demanda de agua y energía seguirá aumentando de manera significativa en las próximas décadas y presionará los recursos en casi todas las regiones.

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 de ambas es fundamental para el bienestar. La planeación coordinada de estos sectores permitirá reducir ineficiencias y mejorar el acceso de las personas a los dos recursos.

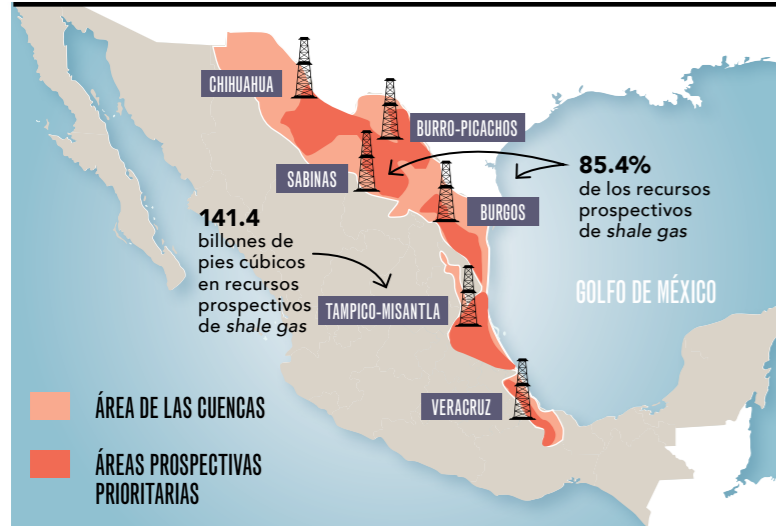
Más del **80%** de la energía eléctrica se genera en centrales térmicas que consumen agua o modifican sus propiedades

# FRACTURA HIDRÁULICA

La fracturación hidráulica o *fracking* es una técnica que permite extraer gas y aceite atrapados en lutitas o esquistos, que son rocas que se encuentran en el subsuelo a gran profundidad. En Estados Unidos, esta técnica genera el 67% de la producción de gas natural<sup>1</sup>, pero el debate sobre los costos económicos, ambientales y en la salud humana que genera, prevalece.

En México, el volumen aproximado de recursos prospectivos de gas no convencional, *shale gas*, es de 28.3 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente, es decir, ocho veces el volumen de gas natural convencional total, cuyos recursos prospectivos alcanzan 3.4 mil millones de barriles de petróleo crudo equivalente. Se calcula que el potencial estimado de México en aceite y *shale gas* es de 60.2 mil millones de barriles de petróleo crudo o equivalente<sup>2</sup>.

## RECURSOS PROSPECTIVOS DE GAS EN LUTITAS



Cada pozo demanda entre 10 000 y 15 000 m<sup>3</sup> de agua que se contamina con más de 750 químicos que se inyectan en los yacimientos

A partir de la reforma energética y debido a los altos costos en la obtención de gas convencional, la extracción de gas por fractura hidráulica en México será más común, al buscar la participación de un mayor número de agentes en exploración y explotación de hidrocarburos.

