ATLAS DEL AGUA

Datos y hechos sobre la base de la vida

Edición México 2026



HEINRICH BÖLL STIFTUNG
CIUDAD DE MÉXICO
México y El Caribe

PIE DE IMPRENTA

Atlas del agua
Datos y hechos sobre la base de la vida
Edición México 2026
Primera edición. Noviembre de 2026

Fundación Heinrich Böll, E.V.
José Alvarado 12, Col. Roma, Alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México 06760
mx.boell.org
Director de la oficina Ciudad de México: Florian Huber
ISBN: 978-970-96009-2-6

Editoras ejecutivas (edición internacional): Linda Schneider, Kristin Funke, Fundación Heinrich Böll
Editor en jefe, investigación gráfica: Martin Eimermacher
Editoras colaboradoras: Johanna Sydow, Annette Kraus, Fundación Heinrich Böll, Berlin
Dirección de arte, Desarrollo gráfico: STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign
Colaboradores: Elena Alter, Andrés Ángel, Nidhal Attia, Steffen Bender, Kyle Davis, Inka Dewitz, Petra Dobner, Bapon Fakhruddin, Dieter Gerten, Peter Greve, Daniela Jacob, Annette Jensen, Annette Kraus, Sergiy Moroz, Andreiev Pinzón, Friederike Rohde, Ute Scheub, Susanne Schmeier, Stefan Schwarzer, Nora Stognief, Luis Fernando Sánchez Supelano, Johanna Sydow, Areeya Tivasuradej, Helena Varkkey, Laura von Vittorelli, Anoosh Sophie Werner

Los mapas muestran las áreas donde se recogen los datos
y no representan ninguna declaración sobre afiliación política.

Ilustración de portada: © STOCKMAR+WALTER Kommunikationsdesign
Editora responsable (V. i. S. d. P.): Annette Maennel, Heinrich-Böll-Stiftung

Edición México del Atlas del Agua se basa en la edición internacional del Wasseratlas, publicado conjuntamente por la Fundación Heinrich Böll y la Federación Alemana para el Medio Ambiente y la Conservación de la Naturaleza (BUND) a principios de 2025.

Coordinación de la Edición México: Dolores Rojas y Jenny Zapata
Colaboradores: Ricardo A. Morales, Patricia Pliego, Roberto Ramos, Carlos Gustavo Lozano Guerrero, Gonzalo Hatch Kuri, Carla Flores Lot, Iris Neri Flores, Sergio Salinas Rodríguez y Anuar Martínez Pacheco.
Traducción al español: Michael Pickard White
Formación y diseño gráfico: Marilia Castillejos Meléndrez
Impreso en Offset W, S.A. de C.V. Emilio Carranza 229, San Andrés Tetepilco, Iztapalapa, Ciudad de México, 09440.
El tiraje consta de 1 000 ejemplares.

Este material (excepto la imagen de portada, los logos y las portadas de otras publicaciones) está protegido por la licencia Creative Commons "Atribución 4.0 Internacional" (CC BY 4.0).
Para saber más sobre esta licencia, visite: creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode.es.
Puede encontrar un resumen (que no reemplaza el texto original) en:
creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es.

Los gráficos individuales de este atlas pueden reproducirse si se agrega junto a ellos la atribución "Eimermacher/stockmarpluswalter, CC BY 4.0". Citar como: "Fundación Heinrich Böll. Atlas del Agua, Edición México 2026"



ATLAS DEL AGUA

Datos y hechos sobre la base de la vida

EDICIÓN MÉXICO 2026

ÍNDICE

04 **PRÓLOGO**

06 **12 BREVES LECCIONES**
SOBRE EL AGUA

08 **LA BASE DE LA VIDA**
SIN AGUA, NO HAY VIDA
El agua es indispensable para la vida en la Tierra. Sin embargo, su uso excesivo, la contaminación y la crisis climática han puesto en peligro las reservas mundiales de este recurso, con graves consecuencias para los ecosistemas y los seres humanos.

10 **GESTIÓN**
UN GRAN ROMPECABEZAS
La gestión del agua puede explicarse como un gran rompecabezas: las piezas que lo conforman —usos, cuencas, concesiones, infraestructura y gobernanza— deben ordenarse estratégicamente para sostener a las comunidades humanas, la agricultura, la actividad industrial y los ecosistemas.

12 **UN DERECHO HUMANO**
AGUA PARA TODOS
Más de una cuarta parte de la población mundial carece de acceso seguro al agua potable. En aras de mejorar esta situación, las Naciones Unidas declararon el agua como un derecho humano: debe ser apta para el consumo y accesible para todas las personas. La acción política será decisiva para lograrlo.

14 **CONCESIONES**
¿PARA QUÉ Y PARA QUIÉN?
Garantizar el acceso al agua requiere de una gestión justa. La información pública debe permitir comprender con claridad cómo se distribuye su aprovechamiento y qué actividades se benefician.

16 **CLIMA**
BAJO PRESIÓN
El aumento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera provoca el calentamiento de los océanos, derrite los casquetes polares e intensifica la frecuencia con que se producen fenómenos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones.

18 **BIODIVERSIDAD**
HÁBITATS HÚMEDOS
Los ecosistemas sanos purifican el agua y protegen de las inundaciones y las sequías. Sin embargo, la crisis climática está alterando los ciclos naturales y amenazando los hábitats de todo el mundo.

20 **CONSUMO**
HASTA LA ÚLTIMA GOTA
Desde las granjas hasta las fábricas, de los teléfonos inteligentes a los grifos de la cocina, el consumo y la demanda mundial de agua estan aumentando al mismo tiempo que las reservas están disminuyendo.

22 **CONTAMINACIÓN**
PROFUNDIDADES TURBIAS
Residuos plásticos, vertidos industriales, productos químicos: apenas algún cuerpo de agua queda a salvo. Amenazan los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana. ¿Cuál es la solución a la oleada de contaminantes? Una economía circular que conserve los recursos.

24 **ZONAS DE SACRIFICIO**
AGUAS ABAJO DEL DESARROLLO
Durante su uso y aprovechamiento, se vierten en el agua residuos, sustancias contaminantes y compuestos tóxicos que modifican su composición y que, una vez descargados en los cauces, continúan viajando con ella.

26 **PRIVATIZACIÓN**
UNA DECISIÓN EQUIVOCADA
Se suponía que la venta de los sistemas públicos de abastecimiento de agua a empresas privadas haría que la gestión fuera más eficiente y que los precios bajaran. Sin embargo, a menudo, la experiencia ha demostrado lo contrario.

28 **CONFLICTOS**
AGUAS DIVIDIDAS
El acceso a agua limpia es un derecho humano. Sin embargo, la crisis climática y el crecimiento demográfico están haciendo que el agua se vuelva un recurso cada vez más escaso, por el que es posible que diferentes grupos compitan ferozmente.

30 **AGUAS BINACIONALES**
VASOS COMUNICANTES
México comparte cuencas y acuíferos transfronterizos con sus países vecinos, al norte con los Estados Unidos de América y al sur con Guatemala y Belice, sin embargo, estos flujos hídricos compartidos están gobernados asimétricamente.

32 **AGRICULTURA**
MENTALIDAD DE ESCASEZ
La agricultura es el sector que consume más agua: 72% del consumo mundial de agua dulce es destinado a la producción de alimentos. Garantizar un suministro seguro frente a las amenazas de un clima cambiante requerirá voluntad política.

34 **MÉXICO**
HUELLAS EN EL CAMPO
El agua y la agricultura están entrelazadas: el campo necesita agua para producir alimentos y la forma en que se usa el agua en el agro determina la presión sobre ríos y acuíferos y la disponibilidad para las comunidades.

36 **ENERGÍA**
GENERACIÓN SEDIENTA
El agua y la energía están profundamente interconectadas: la producción de energía depende del agua, mientras que el tratamiento del agua consume energía.

38 **DIGITALIZACIÓN**
DATOS VORACES
Sin duda, la digitalización hace posibles nuevas formas de movilidad, de vida y de trabajo. Sin embargo, el creciente consumo de energía y la demanda de agua de la inteligencia artificial y otros servicios informáticos plantean retos ecológicos y sociales.

40 **ENERGÍA FÓSIL**
LA CARGA DEL PASADO
En muchos países, las empresas del carbón, además de ser las principales emisoras de dióxido de carbono, son también las mayores consumidoras de agua. Al importar combustibles fósiles, los paíeses más ricos contribuyen a la escasez de agua en los países productores.

42 **MINERÍA METÁLICA**
EL GRAN ROBO DE AGUA
En Chile y otros lugares, las empresas mineras multinacionales destruyen glaciares y desplazan a los pueblos indígenas. Con el aumento de la demanda de minerales crece la amenaza de conflictos, ocasionados por la sed voraz de la minería y su enorme impacto en la calidad del agua.

44 **EL RÍO MEKONG**
LAS VENAS DE UN CONTINENTE
El Mekong, uno de los ríos con mayor biodiversidad del mundo, da vida a vastos ecosistemas. A su paso por seis países une culturas, medios de vida y paisajes. No obstante, a medida que se multiplican las presas, se intensifica su contaminación y se ralentizan sus corrientes, se rompe su ritmo natural.

46 **OCÉANOS**
LA NUEVA FRONTERA
Las actividades industriales y científicas se están adentrando en zonas marinas hasta ahora vírgenes, extrayendo metales del lecho marino y probando intervenciones a gran escala en la química oceánica con el argumento de mitigar el cambio climático.

48 **FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS**
¿QUÉ NOS PROTEGE?
La crisis climática altera el equilibrio del ciclo global del agua. Mientras la lluvia inunda regiones enteras, otras sufren graves sequías. Allí donde el agua se convierte en amenaza o en bien escaso, la base de la vida comienza a tambalearse.

50 **UNIÓN EUROPEA**
LA NATURALEZA EN EMERGENCIA
La contaminación, los ríos secos y las inundaciones recurrentes ponen de manifiesto la fragilidad de los sistemas hídricos de Europa. Si bien se cuenta con una legislación sólida, los gobiernos tardan en actuar. Lograr la resiliencia hídrica requiere de liderazgo, inversión y una rendición de cuentas real.

52 **ACUÍFEROS KÁRSTICOS**
DEL METEORITO AL TREN
La Península de Yucatán comprende la mayor zona kárstica de México. Alberga una vasta reserva de agua subterránea que, aunque abundante, no es inagotable y permanece vulnerable a la contaminación.

54 **ALTERNATIVAS**
CAMBIAR EL RUMBO
En Colombia, el agua escasea cada vez más y la contaminación va en aumento. La gestión comunitaria del agua ofrece una solución: permite a las comunidades tomar el control de su agua, decidir de forma colectiva cómo usarla y priorizar la sostenibilidad y la equidad.

56 **AGUA PARA EL AMBIENTE**
LA OPCIÓN NATURAL
El 72% de la superficie de México, donde vive el 73% de la población y se produce el 77% del producto interno bruto, se encuentra permanentemente sometida a estrés hídrico. Ante este escenario, urgen límites y condiciones de uso sostenibles.

58 **SOLUCIONES**
CULTIVAR EL AGUA
Devolver la tierra a la naturaleza y practicar una agricultura que restaure el suelo puede crear "paisajes climáticos" capaces de absorber carbono y agua. Esto ayuda a combatir las sequías y las inundaciones, promueve la biodiversidad y refresca el clima.

60 **PARA LEER Y APRENDER**
AUTORES Y FUENTES
DE LOS DATOS Y GRÁFICOS

PRÓLOGO

El agua es la base de toda la vida. Cubre más de dos tercios de nuestro planeta, constituye la mayor parte de nuestros cuerpos y une a los seres humanos con la naturaleza de una manera única. Sin agua no habría plantas, animales ni personas. El agua nos moldeó tanto a nosotros como al mundo en que vivimos mucho antes de que comenzáramos a gestionarla y controlarla. No sorprende que haya dejado su huella en las religiones, el arte y la cultura de todas las civilizaciones. Aun así, ese recurso indispensable hoy se ve amenazado como nunca por su uso excesivo, los efectos de la crisis climática y la contaminación. El ciclo del agua de nuestro planeta se está desequilibrando y ya hemos superado los límites de su uso sostenible. Se necesita urgentemente un cambio de rumbo. Por fortuna, ese cambio aún es posible.

En la actualidad, en muchas partes del mundo la humanidad consume más agua de la que hay disponible. El nivel freático está descendiendo drásticamente en muchos países, lo que pone en peligro el suministro de agua potable, la producción de alimentos y numerosos ecosistemas. Impulsados por el calentamiento global, los fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías y las inundaciones, son cada vez más frecuentes e intensos. Las temperaturas más altas resecan el suelo y las lluvias torrenciales ponen en peligro a las personas y las infraestructuras. Nuestro impacto sobre el agua es visible en todo el mundo, desde la presencia de diminutas partículas de plástico en rincones remotos del Ártico hasta rastros de productos químicos industriales en el agua que bebemos. Como resultado, nuestros medios de vida se ven amenazados y nuestra agua es cada vez más escasa y menos apta para el consumo. Los más afectados son los menos capaces de hacer frente a estos problemas.

Aunque muchas personas en todo el mundo apoyan la idea de proteger los recursos hídricos, la conservación del agua rara vez ocupa un lugar destacado en los

> “La escasez de agua acentúa los conflictos existentes y profundiza la desigualdad.

debates políticos. Otros retos, como las necesidades económicas, son considerados más urgentes. Esto pasa por alto que la industria manufacturera también requiere un suministro adecuado de agua. Lo que subraya la necesidad de que políticos, científicos y sociedad civil comuniquen los hechos de manera firme y comprometida.

Por ejemplo, es necesario que se expliquen las conexiones entre la crisis climática y el agua. Muchas personas aún no son conscientes de la forma en que la crisis climática afecta al balance hídrico. Las investigaciones muestran que cuando las personas perciben los problemas ambientales directamente con sus sentidos, pueden dimensionar una crisis más claramente. La crisis del agua, con sus sequías, inundaciones, bosques secándose y ríos llenos de peces muertos puede experimentarse en forma directa, mientras que los gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono, siguen siendo invisibles. Esto explica por qué muchas personas desconocen lo estrechamente vinculado que está el clima con la calidad y la disponibilidad del agua. Los científicos se refieren a este fenómeno como “ceguera hídrica”. Surgen además incertidumbres, porque la crisis climática puede dar lugar a fenómenos en apariencia contradictorios en materia hídrica: inundaciones por un lado, y sequías, por el otro.

Además del clima, la industria y la agricultura ejercen una gran presión sobre los recursos hídricos. Los ríos, los lagos y las aguas subterráneas de todo el mundo están contaminados por microplásticos, sustancias químicas, productos farmacéuticos, fertilizantes y pesticidas. Estos contaminantes amenazan la salud de las personas y de la naturaleza. La protección de los recursos hídricos debe tener, por fin, prioridad sobre los intereses empresariales. Para ello se requieren políticas vinculantes, incentivos económicos que fomenten el uso eficiente del agua y un mejor etiquetado de los productos que ahorran agua. Esta protección solo puede ser efectiva si se aborda desde una perspectiva preventiva. La forma más eficaz de mantener la calidad del agua es, en primer lugar, evitando que se contamine. En lugar de permitir que las sustancias tóxicas lleguen al agua, es necesario retirarlas por completo de la circulación. Asimismo, es importante que la industria y la agricultura asuman su papel como partes interesadas en el agua y se hagan más responsables por sus efectos.

También debemos examinar nuestra creciente demanda de energía y materias primas, pues incide de manera directa en la calidad y disponibilidad del agua. Es necesario comprender que nuestro consumo de materias primas y de suelo no puede seguir creciendo indefinidamente. Las medidas políticas y las tecnologías innovadoras pueden ayudar a lograr un cambio hacia un uso más cuidadoso del agua. Habría que exigir a las empresas que, a lo largo de sus cadenas de suministro, minimicen los riesgos que puedan comprometer la disponibilidad de agua para la población local. Además, las zonas importantes para el abastecimiento de agua deben permanecer intactas. Es necesario protegerlas, incluso de las actividades mineras.

La importancia del agua va más allá de las cuestiones ecológicas y técnicas, tiene dimensiones políticas y sociales. La escasez de agua y la crisis climática exacerban las tensiones sociales y las desigualdades. Las personas de las regiones más pobres son especialmente vulnerables y sufren en mayor grado los efectos de la escasez de agua y las condiciones meteorológicas extremas. La escasez de agua amenaza la seguridad alimentaria, provoca migraciones y acentúa los conflictos existentes. Cada año se registran más de 120 conflictos por

> “Sin agua, no hay vida. Con la crisis climática, cada gota es aún más valiosa.

el agua, y es muy probable que esa cifra aumente en los próximos años. Esto hace aún más importante que trabajemos juntos como comunidad global.

Muchas instituciones, leyes y programas de acción se ocupan de cómo debe utilizarse y distribuirse el agua, y persiguen enfoques adecuados para proteger los recursos hídricos, sin embargo, los políticos suelen tardar demasiado tiempo en aplicarlos. Por ello, es esencial establecer acuerdos internacionales y mecanismos de cooperación transfronteriza, para garantizar el uso sostenible y la protección de nuestros recursos hídricos y así evitar conflictos. Las próximas conferencias de las Naciones Unidas sobre el agua ofrecen una oportunidad importante para desarrollar medidas que mejoren su gestión y para negociar un acuerdo vinculante al respecto.

El Atlas del Agua tiene como objetivo contribuir a la concientización sobre la cuestión del agua y a iluminar las múltiples facetas de este valioso recurso. Proporciona información sobre la urgencia del problema y, además, da cuenta de las numerosas oportunidades y soluciones que existen hoy en día.

Nos enfrentamos a una tarea enorme: si actuamos con decisión para lograr una gestión sostenible del agua, podremos proteger la base de toda la vida. Trabajemos juntos para garantizar que el agua esté disponible para todas las personas y siga siendo un símbolo de vida, salud y naturaleza.

Dr. Imme Scholz
Fundación Heinrich Böll

12 BREVES LECCIONES

SOBRE EL AGUA



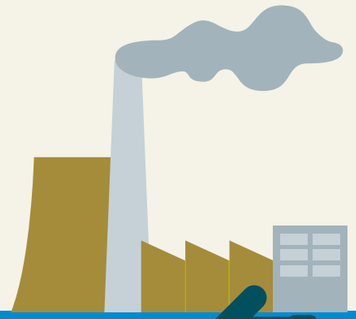




1 El agua es la **BASE DE LA VIDA**. Cubre más de dos tercios de nuestro planeta y da forma a los ecosistemas y las culturas.

2 La industrialización, la sobreexplotación y el crecimiento demográfico están provocando **ESCASEZ DE AGUA, SU CONTAMINACIÓN Y CONFLICTOS**





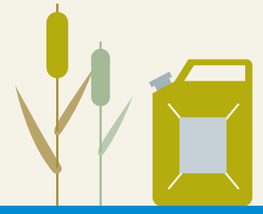


3 EL **SECTOR ENERGÉTICO**, la **AGRICULTURA** y la **INDUSTRIA** son los mayores **CONSUMIDORES DE AGUA** del mundo, ya que requieren grandes cantidades de agua para la refrigeración, el riego y la producción.



7 La contaminación por **SUSTANCIAS QUÍMICAS, MICROPLÁSTICOS, PESTICIDAS** y **FERTILIZANTES** altera los cuerpos de agua, poniendo en riesgo los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana.

8 A nivel mundial, muchos cuerpos de agua superficiales no alcanzan un buen **ESTADO ECOLÓGICO**. En la Unión Europea, por ejemplo, solo alrededor de 40% tiene un buen estado ecológico.



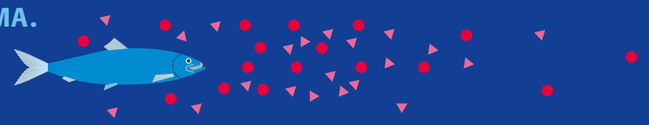
9 **EL EXCESO DE NUTRIENTES** supone una amenaza para las regiones costeras de todo el mundo, dando lugar a **ZONAS MUERTAS POR FALTA DE OXÍGENO** en las que muchas especies marinas no pueden sobrevivir.



4 El acceso seguro al **AGUA LIMPIA ES UN DERECHO HUMANO**. Sin embargo, alrededor de 2 200 millones de personas siguen sin tener acceso a un suministro adecuado de agua potable y los miembros más vulnerables de la sociedad resultan especialmente afectados.

5 La **CRISIS CLIMÁTICA** provoca un aumento en los fenómenos meteorológicos extremos. Las **SEQUÍAS** amenazan los cultivos y el abastecimiento de agua, mientras que las inundaciones ponen en peligro muchas ciudades y paisajes.

6 Es necesario rehumidificar las **TURBERAS** drenadas y restaurar las **LLANURAS ALUVIALES.** Además de que desempeñan un papel vital en el apoyo a la **BIODIVERSIDAD** y el mantenimiento del **BALANCE HÍDRICO DEL PAISAJE**, cumplen una función clave en la **PROTECCIÓN DEL CLIMA.**





10 **LA PROTECCIÓN DEL AGUA** y su uso equitativo y suficiente podría aliviar el estrés hídrico y la injusticia. Los materiales y procesos de producción respetuosos con el medio ambiente pueden evitar, desde el principio, que sustancias nocivas lleguen a los cuerpos de agua..



11 Para abordar de manera eficaz los desafíos que suponen las crisis hídrica y climática, debemos **DEMOCRATIZAR LA GOBERNANZA DEL AGUA**. La gestión comunitaria del agua ofrece una alternativa a los modelos basados en el mercado.

12 La historia de la privatización demuestra que el agua es utilizada de manera más responsable cuando permanece en **MANOS PÚBLICAS**, en lugar de ser cedida a empresas impulsadas por intereses lucrativos, sobre todo ahora que las tecnologías de **INTELIGENCIA ARTIFICIAL** y otras tecnologías emergentes aumentan su demanda.



SIN AGUA, NO HAY VIDA

El agua es indispensable para la vida en la Tierra. Sin embargo, su uso excesivo, la contaminación y la crisis climática han puesto en peligro las reservas mundiales de este recurso, con graves consecuencias para los ecosistemas y los seres humanos. Para superar estas crisis, es imprescindible gestionar el agua de manera sostenible.

Más de 70% de la superficie terrestre está cubierta por agua, pero no siempre fue así. Cuando se formó, la Tierra era una enorme esfera de roca fundida. Según la teoría más aceptada, la mayor parte de su agua llegó posteriormente, a raíz de un bombardeo de cometas y asteroides ocurrido hace unos 4 000 millones de años. Estos cuerpos celestes, procedentes de zonas lejanas y más frías del sistema solar, estaban compuestos principalmente por hielo, que se vaporizó de inmediato debido al enorme calor de la atmósfera primitiva. Con el paso del tiempo las temperaturas fueron descendiendo gradualmente, el vapor se condensó y cayó a la superficie en forma de lluvias torrenciales que se extendieron durante miles de años. El agua inundó la superficie terrestre y las profundidades de ese océano primigenio se convirtieron más tarde en la cuna de la vida.

Hoy en día, 97.1% del agua de la Tierra se encuentra en forma de agua salada, especialmente en los océanos. El resto es agua dulce, de la que el 99.7% se encuentra retenida en los casquetes polares o en el subsuelo profundo. El 0.3% restante —alrededor de 120 000 kilómetros cúbicos— circula constantemente entre la tierra y el mar: de manera superficial y subterránea, en estado sólido, líquido o gaseoso. Esto da lugar a un ciclo continuo, ya que la misma cantidad de agua que la atmósfera transporta a la tierra acaba volviendo al mar. Los complejos patrones de circulación atmosférica explican en buena medida por qué el agua dulce se distribuye de forma muy desigual sobre la superficie terrestre, tanto en el espacio como en el tiempo: escasea en las zonas subtropicales y durante los periodos secos, y su disponibilidad es mayor en las regiones tropicales.

Las intervenciones humanas están provocando cambios profundos en el ciclo del agua. En muchas partes del mundo las reservas hídricas son sobreexplotadas o contaminadas, lo que supone graves repercusiones para los ecosistemas y la agricultura, la industria y los hogares. Cada vez es más difícil mantener un suministro de agua confiable para todas las personas. Abundan los ejemplos de situaciones críticas relacionadas con el agua. En Pakistán, el norte de la India y algunas zonas de Estados Unidos los niveles de las aguas subterráneas han descendido drásticamente a causa de la sobreexplotación. Los glaciares se están derritiendo en casi todas las cordilleras del mundo debido al calentamiento global, ocasionando efectos devastadores en los ecosistemas y las comunidades situadas aguas abajo, que son afectadas por el deshielo y enfrentan fluctuaciones crecientes en el caudal de los ríos. En los cuerpos de agua y sus entornos la biodiversidad disminuye a tal velocidad que una cuarta parte de las especies de peces de agua dulce conocidas se encuentra ya en peligro de extinción.

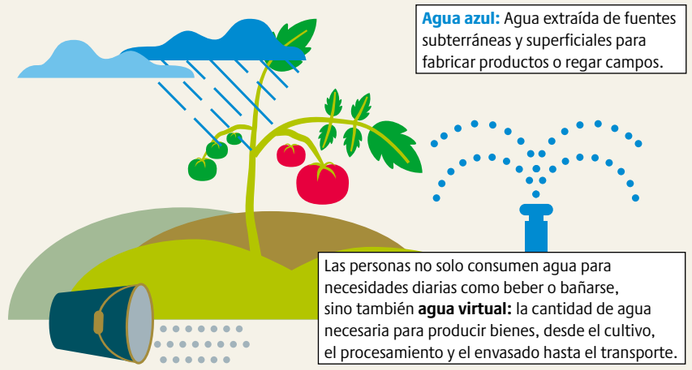
Los países ricos consumen agua virtual del Sur global a través de sus importaciones, agravando la escasez de agua en esas regiones.

EL AGUA NO ES SOLO AGUA

Glosario de tipos de agua

Agua verde: Agua del suelo y precipitaciones de origen natural. Las plantas la absorben y la transpiran.

Agua gris: El volumen de agua dulce necesario para diluir adecuadamente el agua contaminada y cumplir con los estándares de calidad del agua establecidos.



Agua azul: Agua extraída de fuentes subterráneas y superficiales para fabricar productos o regar campos.

Las personas no solo consumen agua para necesidades diarias como beber o bañarse, sino también **agua virtual:** la cantidad de agua necesaria para producir bienes, desde el cultivo, el procesamiento y el envasado hasta el transporte.

© WATER ATLAS 2025 / BUND

AGUAS EN MOVIMIENTO

Representación esquemática del ciclo del agua



Centros urbanos como Ciudad de México, Pekín y Ciudad del Cabo padecen escasez de agua y 2 200 millones de personas carecen de acceso regular a agua potable.

Las causas son tan numerosas y variadas como los propios problemas. La rectificación de ríos y la impermeabilización del suelo incrementan la magnitud de las inundaciones. El desvío de ríos y la construcción de presas dañan o destruyen los ecosistemas acuáticos. Aunado a ello, la dispersión de contaminantes en el suelo y en los cuerpos de agua compromete la calidad del agua potable. El uso excesivo de agua para riego provoca escasez. Y la crisis climática genera fenómenos meteorológicos extremos cada vez más frecuentes e intensos —sequías e inundaciones— en todas las regiones del planeta.

Para proteger los ecosistemas acuáticos, es fundamental no consumir toda el agua disponible. En este contexto, el límite planetario para el agua dulce resulta crucial: se trata de un umbral que indica hasta qué punto la naturaleza puede adaptarse sin sufrir daños graves. La superación de ese límite debilita la resiliencia del planeta frente a otros cambios ambientales, entre los que se incluye la propia crisis climática, y acelera la pérdida de ecosistemas y biodiversidad. Según cálculos recientes, ese límite se superó hace décadas. Así, se constata que hasta 18% de la superficie terrestre libre de hielo presenta niveles de agua anormalmente bajos o anormalmente altos en ríos y suelos, una situación muy distinta de lo que ocurría en la era preindustrial.