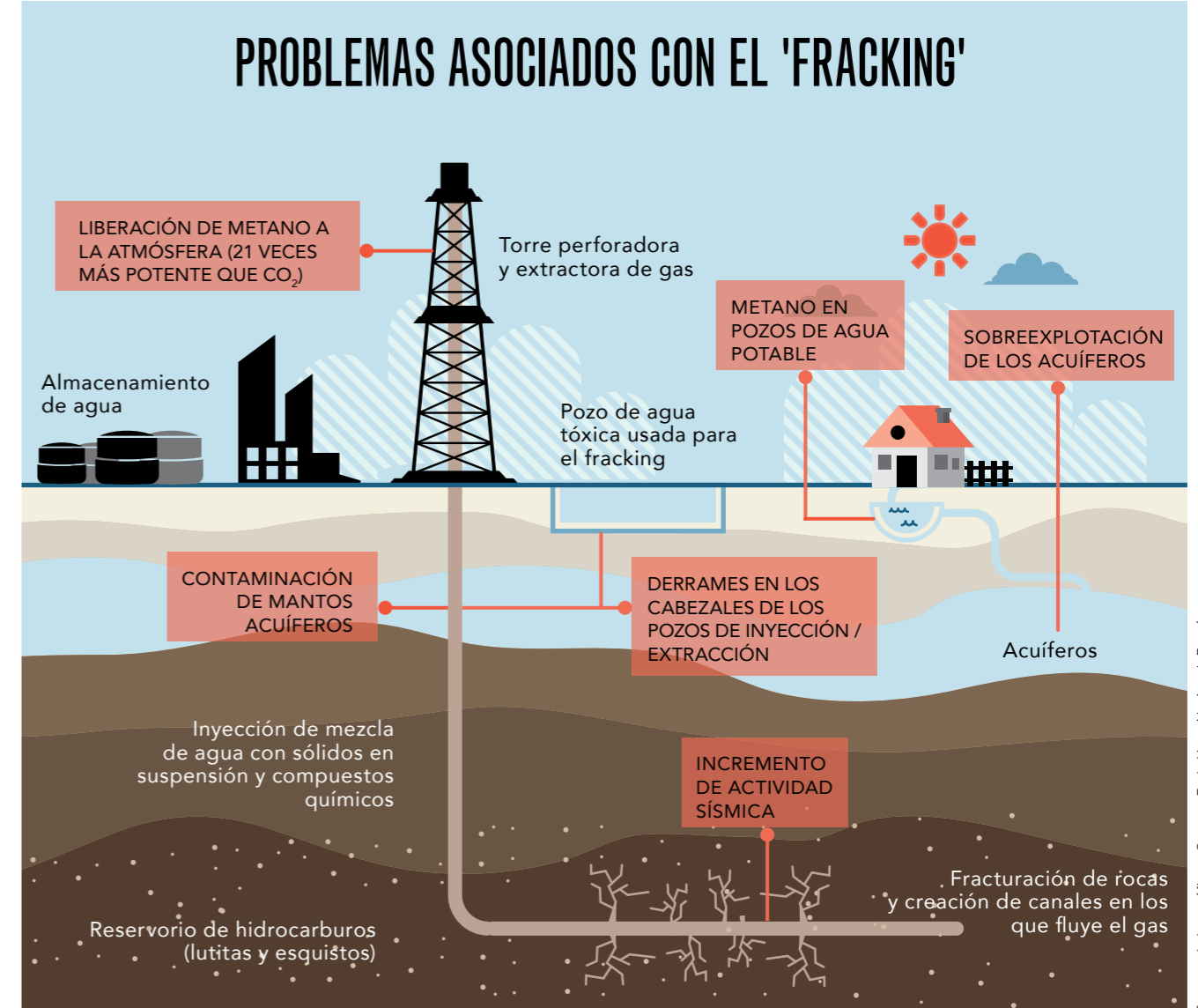
En México, esta técnica para la extracción de hidrocarburos se ha utilizado desde 2003, y para 2015 se habían perforado al menos 924 pozos en los estados de Coahuila, Nuevo León, Puebla, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz<sup>3</sup>. En Estados Unidos, el número de pozos de fractura era de 300 000 en 2015<sup>4</sup>.

El volumen de agua utilizado en fractura hidráulica depende del tamaño de pozo, pero se calcula que es de 10 a 15 millones de litros, es decir, 10 veces más agua que en el modo convencional de extracción<sup>5</sup>.

Además de esto, el *fracking* trae consigo problemas ambientales derivados de la contaminación del agua durante el proceso de extracción y su manejo, la liberación de gases de efecto invernadero más potentes que el bióxido de carbono, el incremento de la actividad sísmica en regiones aledañas a la zona de extracción, la regulación del uso del agua y su tratamiento posterior, así como el derecho a exigir y conocer la composición extracción.

El impacto ambiental del fracking puede ser grave. Es indispensable evaluar adecuadamente su relación costo-beneficio

## PROBLEMAS ASOCIADOS CON EL 'FRACKING'



# AGUA Y MINERÍA

La industria minera consume agua y la contamina con sustancias altamente tóxicas que se usan y liberan durante la extracción

La minería en México tuvo su mayor auge en el periodo colonial e históricamente ha sido una actividad económicamente importante en el país. En los últimos años ha cobrado nuevo impulso, particularmente en la modalidad de explotación de tajo a cielo abierto. En 2008, del total de concesiones mineras del país, el 94.92% correspondió a minas superficiales<sup>1</sup>.

Cuando un yacimiento ofrece 0.3 gramos de oro por tonelada de mineral removido (y contaminado), se considera que la mina de tajo a cielo abierto es rentable<sup>2</sup>.

En 2015, la minería fue la sexta actividad económica del país con una captación de divisas de 14 579 millones de dólares. En junio de 2016 reportaba 353 635 empleos<sup>3</sup>.

En 2016, el Registro Público de Minería contaba con 25 467 títulos de concesión vigentes por 22.58 millones de hectáreas equivalentes al 11.5% del territorio nacional. La mitad del área concesionada se concentra en Sonora, Coahuila, Durango, Chihuahua y Zacatecas<sup>4</sup>.

El volumen de oro que se extrajo en 2015 se incrementó un 25% con respecto al año anterior y llegó a 123.3 kilogramos. La extracción de plata fue de 4 959 kilogramos, y la de cobre de 485 529 toneladas. En el 64.19% de los proyectos mineros participa capital extranjero, principalmente de Canadá<sup>5</sup>.

El consumo de agua para la actividad minera se contabiliza bajo el uso agrupado de *industria autoabastecida*, que en 2015 fue de 3 680 millones de metros cúbicos<sup>6</sup>

(de ese total, la industria minera extrajo casi 437 millones de metros cúbicos en 2014, es decir, el 12.2%<sup>7</sup>). De 2006 a 2015, el volumen de agua concesionado al uso de industria autoabastecida, proveniente de aguas subterráneas, se incrementó en un 51.4%<sup>8</sup>.

La minería es una actividad que se caracteriza por el alto volumen de generación de residuos, algunos de ellos potencialmente tóxicos y peligrosos para la población y los ecosistemas. De los residuos mineros (jales) calculados en cerca de 5 000 millones de toneladas al año, se reportan como peligrosos 253.54 toneladas<sup>9</sup>. Según la ley minera mexicana, la contaminación del ambiente derivada de estos amerita sanciones administrativas, mas no la cancelación de las actividades de la mina.

El Inegi calcula que los costos que causó la minería en 2014 por agotamiento y degradación ambiental fueron de 106 812 millones de pesos<sup>10</sup>.

A fin de enfrentar la problemática ambiental y social del sector, distintos órganos internacionales han desarrollado lineamientos, iniciativas y convenciones con el fin de mejorar el desempeño ambiental y social de la minería.

Una industria 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 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.<sup>11</sup>

## MINAS Y CONSUMO DE AGUA EN MÉXICO

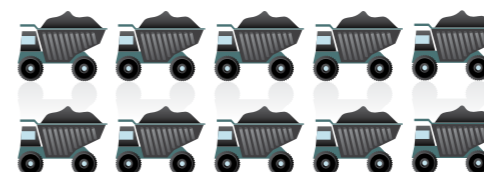
**New Gold Mina San Xavier**  
(Cerro de San Pedro, SLP)  
4.4 millones de litros diarios concesionados

**Minera Peñasquito**  
(Mazapil, Zac)  
110 millones de litros diarios concesionados

**Los Cardones**  
(La Paz, BCS)  
Desalinizaría en 10 años 20 000 millones de litros de agua marina y arrojaría las sales al mar

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 CARDONES, 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 ELECTRICIDAD DE

**1 300**  
kW-h

suficientes para abastecer de energía eléctrica a cerca de 20-30 familias por día

LA DISPOSICIÓN AL MAR DE

**3 200 kg**

de sales residuales provenientes del proceso de desalación



EL CONSUMO DE

**100**  
MIL LITROS DE AGUA DULCE

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



EL CONSUMO DE

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



# AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN

El tratamiento y reúso de las aguas residuales es fundamental para evitar la sobreexplotación de los acuíferos y la contaminación de los ecosistemas

Cada año se vierten a los cuerpos de agua millones de metros cúbicos de aguas residuales, descargas municipales, industriales y agrícolas tratadas de forma inadecuada o sin tratamiento alguno. La contaminación del agua tiene un severo impacto en los ecosistemas y en la salud.

Es preciso reducir los volúmenes y mejorar los procesos de tratamiento, no solo para procurar el bienestar social y la protección ambiental, sino también por razones económicas y de seguridad nacional.

En México, las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales (abastecimiento público urbano y rural) y no municipales (otros usos como industria autoabastecida). Según cifras oficiales, se trata el 52.7% de las aguas municipales que se generan, y el 32% de las aguas no municipales<sup>1</sup>. Aunque hay avances es aún insuficiente y existe un volumen indeterminado de aguas contaminadas que no son colectadas, que se pierden en las redes de desagüe o que se descargan de forma ilegal.

Se calcula que en 2015 el costo económico de la contaminación causada por aguas residuales no tratadas fue de 57 403 millones de pesos, equivalentes al 0.3% del producto interno bruto<sup>2</sup>.

Lagos, ríos y deltas reciben la descarga de aguas residuales no tratadas o tratadas de forma inadecuada que ponen en riesgo la salud de personas y ecosistemas

## AGUAS RESIDUALES

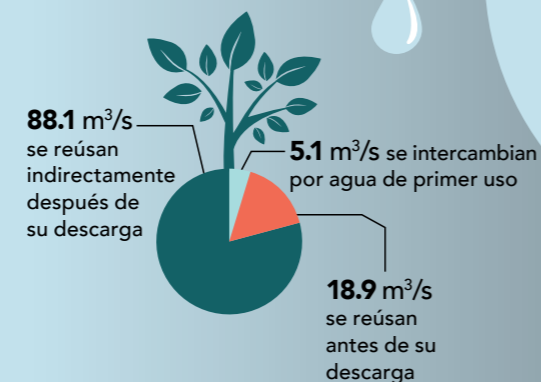
### DESCARGAS MUNICIPALES DE LOS CENTROS URBANOS