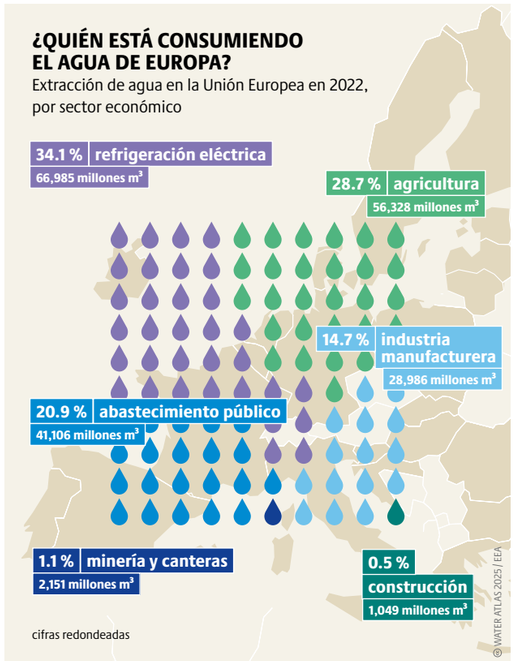
En el pasado, los recursos hídricos se consideraban estables y siempre reemplazables. Frente a la crisis climática, ese enfoque se ha vuelto cada vez más insostenible. Por ello, quienes toman decisiones en materia de política pública deben orientarse progresivamente hacia la reducción del consumo de agua y el aprovechamiento más responsable de los cuerpos de agua. La industria, y en especial la agricultura, dispone de un amplio abanico de opciones, desde la captación de agua de lluvia durante los periodos húmedos y la adopción de técnicas de labranza que reducen la evaporación, hasta la exportación de productos que suponen un alto consumo hídrico desde países que poseen abundancia de agua hacia aquellos que enfrentan estrés hídrico. ●

Las intervenciones humanas alteran el ciclo del agua. En la cuenca del río Congo, por ejemplo, la deforestación de la selva tropical podría reducir las precipitaciones locales en un 10%.

El uso del agua en Europa varía: en el sur predomina la agricultura, mientras que en el resto del continente la refrigeración requerida por las centrales eléctricas supone la mayor presión sobre los recursos.

¿QUIÉN ESTÁ CONSUMIENDO EL AGUA DE EUROPA?

Extracción de agua en la Unión Europea en 2022, por sector económico



UN GRAN ROMPECABEZAS

La gestión del agua puede explicarse como un gran rompecabezas: las piezas que lo conforman —usos, cuencas, concesiones, infraestructura y gobernanza— deben ordenarse estratégicamente para sostener a las comunidades humanas, la agricultura, la actividad industrial y los ecosistemas. De la correcta articulación de las piezas depende la seguridad hídrica y el desarrollo del país.

Las cifras muestran dos cosas: la agricultura domina por volumen absoluto y la presión sobre fuentes superficiales y subterráneas depende en gran medida de cómo se maneje la agricultura y de cómo crezcan las ciudades. No es solo cuánta agua hay, sino cómo y dónde se usa.

La columna vertebral del sistema de regulación y distribución del agua en México es el régimen de concesiones -permisos oficiales que autorizan volúmenes para extracción superficial o subterránea-. A esto se suman instrumentos de planificación por cuenca y normas de calidad y saneamiento. En la práctica, la gestión enfrenta tres limitaciones persistentes: la fragmentación institucional, datos desactualizados y el cumplimiento irregular de permisos y límites.

Esa fragmentación complica la toma de decisiones integradas por cuenca. Cuando una cuenca tiene déficit o un acuífero está sobreexplotado -porque la extracción de agua supera a su capacidad natural de recarga-, las soluciones requieren coordinación entre múltiples actores, algo que no siempre ocurre con la rapidez necesaria. En la práctica, la gobernanza es tan importante como la infraestructura.

El diagnóstico espacial es claro: 101 cuencas presentan déficit hídrico estructural. En cuanto a los acuíferos, 286 están catalogados como sobreexplotados, con impactos que van desde la caída del nivel freático hasta la subsidencia y la salinización.

En las tres zonas metropolitanas más grandes del país, la extracción de agua es superior a la recarga. El Valle de México extrae entre 1 800 y 2 000 hm^3/año frente a una recarga estimada de ~1 500 hm^3/año, generando un déficit anual de 300–500 hm. Los acuíferos que abastecen a las ciudades de Guadalajara y Monterrey muestran patrones similares.

Donde la extracción supera la recarga de forma sostenida, la disponibilidad futura del agua está en riesgo y las soluciones requieren tanto de que se reduzca la extracción como de la implementación de medidas de recarga. Si miramos tendencias, el uso urbano es el que ha mostrado el crecimiento relativo más marcado en las últimas dos décadas. La expansión de áreas metropolitanas y el aumento del consumo individual han elevado la demanda urbana proporcionalmente más rápido que la población en muchas ciudades.

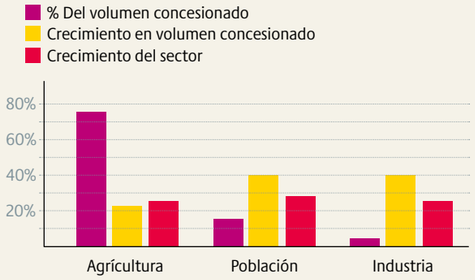
En la agricultura, la presión real depende de la intensificación, es decir, la aplicación de más riego por hectárea, la expansión de cultivos que requieren una mayor cantidad de agua y la velocidad de adopción de tecnologías de riego.

La sostenibilidad del agua en las ciudades depende de las decisiones que se tomen en cada una. Algunas metrópolis han avanzado en diversificar sus fuentes de agua mediante captación de lluvia, trasvases o reúso,

El uso urbano es el que claramente crece por encima de su par; la industria muestra patrones mixtos y la agricultura combina eficiencia creciente con presiones regionales.

LA DEMANDA CRECE

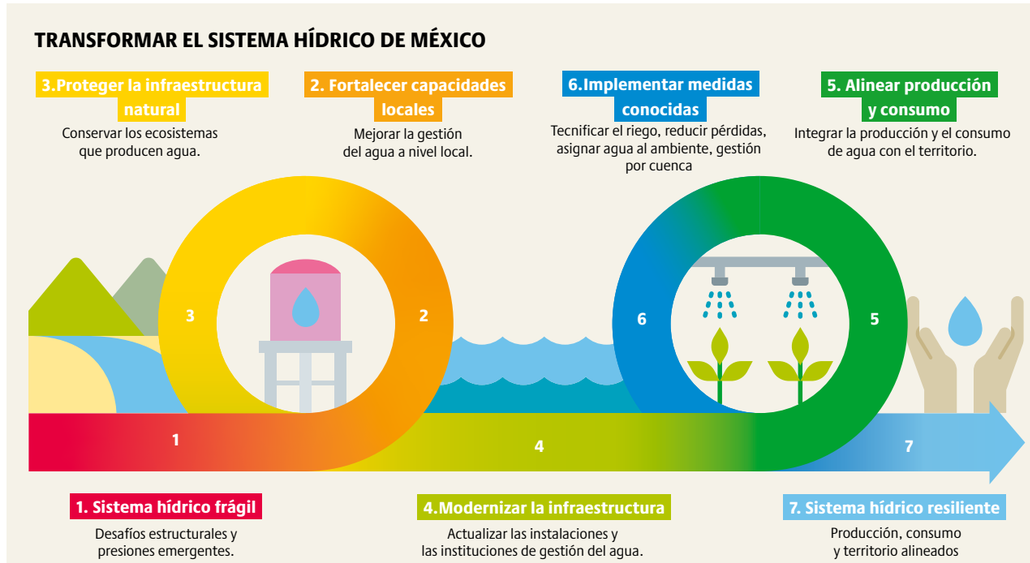
Volumenes concesionados, y crecimiento del consumo de agua por sector y de cada sector.



Agricultura: entre 2002 y 2023, la superficie de riego creció 25% y el volumen concesionado agrícola 23%. La dotación por hectárea disminuye, lo que sugiere mejoras de eficiencia, aunque la presión depende de la intensificación y del tipo de cultivo.

Población: entre 2002 y 2023, la población creció 29%, mientras que las concesiones urbanas no-domésticas crecieron 40%. La demanda urbana crece por encima de su par demográfico.

Industria: entre 2002 y 2023, las concesiones industriales crecieron 41% mientras el PIB de actividades secundarias creció 26%. En algunos corredores industriales, el uso de agua crece más rápido que el valor económico producido.



pero muchas otras dependen de acuíferos sobreexplotados o de trasvases costosos. La Zona Metropolitana del Valle de México combina extracción subterránea intensa con trasvases y enfrenta pérdidas en la red que reducen la eficiencia del sistema.

Para que las ciudades sean sostenibles se requiere gestión integrada por cuenca, reducción de pérdidas, tratamiento y reúso de aguas, así como planificación territorial que considere la disponibilidad hídrica.

El cambio climático modifica la distribución temporal y espacial del agua sin alterar la cantidad total presente en el planeta, lo que significa más eventos extremos (inundaciones y sequías), cambios en la estacionalidad de las lluvias y menor recarga en algunas cuencas. Las proyecciones regionales muestran reducciones de disponibilidad en varias cuencas clave para 2030–2050, lo que obliga a incorporar escenarios climáticos en la planificación hídrica.

La infraestructura natural es la inversión más rentable en agua. El agua para el medio ambiente no es un uso más, es el que sostiene a todos los demás. Mantener caudales ecológicos y ecosistemas sanos asegura que la fábrica natural del agua siga funcionando: bosques que infiltran, humedales que regulan, suelos vivos que recargan acuíferos.

Cuando estos sistemas se degradan, el ciclo hidrológico se desordena: menos infiltración, más sequías, mayor dependencia de infraestructura costosa. En un país con cuencas en déficit y acuíferos sobreexplotados, asignar agua al ambiente es una decisión de sostenibilidad y de seguridad hídrica. La integridad ecológica no compite con la economía; la habilita.

Mexico enfrenta retos estructurales que, al combinarse con las presiones emergentes, aceleran el deterioro del sistema. A la variabilidad climática se suman los mercados agrícolas internacionales que reconfiguran la demanda de agua, y nuevas presiones tecnológicas como los centros de datos e infraestructura digital.

El agua no se está acabando, se está desordenando. Su disponibilidad depende de nuestras decisiones productivas, comerciales y de consumo.

Estos retos no actúan de manera aislada, se retroalimentan. La infraestructura insuficiente amplifica la vulnerabilidad frente a sequías; la fragmentación institucional dificulta respuestas integradas, la contaminación reduce el agua “útil”, y el crecimiento urbano e industrial presiona acuíferos ya sobreexplotados.

Enfrentar estos escenarios exige repensar el sistema hídrico. Fortalecer capacidades locales de gestión, proteger la infraestructura natural que fabrica agua, modernizar la infraestructura y las instituciones que la administran, y alinear producción, consumo y territorio con una visión de largo plazo. Tecnificar el riego, reducir pérdidas urbanas, asignar agua al ambiente y adoptar la gestión por cuenca son medidas que ya conocemos y que pueden transformar la trayectoria hídrica del país si se implementan con coordinación y financiamiento.

México tiene margen para cambiar su rumbo. Este panorama —los retos estructurales, las presiones emergentes y la lectura estratégica de la huella hídrica— nos recuerda que la economía mexicana está escrita con tinta de agua. Si alineamos la producción, el consumo y el territorio con esa realidad, podemos transformar un sistema hoy frágil en uno resiliente. El futuro del agua no es un destino escrito: es una decisión colectiva en la que todos debemos participar. ●

AGUA PARA TODOS

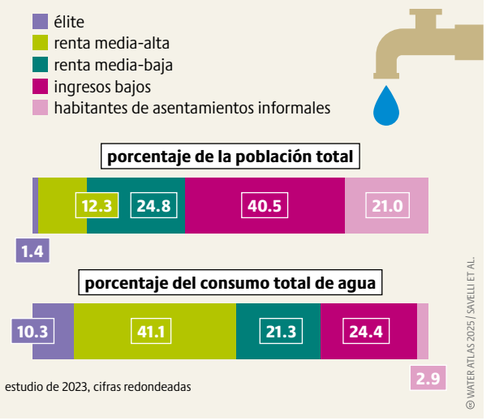
Más de una cuarta parte de la población mundial carece de acceso seguro al agua potable. En aras de mejorar esta situación, las Naciones Unidas declararon el agua como un derecho humano: debe ser apta para el consumo y accesible para todas las personas. La acción política será decisiva para garantizarlo.

El derecho humano al agua no se limita a disponer de suficiente agua para beber. Comprende también el agua necesaria para cocinar, limpiar y mantener la higiene personal. Una persona necesita al menos entre 50 y 100 litros al día para cubrir todas estas necesidades. Por otra parte, el derecho al agua está estrechamente vinculado con el derecho al saneamiento básico. Aunque unos 3 500 millones aún no cuentan con instalaciones sanitarias adecuadas en su hogar. Con frecuencia, la causa no es la falta de agua, sino su distribución desigual y la pobreza.

Los derechos al agua y al saneamiento han sido reconocidos de manera creciente en las últimas décadas en el marco del derecho internacional. Se derivan de los artículos 11 y 12 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC) de las Naciones Unidas: el artículo 11 aborda el derecho a un nivel de vida adecuado, mientras que el artículo 12 reconoce el derecho de todas las personas al nivel más alto posible de salud física y mental. Tanto el Consejo de Derechos Humanos como la Asamblea General de las Naciones Unidas han reconocido ambos derechos; aunque sus resoluciones no son vinculantes, su peso político es significativo. La Unión Europea (UE) ha revisado su Directiva sobre el agua potable para ayudar a las personas a ejercer estos derechos: ahora el derecho al agua está explícitamente consagrado a nivel europeo, con especial atención a los grupos vulnerables, en particular a las personas en situación de calle, cuyo acceso a instalaciones sanitarias y agua limpia es limitado. Alemania ilustra bien esta problemática: en 2022, el número oficial de personas en situación de calle en ese país ascendía a unas 262 600. Esta cifra incluye tanto a quienes carecen de residencia propia y se alojan con conocidos o en alojamientos temporales, como a quienes viven permanentemente en la vía pública. Probablemente, la cifra real sea mayor. Una encuesta reveló que el 20% de estas personas no tenía acceso al agua corriente; entre quienes carecían de alojamiento, esa proporción ascendía al 37%. La provisión de agua potable en espacios públicos sería al menos un primer paso para aliviar este problema. Un tercio de las personas encuestadas señaló, además, que tenía acceso a agua para beber, pero no para asearse.

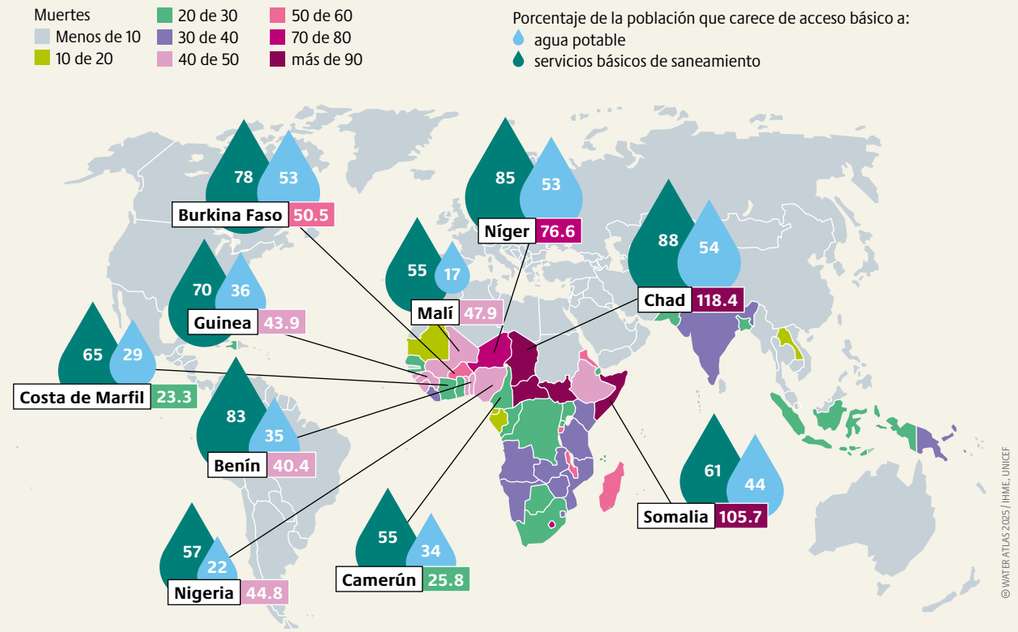
La crisis climática vuelve cada vez más difícil garantizar el derecho al agua. Un informe reciente, elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), lo ilustra con claridad: entre 2002 y 2021, 1 600 millones de personas se vieron afectadas por inundaciones, mientras que 1 400 millones estuvieron expuestas a sequías. En la UE, los niveles de las aguas subterráneas llevan años descendiendo. Cada año, aproximadamente 20% de la superficie terrestre y 30% de la población enfrentan estrés hídrico; las sequías suelen causar pérdidas económicas de hasta 9 000 millones de euros anuales, además de provocar daños incalculables en los ecosistemas. El sur de Europa es la región más afectada. Alrededor de 14% de las estaciones de monitoreo de aguas subterráneas de la UE registran concentraciones de nitratos que superan el nivel máximo permitido de 50 miligramos por litro. Este compuesto derivado del nitrógeno puede afectar la salud de los lactantes y llega a las aguas subterráneas a través de los fertilizantes agrícolas.

¿TODOS EN EL MISMO BARCO?
Consumo de agua de cada grupo social en Ciudad del Cabo, Sudáfrica



Ciudad del Cabo constituye un ejemplo extremo de cómo la escasez de agua afecta con mayor dureza a quienes ya se encuentran marginados económica y políticamente.

ZONAS CRÍTICAS DE INSEGURIDAD HÍDRICA
Muertes por cada 100 000 personas, relacionadas con fuentes de agua insalubres en 2021 y los diez países del mundo con mayores deficiencias en el acceso a servicios de agua potable y saneamiento



Esto significa que el derecho al agua exige algo más que garantizar su acceso: también es necesario proteger su calidad a largo plazo. Una gran parte de la población mundial sigue sin tener acceso suficiente a agua limpia. Al menos 3 000 millones de personas dependen de agua cuya calidad no se monitorea. Más de 2 000 millones están expuestas a agua potable que posiblemente se encuentre contaminada por agentes patógenos. Por ello, el agua debería ocupar un lugar mucho más prioritario en la agenda internacional. Las Conferencias de las Naciones Unidas sobre el Agua de 2026 y 2028 suponen una oportunidad para impulsar un acuerdo global vinculante dirigido a preservar los recursos hídricos.

La industria textil es responsable de aproximadamente 20% de la contaminación hídrica mundial. A menudo, los textiles destinados al mercado global son producidos en regiones donde el agua ya es escasa. Así ocurre con el algodón en la India, cuya producción demanda un uso extraordinariamente elevado de agua: se necesitan 23 000 litros para producir tan solo un kilogramo. La nueva Directiva de la Unión Europea sobre Diligencia Debida en materia de Sostenibilidad Corporativa exigirá que las empresas europeas que superen cierto tamaño identifiquen y minimicen riesgos como el uso excesivo de agua en los lugares de producción. Esto las llevará a invertir en infraestructuras de tratamiento de agua o a exigir a sus proveedores el uso de métodos de riego más eficientes. La Directiva entró en vigor en 2024 y aún está por verse si logrará fortalecer los derechos humanos y las normas ambientales a lo largo de la cadena de valor.

La OMS estima que un mejor acceso al agua, el saneamiento y la higiene podría salvar más de 1.4 millones de vidas cada año en todo el mundo.

En Panamá es posible observar cómo los nuevos enfoques jurídicos pueden contribuir a la mejor protección del agua. En el otoño de 2023 el país vivió las mayores protestas en décadas: decenas de miles de personas se movilizaron realizando huelgas y bloqueos para exigir el cierre de Cobre Panamá, la mayor mina de cobre de Centroamérica. Estas movilizaciones adquirieron especial fuerza porque, poco antes, Panamá había reconocido a la naturaleza como entidad jurídica independiente, siendo uno de los primeros países del mundo en adoptar este enfoque. La naturaleza goza ahora de derechos equiparables a los de las personas físicas y jurídicas, consagrados en la ley. Ante el estallido de las protestas, la Corte Suprema de Panamá invocó este reconocimiento al ordenar el cierre de la mina, tras concluir que la continuación de su operación violaría la Constitución, pues amenazaba la selva tropical y, con ella, las fuentes de agua de la región. ●

¿PARA QUÉ Y PARA QUIÉN?

Garantizar el acceso al agua requiere de una gestión justa. La información pública debe permitir comprender con claridad cómo se distribuye su aprovechamiento y qué actividades se benefician.

En México, menos de 1% de los titulares de concesiones concentran más del 60% del volumen anual de agua autorizado, en su mayoría, en usos en los que esta se consume. Buena parte del aprovechamiento de las aguas mexicanas se autoriza mediante concesiones -o asignaciones, en el caso de las entidades públicas. Cada título reúne uno o más derechos, tiene un titular, establece el volumen máximo anual a aprovechar e identifica si la fuente es superficial o subterránea. El volumen autorizado no necesariamente es el realmente extraído, utilizado o consumido, es sólo el permitido.

Los títulos se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), renombrado Registro Público Nacional del Agua (REPNA) en la reforma a la Ley de Aguas Nacionales de 2025.

La información de estas autorizaciones puede ser consultada en un portal web o descargarse en formato tabular, pero existen diferencias entre los datos de ambas versiones. El portal omite la ubicación geográfica y ofrece 17 opciones de uso del agua. El archivo descargable brinda catorce categorías, mientras la Ley de Aguas Nacionales enuncia 13 usos. Ninguna de las versiones públicas permite distinguir entre concesiones y asignaciones, ni identificar si los aprovechamientos son consuntivos —cuando el uso reduce la cantidad de agua disponible— o no consuntivos —cuando el agua se utiliza temporalmente y retorna al cauce—. Tampoco informan sobre la vigencia ni modificaciones de los títulos. Se incluye la fecha de registro, no su duración, y los cambios de volumen o uso asentados en los expedientes no permiten reconstruir ni anticipar escenarios históricos ni futuros.

Según los datos descargables, existen 430 551 títulos y 308 178 titulares —un titular puede tener varios títulos—. En conjunto, amparan 265 589.26 millones de metros cúbicos (Mm3) por año. La concentración del volumen autorizado es evidente: 846 titulares tienen más de 10 Mm³ anuales cada uno. 85.62% del volumen total de agua autorizado es acaparado por apenas 0.27% de los titulares. Sin embargo, los datos no permiten saber cuánto de eso se consume ni cuánto va a usos públicos o privados.

Las estadísticas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) sí distinguen entre usos consuntivos y no consuntivos, y entre hidroeléctricas y termoeléctricas. Esto es fundamental: los enormes volúmenes que pasan por las presas e hidroeléctricas no pueden compararse directamente con los destinados a usos en los que el agua se consume. Esto no significa que los usos no consuntivos no impacten: mientras el agua permanece retenida o circula por la infraestructura puede no estar disponible temporalmente, en determinados tramos, para los ecosistemas u otras actividades.

Las categorías de uso del agua resultan confusas, pues títulos amparados por el mismo tipo de uso pueden tener objetivos y actividades diferentes. La Comisión Federal de Electricidad (CFE) Generación I está registrada bajo “diferentes usos” y encabeza la lista de titulares con mayor volumen otorgado con 12,689.15 Mm3/año.

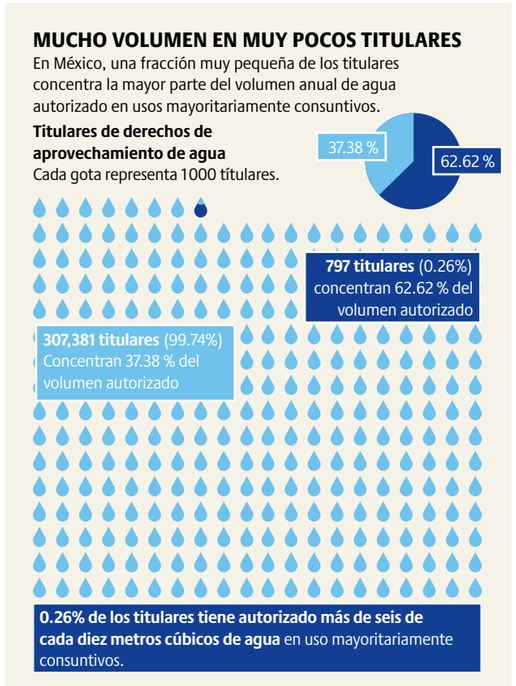
Por otro lado, en el uso “industrial” podemos encontrar tanto una petrolera como un ingenio azucarero. Minera Peñasquito, S.A. de C.V., reúne ocho títulos y 35.25 Mm3/año con ese uso; la ubicación asociada con su mayor volumen está en Zacatecas, en la cuenca Nazas-Aguanaval. Aunque la propia ley contempla, desde 2023, el “Uso industrial en la minería”, aún no se aplica. Pemex Exploración y Producción figura con 81 títulos y 11.53 Mm3 anuales, su mayor volumen se concentra en Veracruz.

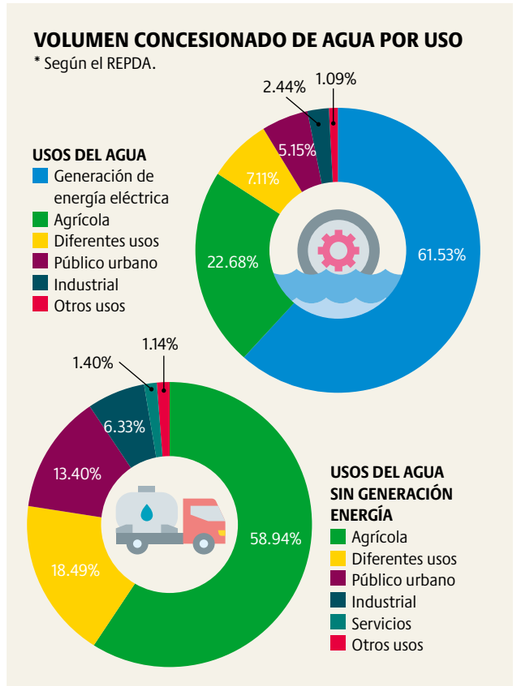
Una clasificación normalizada de actividades económicas, como el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), permitiría diferenciar minería, generación eléctrica, manufactura, hidrocarburos y otras categorías que facilitaría la comparación con otras estadísticas y abriría una dimensión de análisis que hoy resulta difícil reconstruir.

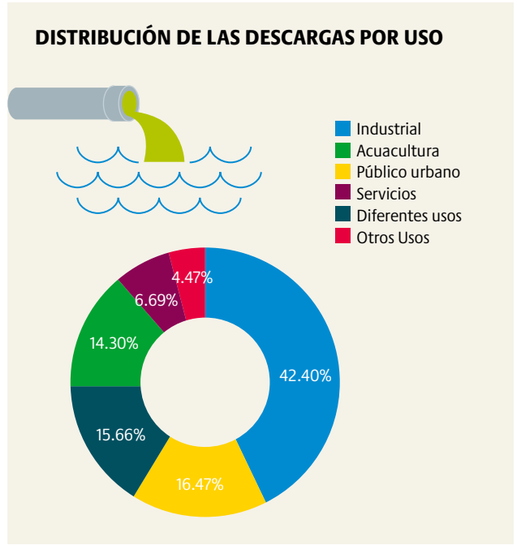
La minería plantea, además, el reto de las aguas de laboreo: aguas subterráneas que emergen durante las excavaciones, y son de libre uso sin necesidad de concesión. Estas cantidades no son registradas en el aprovechamiento nacional ni hay forma de darles seguimiento. En 2020, con el régimen vigente entonces, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua estimó su volumen en más del doble del concesionado a la minería. La Ley de Minería de 2023 exige el aviso de uso y el pago de derechos, pero estos datos no son públicos.

Del total de 308 178 titulares de concesiones para usos mayoritariamente consuntivos (excluyendo la generación de energía), 797 titulares tienen autorizados más de 10 millones de m³ por año y concentran el 62.62% del volumen anual actualizado en estos usos.