2 477 plantas de tratamiento tratan el 52.7% de los 229.1 m<sup>3</sup>/s que se generan

### DESCARGAS NO MUNICIPALES, INCLUYENDO INDUSTRIALES

2 832 plantas de tratamiento tratan el 32.8% de los 214.6 m<sup>3</sup>/s que se genera

EN 2015, DE 120.9 m<sup>3</sup>/s DE AGUAS TRATADAS SE REUSÓ EL 88.4%



### PRODUCIDAS

(aguas municipales, no municipales e industriales): 14 000 millones de m<sup>3</sup> al año (443.6 m<sup>3</sup>/s)

### TRATADAS:

6 030 millones de m<sup>3</sup> al año (191.4 m<sup>3</sup>/s)

### AGUA NO TRATADA SE VA HACIA:

Mar, ríos, lagos y riego agrícola

Costo económico de la contaminación del agua por descargas de aguas residuales no tratadas: 57 403 MILLONES DE PESOS = 0.3% DEL PIB

La reducción de la contaminación del agua requiere una fuerte inversión en infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales y representaría un ahorro en cuanto a la atención médica que debe darse al tratamiento de enfermedades diarreicas provocadas por agua y productos agrícolas contaminados. En 2015

murieron en México 3 754 personas debido a enfermedades infecciosas intestinales<sup>3</sup>.

Invertir en la infraestructura necesaria para incrementar la capacidad de tratamiento de aguas residuales representa una ganancia a largo plazo al disminuir los costos de con-

taminación, sobreexplotación y transportación del agua. Estos costos irán aumentando progresivamente con el crecimiento de la población –particularmente en áreas urbanas–, al intensificarse la presión sobre los recursos hídricos.

Por ejemplo, la Zona Metropolitana del Valle de México presenta un alto grado de presión y en 2015 requirió una inversión de infraestructura para agua potable, alcantarillado y saneamiento de 9 173 millones de pesos, monto que representó el 26% de la inversión hídrica total del país<sup>4</sup>.

El uso de aguas residuales tratadas podría contribuir a cerrar la brecha entre la oferta y la demanda de agua. Según las proyecciones, en 2030 habrá 9.2 mil millones de metros cúbicos de aguas residuales<sup>5</sup> que, de ser tratadas y reusadas, reducirían en un 40% la demanda.

Hay dos tipos de sistemas de tratamiento de aguas residuales sustentadas en procesos biológicos: aerobios y anaerobios. Los primeros proporcionan un medio de alto contenido de oxígeno para que las bacterias puedan degradar la materia orgánica de los desechos, son altamente demandantes de energía, generan muchos lodos y pocos gases resultantes. Los segundos utilizan bacterias que descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno, que producen menos lodos y liberan más gases (metano y dióxido de carbono, amoníaco y ácido sulfúrico) que pueden usarse como combustible.

Mediante el tratamiento de aguas residuales se genera un ahorro considerable al liberar el agua de primer uso para actividades como limpieza y riego, se disminuye la presión hídrica y la sobreexplotación de los acuíferos y se previene la contaminación de los cuerpos de agua y las enfermedades diarreicas, lo cual tiene un efecto positivo en el ambiente y en el bienestar de las comunidades.

# ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS

La introducción accidental o intencional de especies acuáticas invasoras impacta la biodiversidad, la economía y la salud pública

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 la 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. Por ejemplo, se estima que los plecos o peces diablo, loricáridos provenientes de cuencas sudamericanas, apreciados en el acuarismo por ser limpiadores de peceras, han causado

a pesquerías mexicanas más de 13 millones de dólares en pérdidas<sup>1</sup>.

El agua de lastre 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 exóticas acuáticas introducidas por esta vía<sup>2</sup>. Otras vías no intencionales son las bioincrustaciones, los canales artificiales, así como las

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

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

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, la carpa y la trucha arcoíris se han introducido de manera extensiva para su explotación.

Algunas especies, como el lirio acuático, son capaces de 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 impactos sanitarios al ser portadoras de patógenos o parásitos ajenos al ecosistema. Por ejemplo, el caracol trompetero es vector 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 creciente como para el manejo de estas especies. La implantación de instrumentos económicos de carácter fiscal, 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, podrían contribuir a prevenir o reducir los riesgos por especies exóticas invasoras.

## LIRIO ACUÁTICO

(*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<sup>3</sup>.

### 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 (Loricáridos)

La primera especie de estos peces registrada en México fue el *Liposarcus*—luego reclasificada como *Pterygoplichthys multiradiatus* en el río Balsas en 1995. Actualmente el problema es grave, pues varias especies se han establecido en la presa Infiernillo, en los límites de Michoacán y Guerrero, uno de los mayores cuerpos de agua de México<sup>4</sup>.

Este embalse artificial, en operación desde 1964, se con-

virtió en el sitio principal para la pesca de agua dulce en el país con la presencia de especies nativas del Balsas y especies exóticas como la tilapia, introducidas de forma intencional para promover el desarrollo económico de las comunidades. En 1987, la captura de tilapia alcanzó casi 20 000 toneladas al año. Sin embargo, la sobrepesca, agravada por la invasión de plecos, redujo la captura de tilapia a apenas poco más de 7 000 toneladas en el 2000<sup>5</sup>.

Se calcula que las pérdidas brutas derivadas de la presencia de plecos en la presa, en actividad pesquera y capital natural, son del orden de 178 millones de pesos<sup>6</sup>.

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





## ◆ DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN MÉXICO

<sup>1 2 3</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 31-33.

<sup>4</sup> FAO Aquastat, *Total Renewable Water Resources per Inhabitant in 2014*.

<sup>5</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 182.

## ◆ GESTIÓN SUSTENTABLE

<sup>1</sup> Conagua (2016), *Situación del subsector agua potable, saneamiento y alcantarillado, 2016*, p. 29.

## ◆ USOS DEL AGUA

<sup>1</sup> Cálculo propio con base en uso total consuntivo más uso total no consuntivo, en Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 70.

<sup>2 3</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 70-71.

<sup>4</sup> FAO (2016), servicio de información Aquastat disponible en [www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal\\_eng.pdf](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/tables/WorldData-Withdrawal_eng.pdf)

<sup>5</sup> Citado en Conagua (2016), *op. cit.*, p. 201.

<sup>6</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 71.

<sup>7</sup> FAO (2016), servicio de información Aquastat disponible en [www.fao.org/nr/water/aquastat/data/popups/itemDefn.html?id=4252](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/popups/itemDefn.html?id=4252)

<sup>8 9</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 71, 79.

## ◆ DERECHO HUMANO AL AGUA

<sup>1</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 112, 114.

<sup>2</sup> Programa Nacional Hídrico 2014-2018, p. 40.

<sup>3</sup> Según Demanda Química de Oxígeno (DQO), en Conagua (2016), *op. cit.*, p. 58.

<sup>4</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 52.

## ◆ COSTOS Y PRECIOS DEL AGUA

<sup>1 2</sup> Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), Indicadores de gestión/Ciudad de México/Consumo en 2015.

<sup>3</sup> Código Fiscal del Distrito Federal, artículo 172, última reforma publicada en la Gaceta Oficial del Distrito Federal el 30 de diciembre de 2015.

<sup>4</sup> Con base en Eficiencia Física 1 y 2 en 2015 del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), *Informe final 2016*.

<sup>5</sup> Rodwan, J. G. Jr., "Bottled Water 2014: Reinvigoration, U.S. and International Developments and Statistics", p. 18.

## ◆ AGUA VIRTUAL Y HUELLA HÍDRICA

<sup>1</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 205.

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 86-87.

## ◆ RÍOS Y LAGOS

<sup>1</sup> Números Naturales, Ríos libres, en [www.losnumerosnaturales.org](http://www.losnumerosnaturales.org)

<sup>2</sup> PNUD (2006), *Informe sobre desarrollo humano 2006, Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*, p. VI.

<sup>3</sup> Conagua (2011), *Agenda del agua 2030*, p. 40.

<sup>4</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 124.

## ◆ HUMEDALES COSTEROS

<sup>1</sup> Números Naturales, Manglares, en [www.losnumerosnaturales.org](http://www.losnumerosnaturales.org)

<sup>2</sup> The International Blue Carbon Initiative, en [www.thebluecarboninitiative.org](http://www.thebluecarboninitiative.org)

## ◆ INSTRUMENTOS LEGALES Y DE POLÍTICA AMBIENTAL

<sup>1</sup> Bezaury Creel, J. E. (2009), *El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos*, p. 17.

<sup>2</sup> Perevotchtikova, M. y A. Ochoa (2012), *Avances y limitantes del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos en México*, p. 98.

<sup>3</sup> Conafor (2011), *Servicios ambientales y cambio climático*, p. 9.

<sup>4</sup> Barrios, E., et al. (2015), *Programa Nacional de Reservas de Agua en México*, p. 16.

## ◆ EL AGUA Y LA SALUD

<sup>1</sup> Conagua (2015), *Estadísticas del agua en México*, p. 181.

<sup>2</sup> Conagua (2011), *Agenda del agua 2030*, p. 6.