La generación de energía eléctrica concentra la mayor parte del volumen concesionado. Sin embargo, este corresponde en su mayoría a hidroeléctricas de uso no consuntivo. Los títulos destinados a usos consuntivos comprenden 102 172.36 Mm³/año, que representa el 38.47% del volumen total.







Además del aprovechamiento, también se concesionan 33 743.57 Mm³ anuales en descargas de aguas residuales a 14,371 titulares. De estos, 220 titulares —aproximadamente 1.53%— concentran el 91.39% del volumen autorizado.

Entre los 220 titulares, resaltan dos terminales de gas natural licuado, que muestran cómo instalaciones con una misma actividad económica aparecen con usos diferentes: Energía Costa Azul, en la región Baja California Noroeste, figura como “Industrial”, con 372.50 Mm3/año, registrados en anexos de descarga; mientras la Terminal de gas natural licuado de Altamira aparece bajo “Diferentes usos”, con 257.76 Mm3/año, en la región San Fernando-Soto la Marina de Tamaulipas.

En muchos casos, el volumen registrado para descarga supera al autorizado para aprovechamiento; en el uso industrial, por ejemplo, equivale a 220% de este último. Esto impide calcular retorno o eficiencia y no necesariamente son volúmenes efectivamente descargados o medidos.

El REPDA permite saber el titular, el volumen autorizado, de qué fuente procede, dónde se registra y bajo qué uso. Comprender plenamente la distribución del agua requiere seguir los derechos en el tiempo, relacionar los usos con actividades económicas y las condiciones hídricas y sociales de los territorios, conocer mejor a los actores detrás de los títulos, la relación entre aprovechamientos y descargas, y acceder a los criterios y expedientes que sustentan las decisiones. Hacer públicos los datos es indispensable, pero no basta: la calidad de la información importa. Una gestión justa del agua requiere que las decisiones sobre quién puede aprovecharla, cuánta, para qué y durante cuánto tiempo puedan conocerse, comprenderse, seguirse e incluso, revocarse. ●

CLIMA

BAJO PRESIÓN

El aumento de los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera provoca el calentamiento de los océanos, derrite los casquetes polares e intensifica la frecuencia con que se producen fenómenos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones. Paradójicamente, estos afectan de manera más severa a quienes tienen menos capacidad para protegerse.

El calentamiento global altera el ciclo del agua, provocando consecuencias de gran alcance. El incremento de las temperaturas ocasiona el calentamiento de los océanos, lo que modifica los patrones de circulación del agua y, consecuentemente, los mecanismos de intercambio de calor. Al mismo tiempo, hace que las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida se derritan a una velocidad sin precedentes.

El agua densa de las profundidades es un factor indispensable para el intercambio térmico en los océanos. A medida que el hielo se derrite, se forman menores cantidades de agua fría y densa capaz de hundirse en las profundidades. Ello altera la circulación natural y afecta negativamente el flujo de calor en la superficie oceánica. El agua superficial se calienta más, eleva el nivel del mar —pues el agua caliente ocupa más volumen que la fría— y acelera el derretimiento de glaciares y casquetes polares.

Las corrientes de aire también son afectadas por el calentamiento global: los sistemas de vientos y las trayectorias de las tormentas se desplazan, y los patrones de precipitación se transforman. Los fenómenos meteorológicos tienden a intensificarse. Ante el ascenso de las temperaturas superficiales de los océanos, el aire más cálido es capaz de retener mayor cantidad de humedad: cada grado Celsius de calentamiento incrementa esa capacidad en un 7%.

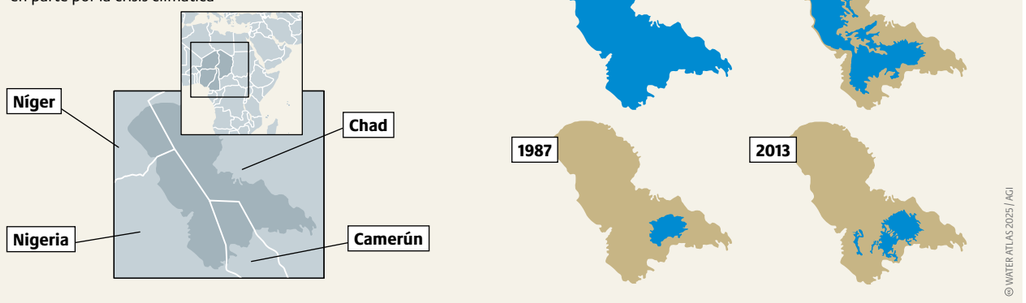
Esta mayor retención de humedad propicia que se produzcan fenómenos meteorológicos extremos, pudiendo desencadenar en una localidad tanto periodos de sequía como lluvias torrenciales. Las investigaciones sobre la atribución climática —que estudian la influencia del cambio climático de origen humano en los fenómenos meteorológicos extremos— han determinado que la crisis climática multiplicó entre 1.2 y nueve veces la probabilidad de que se presenten lluvias torrenciales. Cuando grandes volúmenes de lluvia caen sobre suelos resecos, el agua escurre por la superficie en vez de filtrarse; esto puede ocasionar inundaciones aguas abajo.

La crisis climática tiene un impacto especialmente profundo en el balance hídrico de los países del Sur global: los cambios en los patrones de precipitación dan lugar a sequías más frecuentes e intensas, como también a inundaciones, lo que a su vez compromete la disponibilidad de recursos hídricos. Tales cambios amenazan el suministro de agua a los hogares, la agricultura y la industria, al mismo tiempo que incrementan el riesgo de que se produzcan conflictos por recursos hídricos cada vez más escasos. En Kenia, por ejemplo, la proporción de personas que vivían en condiciones de estrés hídrico pasó del 15% al 33% entre 1995 y 2019. Los países ricos del Norte global también se ven cada vez más afectados. California, en Estados Unidos, ilustra hasta dónde puede llegar esta tendencia: en muchas zonas, los niveles de las aguas subterráneas ya han descendido más de 30 metros y miles de pozos se han secado.

El lago Chad, que alguna vez fuera inmenso, ha visto reducida su superficie en 90%, lo que ha puesto en peligro el sustento de 14 millones de personas.

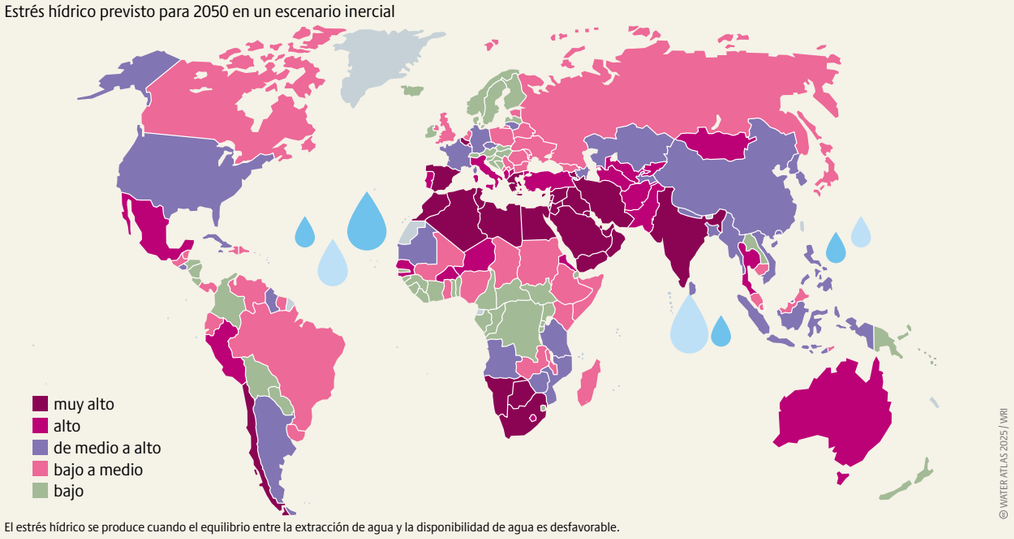
¿QUIÉN QUITÓ EL TAPÓN?

Pérdida de agua en el lago Chad, en África occidental y central, en parte por la crisis climática



HACIA EL PRECIPICIO

Estrés hídrico previsto para 2050 en un escenario inercial



El estrés hídrico se produce cuando el equilibrio entre la extracción de agua y la disponibilidad de agua es desfavorable.

Además de reducir la cantidad de agua disponible, la crisis climática deteriora su calidad. El aumento de las temperaturas y la escasez de agua durante el verano favorecen la proliferación de microorganismos peligrosos, como las cianobacterias y los vibrios. Además, los niveles de oxígeno disuelto en el agua disminuyen, con lo que se restringe el efecto de dilución de sustancias nocivas, como los nitratos.

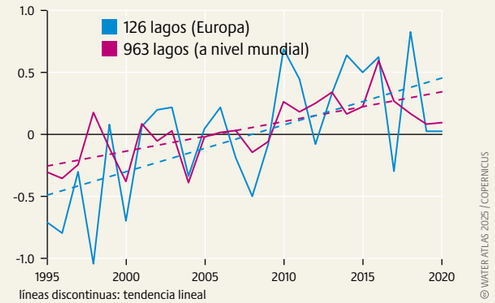
La crisis climática global afecta sobre todo a quienes menos han contribuido a ella y menos pueden protegerse de sus consecuencias: los países de bajos ingresos y las personas en situación de pobreza de los países de altos ingresos. En muchas regiones, la demanda de agua potable se cubre principalmente con aguas subterráneas, pero la extracción descontrolada ocasiona hundimientos de terreno. Yakarta constituye un caso paradigmático: la capital indonesia se hunde más de 20 centímetros al año y gran parte de la ciudad ya se encuentra por debajo del nivel del mar. En consecuencia, grandes volúmenes de agua marina se infiltran en los acuíferos, volviendo inutilizables muchos pozos. Además, en las regiones montañosas el agua es cada vez más escasa. Así ocurre en la vertiente occidental de los Andes, donde se combinan el crecimiento urbano y la crisis climática para reducir los recursos hídricos disponibles: el retroceso de los glaciares y el crecimiento de la evaporación disminuyen las reservas utilizables, mientras que la sobreexplotación y la presencia de periodos de sequía más prolongados reducen los volúmenes de lagos y ríos. Esto provoca la disminución de las poblaciones de peces y la pérdida de medios de vida para pescadores y sus familias. Tales impactos agudizan las tensiones políticas, incrementan la vulnerabilidad de las comunidades y con frecuencia obligan a las personas a migrar, lo que conlleva desafíos sociales y económicos adicionales. Por ello es necesaria una acción global urgente y coordinada que mejore la gestión del agua y la adaptación climática, con el fin de proteger a las comunidades y los ecosistemas más vulnerables. ●

Si no se toman medidas urgentes, es posible que, para 2050, 5 000 millones de personas sufran escasez de agua debido al crecimiento demográfico y al agravamiento de la crisis climática.

El aumento de la temperatura del agua provocado por la crisis climática perjudica la biodiversidad, causa proliferación de algas y amenaza a las poblaciones de peces y el agua potable.

EN AGUA CALIENTE

Temperatura del agua en verano en los lagos, en Europa y a nivel mundial, comparada con el promedio del periodo 1996-2016, en grados Celsius



líneas discontinuas: tendencia lineal

BIODIVERSIDAD

HÁBITATS HÚMEDOS

Los ecosistemas sanos purifican el agua y protegen de las inundaciones y las sequías. Sin embargo, la crisis climática está alterando los ciclos naturales y amenazando los hábitats de todo el mundo. Por ello, la preservación de las turberas, los humedales y las zonas costeras no es solo una prioridad ecológica, es también un imperativo social.

Sabemos que en nuestro planeta azul la vida comenzó en los océanos, evolucionando luego hacia las diversas especies que pueblan la tierra, los mares y los cielos.

El agua y la biodiversidad están íntimamente relacionadas. Los diferentes ecosistemas acuáticos albergan diversos tipos de flora y fauna. Distintas especies de bagres habitan en los océanos salados, los ríos de agua dulce y las aguas estancadas salobres. Algunas aves especies de aves evolucionaron y pueden cazar presas en tipos específicos de hábitats acuáticos. La salud de estos ecosistemas es clave para la supervivencia de estas especies especializadas.

La diversidad es esencial para que los ecosistemas sean saludables. El agua limpia favorece la reproducción y el crecimiento de las especies. A su vez, las comunidades diversas de flora y fauna colaboran para reciclar y purificar el agua. Especies como las espadañas, el lirio acuático -o jacinto de agua- y ciertos microbios contribuyen a eliminar contaminantes, toxinas y metales pesados del agua, mientras que los mariscos, los juncos y las raíces actúan como filtros naturales. Sin esa diversidad, algunos ecosistemas se volverían gradualmente incapaces de sustentar la vida.

Ecosistemas como los humedales, las llanuras aluviales, los páramos y los bosques coadyuvan al ciclo del agua a nivel planetario. El agua circula por estos ecosistemas en diferentes formas: el vapor de agua se eleva del suelo y de las hojas, se condensa en nubes y vuelve a caer al suelo en forma de lluvia o nieve.

Los humedales poseen suelos porosos ricos en materia orgánica, que retienen el agua de manera eficaz como lo hace una esponja. En caso de lluvias intensas, los humedales absorben y almacenan el exceso de agua, previniendo las inundaciones. A medida que las zonas circundantes se secan, los humedales liberan el agua almacenada lentamente, con lo que mitigan las sequías. Las llanuras aluviales desempeñan una función similar, pues almacenan y distribuyen el exceso de agua, reduciendo el riesgo de inundaciones y mejorando la fertilidad del suelo.

El ciclo hidrológico planetario se encuentra gravemente afectado por la crisis climática. Ello conlleva el riesgo de que los ecosistemas se pierdan de forma temporal o permanente; de que los hábitats se fragmenten o se degraden y de que se alteren las cadenas alimentarias. Es posible que las especies que no sean capaces de adaptarse disminuyan y lleguen a extinguirse. Los caimanes y los cocodrilos son ejemplos paradigmáticos de especies clave en los entornos de humedales. Las sequías fragmentan sus hábitats y lugares de reproducción, lo que afecta a sus poblaciones e influye, a su vez, en muchas otras especies que dependen directa o indirectamente de ellos.

De mismo modo, los océanos están sufriendo los efectos extremos de la crisis climática. Los océanos absorben el exceso de dióxido de carbono (CO_2), un importante gas de efecto invernadero, lo que ayuda a mantener el equilibrio global del carbono. Sin embargo, la absorción de tanto CO_2 altera los niveles naturales de pH del agua de mar, haciéndola más ácida y reduciendo el número de iones de carbonato, que son empleados por los corales y los mariscos para construir sus esqueletos y conchas. Dado que estos organismos también suelen ser especies clave, el aumento de la acidez puede propagarse a toda la red trófica marina. El incremento de la temperatura del agua de mar estresa a los corales, haciéndolos expulsar las algas simbióticas que les proporcionan alimento; este blanqueamiento los hace más susceptibles a las enfermedades y la inanición. Arrecifes enteros podrían morir si la temperatura del agua no vuelve a un rango seguro.

Los sistemas que poseen gran biodiversidad proporcionan diversos tipos de servicios ecosistémicos que benefician a los seres humanos en mayor medida que aquellos en los que la diversidad es baja. A saber: servicios de regulación del clima, el agua y el aire, servicios de aprovisionamiento de alimentos y medicinas, y servicios de apoyo como el ciclo de los nutrientes, la fotosíntesis y la formación de suelos fértiles. El agua nutre la vida y el bienestar humanos, y es esencial para la industria y el progreso.

Por consiguiente, resulta indispensable implementar un enfoque fiable basado en los servicios ecosistémicos para gestionar eficazmente el agua y la biodiversidad tanto a nivel nacional como mundial. El Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica reconoce el vínculo crítico entre el agua y la biodiversidad. También reconoce la importancia de los enfoques basados en los ecosistemas, entre ellos, la rehumidificación de las turberas, la restauración de las llanuras aluviales de los ríos y la restauración ecológica para mantener este equilibrio.

La rehumidificación de las turberas es una estrategia clave utilizada por la Asociación de Naciones del Sudeste Asiático (ASEAN). El restablecimiento de los niveles de agua a su estado natural en dichas zonas ayuda a prevenir incendios, a reducir el hundimiento del terreno y a restaurar los ecosistemas de las turberas. La reintroducción de especies nativas también puede favorecer la biodiversidad. Las turberas se inundan de forma natural, por lo que restaurarlas a su estado natural crea condiciones óptimas que fomentan la biodiversidad y mitigan la crisis climática. El material orgánico acumulado en la turba se descompone muy lentamente o no se descompone en absoluto, convirtiendo a las turberas inundadas en sumideros de carbono ideales.

Para la rehumidificación de las turberas es necesario contar con la participación de las comunidades que viven a su alrededor y dependen de ellas. La introducción de la paludicultura u otras formas de agricultura adaptadas a las condiciones de los humedales puede equilibrar la biodiversidad y la viabilidad socioeconómica, al tiempo que sustenta los medios de vida de dichas comunidades. El éxito de estos enfoques depende de instituciones comprometidas, tanto a nivel de paisaje como de la cuenca hidrográfica, respaldadas por una legislación sólida y la voluntad política de preservar la biodiversidad. ●

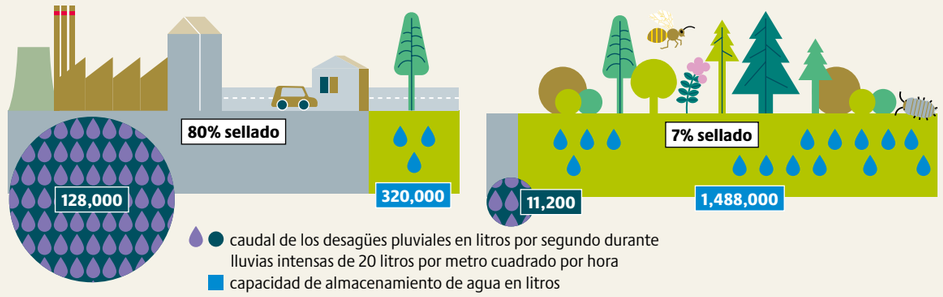
El ejemplo de Alemania muestra que la restauración merece la pena, ya que las llanuras aluviales se regeneran rápidamente y proporcionan refugio a muchas especies.

Cubrir el suelo de asfalto y concreto impide que absorba la humedad, dando como resultado drenajes desbordados e inundaciones.

En Europa, las poblaciones de peces de agua dulce migratorios han disminuido 93% desde 1970, debido principalmente a la pérdida de hábitats, a la contaminación del agua y a la crisis climática.

LAS SUPERFICIES IMPERMEABLES PROVOCAN INUNDACIONES

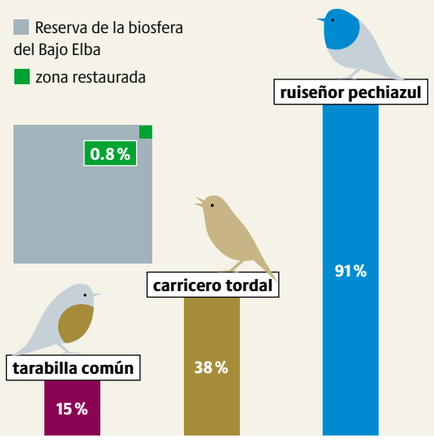
Mejora de la capacidad de almacenamiento de agua mediante la eliminación de capas superficiales impermeables



© WATER ATLAS 2025 / VCOE

REUBICACIÓN DE DIQUES PARA LA BIODIVERSIDAD

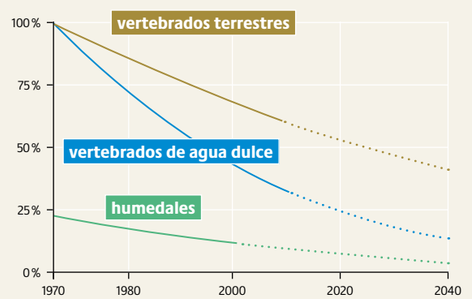
Proporción de la población de aves en la sección restaurada de la llanura aluvial del Elba en Lenzener (Alemania) después de 10 años, como porcentaje de la población total de la reserva de la biosfera del Bajo Elba, por especie.



© WATER ATLAS 2025 / GFN

LA GRAN EXTINCIÓN

Cambios previstos en la biodiversidad mundial, de 1970 a 2040



© WATER ATLAS 2025 / ALBERT ET AL.

HASTA LA ÚLTIMA GOTA

Desde las granjas hasta las fábricas, de los telefonos inteligentes a los grifos de la cocina, el consumo y la demanda mundial de agua están aumentando al mismo tiempo que las reservas están disminuyendo. Esto se ve agravado por la crisis climática, el uso excesivo y el acceso desigual. La gestión eficiente, justa y sostenible del agua debe ser una prioridad mundial fundamental.

El agua dulce es uno de los recursos naturales más vitales de la Tierra, a pesar de lo cual se encuentra bajo cada vez más presión. Hoy en día, la cantidad total de agua dulce extraída de ríos, lagos, embalses y acuíferos supera los 4 000 kilómetros cúbicos al año. Según las Naciones Unidas, el uso mundial del agua se ha multiplicado por seis durante el último siglo, debido a la combinación de crecimiento demográfico, expansión agrícola, industrialización y urbanización. Si bien en los países de ingresos altos la extracción de agua se ha estabilizado, en gran parte como consecuencia de las mejoras en la eficiencia, en las economías emergentes la demanda continúa incrementándose. Se prevé que la demanda mundial de agua siga creciendo entre un 20% y 30% adicional para 2050, impulsada en gran medida por las ciudades, la producción de energía y la industria manufacturera. La crisis climática, la contaminación y la sobreexplotación están reduciendo los suministros disponibles en muchas regiones. Las reservas de agua subterránea, que suelen constituir la columna vertebral oculta de la seguridad hídrica, se están agotando más rápido de lo que pueden reponerse, especialmente en la India, China, Pakistán y el oeste de Estados Unidos. A menos que se gestionen con cuidado, estas tendencias podrían empujar a más países hacia una situación de estrés hídrico. El futuro del agua dulce dependerá no solo de cuánto la utilicemos, sino también de cómo la asignemos y gestionemos entre sectores que compiten entre sí.

El panorama mundial del uso del agua dulce se encuentra dominado por la agricultura, que realiza casi 70% de todas las extracciones de agua dulce. Sin embargo la industria representa aproximadamente el 19% de las extracciones mundiales de agua y los hogares alrededor de 11%, aunque estas proporciones varían significativamente según el país.

En países de ingresos altos, como Alemania o Canadá, es posible que el uso industrial constituya la mayor parte de las extracciones nacionales de agua dulce. Dependiendo del país, las industrias que consumen mucha agua pueden incluir la generación de energía térmica (que utiliza agua principalmente para la refrigeración), la minería, la industria química, la metalúrgica y la textil. La fabricación de acero, el refinado de petróleo y el procesamiento de pasta y papel requieren volúmenes sustanciales de agua. Asimismo, la industria electrónica y de semiconductores utiliza agua ultrapura en sus procesos de fabricación.

Aunque el agua industrial suele reutilizarse o reciclarse más que el agua utilizada en la agricultura, el vertido de agua calentada o contaminada puede provocar graves consecuencias medioambientales. Aunque las industrias consuman menos agua que las explotaciones agrícolas, el impacto por unidad de agua extraída puede ser mayor, especialmente en lugares donde los ecosistemas de agua dulce ya se encuentran bajo presión. A menudo asociamos el uso del agua con beber, cocinar, o con la agricultura, sin embargo, grandes cantidades de agua también son incorporadas en la fabricación de productos que utilizamos a diario. Esta denominada “agua oculta” o “agua virtual” está presente en los artículos que vestimos, usamos y desechamos, con frecuencia, sin advertir su impacto medioambiental. Todos los plásticos, los productos electrónicos y el papel tienen una huella hídrica considerable. Por ejemplo, la fabricación de un solo smartphone puede requerir hasta 12 000 litros de agua, utilizados en la extracción de metales raros, el ensamblaje de componentes y la refrigeración durante la producción. La industria textil y de la moda es otro gran consumidor de agua. La producción de tejidos sintéticos, como el poliéster, implica procesos químicos que consumen mucha agua, mientras que el teñido y el acabado de las prendas suele causar contaminación si no se tratan las aguas residuales. Un par de zapatos de cuero consume miles de litros, empleados sobre todo en el curtido y el procesamiento del cuero. Incluso la producción de una hoja de papel de oficina requiere alrededor de 10 litros de agua. Estos costos hídricos suelen producirse lejos del lugar donde se venden los productos, por lo que el consumo consciente y las prácticas sostenibles en la fabricación son esenciales en un mundo con escasez de agua.

La industria textil y de la confección utiliza 93 000 millones de metros cúbicos de agua al año para el cultivo y la producción, lo que deja una enorme huella ecológica.

A medida que la crisis climática altera los patrones de las precipitaciones y hace que las sequías sean más frecuentes, aumentan los conflictos en torno a la distribución del agua. Cuando el agua escasea, ¿a qué se da prioridad? Por lo general, la mayoría de los países dan prioridad a los hogares y a los servicios esenciales (como hospitales y escuelas). Sin embargo, la realidad se desarrolla de formas más complejas. En la India, algunas regiones han desviado agua de la agricultura hacia los centros urbanos para satisfacer la demanda de agua potable durante las sequías. Por el contrario, algunas zonas de California han priorizado cultivos de alto valor, como el de almendras, incluso durante periodos de severa escasez de agua.

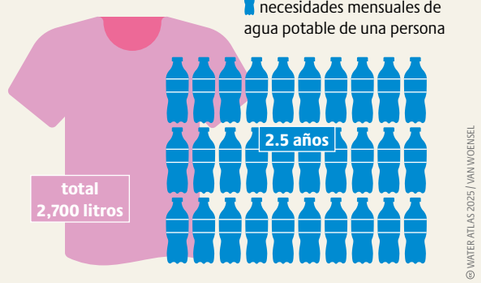
En 2018, la sequía y la mala gestión hicieron que Ciudad del Cabo, en Sudáfrica, estuviera a un paso del “Día Cero”, en el que las reservas de agua de la ciudad se habrían agotado por completo. Consecuentemente, se impuso un racionamiento de emergencia, por el cual sólo se permitieron 50 litros por persona al día en los hogares, mientras que el uso del agua por las industrias y los campos de golf fue objeto de escrutinio público. En las regiones mineras de Chile, en los valles agrícolas de España y en la brecha entre zonas urbanas y rurales de Jordania han surgido tensiones similares.

Se prevé que el consumo mundial de agua se duplique para 2050, debido principalmente al crecimiento demográfico y a la crisis climática.

No existe una solución única para todos. El reto radica en equilibrar las necesidades sociales, económicas y ecológicas, especialmente ahora que la crisis climática hace que el futuro del agua sea más difícil de predecir. Una gobernanza transparente, marcos jurídicos sólidos y una planificación hídrica inclusiva serán fundamentales para que esas decisiones sean justas y sostenibles. ●

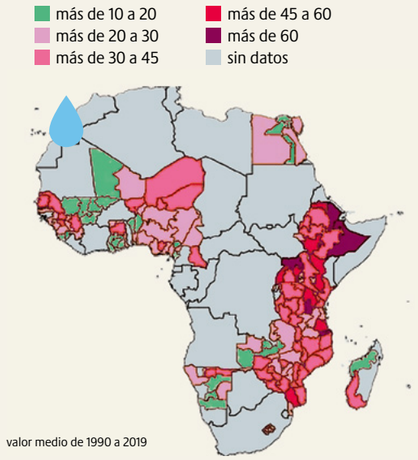
MODA SEDIENTA

Consumo promedio de agua necesario para fabricar una camiseta de algodón.