## ◆ CAMBIO CLIMÁTICO Y CICLO HIDROLÓGICO

<sup>1</sup> IPCC (2015), *Climate Change 2014, Synthesis Report*, p. 10.

<sup>2</sup> Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, p. 16.

<sup>3</sup> OCDE/AIE (2016), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, Highlights*, p. 76.

## ◆ INUNDACIONES Y SEQUÍAS

<sup>1</sup> Cenapred (2015), "Desastres en México: impacto social y económico", infografía.

<sup>2</sup> Cenapred (2016), *Impacto socioeconómico de los desastres en México durante 2015, resumen ejecutivo*, p. 7.

<sup>3</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 34.

<sup>4</sup> *Ibid.*, p. 40.

<sup>5</sup> FAO (2015), *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015*, p. 12.

<sup>6</sup> Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40, p. 33.

## ◆ AGUA Y AGRICULTURA

<sup>1</sup> Sagarpa (2016), *Atlas agroalimentario 2016*, p. 10, y Conagua (2016), *Numeragua*, p. 35.

<sup>2</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 78.

<sup>3</sup> Ávila, S., et al. (2005), "Análisis del subsidio a la tarifa 09", p. 72.

## ◆ AGUA Y ENERGÍA

<sup>1</sup> Sener (2016), *Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030*, p. 41.

<sup>2</sup> OCDE-AIE (2016), *World Energy Outlook*.

<sup>3</sup> OMS/UNICEF JMP (2015), *Progress on Sanitation and Drinking Water, 2015 Update*, p. 66 y 67.

<sup>4</sup> Sener (2016), *op. cit.*, p. 13.

<sup>5</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 112, 114.

<sup>6</sup> Sagarpa (2016), *Eficiencia energética en el sector agropecuario*.

<sup>7</sup> Sener (2016), *op. cit.*, p. 37.

<sup>8</sup> Calculado según el factor de emisión de electricidad emitido por la Semarnat para 2015 de 0.458 toneladas de CO<sub>2</sub> por megawatt-hora.

## ◆ FRACTURA HIDRÁULICA

<sup>1</sup> Administración de Información Energética de Estados Unidos.

<sup>2</sup> Sener (2016), *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030*, p. 66.

<sup>3</sup> CartoCrítica (2015), "Fracking en México", en [www.cartocritica.org.mx/2015/fracking-en-mexico](http://www.cartocritica.org.mx/2015/fracking-en-mexico).

<sup>4</sup> Administración de Información Energética de Estados Unidos.

<sup>5</sup> De la Vega N., A., y J. Ramírez (2015), "El gas de lutitas (*shale gas*) en México, recursos, explotación usos, impactos", p. 84.

## ◆ AGUA Y MINERÍA

<sup>1</sup> Inegi (2009), *La industria minera ampliada*.

<sup>2</sup> Citado en Tamayo, L. (2014), "La minería de tajo a cielo abierto en México: una nueva forma de colonialismo".

<sup>3</sup> Secretaría de Economía, *Cuarto informe de labores 2015-2016*, p. 119, 123.

<sup>4 5</sup> Servicio Geológico Mexicano (2016), *Anuario estadístico de la minería mexicana 2015*, p. 15, 20, 27.

<sup>6</sup> Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 71.

<sup>7</sup> CartoCrítica (2016), "Concesiones de agua para las mineras".

<sup>8</sup> Conagua (2016), *op. cit.*, p. 80.

<sup>9</sup> INECC (2012), *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos*, p. 99 y 107.

<sup>10</sup> Inegi, boletín de prensa 514/15, noviembre de 2015.

<sup>11</sup> Exequiel Ezcurra, disponible en [defiendelasierra.org/wp-content/uploads/Carta-a-DGIRA-vs-proyecto-Los-Cardones-E-Ezcurra-Ene-2014.pdf](http://defiendelasierra.org/wp-content/uploads/Carta-a-DGIRA-vs-proyecto-Los-Cardones-E-Ezcurra-Ene-2014.pdf)

## ◆ AGUAS RESIDUALES Y CONTAMINACIÓN

<sup>1</sup> Porcentaje de aguas residuales tratadas de los totales generados de aguas municipales y no municipales, según Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México*, p. 124.

<sup>2</sup> Inegi, búsqueda estadística en su sitio bajo PIB y Cuentas Nacionales de México/Económicas y Ecológicas/2015.

<sup>3</sup> Inegi, búsqueda estadística en su sitio bajo Población/Mortalidad/Principales causas/Total 2015.

<sup>4</sup> Conagua (2016), *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado*, p. 15.

<sup>5</sup> Conagua (2011), *Agenda del agua 2030*, p. 6, 17.

## ◆ ESPECIES INVASORAS ACUÁTICAS

<sup>1</sup> Mendoza A., R., y P. Koleff (coord.) (2014), *Especies acuáticas invasoras en México*, p. 8.

<sup>2</sup> *Ibid.*, p. 44.

<sup>3</sup> Miranda, M. G. y A. Lot (1999), "El lirio acuático, ¿una planta nativa de México?", *Ciencias*.

<sup>4</sup> Mendoza A., R., et al. (2009), "Evaluación trinacional de riesgos de los plecos (*Loricariidae*)", *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies exóticas invasoras*, p. 34.

<sup>5</sup> Stabridis, O., et al. (2009), "Análisis socioeconómico de los efectos de la familia *Loricariidae* en México: el caso de la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo)", *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies exóticas invasoras*, p. 62.

<sup>6</sup> *Ibid.*, p. 71.

# BIBLIOGRAFÍA

Ávila, S., C. Muñoz, L. Jaramillo y A. Martínez (2005), "Análisis del subsidio a la tarifa 09", Instituto Nacional de Ecología, Gaceta Ecológica, núm. 75.

Barrios, E., et al. (2015), *Programa Nacional de Reservas de Agua en México: Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente*, Banco Interamericano de Desarrollo.

Bezaury Creel, J. E. (2009), *El valor de los bienes y servicios que las áreas naturales protegidas proveen a los mexicanos*, The Nature Conservancy-Programa México.

Brink, P., et al. (2013), *La economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los humedales*, resumen ejecutivo, Instituto de Política Medioambiental Europea y Secretaría de Ramsar.

Carabias, J., J. Sarukhán, J. De la Maza, y C. Galindo, coord., (2010), *Patrimonio natural de México, cien casos de éxito*, "Explotación racional de acuíferos y conservación de humedales", Semarnat/INE.

CartoCrítica (2016), "Concesiones de agua para las mineras", Manuel Llano-Fundación Heinrich Böll, México, Centroamérica y el Caribe, en [www.cartocritica.org.mx](http://www.cartocritica.org.mx)

Cenapred (1999-2016), *Impacto socioeconómico de los desastres en México*, series especiales, Secretaría de Gobernación-Sistema Nacional de Protección Civil-Centro Nacional de Prevención de Desastres.

Centro Mario Molina (2016), *Metas vinculantes para la incorporación de energías limpias en la generación de electricidad en México*.

Conafor (2011), *Servicios ambientales y cambio climático*, Coordinación General de Producción y Productividad.

Conagua (2011), *Agenda del agua 2030, una visión prospectiva del agua al año 2030*, Semarnat-Conagua.

Conagua (2016), *Estadísticas del agua en México, edición 2016*, Semarnat-Conagua.

Conagua (2016), *Numeragua, edición 2016*, Semarnat-Conagua.

Conagua (2016), *Situación del subsector agua potable, drenaje y saneamiento, edición 2016*, Semarnat-Conagua.

De la Vega, A., y J. Ramírez (2015), "El gas de lutitas (shale gas) en México, recursos, explotación usos, impactos", *Revista de Economía de la UNAM*, vol. 12, núm. 34.

Euromonitor International, *Country Report: Bottled Water in Mexico*.FAO (2011), *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture—Managing Systems at Risk*.

FAO (2016), *Aquastat*, servicio de información en línea de la FAO sobre agua y agricultura.

Gobierno de la República, *Cuarto informe de labores 2015-2016*.

Gobierno de la República, *Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40*, Diario Oficial de la Federación.

Gobierno de la República, *Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018*, Plan Nacional de Desarrollo.

Gobierno de la República, *Programa Nacional Hídrico 2014-2018*, Plan Nacional de Desarrollo.

INECC (2012), *Bases para una estrategia de desarrollo bajo en emisiones en México*.

INECC (2012), *Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos, versión extensa*, INECC, Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental.Inegi (2011), *La industria minera ampliada, Censos Económicos 2009*, Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

Inegi (2015), *Encuesta Nacional de los Hogares 2014*.

Instituto Mexicano del Petróleo (2016), "Presenta el IMP resultados de su proyecto de Shale gas/oil", *Gaceta*, órgano interno informativo electrónico, cuarta época, año II, núm. 85.

IPCC (2015), *Climate Change 2014, Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jiménez, B., M. L. Torregrosa y L. Aboites (ed.) (2010), *El agua en México: cauces y encauces*, Academia Mexicana de Ciencias/Conagua.

Magaña R., Víctor O. (2006), *Informe sobre escenarios futuros del sector agua en México bajo cambio climático para las climatologías del 2020, 2050 y 2080*, Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM para el INE-Semarnat.

Mekonnen, M. M., y A. Y. Hoekstra (2011), *National Water Footprint Accounts: The Green, Blue and Grey Water Footprint of Production and Consumption*, vol. 1: Main Report, Research Report Series, núm. 50, UNESCO-IHE Institute for Water Education.