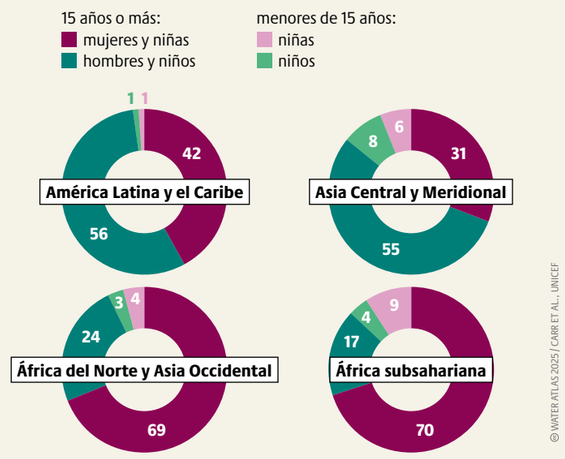


UN LARGO CAMINO HASTA EL POZO

Tiempo diario que dedican las mujeres a la obtención de agua en hogares sin conexión propia, en minutos



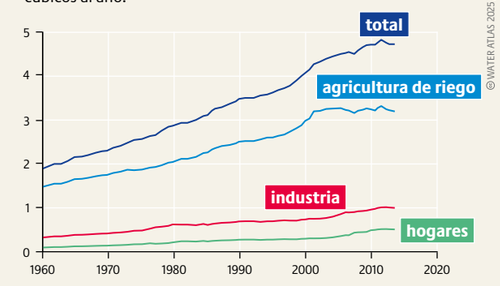
Responsabilidad principal del suministro de agua en los hogares sin conexión propia, en porcentaje



En el sur de África, las mujeres dedican un total de 16 millones de horas al día a recoger agua, mientras que los hombres solo dedican seis millones de horas diarias.

SED INSACIABLE

Consumo mundial de agua por sector, en miles de kilómetros cúbicos al año.



PROFUNDIDADES TURBIAS

Residuos plásticos, vertidos industriales, productos químicos: apenas algún cuerpo de agua queda a salvo. Amenazan los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana. ¿Cuál es la solución a la oleada de contaminantes? Una economía circular que conserve los recursos.

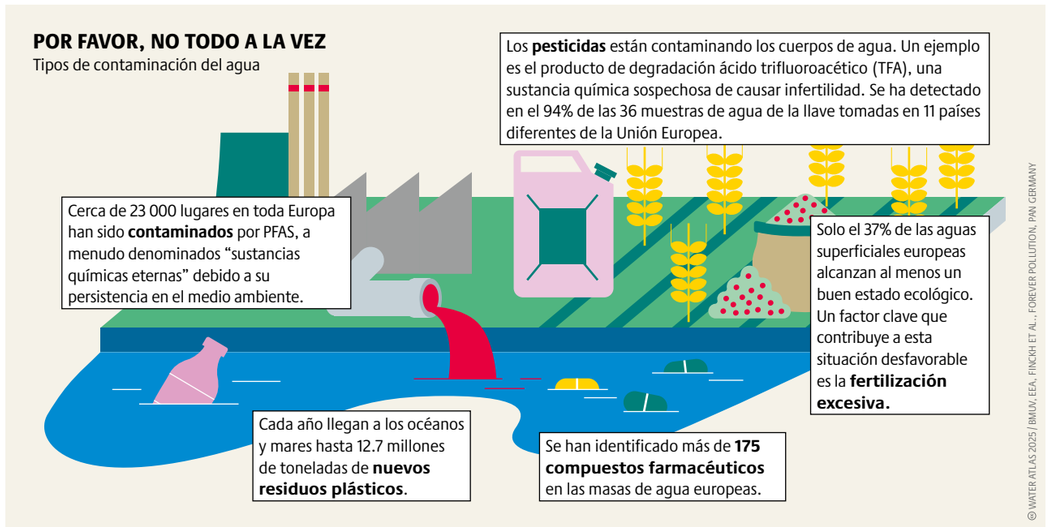
A partir de mediados del siglo XIX se construyeron los primeros sistemas modernos de alcantarillado en las metrópolis de mayor crecimiento en Europa y Norteamérica. Para arrastrar la suciedad de las calles, los desechos humanos y los vertidos industriales se utilizaba agua. Sin embargo, la idea de que los ríos se limpiarían por sí solos pronto resultó ser ilusoria: ríos y lagos se convirtieron en cloacas apestosas y tóxicas.

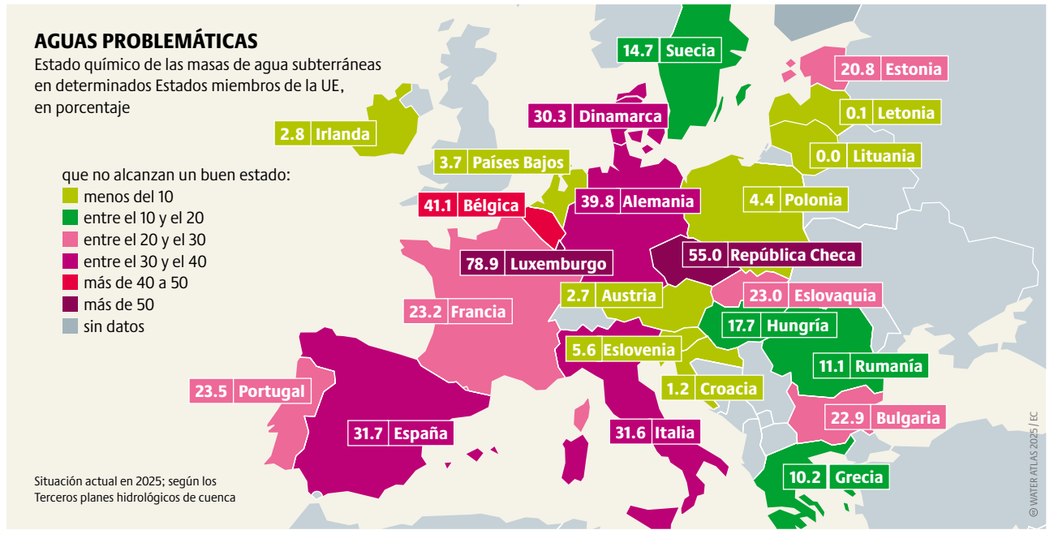
Alrededor de 80% de todas las aguas residuales del mundo llegan a los cuerpos de agua sin haber sido tratadas. El río Citarum, en Indonesia, considerado el segundo río más contaminado del mundo después del Ganges en la India, representa un ejemplo. Los vertidos de las más de 2 000 fábricas situadas en sus orillas hacen de este río un peligro mortal para quienes carecen de una fuente de agua alternativa. Los estudios apuntan a unas 50 000 muertes al año.

Hoy en día, los fertilizantes sintéticos son una de las principales causas del crecimiento excesivo de algas, falta de oxígeno y mortandad de peces en los cuerpos de agua. En regiones dominadas por la agricultura industrial se vierten cantidades excesivas de fertilizantes al medio ambiente. Las plantas absorben solo una fracción de los nutrientes, mientras que el resto es arrastrado hacia las aguas subterráneas, los ríos y los estanques por la lluvia y las zanjas de drenaje. En 2020, se vertieron alrededor de 859 000 toneladas de nitrógeno y 26 000 toneladas de fósforo en el mar Báltico. El valor límite aceptable establecido para los nitratos, de 50 miligramos por litro, se superó en 14.1% de las estaciones de medición de aguas subterráneas de la Unión Europea. Entre otros impactos, la contaminación aumenta significativamente los costos inherentes al tratamiento del agua. En Europa, se estima que los costos económicos ocasionados por los nitratos y otras formas reactivas del nitrógeno ascienden a 320 000 millones de euros al año.

Además, los plaguicidas contaminan arroyos, ríos, lagos, el mar y las reservas de aguas subterráneas. Estos son utilizados en la agricultura para proteger las cosechas de hongos, malas hierbas e insectos. En 2022 se vendieron aproximadamente 322 000 toneladas de plaguicidas en la UE. Desde las tierras de cultivo y los campos, los plaguicidas se escurren o se filtran hacia los cuerpos de agua, donde deterioran la calidad del agua, afectan a los peces y otras formas de vida acuática y, en última instancia, suponen un riesgo para la salud humana. Por otra parte, muchos plaguicidas contienen PFAS (compuestos alquílicos perfluorados y polifluorados),

La producción agroecológica, la restauración del paisaje, la restricción del uso de productos químicos y el tratamiento eficaz de las aguas residuales son esenciales para salvaguardar los recursos hídricos.





también llamados "sustancias químicas eternas" debido a su extraordinaria persistencia. En la Unión Europea, el número de variedades de frutas y hortalizas que contienen residuos de al menos un plaguicida PFAS se ha triplicado durante los últimos 10 años.

Los PFAS son sustancias químicas industriales altamente persistentes utilizadas en numerosos sectores, las cuales pueden causar un daño enorme al cuerpo humano. También son comunes en los residuos plásticos, que liberan aditivos como los plastificantes y se descomponen en fragmentos cada vez más pequeños conocidos como microplásticos. Fertilizantes son envueltos en capas de plástico para prolongar su efecto. La aplicación de estos gránulos lleva a que el plástico se acumule en los campos y termine en el agua. Los animales marinos se encuentran indefensos ante los residuos plásticos: los ingieren o quedan enredados en aquellos de mayor tamaño. Las naciones industrializadas ricas exportan grandes cantidades de residuos plásticos al Sur global, generando importantes problemas medioambientales y de salud pública países que consumen solo poco más de un tercio del plástico por persona que consumen las naciones industrializadas ricas, pero sus costos de limpieza pueden ser hasta diez veces superiores.

El petróleo supone otro problema, al llegar al mar mediante el transporte marítimo o como consecuencia de los accidentes de petroleros, las fugas en plataformas petrolíferas, el vertido ilegal o los efluentes industriales. A nivel mundial, las manchas de petróleo cubren 1.5 millones de kilómetros cuadrados de océano, una superficie dos veces mayor que la de Turquía. El petróleo asfixia la vida marina, envenena las redes tróficas y causa daños ecológicos a largo plazo.

Para tratar las aguas residuales de forma más eficiente, la Unión Europea tiene previsto modernizar las plantas de tratamiento más grandes adicionando una cuarta etapa al proceso de tratamiento. Sin embargo, dicha modernización es costosa y, por lo tanto, es poco probable que sea adoptada a nivel mundial. Además, ni siquiera una cuarta etapa de purificación puede filtrar por completo sustancias químicas problemáticas como los PFAS.

El estado químico de las aguas subterráneas muestra si los niveles de contaminación superan los límites medioambientales o sanitarios establecidos por la normativa de la UE.

Por lo tanto, resulta crucial actuar de forma proactiva, previniendo la contaminación antes de que se produzca. Los métodos de producción limpia ofrecen la solución más eficaz para proteger el agua. Si durante el proceso de producción el agua es recirculada y utilizada varias veces, se reducen la cantidad de agua consumida y la cantidad de aguas residuales contaminadas. Algunos miembros mediterráneos de la Unión Europea ya utilizan aguas residuales tratadas en la agricultura.

En algunos casos es posible evitar por completo el uso de agua, por ejemplo, instalando inodoros secos. Estos son cada vez más comunes en los festivales y podrían contribuir a ahorrar agua en la vida cotidiana. Dado que los inodoros secos no requieren agua, no es necesario un tratamiento químico y biológico complejo de las aguas residuales. De hecho, las heces humanas contienen nutrientes valiosos que pueden procesarse de forma higiénica para reducir el uso de fertilizantes sintéticos y mejorar la calidad del suelo.

Sin embargo, las soluciones aisladas por sí solas son insuficientes. Las mejoras reales en la protección del agua requieren innovaciones técnicas y, sobre todo, regulación política y cambio social. Para lograr mejoras reales en la protección del agua son necesarios cambios fundamentales en la agricultura, la industria y los sistemas de saneamiento. ●

ZONAS DE SACRIFICIO

AGUAS ABAJO DEL DESARROLLO

Durante su uso y aprovechamiento, se vierten en el agua residuos, sustancias contaminantes y compuestos tóxicos que modifican su composición y que, una vez descargados en los cauces, continúan viajando con ella.

El deterioro, sin embargo, no se distribuye de manera uniforme. En el centro-occidente de México se ubica el sistema fluvial Lerma-Santiago. El río Lerma nace en el centro del país y fluye hasta entregar sus aguas al lago de Chapala; de este emerge el río Santiago, que continúa hacia el occidente hasta desembocar en el océano Pacífico. Su recorrido se extiende por 245 municipios de nueve estados donde viven más de 21 millones de personas.

A lo largo del sistema, numerosos afluentes conectan comunidades rurales, ciudades, zonas industriales y algunas de las regiones agrícolas más productivas del país. El agua es extraída para su uso, después del cual una buena parte vuelve a los cauces cargada de residuos y contaminantes. La gravedad es tal que se considera al Lerma-Santiago, junto con los ríos Atoyac y Tula, entre los tres sistemas fluviales más contaminados del país.

La distribución de la contaminación en el Lerma-Santiago expone un problema de calidad del agua, pero también revela relaciones desiguales de poder. La capacidad para aprovechar los bienes naturales, transformarlos y producir riqueza incluye también la de desplazar los costos ambientales hacia otros territorios, ecosistemas y poblaciones.

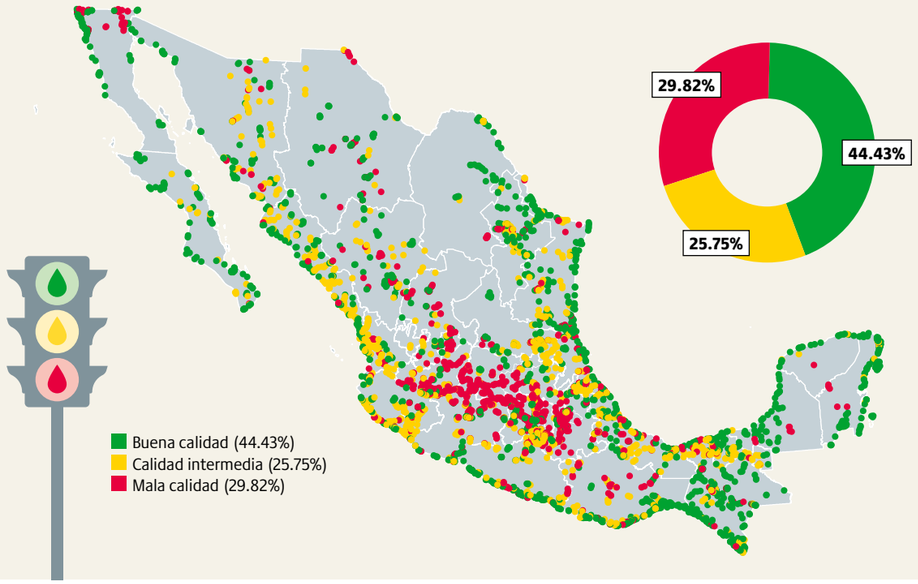
Uno de los afluentes que forman parte del sistema Lerma-Santiago es el río Turbio, cuyo recorrido permite observar cómo ese desplazamiento transforma las condiciones de vida aguas abajo.

El río Turbio, en el estado de Guanajuato, nace en las zonas altas del noroeste de León y recorre 205 kilómetros hasta desembocar en el río Lerma, en los límites con Michoacán. Es uno de los ríos más intensamente monitoreados y contaminados del sistema Lerma-Santiago.

La historia ambiental del Turbio está indisolublemente ligada al desarrollo de la ciudad de León y de su industria curtidora. Producto de esta industria, en sus aguas se han identificado compuestos químicos como arsénico, cadmio, cianuro, cromo, mercurio, níquel, plomo y zinc. A las descargas industriales se suman las aguas residuales domésticas y las presiones derivadas de las actividades agropecuarias.

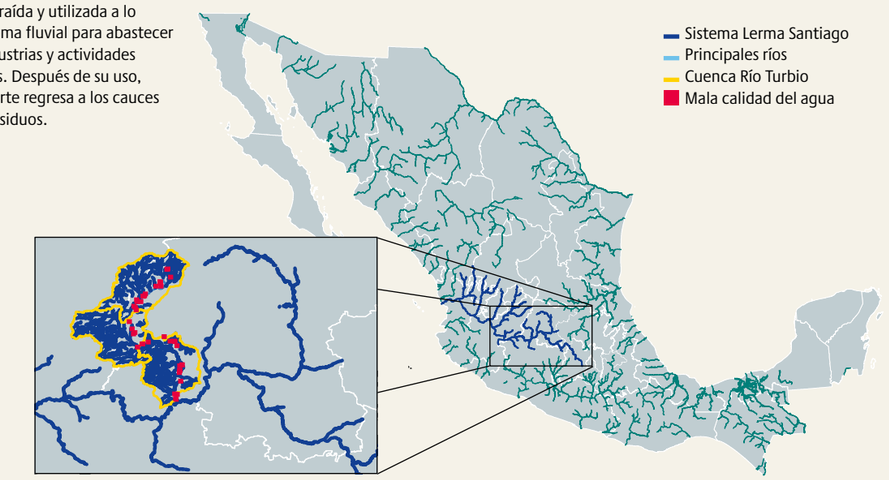
Entre los años 2012 y 2025, la Conagua monitoreó la calidad de las aguas superficiales empleando ocho indicadores. A partir de los resultados, cada sitio fue clasificado mediante un semáforo.

EL SEMÁFORO DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL



EL SISTEMA LERMA-SANTIAGO

El agua es extraída y utilizada a lo largo del sistema fluvial para abastecer ciudades, industrias y actividades agropecuarias. Después de su uso, una buena parte regresa a los cauces cargada de residuos.



El desastre actual del Turbio es consecuencia de un proceso acumulativo. Según datos de la Conagua, las aguas residuales provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos vierten diariamente al río Turbio y sus afluentes 616.6 toneladas de materia orgánica, 300.9 toneladas de sólidos suspendidos, 56.6 toneladas de nutrientes, 0.98 toneladas de metales pesados y 0.12 toneladas de compuestos orgánicos tóxicos. El saneamiento es insuficiente: en la ciudad de León apenas se procesan 1,379.7 litros de aguas residuales por segundo, alrededor de dos terceras partes del volumen generado.

Aguas abajo de León, el Turbio se relaciona con comunidades rurales que padecen su deterioro. Entre ellas, de norte a sur, se encuentran Santa Rosa Plan de Ayala, Malagana y Ramillete, en León; Silva, San Ignacio de Hidalgo y Peñuelas, en San Francisco del Rincón; El Tecolote, en Purísima del Rincón; Tierras Blancas, en Romita; y Los Hornos, Tres Villas, La Soledad y Cerrito Agua Caliente, en Cuerámaro.

Aunque las condiciones ambientales varían de una comunidad a otra, a lo largo del Turbio se encuentran repetidamente olores, espuma y cambios en la coloración del agua; aguas negras y drenajes a cielo abierto; descargas clandestinas, residuos sólidos, basura, plásticos y desechos de la industria zapatera; lodos, sedimentos blanquecinos y azolvamiento; animales y sabinos muertos, pérdida de fauna y afectaciones visibles a los cultivos.

En algunos lugares, el agua, aun cuando se sabe contaminada fluye por los canales utilizados para el riego. Quienes trabajan la tierra hablan de cultivos enfermos, pérdida de fertilidad de los suelos, menores rendimientos y preocupación por lo que esa contaminación puede significar para los alimentos que se producen.

La contaminación alcanza también los cuerpos y modifica la vida cotidiana. Quienes habitan estas comunidades relacionan los olores, el contacto con el río y la calidad del agua que utilizan con ardor de ojos, dolores de cabeza y molestias respiratorias o gastrointestinales. La preocupación acompaña actividades tan ordinarias como beber, cocinar, regar o trabajar la tierra y se traduce también en prácticas de cuidado: en algunos lugares, las familias procuran que niñas y niños se mantengan alejados del río junto al que viven.

Los rios y arroyos, al fluir, transportan y extienden los efectos de la contaminacion hacia otras regiones.

En La Soledad, las mujeres han recuperado la memoria de un río distinto. Las mayores recuerdan un río todavía vivo, con peces, cangrejos y conchas, riberas pobladas por sabinos y una relación cotidiana con sus aguas. Sus hijas fueron testigos de su deterioro y de la progresiva pérdida de esa relación. Y en el presente, las mujeres más jóvenes han crecido junto a un río contaminado, del que ha debido distanciarse. La contaminación también transforma, en apenas unas generaciones, la memoria, los vínculos y la relación de una comunidad con su territorio.

Una zona de sacrificio se define por la intensidad de su contaminación y la persistencia de sus causas, pero también por una distribución desigual de los beneficios y de los costos ambientales de las actividades que la generan. Mientras la riqueza se concentra en unos territorios, los efectos de la degradación ambiental se desplazan hacia otros. Desde esta perspectiva, el Turbio dibuja una geografía del poder y constituye una expresión concreta de injusticia ambiental: durante décadas, las comunidades aguas abajo han debido adaptar su vida cotidiana, sus prácticas productivas, sus formas de cuidado y su relación con el territorio a las condiciones de un río cuya prosperidad se concentra aguas arriba.

PRIVATIZACIÓN

UNA DECISIÓN EQUIVOCADA

Se suponía que la venta de los sistemas públicos de abastecimiento de agua a empresas privadas haría que la gestión fuera más eficiente y que los precios bajaran. Sin embargo, a menudo, la experiencia ha demostrado lo contrario. Ahora, muchos municipios e iniciativas de la sociedad civil exigen que el agua vuelva a ser de dominio público.

Hasta hace unas décadas, el suministro de agua era un componente indiscutible de los servicios públicos, junto con la energía, el transporte público y la vivienda social. El auge del neoliberalismo en la política económica cambió esta situación. Los ayuntamientos vendieron su parque de viviendas municipales y privatizaron sus centrales eléctricas; asimismo, en la década de los noventa, una ola de privatizaciones afectó el suministro de agua. El agua pasó a considerarse un bien económico que, se suponía, las empresas gestionarían de forma más eficiente y suministrarían a un precio inferior que el ofrecido por el Estado. Además, las empresas privadas ofrecían la perspectiva de realizar inversiones en la infraestructura hídrica y la promesa de que el agua potable estaría disponible también en las zonas más pobres del mundo. Inglaterra y Gales fueron los primeros países europeos que privatizaron sus empresas de agua de propiedad estatal. La entonces primera ministra, Margaret Thatcher, las vendió en 1989.

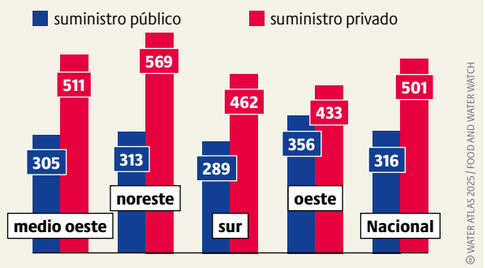
Pronto se hizo evidente que las grandes esperanzas depositadas en la privatización no se estaban cumpliendo. En todo el mundo, las inversiones en el suministro de agua se mantuvieron en un nivel bajo. Algunos estudios incluso demostraron que las empresas privadas no suelen suministrar agua a precios más bajos. Las privatizaciones tuvieron consecuencias especialmente drásticas en el Sur global. Durante la década de 1990, como resultado de la presión del Banco Mundial, los países más pequeños, más pobres y más endeudados de África cedieron su suministro de agua a empresas privadas. Un análisis reveló que, en el año 2000, en un tercio de los casos, el Fondo Monetario Internacional condicionó sus préstamos a la privatización de los servicios de agua. A raíz de la crisis del euro posterior a 2010, esta presión pudo sentirse en varios países de la Unión Europea, entre ellos Grecia, Portugal y Bulgaria. Una troika formada por la Comisión Europea, el Fondo Monetario Internacional y el Banco Central Europeo combinó sus programas de austeridad con propuestas para privatizar el agua.

En Chile el agua se privatizó especialmente temprano y de manera drástica. En 1981, el dictador Augusto Pinochet introdujo el Código de Aguas, una ley que concedía derechos gratuitos sobre el agua, entre otras, a las empresas agroindustriales. Si bien la dictadura militar terminó en 1990. Aunque el territorio situado entre el Pacífico y los Andes es rico en agua –contando con 1 250 ríos, 12 780 lagos y 24 110 glaciares–, Chile ocupa el puesto 16 entre los países que experimentan mayor estrés hídrico. Más de un millón de chilenos carecen de acceso a agua potable y casi la mitad de la población sufre escasez de agua. La escasez se ve agravada por una economía orientada a la exportación que no se centra en satisfacer las necesidades de la población local; por ejemplo, más de 50% de la producción frutícola, que consume grandes cantidades de agua, se exporta al mercado mundial.

Tras la venta de las empresas municipales de agua en muchas regiones de Sudáfrica, el suministro de agua, hasta entonces gratuito, se realizó mediante un sistema de prepago con medidores. Esto significaba que los usuarios debían pagar por adelantado determinada cantidad de agua; en cuanto la consumían, el grifo se quedaba seco. En provincias como KwaZulu-Natal, esto impidió el acceso al agua limpia a muchas personas, obligándolas a recurrir a arroyos, ríos y estanques contaminados para sobrevivir. En el verano de 2000, la situación provocó un brote de cólera que enfermó a 120 000 personas, mientras que cientos murieron.

PRECIOS MÁS ALTOS PARA MUCHOS, MAYORES GANANCIAS PARA UNOS POCOS

Factura anual promedio del agua en EE. UU., para hogares que consumen 225 000 litros al año, en dólares estadounidenses

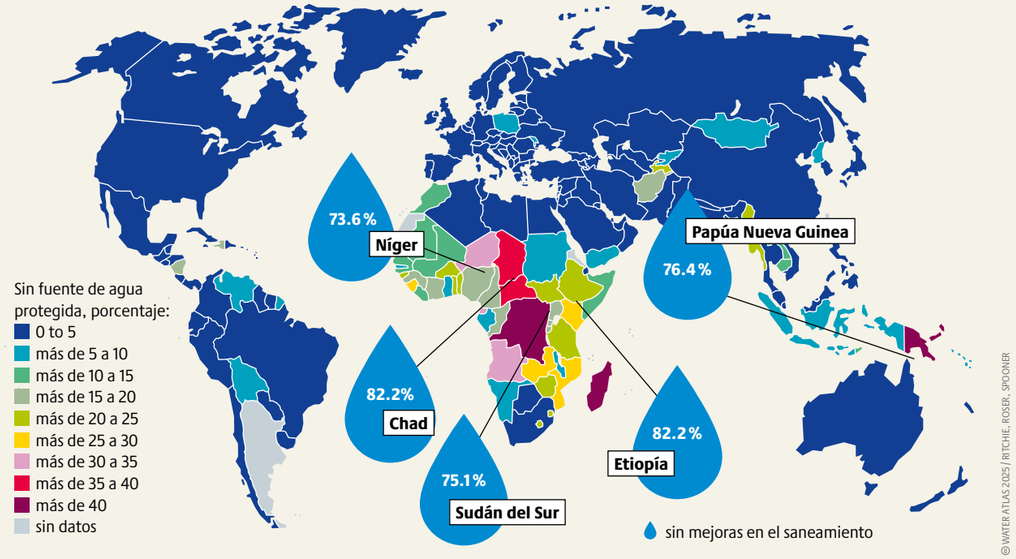


© WATER ATLAS 2025 / FOOD AND WATER WATCH

Un estudio realizado en 2015 sobre los 500 sistemas de agua más grandes de Estados Unidos reveló que las empresas privadas cobraban a los hogares tarifas significativamente más altas que los sistemas estatales.

POZOS SECOS Y AGUAS TURBIAS

Proporción de la población en 2022 sin acceso a fuentes de agua protegidas contra la contaminación, y proporción sin acceso a instalaciones de saneamiento mejoradas para evitar el contacto directo con las heces, por país, seleccionado



© WATER ATLAS 2025 / RITCHIE, ROSER, SPOONER

La contaminación y la escasez de agua ocasionadas por la privatización también pueden verse en Europa. Una vez que Margaret Thatcher vendió las empresas de agua estatales en Inglaterra y Gales, cerca de la mitad del personal de las mismas perdió su empleo. Desde entonces, los precios del agua subieron alrededor del 40%. Los beneficios obtenidos rara vez son reinvertidos en infraestructura, salarios dignos o análisis de la calidad del agua y, en cambio, se quedan en las manos de inversores con ánimo de lucro. La infraestructura deteriorada provoca pérdidas masivas de agua y ha llevado al colapso total del suministro doméstico en algunos lugares. En Inglaterra y Gales, las tuberías con fugas y los depósitos de rebose obsoletos hacen que cada día se pierdan casi 3 000 millones de litros de agua, lo que aumenta el riesgo de contaminación. Dado que se vierten millones de metros cúbicos de aguas residuales sin tratar a los ríos y al mar, los paisajes fluviales se transforman en cloacas fétidas. Ello ha llevado a iniciar un debate en torno a la posibilidad de revertir la privatización y nacionalizar Thames Water, la mayor empresa de agua de Gran Bretaña, actualmente en manos de un grupo de sociedades de capital de riesgo y fondos de pensiones.

Muchos países y municipios de Europa y de otras partes del mundo han dado un giro de 180 grados. Solo entre 2000 y 2015, 235 empresas de agua y alcantarillado regresaron a manos municipales. Además, un número importante de ciudades han celebrado referéndums en los que la mayoría de la población se pronunció en favor de la recompra, como ocurrió en Berlín. Asimismo, en un referéndum celebrado en Tesalónica, Grecia, en 2014, el 98% de los votantes optó por no poner el suministro de agua en manos de inversores privados.

A nivel mundial, una de cada tres personas no cuenta con acceso a agua potable y más de la mitad de la población mundial carece de un saneamiento seguro.

Cada vez son más las organizaciones de la sociedad civil que defienden los derechos al agua. El movimiento Blue Community, fundado en 2009, ya ha reunido a 210 comunidades de todo el mundo que suman 25 millones de personas. Estas comunidades –entre las que se incluyen ciudades, municipios y sindicatos, así como universidades y escuelas– se han comprometido con los tres principios fundamentales del movimiento: la protección del derecho humano al agua y al saneamiento, la preservación o restauración del agua como bien público, y la promoción del agua de grifo, que es mucho menos perjudicial para el medio ambiente que el agua embotellada. La producción de un solo litro de agua embotellada requiere hasta cuatro litros de agua, que son empleados en la extracción, la purificación, la fabricación de la botella de plástico, el llenado y el transporte. Además, la producción de un litro de agua embotellada libera 202.7 gramos del gas de efecto invernadero dióxido de carbono (CO_2), mientras que un litro de agua de grifo solo genera 0.4 gramos de emisiones de CO_2.

La historia de la privatización del agua demuestra que esta puede utilizarse de forma más responsable y ser distribuida de manera más justa cuando el suministro permanece en manos públicas, en lugar de ser cedido a empresas movidas por intereses lucrativos. ●

AGUAS DIVIDIDAS

El acceso a agua limpia es un derecho humano. Sin embargo, la crisis climática y el crecimiento demográfico están haciendo que el agua se vuelva un recurso cada vez más escaso, por el que es posible que diferentes grupos compitan ferozmente. Los acuerdos internacionales pueden ayudar a promover la cooperación en lugar del conflicto.

Con frecuencia surgen disputas relacionadas con la distribución, el uso y la protección de los recursos hídricos. Abundan ejemplos sobre ello en todo el mundo. En el delta interior del Níger, en Malí, se han producido violentos enfrentamientos entre pastores y agricultores que compiten por el agua, cada vez más escasa como consecuencia de la crisis climática y de las presas construidas recientemente en la cuenca alta del río. En Irán, la escasez de agua se debe a la crisis climática y se ve agravada por la mala gestión del recurso, lo que genera tensiones entre la población rural y la población urbana. Habitualmente, la policía iraní reprime las protestas contra el gobierno. Cuando existen conflictos armados, las infraestructuras hídricas suelen convertirse en objetivo: ejércitos y grupos terroristas destruyen deliberadamente canales de riego, plantas desalinizadoras y presas, como ha ocurrido en Irak, Siria, Gaza y Ucrania en años recientes.

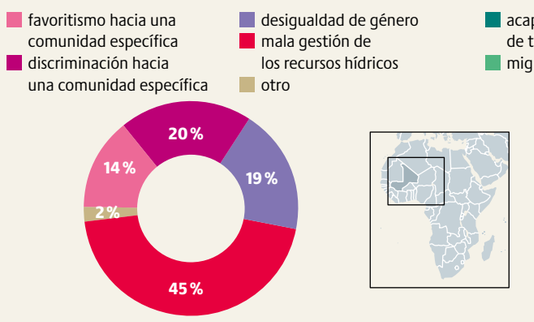
La situación se complica especialmente cuando los ríos, lagos o acuíferos en cuestión cruzan fronteras internacionales. En todo el mundo hay 313 cuerpos de agua superficiales transfronterizos, casi 600 reservas de agua subterránea y cerca de 300 humedales. Puesto que estos no pueden ser administrados por un solo Estado, es posible que los intereses económicos y de seguridad de varios Estados entren en conflicto. El Nilo constituye un ejemplo de esto: en 2011, Etiopía comenzó a construir una presa en la cuenca alta del Nilo Azul, con el propósito de generar electricidad y proporcionar energía limpia a su población. Mucho más abajo en el curso del río, Egipto ve esto como una amenaza existencial para su propio suministro de agua, que depende del Nilo en un 97%. Durante años, esto ha generado tensiones diplomáticas entre Egipto y Etiopía, como también con Sudán, que se encuentra entre ambos países.

En Asia Central, la disputa sobre el río Syr Darya pone de relieve el enorme potencial de conflicto que los ríos transfronterizos entrañan. La cuestión fundamental radica en que, durante el invierno, la presa de Toktugul, controlada por Kirguistán, libera agua para la producción de energía hidroeléctrica, mientras que Uzbekistán y Kazajistán dependen de las descargas de agua realizadas en verano para el riego, en particular de los cultivos de algodón, que constituyen una parte importante de la economía uzbeka. Los desacuerdos en torno al calendario de dichas descargas llevaron a estos países al borde del conflicto tras el colapso de la Unión Soviética. Las tensiones se intensificaron cuando Kirguistán redujo repetidamente los caudales para mantener los niveles de los embalses, lo que hizo que Uzbekistán y Kazajistán lo acusaran de utilizar el agua como herramienta de negociación política.

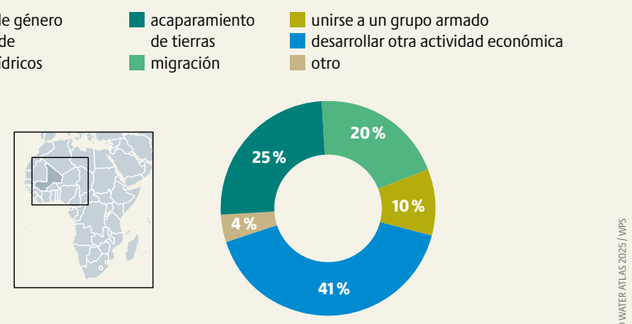
La escasez de agua alimenta la violencia y la exclusión en países como Malí, que llevan mucho tiempo sumidos en conflictos, el hambre y la pobreza.

LA ESCASEZ DE AGUA ALIMENTA LOS CONFLICTOS

Impactos del estrés hídrico en las poblaciones locales de Malí, región de Mopti, 2022



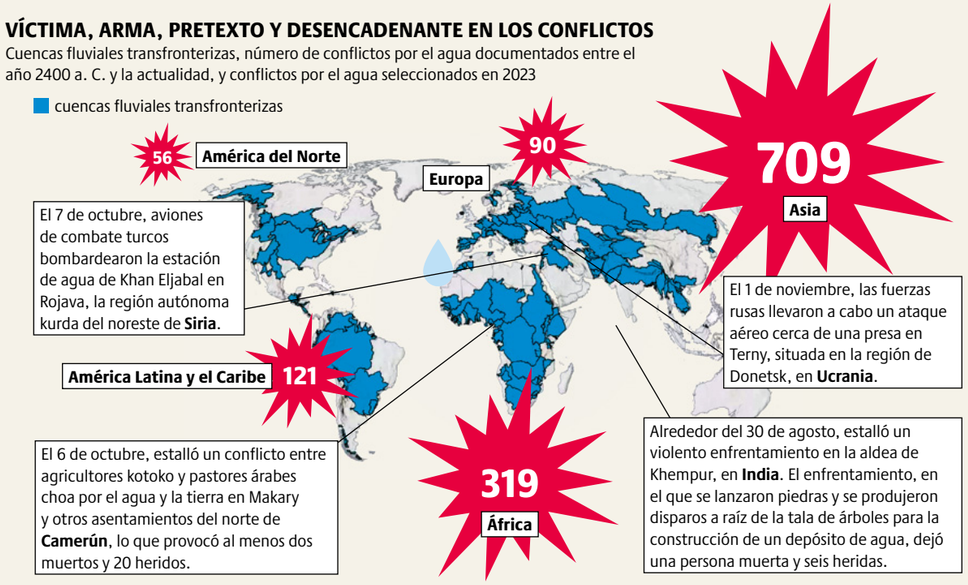
Estrategias de adaptación de los actores locales en Malí ante la reducción de los servicios ecosistémicos



© WATER ATLAS 2025 / WPS

VÍCTIMA, ARMA, PRETEXTO Y DESENCADENANTE EN LOS CONFLICTOS

Cuencas fluviales transfronterizas, número de conflictos por el agua documentados entre el año 2400 a. C. y la actualidad, y conflictos por el agua seleccionados en 2023



© WATER ATLAS 2025 / GLEICK, PACIFIC INSTITUTE, SHIMABUKU, TFDD

La pérdida de instituciones estatales puede reducir la eficiencia en la gestión del agua. En Afganistán, el debilitamiento gradual del gobierno anterior supuso que se dejara de dar mantenimiento a la infraestructura envejecida que, finalmente, dejó de funcionar; así, ya no fue posible garantizar la distribución equitativa del agua. Los talibanes lograron hacerse con el control de un número creciente de instituciones locales de gestión del agua, como el denominado sistema mirab, lo que contribuyó al éxito del reclutamiento talibán a finales de la década de 2010 y, en última instancia, a su regreso al poder en 2021.

A pesar de todo lo mencionado, la era moderna aún no ha vivido una guerra interestatal ocasionada directamente por el agua. Las investigaciones muestran que los conflictos por el agua son, en realidad, bastante infrecuentes, al menos en comparación con los casos de cooperación. Un análisis sistemático revela que solo 28% de todas las interacciones en torno al agua que se producen entre Estados son de naturaleza conflictiva, siendo muy poco probable que deriven en violencia.

Sin embargo, los datos también muestran que los conflictos por el agua han ido en aumento en los últimos años. El agua suele ser uno de los diversos factores que contribuyen a que se produzca un conflicto y puede provocar una escalada. Es el caso de la cuenca del lago Chad, en África Central y Occidental, donde las tensiones étnicas y religiosas alimentan conflictos entre diferentes grupos de usuarios del agua.

Mientras tanto, los Estados y otras instituciones han creado mecanismos jurídicos y políticos para organizar la distribución y el uso pacíficos del agua. Los acuerdos mundiales sobre el agua establecen normas jurídicas y ofrecen a los Estados un marco para orientar sus acciones. Actualmente, más de 800 acuerdos intergubernamentales regulan la distribución del agua, la contaminación y la pesca. La Corte Internacional de Justicia y la Corte Permanente de Arbitraje de La Haya actúan como sedes de arbitraje. En 1997, por ejemplo, mediaron una disputa relacionada con las presas de Gabčíkovo-Nagymaros, ubicadas en el Danubio, entre Hungría y Checoslovaquia —país que había dejado de existir—. En 2013 condujeron las negociaciones que involucraban a una presa en el Kishenganga, afluente del Indo, entre la India y Pakistán. Ambas rondas de negociaciones evitaron la escalada del conflicto y alentaron a todas las partes a trabajar conjuntamente.

El agua suele traspasar las fronteras nacionales. La cooperación entre Estados y comunidades puede ayudar a prevenir conflictos y a mitigar la competencia por ella.

La historia demuestra que la cooperación aporta beneficios a largo plazo a las partes involucradas, los cuales serían inalcanzables si los recursos hídricos transfronterizos fueran utilizados unilateralmente. Desde la década de 1970, la cooperación entre los países asentados en las riberas del río Senegal, en África Occidental, ha permitido la construcción conjunta de dos presas que hacen posible el regadío durante todo el año, al tiempo que suministran electricidad a los países vecinos y facilitan la navegación. Ninguno de los Estados habría podido financiar estos proyectos por sí solo. Este es uno de los muchos ejemplos de lo que se puede lograr cuando se comparte el agua en lugar de disputarla. ●

VASOS COMUNICANTES

México comparte cuencas y acuíferos transfronterizos con sus países vecinos, al norte con los Estados Unidos de América y al sur con Guatemala y Belice, sin embargo, estos flujos hídricos compartidos estan gobernados asimétricamente.

En la frontera norte, el Tratado Internacional de Aguas de 1944 distribuye gota por gota dos cauces principales, el río Colorado y el río Bravo (también conocido como Grande), mientras que entrega la totalidad del agua que escurre en el río Tijuana a California. En contraste, en el sur se carece acuerdos análogos para establecer un reparto de agua. En ambas regiones, el agua del subsuelo, que es la principal fuente de abastecimiento para ciudades, industria y riego, apenas figura en la letra.

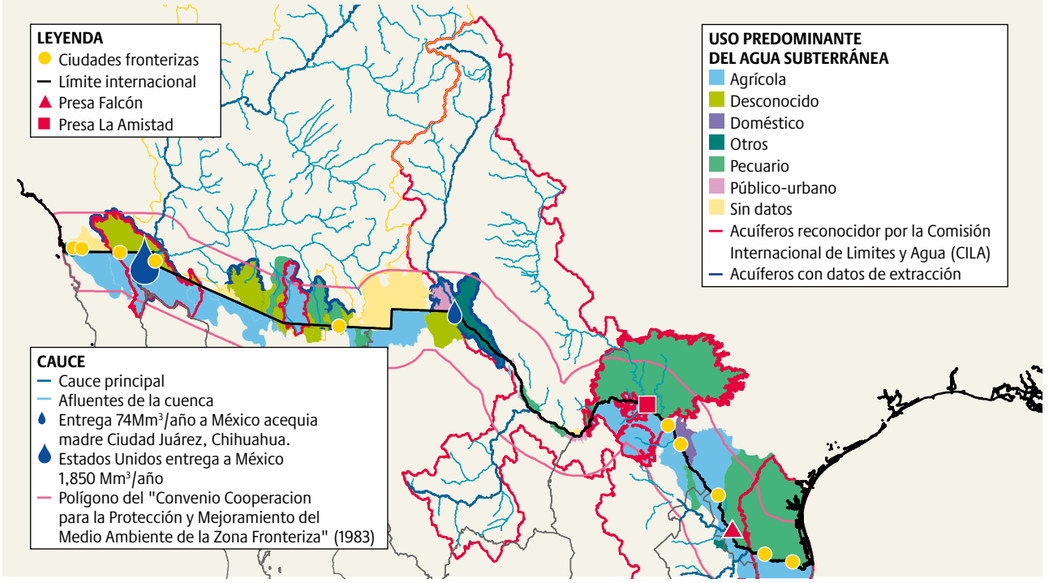
El Tratado de 1944 obliga a Estados Unidos a entregar, en el Valle de Mexicali, una asignación anual mínima del orden de 2,158 millones de metros cúbicos de la cuenca del río Colorado, mientras que en el caso de la cuenca baja del río Bravo-que va de Fort Quitman, Texas hasta su desembocadura en el Golfo de México-, por su parte, México entrega a los Estados Unidos una asignación anual de 432 millones de metros cúbicos. La contabilidad de las entregas del río Bravo se lleva a cabo en periodos quinquenales, así en caso de que queden adeudos cuando un ciclo termina, el faltante puede llevarse al siguiente, aunque este diferimiento no puede repetirse en ciclos consecutivos. La sequía ejerce una presión mayor sobre el principal tributario mexicano, que contribuye con la asignación comprometida: la cuenca del río Conchos en Chihuahua.

También existen acuerdos para el almacenamiento y ahorro de volúmenes de agua que acumulan cerca de 1,000 millones de metros cúbicos en el Lago Mead, cerca de Las Vegas (EE. UU.), recortes que afectarán las asignaciones históricas de agua que los regantes del Distrito de Riego 014 Valle de Mexicali y la ciudad de Tijuana usufructúan.

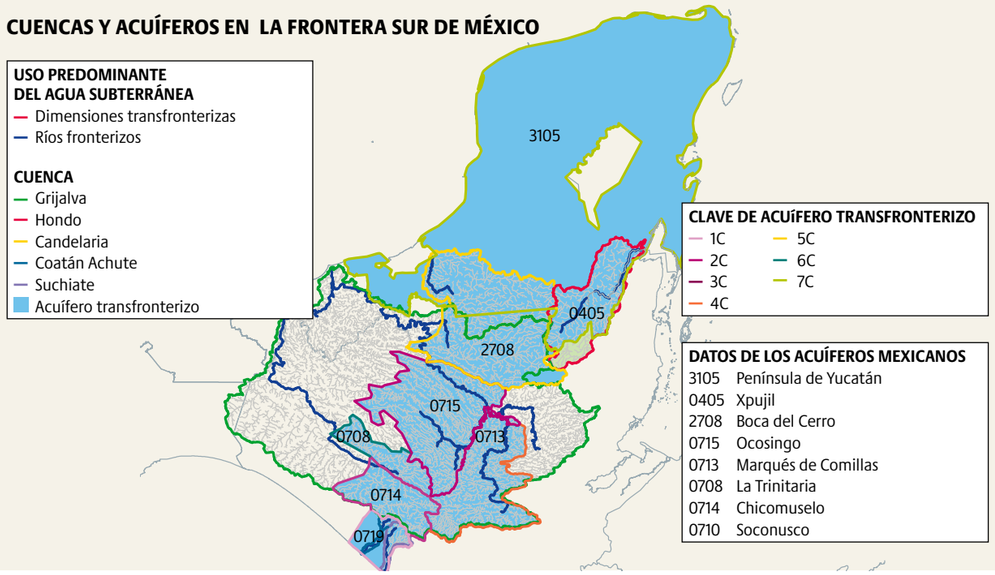
Tras cinco años del recrudecimiento de una sequía que azota la frontera compartida entre México y Estados Unidos, el presidente Donald Trump amenazó con imponer aranceles a México por la asignación de agua que el país adeudaba al cierre del ciclo quinquenal 37, en octubre de 2025. Dos meses más tarde, ambos gobiernos anunciaron un acuerdo, plasmado en el Acta 331, en el que México asignó los 249 millones de metros cúbicos faltantes de los afluentes de los ríos San Juan y Álamo, para prevenir faltantes en el presente y futuro. Esta experiencia puso de relieve que los fenómenos hidrometereológicos asociados al cambio climático requieren la consideración de medidas adicionales de flexibilidad en el marco del Tratado en el corto plazo.

Bajo los límites internacionales se extienden decenas de sistemas hidrogeológicos que la Comisión Internacional de Límites y Aguas reconoce como transfronterizos, pero sin asignaciones formales.

CUENCAS Y ACUÍFEROS TRANSFRONTERIZOS ENTRE MÉXICO Y EE.UU.



CUENCAS Y ACUÍFEROS EN LA FRONTERA SUR DE MÉXICO



Antes del Tratado de 1944, ambos países habían firmado la Convención del Valle de Juárez, en 1906, por la que hoy en día se entrega a México una asignación anual de 74 millones de metros cúbicos en la acequia madre de Ciudad Juárez, Chihuahua.

El Tratado y las más de 300 Actas en las que se le han agregado regulaciones posteriores, dan cuenta del impacto de la sequía y del sobreconcesionamiento de agua en ambas cuencas. Sin embargo, conforman una estructura de gestión pensada para el agua que corre por la superficie.

En las últimas dos décadas, la demanda creciente ante los déficits que impone la sequía se ha paliado con la silenciosa extracción del agua subterránea. Cada país perfora, extrae y controla por su cuenta la extracción de agua del subsuelo, destinada a cubrir los déficits que padecen los Distritos de riego, ciudades fronterizas como Mexicali, Nogales, Ciudad Juárez, Nuevo Laredo, Reynosa y Matamoros, y la industria, configurando hoy un problema de severa sobreexplotación. Este Tratado, considerado un referente a nivel global, reparte con exactitud las aguas superficiales, pero deja en extrema anarquía el agua invisible que lo alimenta.

En la frontera sur, que México comparte con Guatemala y Belice, la ecuación se invierte. Se comparten las cuencas de los ríos Grijalva, Hondo, Candelaria, Coatán y Suchiate -este último atravesado a diario por miles de personas- y, además, se comparte el acuífero transfronterizo más grande de México y Centroamérica, conocido como el “Gran Acuífero Maya”. Este es un solo cuerpo compartido por tres soberanías, sin un tratado de reparto comparable al que gobierna las aguas superficiales transfronterizas del norte de México. Si bien Belice ha firmado memorándums de entendimiento con México en las últimas dos décadas para llevar a cabo acciones de protección ambiental en el río Hondo, como el establecimiento de una franja fronteriza de 50 km dentro de cada país, las asimetrías entre ambos países han impedido mayores avances. En Guatemala, donde se concentran las cabeceras de cauces que escurren hacia países vecinos, la negativa a reconocer a los ríos como compartidos o transfronterizos se expresa en sus leyes con el concepto de "cuencas soberanas", que limita la posibilidad de firmar acuerdos o tratados internacionales con sus países limítrofes.

Las dos fronteras exhiben así el mismo malentendido de fondo. El tratado -cuando existe- concibe al agua como un recurso y elemento divisible, un volumen que cubre una demanda creciente en un contexto de sequía y de rápido deterioro de su calidad. Pero el agua no funciona solo de ese modo, hay que recordar que la cuenca, los acuíferos y los flujos de agua que unen ambas unidades de gestión, son procesos que enlazan territorios, sociedades y ecosistemas transfronterizos. La sequía que actualmente tensa el Tratado de 1944 ejerce una presión sin precedente histórico y revela, al mismo tiempo, lo que nunca se reguló. Gobernar las aguas transfronterizas exige un cambio de enfoque que propicie el cuidado del ciclo del agua entero, reconozca su amplia dimensión social más allá del manejo estrictamente técnico y tenga en cuenta la importancia de los acuíferos que corren en silencio bajo las dos fronteras de nuestro país.

MENTALIDAD DE ESCASEZ

La agricultura es el sector que consume más agua: 72% del consumo mundial de agua dulce es destinado a la producción de alimentos. Garantizar un suministro seguro frente a las amenazas de un clima cambiante requerirá voluntad política.

Cada año se extraen casi 3 000 kilómetros cúbicos de agua para uso agrícola de las reservas de aguas subterráneas, los lagos y los ríos de todo el mundo. La proporción del consumo total destinada a la agricultura varía según la región y el nivel de ingresos: en los países de ingresos altos, alrededor del 40% se dedica a la agricultura; en los de ingresos bajos, hasta el 90%. Unos 3 200 millones de personas viven en zonas predominantemente agrícolas, en las que el agua es escasa o muy escasa. Muchas de ellas son pequeños agricultores, cuyo papel es clave para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria. Según las Naciones Unidas, la superficie de regadío en el mundo se ha más que duplicado desde 1961.

Cerca de 20% de la superficie cultivada a nivel mundial es ahora de regadío; esa superficie produce 40% de los alimentos del mundo. La creciente demanda de riego deriva del aumento de la población y se ve agravada por fenómenos meteorológicos extremos, como las largas sequías, cada vez más frecuentes como consecuencia de la crisis climática.

Oriente Medio, el norte de África, India, el norte de China y el suroeste de Estados Unidos se ven especialmente afectados por la escasez de agua. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático prevé la posibilidad de que la demanda de agua para riego se duplique o triplique a finales de este siglo. Las proyecciones indican que el aumento de la demanda de riego, combinado con la mayor evaporación causada por la crisis climática, agotará progresivamente las reservas de agua subterránea hacia el final de siglo.

En el Punjab, el granero de la India, el nivel de las aguas subterráneas ha descendido hasta 40 metros en los últimos 30 años. Apenas 1.5% de la superficie total de la India produce 20% de su trigo y 12% de su arroz, pero cuatro quintas partes del agua subterránea utilizable son empleadas para regar estos y otros cultivos. El incremento de los costos de riego —derivado de la necesidad de perforar pozos cada vez más profundos— empuja a los agricultores al endeudamiento. Un estudio del Consejo Indio de Investigación en Ciencias Sociales mostró que alrededor de 86% de los hogares agrícolas de Punjab estaban endeudados en 2017.

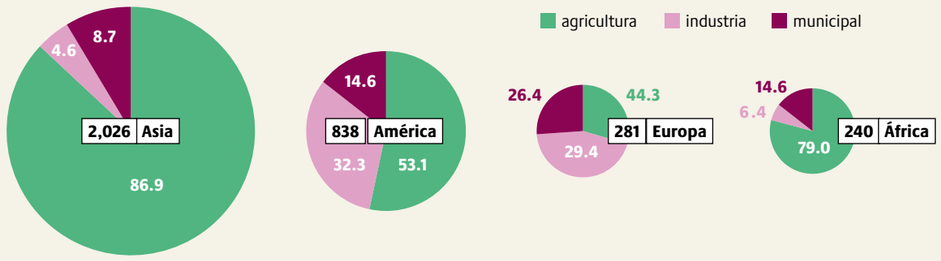
El sector agrícola consume menos de un tercio del agua utilizada en la Unión Europea, aunque esta proporción es mucho mayor en algunos países; en España, por ejemplo, alcanza 82%. En esa región, tanto las aguas superficiales como las aguas subterráneas están especialmente contaminadas. La situación es similar en Francia e Italia. Alemania es uno de los países más ricos en agua de Europa, registrando una media de precipitación de entre 700 y 800 litros por metro cuadrado al año; aun así, una parte cada vez mayor de su superficie cultivada se riega, sobre todo para el cultivo de hortalizas. Entre 2009 y 2022, la superficie de regadío creció casi 50%, pasando de 372 700 a 554 000 hectáreas.

El agua virtual es la cantidad de agua necesaria para producir los bienes —especialmente los alimentos— que consumimos. En Alemania, cada persona consume 7 200 litros de agua virtual al día, lo que equivale a 219 000 millones de metros cúbicos al año para todo el país. Esto es casi cinco veces el volumen del lago de Constanza, el mayor lago del país. Sin embargo, solo una pequeña proporción del agua virtual consumida en Alemania procede del propio país: cerca del 86% se importa en forma de productos agrícolas que requieren riego intensivo y son cultivados en el extranjero, como frutas, frutos secos, arroz y verduras. Para analizar el consumo de agua de un producto alimenticio es preciso considerar dos factores: la cantidad de agua necesaria para producirlo y la disponibilidad de agua en la región donde se cultiva. Esta combinación se utiliza para calcular la huella hídrica ponderada por la escasez del producto: cuanto más escasa es el agua en la región de cultivo, mayor es la huella hídrica.

La demanda y el consumo mundiales de agua están aumentando. Ello pone en peligro el suministro, especialmente en las regiones áridas, lo que provocará graves consecuencias para las poblaciones afectadas.

COLAS EN EL GRIFO

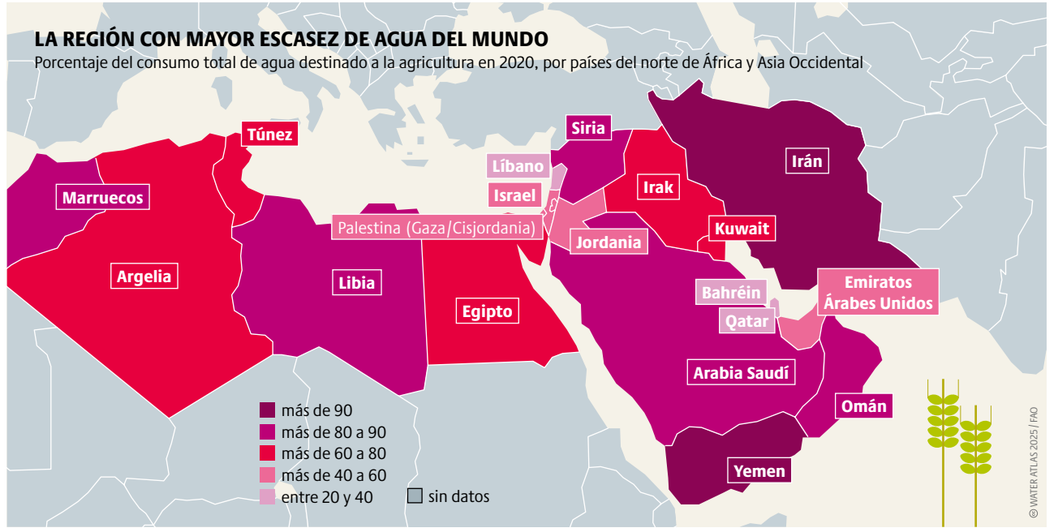
Extracciones de agua en 2022, por continente en miles de millones de metros cúbicos y porcentaje de consumo, por sector



© WATER ATLAS 2025 / FAO

LA REGIÓN CON MAYOR ESCASEZ DE AGUA DEL MUNDO

Porcentaje del consumo total de agua destinado a la agricultura en 2020, por países del norte de África y Asia Occidental



© WATER ATLAS 2025 / FAO

El norte de África y Oriente Medio albergan 5% de la población mundial, pero solo cuentan con 0.7% del agua dulce, de la cual 80% es destinada a la agricultura.

Las previsiones indican que, en la Unión Europea, el estrés hídrico aumentará de aquí a 2030, lo que significa que las reservas disponibles serán cada vez menos capaces de satisfacer la demanda. Para garantizar un suministro de agua seguro a las generaciones futuras, es necesario examinar críticamente el uso actual del riego en la agricultura.

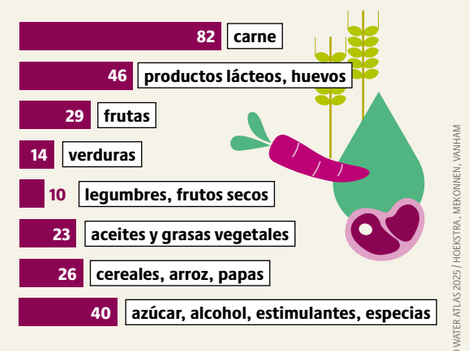
Las explotaciones agrícolas y las empresas del sector desempeñan un papel clave en la gestión del agua. Pueden proteger los recursos hídricos y responder a la crisis climática aprovechando el agua de lluvia, seleccionando cultivos adaptados, empleando métodos que limiten la evaporación, preservando el suelo y combinando árboles y arbustos con cultivos en sistemas agroforestales.

Ello requiere incentivos financieros, entre ellos, subvenciones agrícolas vinculadas al uso del agua. La Unión Europea podría apoyar las medidas de conservación de recursos por medio de su Política Agrícola Común mucho más de lo que lo hace actualmente. En lugar de asignar fondos por hectárea, como hasta ahora, las subvenciones deberían premiar la protección del agua, de la naturaleza y la biodiversidad. La nueva Directiva de la Unión Europea sobre diligencia debida en materia de sostenibilidad corporativa exige que las empresas prevengan los riesgos de contaminación, sobre todo cuando estén relacionados con vulneraciones de los derechos humanos. Las campañas de información y la obligación de indicar la huella hídrica ponderada por la escasez en los envases de los alimentos son también pasos hacia la protección sostenible del agua. ●

El agua azul es el agua superficial o subterránea utilizada en el riego, la industria y la fabricación, vital para la agricultura y la economía.

LA HUELLA HÍDRICA DE NUESTROS ALIMENTOS

Consumo diario per cápita de agua azul debido a la dieta promedio en la Unión Europea, en litros



© WATER ATLAS 2025 / HOEKSTRA, MEKONNEN, VANHAM

HUELLAS EN EL CAMPO

El agua y la agricultura están entrelazadas: el campo necesita agua para producir alimentos y la forma en que se usa el agua en el agro determina la presión sobre ríos y acuíferos y la disponibilidad para las comunidades.

La agricultura es el principal consumidor del agua en México. Consume 68 893 hm³ al año. El país tiene 19.8 millones de hectáreas agrícolas (2025), de las cuales 5.4 millones están bajo riego (27%) y 14.5 millones dependen de temporal (73%).

Aunque solo el 27% de la superficie agrícola está bajo riego, esta superficie consume la mayor parte del agua destinada a este uso, generando el 60% del valor de la producción agrícola nacional. Por color, del volumen total utilizado, 140 454 hm³ corresponden a huella verde (73.8%), 35 720 hm³ a huella azul (18.7%) y 14 077 hm³ a huella gris (7.5%).

México cuenta con una de las redes de riego más extensas de América Latina, administrada por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y articulada a través de dos figuras principales: los Distritos de Riego (DR) y las Unidades de Riego (UR).

En el país existen 87 Distritos de Riego, que agrupan aproximadamente 402 mil usuarios. Estos distritos operan bajo decretos presidenciales que delimitan su territorio y establecen los volúmenes oficiales de agua asignados, que en conjunto suman 18 792 hm³. Los distritos con el mayor número de usuarios son el DR 003 Tula (37 mil usuarios) y el DR 107 Región Lagunera (33 mil usuarios). Por su parte, las Unidades de Riego, vinculadas históricamente a la Asociación Nacional de Usuarios de Riego (ANUR), abarcan 50 735 UR distribuidas en más de 3.4 millones de hectáreas, con alrededor de 780 mil usuarios. La diferencia estructural entre ambas figuras es fundamental: los Distritos de Riego son sistemas de gran escala con infraestructura mayor y operación supervisada por Conagua, mientras que las Unidades de Riego corresponden a agricultores o asociaciones locales que gestionan de manera autónoma su infraestructura, mantenimiento y operación. En conjunto, los DR representan la columna vertebral del riego tecnificado nacional, mientras que las UR constituyen el tejido fino del riego agrícola de pequeña y mediana escala.

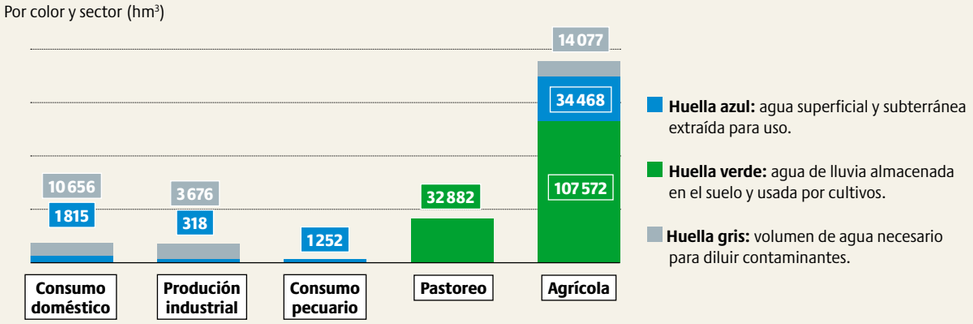
La eficiencia en conducción y distribución en muchos distritos es mejorable. Los sistemas de riego por gravedad y canales presentan eficiencias de apenas 40–50%, lo que implica pérdidas superiores al 50% del agua aplicada. En contraste, los sistemas tecnificados pueden reducir el consumo entre el 30 y el 70% según el tipo de tecnología utilizada.

La huella hídrica es el reflejo de dos factores: el volumen que producimos como país de cada uno de estos productos (en toneladas), y el agua que requiere cada unidad (hm³/ton) para elaborarse. Por ejemplo, el maíz, a pesar de tener una huella hídrica modesta (1 211.56 m³/ton), ocupa el primer lugar por el volumen que producimos como país (26.6 millones de toneladas).

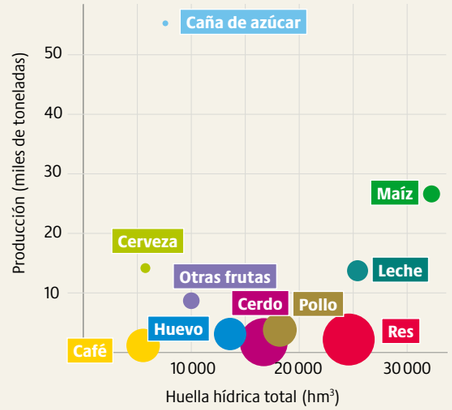
En contraparte, algunos productos como la carne bovina (11 960 m³/ton) y la porcina (9 660.69 m³/ton) tienen una muy elevada huella hídrica unitaria, aunque su volumen de producción significativamente menor (2.1 y 1.7 millones de toneladas respectivamente).

Dependemos en gran medida del agua de lluvia para producir alimentos, pero la huella azul es la que presiona directamente acuíferos y ríos, y la huella gris revela riesgos de contaminación por fertilizantes y plaguicidas.

HUELLA HÍDRICA DE LA PRODUCCIÓN EN MÉXICO
Por color y sector (hm³)



CULTIVOS Y PRODUCTOS CON MAYOR HUELLA HÍDRICA EN MÉXICO



El maíz, la leche, la carne bovina, la carne de pollo, la carne de cerdo y el huevo representan el 69% de la huella hídrica nacional.

La huella hídrica de una persona promedio en México está dominada por lo que come, no por el agua que usa directamente, ya que de la huella hídrica individual (el volumen de agua que se requiere para elaborar todo lo que una persona utiliza y consumen en un año) el 83% son alimentos (56% de origen pecuario, 27% de origen agrícola), seguido de 10% de uso doméstico, 3.2% de bienes industriales y 4% de otros.

De este total destaca el consumo de productos pecuarios, que concentra 56% de la huella hídrica per cápita en México. Tan solo la carne de res representa 18.7% de toda la huella hídrica asociada al consumo individual, seguida por cerdo (12.7%), pollo (9.5%), leche (9.2%) y huevo (5.1%). Los consumos per cápita (cantidad de kilos que consume una persona en promedio al año) de estos productos en México han crecido desde el 2010: huevo 18%, leche 9%, cerdo 57% y bovino 57%.

Esta preferencia alimentaria moldea la estructura agrícola del país. Para sostener la demanda de proteína animal se requieren enormes volúmenes de agua para producir maíz, sorgo y forrajes intensivos.

En términos de comercio internacional, México exporta 29 997 hm³ de agua virtual cada año en productos agrícolas y agroindustriales. De estos, el 78% tiene como destino Estados Unidos, 6.8% va a Japón, 1.8% a Canadá, 1.6% a China y el 2.6% restante a otros países.

La seguridad hídrica y la seguridad alimentaria están ligadas. Sin agua suficiente y de calidad no hay producción estable; sin producción eficiente, la presión sobre fuentes hídricas aumenta.

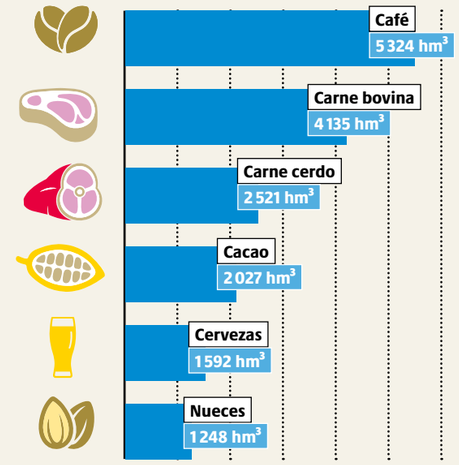
Reducir la huella azul por tonelada en cultivos clave o desplazar producción hacia sistemas menos intensivos en agua puede mejorar simultáneamente la seguridad hídrica y alimentaria. Cambiar nuestra dieta cambia la demanda.

El sector agrícola enfrenta retos como causante de estrés hídrico y, al mismo tiempo, como víctima de este cuando el agua escasea. La concentración de la extracción de agua en acuíferos y distritos de riego genera sobreexplotación local. Las prácticas de riego ineficientes y pérdidas en la conducción aumentan la demanda efectiva. El uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas eleva la huella gris y deteriora la calidad del agua.

Cuando hay sequía o reducción de recarga, los productores sin acceso a tecnificación o a fuentes alternativas sufren pérdidas de rendimiento y de ingresos. La competencia por agua con usos urbanos e industriales genera conflictos y riesgo para la producción local.

La relación entre agua y agricultura en México es compleja pero manejable. La huella hídrica revela dónde están los mayores riesgos y qué intervenciones pueden reducir presión sin sacrificar producción. Las soluciones existen y son técnicamente viables, pero requieren coordinación institucional, financiamiento y políticas que conecten la gestión del agua con la seguridad alimentaria. ●

CULTIVOS Y PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN CON MAYOR HUELLA HÍDRICA



México exporta divisas, pero también exporta agua. Y lo hace, además de estos productos, a través de cultivos intensivos que requieren agua azul y gris en grandes volúmenes de producción. Cuando sus mercados en el exterior crecen, la superficie que destinamos a producirlos también lo hace.

ENERGÍA SEDIENTA

El agua y la energía están profundamente interconectadas: la producción de energía depende del agua, mientras que el tratamiento del agua consume energía. Las soluciones: reciclaje, tecnologías de ahorro de agua y transición hacia fuentes de energía renovables, por ejemplo, la eólica y la solar.

Para generar energía, es necesaria mucha agua, que se emplea para refrigerar centrales térmicas y reactores nucleares. A su vez, se requiere energía para realizar actividades relacionadas con el agua, como la perforación, el transporte, la purificación, la desalinización y el tratamiento de aguas residuales.

Debido a que la relación entre el agua y la energía es tan estrecha y compleja, la mala gestión de cualquiera de ellas pueden afectar significativamente a la otra. La escasez de agua puede obstaculizar la producción de energía y dificultar los esfuerzos dirigidos a reducir las emisiones de carbono. Asimismo, cuando la producción de energía ignora las limitaciones hídricas, puede provocar contaminación. Las operaciones petroleras de Shell en Nigeria, por ejemplo, han causado graves daños a nivel local. Del mismo modo, las centrales eléctricas de combustibles fósiles son uno de los principales responsables de la contaminación del agua, pues liberan contaminantes que amenazan la salud pública y los ecosistemas, incluidos los ríos, las aguas subterráneas y las comunidades circundantes. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la extracción mundial de agua para producir electricidad y combustible alcanzó cerca de 370 000 millones de metros cúbicos en 2021. La mayor parte se destinó a la refrigeración de centrales térmicas y nucleares. Se estima que en 2030 las extracciones de agua para la producción de energía pueden alcanzar los 400 000 millones de metros cúbicos.

En el sector energético, la mayor parte del agua extraída se destina a la generación de electricidad. En 2021, se utilizaron alrededor de 54 000 millones de metros cúbicos de agua para producir energía. Aunque ese año el sistema energético mundial utilizó menos agua que en 2010, sigue representando aproximadamente el 10% del total de las extracciones mundiales de agua dulce. En 2023, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático instó a triplicar la capacidad mundial de energía renovable para 2030. Alcanzar este objetivo hará necesario añadir una media de 1 100 gigavatios de capacidad renovable al año. Esto ofrece la esperanza de reducir la explotación de los recursos hídricos del mundo. Las fuentes de energía renovable representan solo una pequeña fracción del consumo total de agua, mucho menor que la de la energía basada en combustibles fósiles.

No obstante, persisten importantes retos. La crisis climática está alterando el ciclo global del agua. La industria minera no consigue gestionar sus residuos ni reducir su consumo de agua. Abundan los problemas sociales y medioambientales. Muchos minerales críticos se encuentran en regiones que experimentan escasez de agua, entre ellos el litio, el níquel, el cobalto y el grafito empleados en las baterías, y los elementos de tierras raras utilizados en turbinas eólicas y vehículos eléctricos. Más del 50% de las reservas mundiales de litio se encuentran en regiones que padecen escasez de agua. En Chile, el mayor productor de cobre del mundo, se encuentra alrededor del 21% de las reservas mundiales de este metal. La minería plantea severos riesgos medioambientales, sobre todo en el caso de los frágiles ecosistemas forestales, pues requiere grandes cantidades de agua y contamina tanto las aguas superficiales como las subterráneas. La extracción de minerales depende de productos químicos que pueden ser peligrosos si no se los gestiona adecuadamente.

El agua impulsa turbinas e ilumina ciudades, pero también alimenta mitos y creencias, ya que se la considera casi omnipotente: capaz de crear, destruir, purificar y redimir.

EL COMBUSTIBLE DE LA ENERGÍA Y LOS MITOS

El agua en las tradiciones religiosas



Según el Popol Vuh, el libro sagrado de los **mayas**, los seres humanos fueron creados a partir de mazorcas de maíz. ¿Y el mundo? A partir del agua. Durante mucho tiempo, el agua fue el único elemento bajo el cielo, hasta que los dioses la utilizaron para crear todo lo demás. No es de extrañar, pues, que el agua tuviera un significado tan profundo en el sistema de creencias maya. Los cenotes, cuevas llenas de agua, eran veneradas como portales sagrados al inframundo, mientras que al dios de la lluvia, Chaac, se le confiaba la fertilidad y la promesa de cosechas abundantes -sobre todo, la cosecha de maíz-.

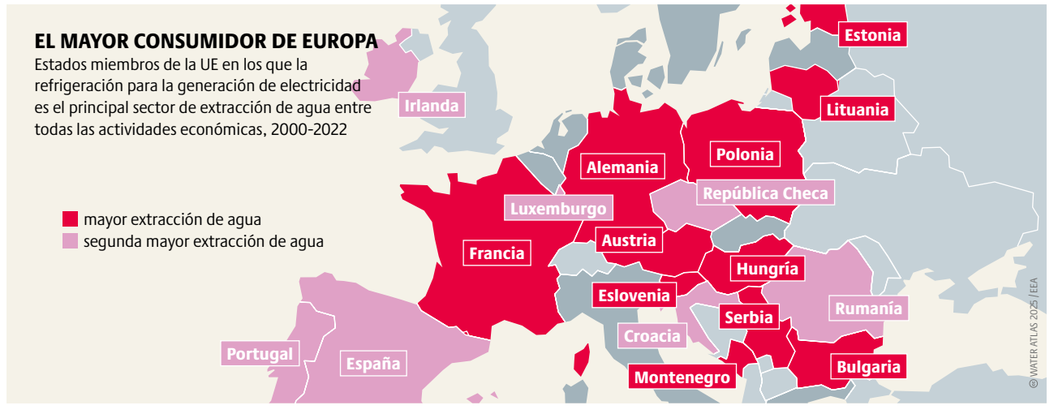


Como castigo por la maldad y la codicia de la humanidad, Dios envió lluvia durante cuarenta días y cuarenta noches. **El Gran Diluvio** bíblico acabó con toda la vida en la Tierra; solo Noé, su familia y una pareja de cada especie de animal sobrevivieron a bordo de su arca. Mientras que el diluvio simboliza la ira de Dios, el agua del bautismo encarna el perdón.

Según la tradición **hindú**, la santa Ganga brotó de un solo mechón de pelo de Shiva, fluyendo desde los cielos hasta la tierra. El cuerpo de Ganga se convirtió en el río Ganges. Hasta el día de hoy, los fieles esparcen las cenizas de los muertos en el río. Muchos también se sumergen en sus aguas, buscando expiar sus pecados. Sin embargo, hasta el 80% del Ganges está compuesto ahora por aguas residuales, convirtiendo lo que una vez fue agua sagrada en un compuesto tóxico.



© WATER ATLAS 2025 / HOERIG, WITZEL



Entre 2000 y 2022, la refrigeración de las centrales eléctricas de la UE consumió el 36% del total de la extracción de agua, en porcentajes que varían según el país.

A menudo, se presenta al llamado "hidrógeno verde", esto es, el hidrógeno producido mediante la electrólisis del agua utilizando electricidad renovable, como sustituto de los combustibles fósiles. Sin embargo, la producción de un kilogramo de hidrógeno consume entre 9 y 13 kilogramos de agua, aunque el consumo real puede ser mayor, dependiendo de la tecnología de electrólisis empleada y de la cantidad de agua utilizada para el enfriamiento. Para satisfacer la demanda, se están expandiendo las plantas desalinizadoras: estas eliminan la sal del agua salada por medio de filtración o calentamiento. La mayoría se encuentran en Asia occidental. No obstante, la desalinización es un proceso costoso, que consume mucha energía y provoca grandes impactos ambientales. En muchos países, solo las regiones o los grupos sociales más ricos pueden permitirse el acceso a agua desalinizada debido a su elevado costo, mientras que las zonas más pobres, que suelen carecer de la infraestructura o la financiación necesarias, no pueden hacerlo, aun cuando sus necesidades de agua son las mismas o incluso mayores. Además, la desalinización genera enormes cantidades de residuos de salmuera —141.5 millones de metros cúbicos diarios—, de los cuales 70% son producidos en Asia occidental.

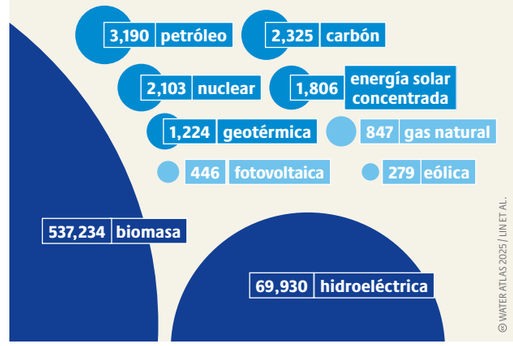
Otra tecnología controversial que consume gran cantidad de agua es la captura y almacenamiento de carbono (CCS, por sus siglas en inglés). Esta consiste en capturar las emisiones de gases de efecto invernadero de las centrales eléctricas que usan combustibles fósiles y almacenarlas bajo tierra, lo cual requiere mucha agua. El desarrollo a gran escala de estas tecnologías podría casi duplicar la huella hídrica de la humanidad.

Para garantizar un futuro justo, seguro y sostenible ante la crisis climática y la escasez de agua, resulta crucial reducir la demanda energética de manera coordinada. Es fundamental implementar una estrategia que integre tecnologías energéticas eficientes en el uso del agua, de manera de que se reduzca la presión sobre los recursos hídricos vitales y, a la vez, se proporcione un acceso equitativo a la energía. ●

Los combustibles fósiles dañan el clima y consumen mucha agua. Las energías renovables, como la solar y la eólica, reducen las emisiones de CO_2 y utilizan menos agua.

CAMBIO DE TENDENCIA

Consumo mundial de agua azul procedente de fuentes superficiales y subterráneas, por tipo de generación de energía, litros por megavatio-hora



DIGITALIZACIÓN

DATOS VORACES

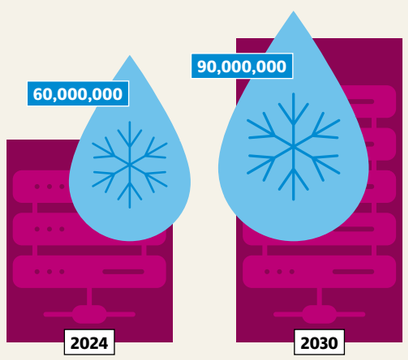
Sin duda, la digitalización hace posibles nuevas formas de movilidad, de vida y de trabajo. Sin embargo, el creciente consumo de energía y la demanda de agua de la inteligencia artificial y otros servicios informáticos plantean retos ecológicos y sociales.

El procesamiento de datos requiere infraestructura física: equipos como computadoras portátiles y teléfonos móviles, adaptadores y cargadores, sensores, redes de transmisión y, sobre todo, centros de datos. Estos centros almacenan, gestionan y distribuyen la mayor parte de los datos del mundo. Aunque la población es cada vez más consciente de la huella de carbono como indicador del impacto climático inherente a la digitalización, en general no se ha considerado la huella hídrica digital, aun cuando los centros de datos requieren enormes cantidades de agua para funcionar.

La huella hídrica se compone de tres elementos principales. En primer lugar, el agua necesaria para fabricar los propios equipos; en segundo lugar, el agua utilizada para generar la electricidad que permite el funcionamiento continuo de la infraestructura digital; y, en tercer lugar, el agua requerida para refrigerar eficazmente los centros de datos y mantener el hardware a una temperatura de funcionamiento óptima. Las investigaciones muestran que un centro de datos promedio en Estados Unidos necesita más de un millón de litros de agua diarios, lo mismo que tres hospitales de tamaño medio juntos.

REFRIGERACIÓN DE LA NUBE

Demanda actual y futura de agua para la refrigeración de centros de datos en Europa, en litros



© WATER ATLAS 2025 / CATER, GROS

Los estudios muestran que la refrigeración por agua representa alrededor de 20% del mercado europeo. En 2030, su consumo de agua podría equipararse al de una gran ciudad como Múnich.

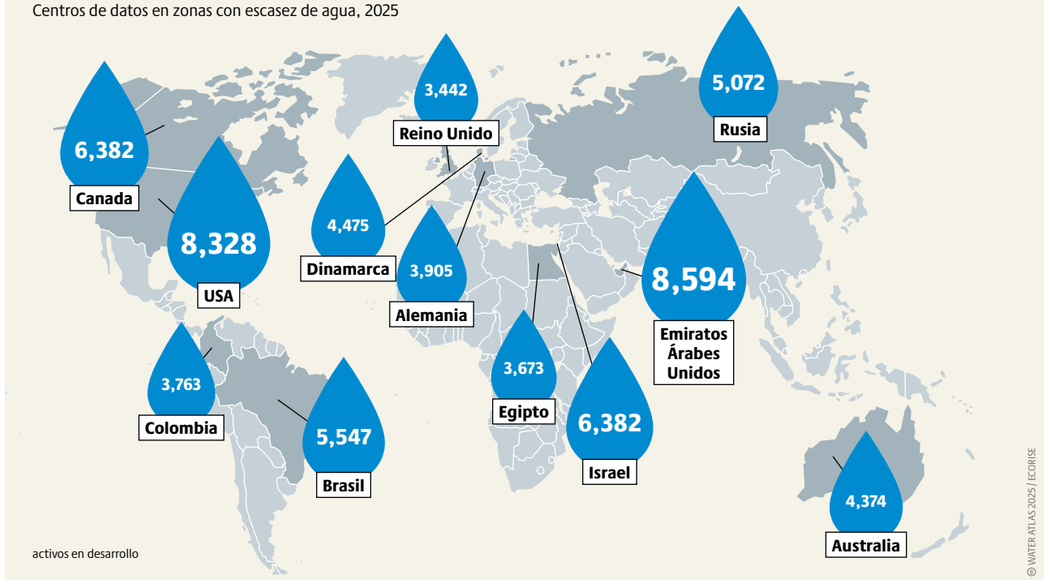
Los centros de datos deben mantenerse refrigerados para prolongar la vida útil del hardware. Un estudio realizado por la autoridad chilena encargada del agua reveló que un centro de datos necesita hasta 169 litros de agua por segundo solo para llevar a cabo los procesos de enfriamiento.

En los últimos tiempos se han extendido ampliamente los sistemas de inteligencia artificial (IA), como el chatbot ChatGPT. Se trata de sistemas algorítmicos que toman decisiones a través del aprendizaje automático y no mediante la programación tradicional. Para ello se entrenan con enormes conjuntos de datos. Como necesitan una gran capacidad de cálculo, son responsables del aumento del consumo de agua en los centros de datos. Mientras 20 búsquedas en Google consumen 10 mililitros de agua, ChatGPT consume medio litro para responder entre 20 y 50 preguntas. Durante el entrenamiento del modelo GPT-3 de ChatGPT, por ejemplo, se evaporaron 700 000 litros de agua dulce en los centros de investigación de Microsoft en Estados Unidos. Asimismo, el incremento del consumo de agua para la inteligencia artificial se ve reflejado en el hecho de que las empresas tecnológicas extraen cada vez más agua de la red de agua potable: en 2022, Google utilizó un 20% más de agua que el año anterior y Microsoft, un 34% más, estimándose que, en 2027, la inteligencia artificial de todo el mundo consumirá hasta seis veces más agua que Dinamarca. Del mismo modo, las criptomonedas tienen una huella hídrica enorme: el agua consumida por una sola transacción de bitcoins alcanzaría para llenar una alberca.

Muchas regiones ya han sido escenario de protestas contra la construcción de centros de datos, sobre todo en zonas ya gravemente afectadas por la escasez de agua. Uruguay es un ejemplo. Las escasas precipitaciones y el calor extremo de 2023 hicieron que se secaran los embalses más importantes del país. Esto obligó a las autoridades a extraer agua del estuario del Río de la Plata, donde se mezclan el agua de mar con el agua dulce, lo que dio al agua de la llave un sabor salado. Las protestas se dirigieron contra la prevista instalación de un centro de datos de Google, ante el temor de que empeorara la escasez de agua. Los manifestantes acusaron al gobierno de priorizar el suministro de agua a las multinacionales a expensas de la población local. Este conflicto muestra que las consecuencias ecológicas de la IA

LOS SERVIDORES CONSUMEN, LAS REGIONES SE SECAN

Centros de datos en zonas con escasez de agua, 2025



© WATER ATLAS 2025 / ECORISE

están estrechamente vinculadas a cuestiones de justicia distributiva. Mientras tanto, las autoridades aprobaron la instalación del centro de datos, aunque con solo un tercio de la capacidad prevista inicialmente y un sistema de refrigeración por aire que consume relativamente poca agua.

Si bien las empresas del Norte global son las que se benefician especialmente de tecnologías como la inteligencia artificial, los costos ecológicos y sociales recaen principalmente en el Sur global. El debate público y científico en torno a cómo cambiar esta situación se encuentra aún en una fase incipiente. En 2024, la Unión Europea aprobó la denominada Ley de IA. Se trata de la primera ley del mundo que regula la inteligencia artificial y obliga a documentar el consumo de energía y los recursos informáticos necesarios para entrenar los modelos de inteligencia artificial. Sin embargo, no exige una documentación similar del consumo de agua, ya que solo regula los productos de inteligencia artificial y no la infraestructura técnica necesaria para su funcionamiento. La Directiva de Eficiencia Energética de la Unión Europea sí establece requisitos de información sobre el uso del agua por los centros de datos, lo que mejora la transparencia al menos en el caso de aquellos localizados en Europa.

Una economía circular puede reducir el consumo de agua mediante el reciclaje, la reutilización y la gestión eficiente de los recursos, tanto en la producción como en el consumo.

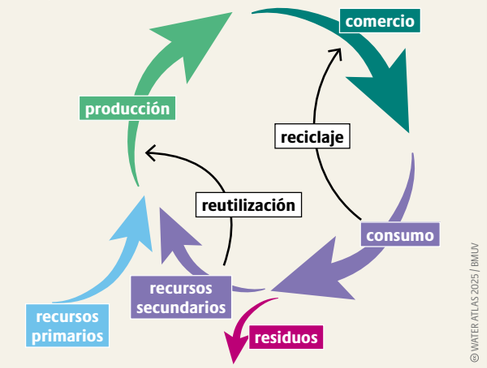
Los centros de datos consumen enormes cantidades de agua y agravan la escasez. Se prevé que los centros de datos de Google en zonas con escasez de agua aumentarán en un 90%.

Abordar el problema a escala mundial requerirá inversiones mucho mayores en medidas para reducir las necesidades de agua, como sistemas de refrigeración alternativos o la búsqueda de formas de utilizar el agua de lluvia o el agua de mar.

Solo mediante la cooperación global, una normativa más estricta y un cambio hacia infraestructuras digitales sostenibles será posible abordar la carga medioambiental de la digitalización y la IA de manera equitativa y garantizar la resiliencia a largo plazo .

AVANZAR DANDO VUELTAS

Principios rectores de la economía circular



© WATER ATLAS 2025 / BMUV

LA CARGA DEL PASADO

En muchos países, las empresas del carbón, además de ser las principales emisoras de dióxido de carbono, son también las mayores consumidoras de agua. Al importar de combustibles fósiles, los países más ricos contribuyen a la escasez de agua en los países productores.

Los combustibles fósiles provocan un daño inmenso al clima. La extracción y quema de carbón son responsables de más del 30% del calentamiento global. Asimismo, la minería del carbón ocasiona un gran impacto en el balance hídrico regional. Para dejar al descubierto las capas rocosas más profundas, donde se encuentra el carbón, es necesario bombear grandes cantidades de agua subterránea. Del mismo modo, las centrales eléctricas de carbón emplean grandes volúmenes de agua para refrigeración. Una central eléctrica de 500 megavatios con un sistema de refrigeración continuo requiere un caudal que equivale al llenado de una piscina olímpica cada tres minutos.

Las consecuencias que deja la minería tendrán que ser abordadas a lo largo de muchas generaciones. Será necesario reservar recursos financieros suficientes para hacerlo. En algunos países, como Alemania, las empresas mineras están obligadas a destinar fondos para actividades de mitigación y seguimiento, conforme lo establecido en el llamado principio "quien contamina paga"; sin embargo, no todos los costos posteriores se reflejan en el precio. En particular, apenas se han analizado o cuantificado las cargas y los costos de las repercusiones a largo plazo, como la contaminación de las aguas superficiales y los daños causados por el aumento del nivel de las aguas subterráneas. No existen garantías de que los fondos reservados para el seguimiento de las minas tras su cierre sigan estando disponibles si, por ejemplo, la empresa minera quiebra. Además, en muchos países, el principio ni siquiera se aplica.

Australia, Estados Unidos, Sudáfrica y Colombia continúan exportando carbón a numerosos países para la generación de energía. Entre 2012 y 2022, en Colombia se extrajeron cerca de 84 millones de toneladas de carbón al año. En el norte del país se desviaron numerosos ríos y se construyeron presas para posibilitar la extracción de carbón. En regiones mineras, como el semidesierto de La Guajira, la escasez de agua es uno de los principales factores que contribuyen a la elevada mortalidad infantil. Los países económicamente más fuertes importan grandes cantidades de carbón desde Colombia. Alemania, por ejemplo, importa unos cinco millones de toneladas al año, por lo tanto es responsable del consumo de al menos 5.5 millones de metros cúbicos de agua en Colombia.

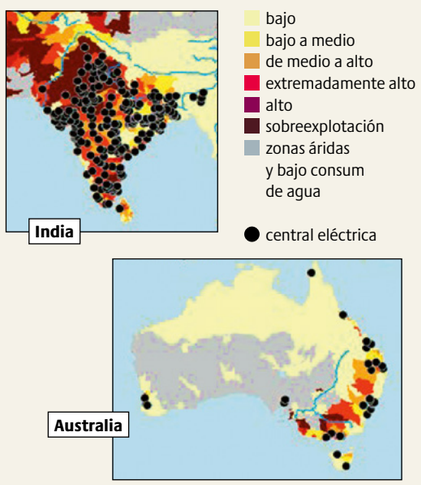
El carbón no es el único combustible fósil que agota los recursos hídricos mundiales. A finales de 2024, dos petroleros dañados en el estrecho de Kerch, ubicado entre el mar Negro y el mar de Azov, atrajeron la atención. Los buques transportaban alrededor de 9 000 toneladas de combustóleo pesado. El consecuente vertido provocó la muerte de delfines y la contaminación de más de 40 kilómetros de costa, siendo difícil estimar el número de aves cuyo plumaje quedó impregnado por la marea negra, de focas cuyo pelaje resultó dañado o de peces cuyas branquias se obstruyeron. Este tipo de desastres ocasiona que el petróleo ingrese a la cadena alimentaria marina y perjudique el ecosistema a largo plazo.

Los accidentes y la laxitud normativa no son las únicas razones que hacen que el petróleo provoque escasez de agua y contaminación. Esto se observa claramente en la producción de crudo sintético en Canadá: se necesitan entre 2 y 4.5 unidades de agua para producir una unidad de petróleo. La industria tiene permiso para extraer alrededor de 349 millones de metros cúbicos de agua al año del río Athabasca, aproximadamente el mismo volumen con el que se abastecería a una ciudad de dos millones de personas. A ello se suma el problema de las aguas residuales contaminadas vertidas por las refinerías de petróleo. Los estudios demuestran que estas aguas residuales perjudican tanto la calidad del agua como la biodiversidad.

Las empresas energéticas promocionan el gas natural como una alternativa más limpia al carbón y al petróleo. Sin embargo, las cifras cuentan una historia diferente. Como combustible, el gas es responsable de una quinta parte de las emisiones mundiales de dióxido de carbono. El fracking, la técnica empleada para extraer gas y petróleo fósiles, consiste en la inyección, a muy alta presión, de una mezcla de agua, arena y productos químicos en capas rocosas profundas. Este procedimiento crea fisuras finas y libera los combustibles fósiles atrapados. La perforación, el almacenamiento de los productos químicos utilizados en el fracking, la liberación de metano, el reflujo químico y la filtración de los depósitos de agua de retorno pueden contaminar los acuíferos. El proceso en sí también requiere grandes cantidades de agua. Según el Ministerio de Medio Ambiente alemán, un pozo con seis columnas de perforación requiere alrededor de 170 000 metros cúbicos de agua, necesarios para explotar plenamente un yacimiento de gas.

Para proteger el clima y los recursos hídricos del planeta se requiere la eliminación gradual, integral y equitativa del carbón, el petróleo y el gas. Esto exige una expansión rápida y de gran alcance de las energías renovables, además de la reducción del consumo energético. Las políticas deben impedir que las empresas de combustibles fósiles eludan los costos derivados de sus actividades y su responsabilidad ante los impactos generados por la extracción de combustibles. ●

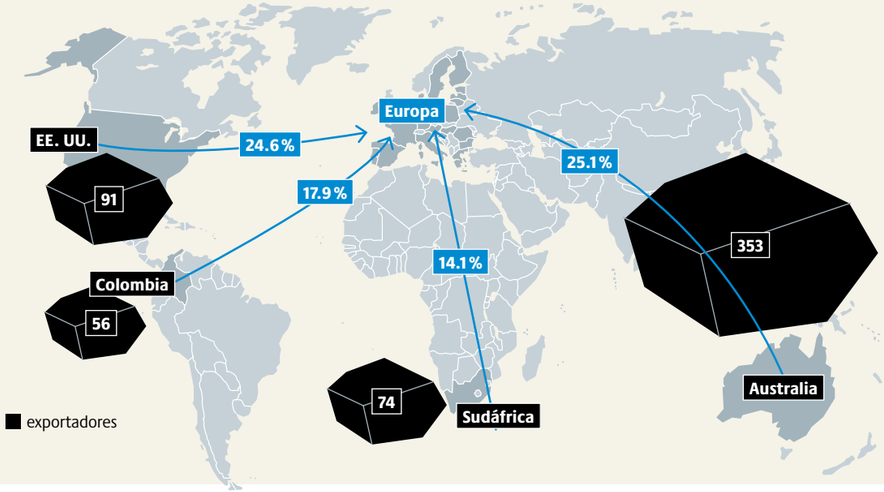
COMBUSTIÓN EN TERRENOS SEDIENTOS
Estrés hídrico de referencia y centrales térmicas de carbón en la India y Australia



© WATER ATLAS 2025 / GREENPEACE

Las regiones en las que existen centrales eléctricas de carbón corren el riesgo de experimentar estrés hídrico, al destinar grandes volúmenes de agua a la refrigeración, en detrimento de su disponibilidad para las personas y los ecosistemas.

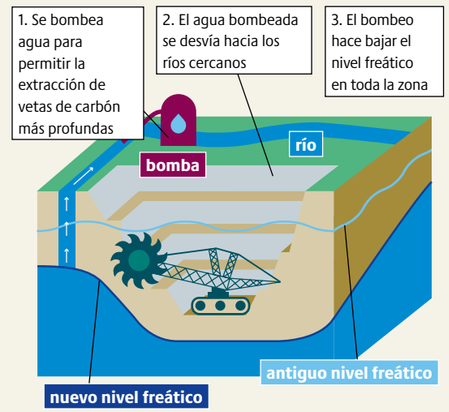
DE LO MÁS PROFUNDO, PARA EL ANCHO MUNDO
Exportaciones de carbón duro, países seleccionados, en millones de toneladas, e importaciones netas a la Unión Europea, en porcentaje por exportador seleccionado, 2023



© WATER ATLAS 2025 / EUROSTAT, VDKI

Más del 80% de las importaciones de carbón de la UE procede de solo cuatro países, en los que la minería ocasiona graves daños ambientales.

EN LAS PROFUNDIDADES
Efectos de la minería de carbón a cielo abierto en las aguas subterráneas



La minería del carbón reduce los niveles de las aguas subterráneas, lo que provoca el agotamiento de los pozos, daña los ecosistemas y disminuye el agua disponible para la agricultura y el uso local.

EL GRAN ROBO DE AGUA

En Chile y otros lugares, las empresas mineras multinacionales destruyen glaciares y desplazan a los pueblos indígenas. Con el aumento de la demanda de minerales crece la amenaza de conflictos ocasionados por la sed voraz de la minería y su enorme impacto en la calidad del agua. La economía circular constituye una forma de frenar la prisa por excavar el suelo.

Metales como el cobre, el aluminio, el litio, las tierras raras y el oro son parte importante de nuestra vida cotidiana. Están presentes en proyectos de infraestructura, en el sector energético, el transporte y la construcción de viviendas. También en nuestros bolsillos: según el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales de Alemania, un teléfono móvil promedio puede contener hasta 66 metales diferentes. Los metales preciosos y especializados son particularmente vitales para su funcionamiento.

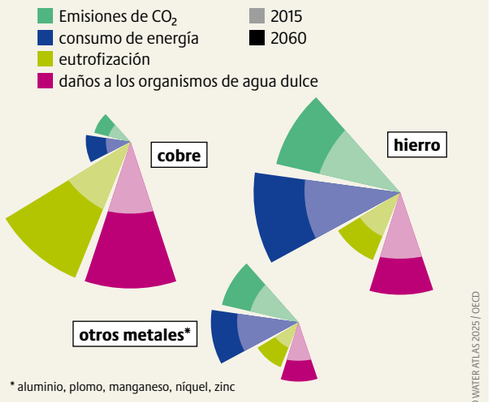
La demanda de metales se incrementa constantemente desde hace años y se prevé que la demanda mundial de tierras raras se duplique con creces para 2040, mientras que la de litio se multiplicará por 13. Todo ello repercute en la disponibilidad y la calidad del agua. La producción de un kilogramo de cobre destinado a líneas eléctricas o calderas consume alrededor de 97 litros de agua. Esto significa que la cantidad de agua utilizada para producir una tonelada de cobre equivale a las necesidades de agua potable de una persona en Alemania durante 177 años. Para obtener un kilogramo del litio necesario para fabricar baterías de autos eléctricos se necesitan entre 400 y 2 000 litros de agua.

China y Estados Unidos son los mayores consumidores de minerales y metales; en Europa, Alemania ocupa ese lugar. Los sectores de la construcción y la industria automotriz muestran una demanda especialmente elevada, pues requieren grandes cantidades de cobre y aluminio. Más de 90% de las materias primas consumidas en Alemania son importadas y Chile es un proveedor clave. Ese país es la fuente de casi un tercio del litio y de casi una cuarta parte del cobre circulantes en el mercado mundial.

Esto genera repercusiones: las minas llevan años invadiendo zonas glaciares. Los glaciares constituyen reservas de agua dulce; su acumulación a largo plazo y el deshielo estacional proporcionan un nivel básico de seguridad hídrica. Alrededor de 70% de la población chilena se abastece de agua procedente de las montañas del país, ricas en glaciares. La crisis climática ya está pasando factura a los glaciares y la minería los daña aún más, destruyéndolos con explosivos, vertiendo roca estéril sobre ellos o cubriéndolos de polvo, con lo que acelera su deshielo. Además, la minería contamina las fuentes de agua locales, lo que ha llevado a que algunos pueblos andinos dependan de suministros de agua externos. En el Salar de Atacama, una de las regiones mineras más importantes de Chile, la extracción de cobre y litio ha agotado más del 65% de las reservas de agua disponibles, afectando desproporcionadamente a las comunidades locales, ya que los recursos hídricos de Chile son de propiedad privada y la ley prioriza el uso industrial. Lo mismo sucede en muchos otros países: las multinacionales dominan la extracción de materias primas y sus ganancias no benefician a las comunidades de las zonas mineras, donde suelen registrarse tasas de pobreza particularmente elevadas.

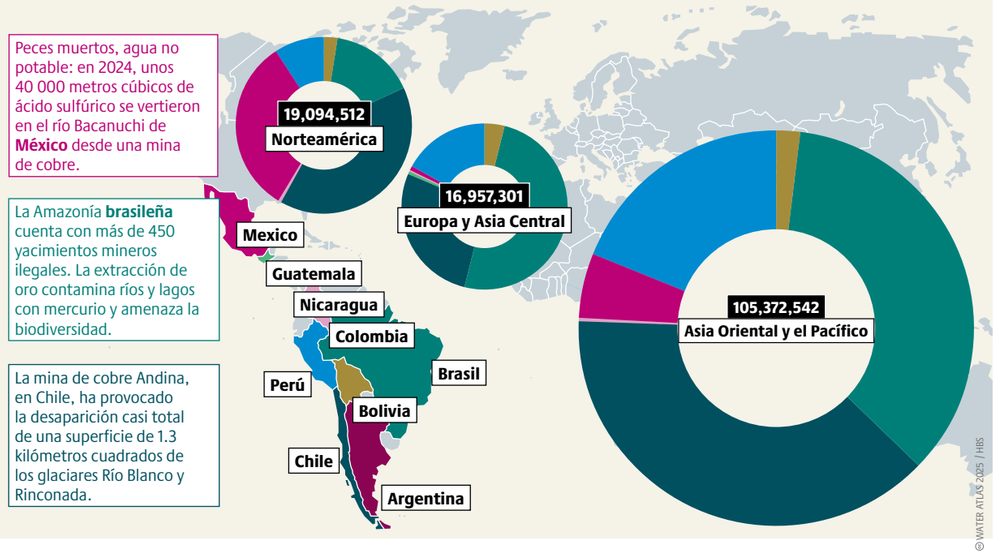
El Atlas Global de Justicia Ambiental documenta que, en la actualidad, existen casi 900 conflictos relacionados con la minería en todo el mundo, de los cuales cerca del 85% tienen que ver con el uso y la contaminación de aguas superficiales o subterráneas. Aunado a ello, son frecuentes los desplazamientos forzados y, en muchos casos, activistas ambientales y miembros de pueblos indígenas han perdido la vida. En algunos países, como la República Democrática del Congo, la extracción de cobalto y coltán se sustenta en el trabajo forzoso.

A MAYOR DEMANDA, MÁS DAÑOS
Efectos medioambientales de los metales



La demanda de materias primas podría duplicarse para 2060, acelerando la eutrofización y privando a la vida acuática de oxígeno y recursos vitales.

NO TODO LO QUE BRILLA ES ORO
Importaciones de metales y minerales de América Latina, 2021, en miles de dólares estadounidenses, y casos seleccionados de daños causados por la minería



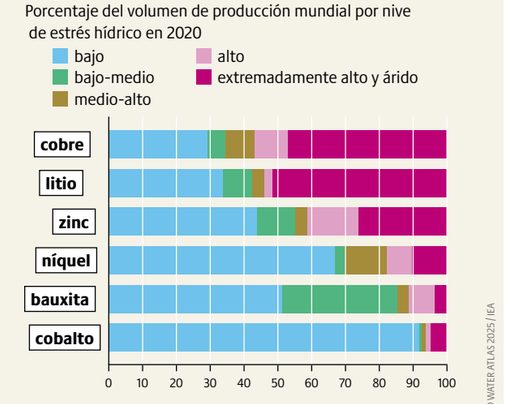
La Ley de Materias Primas Críticas de la Unión Europea de 2024 tiene como objetivo impulsar el sector minero europeo, lo que hará más evidentes los problemas asociados a la minería dentro de la UE. Indudablemente, la única forma de mitigar el daño causado por la minería radica en la implementación de una regulación política sólida y en la aplicación efectiva de la ley. En términos generales, la minería debería prohibirse en zonas con manantiales y en zonas muy áridas con ecosistemas frágiles y glaciares.

En cuanto al abastecimiento de agua, es necesario asignar la máxima prioridad a la población. Las empresas deben prevenir los abusos contra los derechos humanos y los riesgos ambientales a lo largo de sus cadenas de suministro, en tanto que las personas afectadas deben tener acceso a medidas de reparación. A largo plazo, sin embargo, el medio ambiente solo podrá protegerse de la minería si las políticas reducen al máximo la demanda de materias primas. La perspectiva de una economía circular ofrece algunas pautas para hacerlo posible. El Reglamento de diseño ecológico de la Unión Europea busca minimizar los efectos de los productos sobre el medio ambiente mediante un diseño sostenible. Dado que a menudo los minerales y los metales se utilizan para fabricar paneles solares, turbinas eólicas y autos eléctricos, la ampliación de este reglamento para que abarque a las energías renovables sería un paso modesto pero útil. La transformación de los sectores del transporte y la construcción es esencial para que disminuyan su dependencia de las materias primas y proteger los recursos hídricos. En la práctica, esto implica un futuro con menos autos, más carriles para bicicleta y un transporte público de mayor calidad. ●

La minería ejerce presión sobre los escasos recursos hídricos, desencadenando conflictos violentos entre las comunidades locales, las empresas mineras y las autoridades.

Con más del 50% de su producción en zonas que experimentan estrés hídrico y están expuestas al calor extremo y las inundaciones, la minería del cobre y el litio enfrenta riesgos climáticos crecientes.

SEQUÍA Y EXCAVACIÓN
Porcentaje del volumen de producción mundial por nive de estrés hídrico en 2020



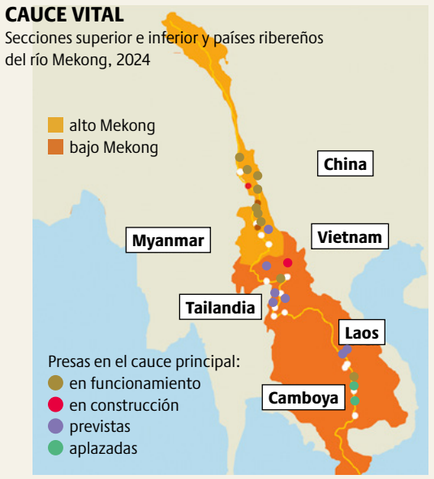
LAS VENAS DE UN CONTINENTE

El Mekong, uno de los ríos con mayor biodiversidad del mundo, da vida a vastos ecosistemas. A su paso por seis países une culturas, medios de vida y paisajes. No obstante, a medida que se multiplican las presas, se intensifica su contaminación y se ralentizan sus corrientes, se rompe su ritmo natural.

A lo largo de su recorrido de casi 5 000 kilómetros, el río Mekong –conocido como la Madre de las Aguas– nutre los ecosistemas ribereños: desde su cabecera en la meseta tibetana, pasando por China, donde se llama Lancang, hasta su cuenca baja. A su paso por Myanmar, Laos y Tailandia, el río se abre camino entre afloramientos rocosos, rápidos, bancos de sedimentos y humedales. Serpentea y se ensancha en llanuras aluviales en Camboya, antes de convertirse en el Sông Cuu Long al desembocar en el mar de China Meridional, en Vietnam.

Los ritmos estacionales dan forma a los ecosistemas del río. Durante la temporada de crecidas –responsable de entre 70 y 80 % del caudal anual total–, el río se desborda, invierte su curso y amplía sus afluentes, incluyendo al lago de agua dulce interior más grande del Sudeste Asiático: el Tonle Sap, en Camboya. El fenómeno se conoce de manera singular como pulso de inundación: un latido estacional que sostiene la ecología del río.

CAUCE VITAL
Secciones superior e inferior y países ribereños del río Mekong, 2024



© WATER ATLAS 2025 / EYLER, WWF

Los humedales se adaptan a los ritmos del río. Son vitales para la pesca, cubren más de 18 millones de hectáreas de la cuenca baja del Mekong. Las raíces de las plantas ribereñas se anclan contra las corrientes turbulentas, ofreciendo refugio a los peces migratorios, que llegan allí para reproducirse, desovar y proteger a sus crías. De las más de 1000 especies de peces identificadas –cifra que sigue aumentando–, al menos 200 no se encuentran en ningún otro lugar de la Tierra. La abundancia del río se entrelaza con los medios de vida, las creencias y las historias. El magnífico bagre gigante del Mekong, una de las especies de peces de agua dulce más grandes del mundo, figura en situación de "peligro crítico" en la Lista Roja de la UICN, pero sigue ocupando un lugar destacado en leyendas y recuerdos.

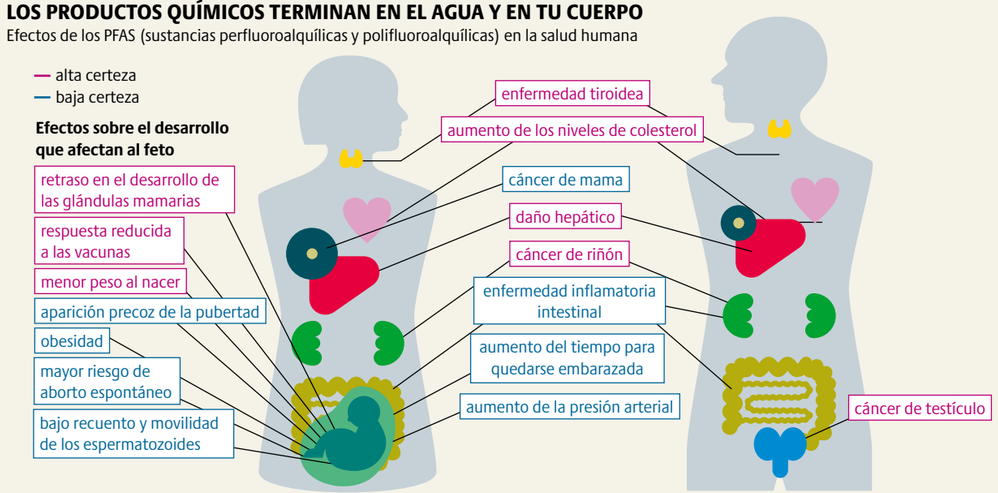
A medida que se acerca la estación seca, los peces buscan refugio en las pozas profundas del cauce principal o en los humedales de los afluentes. En el centro del cauce aparecen bancos y rápidos, mientras brotan las hojas jóvenes de las plantas, maduran los frutos y llegan las aves migratorias que buscan alimento y un sitio para reproducirse. Las aguas de las crecidas reponen el suelo con sedimentos y nutrientes. Los agricultores ribereños preparan sus tierras y siembran semillas a lo largo del borde de agua en retroceso. En el norte de Tailandia, las algas verdes de agua dulce, conocidas como kai, crecen sobre las piedras lisas del río cuando el agua se aclara. Aunque el Mekong ha marcado la frontera entre Tailandia y Laos desde la época del dominio colonial francés, a principios del siglo XX, las mujeres siguen cruzando la frontera para recolectar kai con fines de consumo y como fuente de ingresos.

Durante milenios, el Mekong ha sustentado a comunidades y civilizaciones ribereñas. Hoy, más de 65 millones de personas viven en la cuenca del bajo Mekong. Las ciudades ribereñas, incluidas las capitales de Laos y Camboya, dependen del Mekong para el transporte, el comercio, el turismo y la agricultura. La pesca continental del Mekong se encuentra entre las más productivas del mundo y aporta casi el 80 % de las proteínas animales de la región.

El Mekong constituye la columna vertebral del crecimiento económico regional. Su lecho se draga en busca de arena, ingrediente clave para la construcción con hormigón. La velocidad de sus fuertes corrientes atrae proyectos de presas hidroeléctricas, que transforman el caudal en electricidad y ganancias en todo el Sudeste

El río Mekong atraviesa seis países, sustenta a más de 60 millones de personas y alberga uno de los ecosistemas de agua dulce más diversos del mundo.

LOS PRODUCTOS QUÍMICOS TERMINAN EN EL AGUA Y EN TU CUERPO
Efectos de los PFAS (sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquílicas) en la salud humana



© WATER ATLAS 2025 / EEA

Asiático continental. Pero, mientras la creciente demanda de electricidad impulsa el desarrollo económico, el Mekong transporta toneladas de residuos, microplásticos y efluentes hacia el océano. Por ejemplo, en el río Chi, afluente del Mekong en Tailandia, los científicos descubrieron que 73 % de los 100 peces muestreados, pertenecientes a ocho especies de barbos y bagres, contenían microplásticos en sus estómagos. En marzo de 2025, el río Mekong atravesó una situación crítica: el río Kok, uno de sus afluentes, mostró contaminación con arsénico por encima del umbral de seguridad establecido por la OMS, ocasionada por operaciones mineras no reguladas de tierras raras en el estado de Shan, en Myanmar. Los pescadores observaron anomalías visibles en los peces capturados en los ríos Kok y Mekong.

Por otra parte, las oscilaciones diarias del nivel del agua, provocadas por presas en cascada situadas en China, a mil kilómetros de distancia, se perciben río abajo. Las descargas repentinas durante la estación seca inundan los cultivos, desorientan a los peces y las plantas, al tiempo que dañan las embarcaciones pesqueras y perjudican el turismo local. Las presas bloquean la migración de peces, obligando a los pescadores a adoptar otras estrategias de subsistencia. Los sedimentos y la materia orgánica son nutrientes esenciales para suelos, plantas, peces y personas, pero se quedan atrapados y contaminados. En casos extremos, el Mekong, de color marrón rojizo, se vuelve azul, despojado de sedimentos y nutrientes.

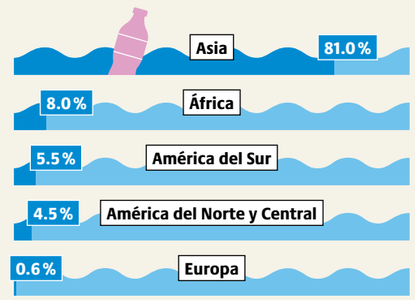
En 2022, el tribunal administrativo de Tailandia desestimó una demanda presentada por 37 representantes comunitarios que se oponían a la presa de Xayaburi en

Cada año, los ríos transportan entre 1.15 y 2.41 millones de toneladas de residuos plásticos desde las zonas continentales hacia los océanos, lo que los convierte en vías de contaminación claves.

Sustancias químicas como los PFAS contaminan las fuentes de agua a largo plazo: se descomponen lentamente, se acumulan en la naturaleza y amenazan el agua potable y la salud humana.

Laos, construida y financiada por promotores tailandeses. Los pescadores locales, las mujeres y los líderes comunitarios alegan impactos transfronterizos en los ecosistemas y los medios de vida, por lo que exigen tener el mismo peso que los expertos en la toma de decisiones. Después de que en marzo de 2025 aparecieran peces con ampollas inusuales y manchas rojas en el río Kok, las comunidades buscaron la colaboración de académicos y autoridades para hacer frente a los impactos transfronterizos de la minería de tierras raras. Mediante iniciativas de base –que incluyen zonas de conservación, monitoreo de sedimentos, participación juvenil e incidencia regional– defienden el derecho del Mekong a fluir libremente y los derechos de la naturaleza. ●

VIVIR ENTRE PLÁSTICOS NO ES FANTÁSTICO
Porcentaje estimado de plásticos que llegan a los océanos a través de los ríos, por continente



© WATER ATLAS 2025 / MEIJER ET AL.

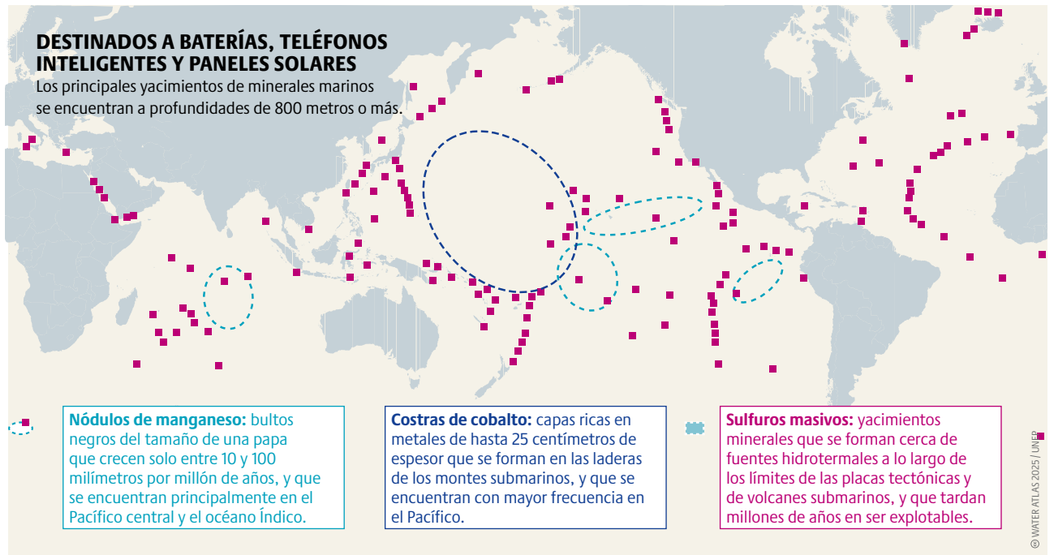
LA NUEVA FRONTERA

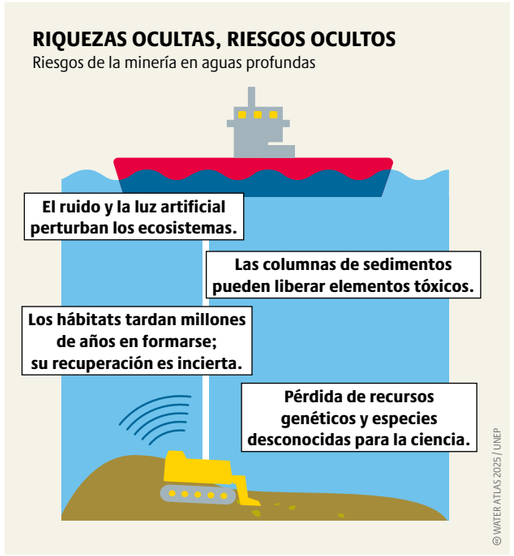
Las actividades industriales y científicas se están adentrando en zonas marinas hasta ahora vírgenes, extrayendo metales del lecho marino y probando intervenciones en la química oceánica con el argumento de mitigar el cambio climático. Intervenciones como la minería en aguas profundas y la geoingeniería marina conllevan riesgos ecológicos cuyas consecuencias a largo plazo siguen siendo inciertas.

Con una extensión que cubre más de 65% de la superficie terrestre, las profundidades oceánicas ya no están fuera del alcance humano. A medida que los intereses industriales y científicos se adentran más en alta mar, van cobrando protagonismo dos desarrollos: la minería en aguas profundas y la geoingeniería marina. Mientras la minería en aguas profundas extrae, o busca extraer, yacimientos minerales del lecho marino, la geoingeniería marina pretende alterar la química oceánica para eliminar de la atmósfera el dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero. Se sustentan en la misma premisa: los sistemas oceánicos pueden ser manipulados para servir a los fines humanos. Sin embargo, esta expansión conlleva riesgos para la vida marina, los ecosistemas y el futuro de nuestro planeta.

La minería en aguas profundas supone la extracción de minerales como cobalto, cobre, oro, manganeso, níquel, plata y elementos de tierras raras. Estos recursos se acumulan en nódulos polimetálicos dispersos por las llanuras abisales, en las cortezas ricas en cobalto de los montes submarinos y en los enormes depósitos de sulfuros cercanos a las fuentes hidrotermales. Actualmente, la atención se centra en la Zona Clarion-Clipperton (CCZ) del océano Pacífico, donde se estima que yacen 21100 millones de toneladas secas de nódulos polimetálicos. Con una extensión de seis millones de kilómetros cuadrados desde México hasta Hawái, la CCZ alberga entre 6000 y 8000 especies, de las cuales aproximadamente 90% aún no han sido descritas por la ciencia. Los ecosistemas de las profundidades marinas pueden tardar décadas en recuperarse del daño causado por la minería, dadas las lentas tasas de crecimiento y los ciclos reproductivos de la vida marina. El dragado del lecho marino crea plumas de sedimentos que pueden asfixiar la vida y alterar los ciclos de nutrientes. Es posible que las perturbaciones acústicas de las operaciones mineras afecten a las especies de las profundidades marinas que dependen de las vibraciones o los cambios de presión. Dado que más de 60% de las variantes de secuencias de ADN de las profundidades marinas aún no han sido descritas, el alcance completo de las consecuencias continúa siendo desconocido.

La minería en aguas profundas promete metales para las tecnologías verdes, pero pone en riesgo ecosistemas frágiles que apenas comprendemos, lo que genera serias preocupaciones ambientales y éticas.





La minería en aguas profundas plantea graves amenazas y podría evitarse. Ampliar el reciclaje podría reducir la demanda de minerales recién extraídos hasta en un 40 % para el año 20

La gobernanza de la minería en aguas profundas recae principalmente en la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISA), establecida en la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar. La ISA ha otorgado 17 contratos de exploración que abarcan aproximadamente un millón de kilómetros cuadrados. Sin embargo, muchos científicos y conservacionistas sostienen que los marcos actuales son obsoletos, insuficientes y se aplican de forma deficiente, sobre todo en materia de protección ambiental. Mientras tanto, la oposición a la minería en aguas profundas está creciendo en todo el mundo. Hasta la fecha, 40 países han pedido una moratoria o una prohibición definitiva. Cuentan con el respaldo de una amplia coalición en más de 70 países.

La geoingeniería marina también carece de un régimen regulatorio internacional integral. Aunque más de 50 países son parte del Protocolo de Londres, que prohíbe la fertilización oceánica, pocos han promulgado una legislación nacional sobre geonigeniería.

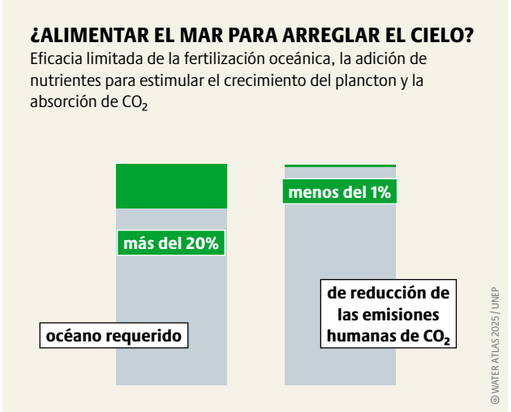
La geoingeniería marina consiste en realizar intervenciones a gran escala sobre los sistemas oceánicos, las cuales han sido planteadas como mecanismos de mitigación de la crisis climática. Dos de los principales métodos empleados son la fertilización oceánica – que implica añadir grandes cantidades de nutrientes como el hierro para estimular el crecimiento del fitoplancton – y el aumento de la alcalinidad oceánica – que busca incrementar la capacidad del océano para absorber dióxido de carbono –.

Estas intervenciones a gran escala podrían desencadenar reacciones en cadena difíciles de predecir o controlar. Es posible que las floraciones de fitoplancton alteren las cadenas alimentarias o propicien el crecimiento de algas nocivas. Asimismo, la alteración de la química oceánica podría afectar a especies adaptadas a condiciones muy estables.

Los científicos advierten que algunos enfoques de geoingeniería podrían acidificar las aguas costeras. En 2012, un experimento de fertilización oceánica no autorizado liberó 100 toneladas de sulfato de hierro frente a la costa oeste de Canadá, lo que dio lugar a una floración que cubrió más de 10000 km². Del mismo modo, es posible que la geoingeniería acelere la eutrofización, es decir, que produzca un exceso de nutrientes en el agua de mar. Las algas y el fitoplancton fertilizado podrían proliferar de forma descontrolada. A medida que mueren, las bacterias descomponen la biomasa del fondo marino, consumiendo oxígeno. Esto crea zonas muertas con niveles de oxígeno demasiado bajos para la mayoría de la vida marina. En 2019 se registraron más de 700 zonas muertas en todo el mundo, frente a unas diez que existían en 1960.

Tanto la minería en aguas profundas como la geoingeniería marina persiguen beneficios económicos mediante la implementación de nuevas tecnologías o la venta de compensaciones de carbono que prolongan la dependencia de los combustibles fósiles. Ambas plantean riesgos profundos e impredecibles para las profundidades oceánicas. Ya sea extrayendo minerales o manipulando la química marina, la humanidad está ejerciendo una presión sin precedentes sobre los ecosistemas oceánicos. Al intentar resolver las crisis en la tierra y la atmósfera, no debemos generar otras nuevas en el océano. La minería en aguas profundas y la geoingeniería marina ponen a prueba nuestra capacidad de previsión y precaución en la última frontera. ●

La fertilización con hierro requeriría que 5 500 buques cisterna vertieran hierro en más de una quinta parte del océano 15 veces al año, y aun así solo compensaría una parte minúscula de las emisiones.



¿QUÉ NOS PROTEGE?

La crisis climática altera el equilibrio del ciclo global del agua. Mientras la lluvia inunda regiones enteras, otras sufren graves sequías. Allí donde el agua se convierte en amenaza o en bien escaso, la base de la vida comienza a tambalearse. Por ello, soluciones como la restauración de humedales y la construcción con resiliencia climática en ciudades esponja, prácticas que retienen, gestionan y salvaguardan el agua y las vidas, se vuelven aún más cruciales.

Las investigaciones científicas demuestran que el calentamiento global aumenta la probabilidad de que se produzcan lluvias torrenciales y su intensidad. El aire más cálido retiene más humedad —aproximadamente 7% más por cada grado Celsius de calentamiento—, ocasionando aguaceros más extremos. Esto provoca inundaciones repentinas que desbordan los sistemas de drenaje, dañan viviendas e infraestructuras y trastocan vidas. Este tipo de fenómenos se ha vuelto más habitual. Por ejemplo, las inundaciones ocurridas en España en 2024 y en Texas en 2025 causaron destrucción generalizada y numerosas víctimas mortales. En julio de 2021, las catastróficas inundaciones sucedidas en Europa Occidental se atribuyeron al cambio climático provocado por el ser humano, que multiplicó por nueve la probabilidad de lluvias tan intensas.

Al mismo tiempo, otras regiones afrontan situaciones diametralmente opuestas. En algunas regiones, como África, en lugares en que el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de precipitación agotan las reservas de agua y socavan la agricultura, las sequías duran más y son cada vez más severas. Además de reducir el rendimiento de los cultivos, los periodos de sequía prolongados amenazan los medios de vida, aumentan el costo de la vida y ejercen presión sobre los sistemas sociales y de salud pública. En Kenia, millones de personas se han visto afectadas por la escasez de agua. En el África subsahariana, el agua potable sigue estando fuera del alcance de la mayoría de la población.

Lo más preocupante de la situación actual es la interacción creciente de fenómenos climáticos. Un paisaje muy afectado por sequías prolongadas suele perder su capacidad de absorber lluvias intensas: cuando por fin llega la lluvia, el agua se escurre rápidamente y provoca inundaciones repentinas y deslizamientos de tierra. Estos fenómenos en cadena, que se agravan mutuamente, pueden desbordar con rapidez sistemas ya frágiles en un círculo vicioso. En 2024, un potente ciclón tropical siguió a las sequías prolongadas en Madagascar; este ocasionó inundaciones generalizadas, dejando un saldo de aproximadamente 220 000 personas con necesidad urgente de ayuda humanitaria, entre ellas cerca de 22 000 desplazadas de sus hogares. La suma de estos eventos provocó la pérdida de cosechas, escasez de alimentos, desplazamientos y un agravamiento de la crisis humanitaria que puso de relieve la vulnerabilidad de Madagascar ante los fenómenos climáticos extremos.

La crisis climática, aunada a sus fenómenos meteorológicos extremos, es también una crisis de desigualdad. Los grupos vulnerables —comunidades de bajos ingresos, mujeres y poblaciones indígenas— enfrentan mayores riesgos como consecuencia de la mala gestión del agua y la falta de acceso a los recursos. Ello conduce a conflictos por la disminución de los suministros. La agricultura, que representa alrededor de 70% del consumo mundial de agua dulce, es sometida a presión a medida que la demanda crece con el aumento de la población. La escasez de agua amenza la seguridad alimentaria y los medios de vida, especialmente en regiones que dependen de prácticas agrícolas sensibles al clima.

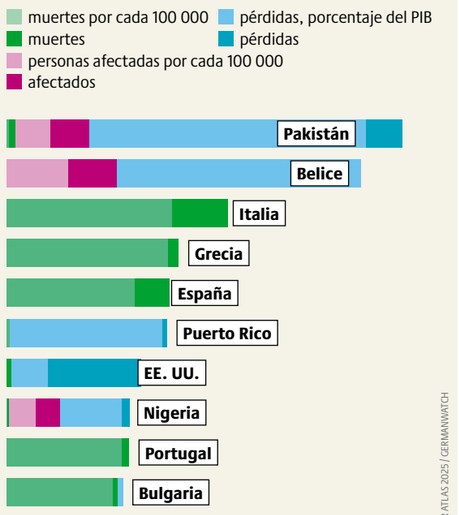
Abordar los retos hídricos relacionados con el clima requiere una acción audaz y coordinada en todos los niveles de la sociedad. Las ciudades y las regiones necesitan soluciones prácticas y con visión de futuro, que protejan a las personas y los ecosistemas de un clima cada vez más extremo. Los sistemas de alerta temprana eficaces son esenciales para proteger a las comunidades de los impactos de las inundaciones; la planificación urbana, las normativas de construcción y la gestión del agua desempeñan un papel crucial en esa protección. El concepto de "ciudad esponja" ofrece un enfoque eficaz: transforma las zonas urbanas en paisajes que absorben el agua de lluvia, filtrándola de forma natural y liberándola lentamente cuando es necesario.

Para que esto funcione, las ciudades deben sustituir el hormigón por superficies permeables que permitan que el agua se filtre en el suelo. Los espacios verdes ayudan a recargar las aguas subterráneas y a reducir el riesgo de inundaciones. Los parques son esenciales, pero también los tejados verdes y los muros vegetales. Según el diseño, los tejados verdes retienen hasta 90% del agua de lluvia. Además, refrescan los edificios de forma natural: en los días calurosos de verano, un tejado con 10 centímetros de vegetación mantiene la temperatura interior hasta ocho grados Celsius por debajo de la de un tejado plano sin vegetación.

Cuanto más espacio verde tiene una ciudad, mejor hace frente a las lluvias torrenciales y al aumento de las temperaturas. Pero la resiliencia no se detiene en los límites urbanos. La restauración de los humedales y la protección de las cuencas hidrográficas genera zonas de amortiguación naturales que absorben las inundaciones y retienen el agua durante las sequías. La planificación climáticamente inteligente debe aunar estos elementos para que las ciudades y los paisajes no solo estén protegidos, sino también preparados. ●

UNA CLASIFICACIÓN TRÁGICA

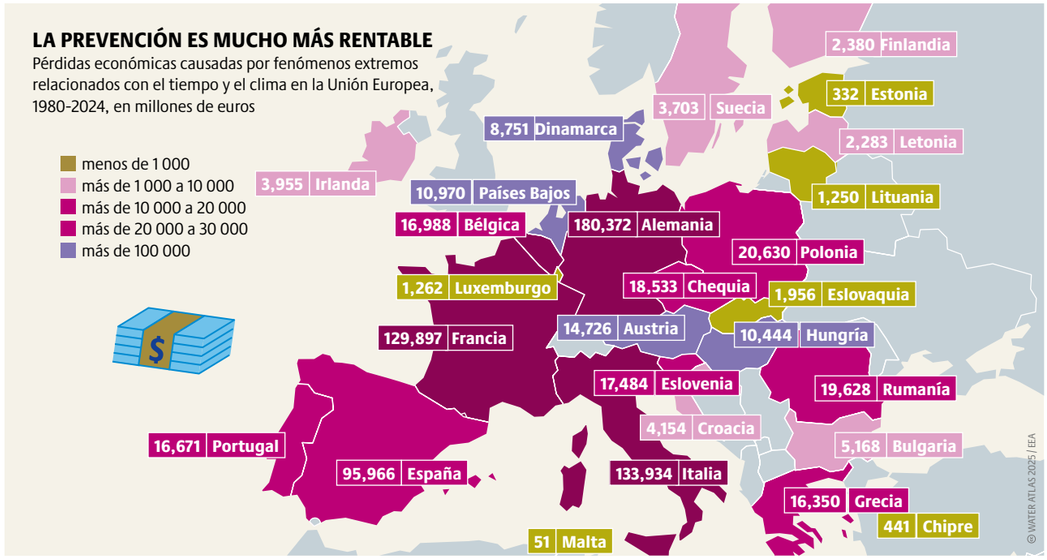
Países más afectados por fenómenos meteorológicos extremos debido a la crisis climática, 2022



El Índice de Riesgo Climático clasifica a los países en una escala que resume los impactos de las tormentas, las inundaciones, las olas de calor y las pérdidas económicas, al tiempo que pone de relieve la vulnerabilidad climática.

LA PREVENCIÓN ES MUCHO MÁS RENTABLE

Pérdidas económicas causadas por fenómenos extremos relacionados con el tiempo y el clima en la Unión Europea, 1980-2024, en millones de euros



Peligros climáticos como el calor, las lluvias torrenciales y la sequía amenazan la salud y los ecosistemas. Tan solo el 5% de los fenómenos causa el 61% de las pérdidas económicas.

CONTANDO LO INVISIBLE

Víctimas mortales por fenómenos meteorológicos y climáticos extremos en la Unión Europea*, 1980-2020



* e Islandia, Liechtenstein, Noruega, Reino Unido

La crisis climática agrava los fenómenos meteorológicos extremos y los riesgos para la vida. Las alteraciones del ciclo del agua provocan inundaciones, sequías y tormentas. La adaptación es vital.

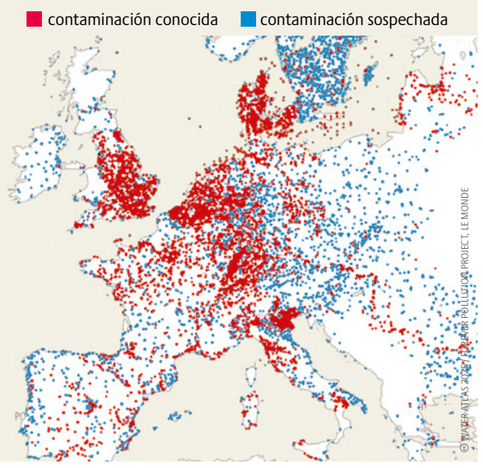
LA NATURALEZA EN EMERGENCIA

La contaminación, los ríos secos y las inundaciones recurrentes ponen de manifiesto la fragilidad de los sistemas hídricos de Europa. Si bien se cuenta con una legislación sólida, los gobiernos tardan en actuar. Lograr la resiliencia hídrica requiere de liderazgo, inversión y una rendición de cuentas real.

Las personas, el medio ambiente y la economía europeos dependen fundamentalmente del agua. Sin embargo, los ríos, lagos y acuíferos de la Unión Europea (UE) enfrentan presiones intensas y crecientes derivadas de la contaminación y la mala gestión. Tomemos como ejemplo las PFAS (sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquílicas), también conocidas como "sustancias eternas", presentes en las aguas europeas de muchas zonas en niveles que superan ampliamente los umbrales de seguridad. Otras presiones incluyen la alteración de los cauces de los ríos, la modificación de los patrones de flujo naturales y la extracción excesiva de agua. Europa se calienta más rápido que cualquier otro continente, y los impactos sobre el agua se sienten con mayor intensidad: inundaciones más frecuentes y sequías más prolongadas. No obstante, la crisis más profunda es la de la inacción: si bien en la UE existen leyes sobre el agua, no se aplican adecuadamente.

POR SIEMPRE

Contaminación en Europa por sustancias químicas industriales del grupo de las PFAS (sustancias perfluoroalquílicas y polifluoroalquílicas), 2023



Aprobada en 2000, la Directiva Marco del Agua (DMA) es una de las legislaciones medioambientales más ambiciosas de Europa. Introdujo un enfoque de gestión jurídicamente vinculante, ecológico y basado en las cuencas hidrográficas. En tanto obliga a todos los Estados miembros a alcanzar un buen estado químico y ecológico de sus aguas a más tardar en 2027 e incorpora los principios de no deterioro, transparencia y coherencia intersectorial, la DMA supone un cambio decisivo, de las respuestas reactivas a problemas específicos —como la contaminación por nitratos— a una gobernanza integral del agua.

Sin embargo, 25 años después de su aprobación, es evidente la brecha entre las aspiraciones y la realidad. El informe de aplicación de la Comisión Europea realizado en 2024 confirma que la proporción de cuerpos de agua que alcanzan un buen estado se ha estancado, que las medidas clave carecen de financiación suficiente y que se abusa de las exenciones. La aplicación de la normativa sigue siendo la excepción y no la regla. Los escasos procedimientos de infracción emprendidos no han fortalecido su cumplimiento. Como resultado de todo esto, menos del 40% de las aguas superficiales se encuentran en buen estado.

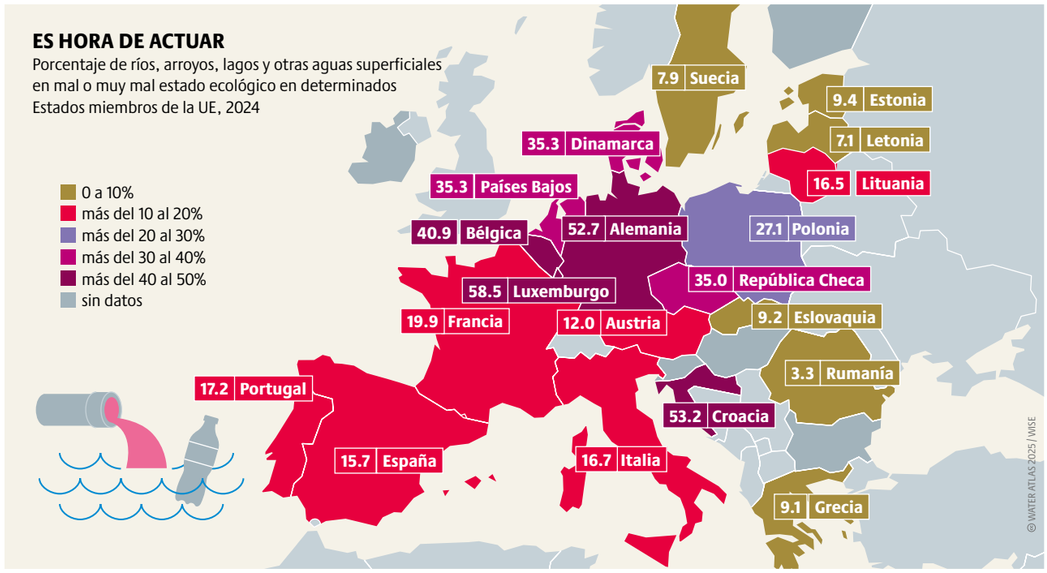
La propuesta de la Comisión de endurecer las normas reguladoras para los contaminantes de nueva aparición —como los PFAS— sigue en fase de negociación. Sin embargo, los Estados miembros ya disponen de las herramientas legales para actuar: pueden revisar los permisos de vertido industrial, aplicar normativas más estrictas sobre plaguicidas e imponer prohibiciones o restricciones nacionales a las sustancias prioritarias, todo ello con base en la legislación vigente. Esta fase de aplicación representa también la prueba de credibilidad de la Estrategia de Resiliencia Hídrica de la UE, presentada en junio de 2025 para hacer frente a la creciente escasez de agua, las inundaciones, la contaminación y la degradación de los ecosistemas en todo el continente. La DMA convierte los objetivos de esa Estrategia en medidas exigibles.

El costo de la aplicación de la DMA se estima en 89 000 millones de euros para el periodo 2022-2027, una fracción de los costos que supone la inacción, a saber: 238 000 millones de euros para la limpieza de PFAS, 9 000 millones de euros al año en pérdidas relacionadas con la sequía, 7 800 millones de euros anuales en daños por inundaciones y más de 50 000 millones de euros cada año en

Las PFAS contaminan más de 17 000 puntos críticos en Europa: estas sustancias químicas persistentes amenazan el agua, la salud y el medio ambiente, de manera que exigen una regulación más estricta.

ES HORA DE ACTUAR

Porcentaje de ríos, arroyos, lagos y otras aguas superficiales en mal o muy mal estado ecológico en determinados Estados miembros de la UE, 2024