Mendoza Alfaro, R., et al. (2009), *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies exóticas invasoras*, Comisión para la Cooperación Ambiental.

Mendoza Alfaro, R., y P. Koleff (coord.) (2014), *Especies Acuáticas Invasoras en México*, Conabio.

Miranda, M. G. y A. Lot (1999), "El lirio acuático, ¿una planta nativa de México?", *Ciencias*, núm. 53.

Monroy, O. 2017. *Manejo sustentable de recursos para la Ciudad de México desde una visión de cuenca*. Presentación realizada en el marco del Foro de Trabajo: "Consensos para la construcción de la nueva ley de aguas y la Contraloría Ciudadana para la Ciudad de México".

OCDE (2013), *Hacer posible la reforma de la gestión del agua en México*, OECD Publishing.

OCDE-AIE (2016), *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion, Highlights*.

OMS (2014), *Preventing Diarrhoea Through Better Water, Sanitation and Hygiene, Exposures and impacts in low- and middle-income countries*.

OMS-UNICEF Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply and Sanitation, *Progress on Drinking Water and Sanitation, 2014 Update*.

OMS-Unicef Joint Monitoring Programme (JMP) for Water Supply and Sanitation, *Progress on Sanitation and Drinking Water, 2015 Update and MDG Assessment, 25 Years*.

ONU, *The Right to Water*, Alto Comisionado de Naciones Unidas para los Derechos Humanos, UN Habitat, OMS, Fact Sheet, núm. 35.

PNUD (2006), *Informe sobre desarrollo humano 2006, Más allá de la escasez: poder, pobreza y la crisis mundial del agua*.

Perevochtchikova, M. y A. Ochoa (2012), *Avances y limitantes del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos en México, 2003-2009*, *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol. 3, núm. 10.

Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores (PIGOO), Semarnat/IMTA, en [www.pigoo.gob.mx](http://www.pigoo.gob.mx), consultado en 2017.

Programa Mexicano del Carbono (2015), VI Simposio Internacional del Carbono en México 2015, memoria, resúmenes cortos, "Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México".

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (2015), *Agua para un mundo sostenible, resumen ejecutivo*, UNESCO.

Rabasa, E. y C. Arriaga (coord.) (2008), *Agua: aspectos constitucionales*, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.

Rodwan, J. G. Jr. (2015), "Bottled Water 2014: Reinvigoration, U.S. and International Developments and Statistics", *Bottled Water Reporter*, International Bottled Water Association.

Sagarpa (2016), *Atlas agroalimentario 2016*, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Sagarpa (2016), *Eficiencia energética en el sector agropecuario*, Subsecretaría de Agricultura, Dirección General Fibras Naturales y Biocombustibles.

Sanjurjo R., E., y S. Welsh (2005), "Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares", *Gaceta Ecológica*, núm. 74, Semarnat.

Secretaría de Economía, *Cuarto informe de labores 2015-2016*.

Sener (2016), *Prospectiva del sector eléctrico 2016-2030*.

Sener (2016), *Prospectiva de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030*.

Servicio Geológico Mexicano (2016), *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2015*, Coordinación General de Minería.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (2016), *Anuario estadístico de la producción agrícola, cíclicos y perennes 2015*, en [www.infosiap.gob.mx/agricola\\_siap\\_gb/icultivo/](http://www.infosiap.gob.mx/agricola_siap_gb/icultivo/)

Sistema de Información Energética, Sector Eléctrico Nacional, Ventas internas de energía eléctrica por tarifa en MWh, para 2015 y 2016.

Stabridis, O., et al. (2009), "Análisis socioeconómico de los efectos de la familia Loricariidae en México: el caso de la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo)", *Directrices trinacionales para la evaluación de riesgos de las especies exóticas invasoras*, Comisión para la Cooperación Ambiental.

Tamayo, L. (2014), "La minería de tajo a cielo abierto en México: una nueva forma de colonialismo", *Nómadas, Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, vol. 44, núm. 4.

UNICEF (2015), *Levels and Trends in Child Mortality, Report 2015*, estimados desarrollados por UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation.

Vargas, Z. A.V., G. Acuña, et al. (2017), "Desacoplamiento del subsidio agrícola para el incremento de la eficiencia holística del riego", *Sexto Congreso Nacional de Investigación en Cambio Climático*, Fundación para el Desarrollo Sustentable/CFE/Centro Regional de Investigaciones Disciplinarias UNAM/York University/Instituto de Energías Renovables UNAM.



# AGUA EN MÉXICO

Un prontuario para la correcta toma de decisiones

ESTA PUBLICACIÓN SE REALIZÓ GRACIAS AL APOYO DE:

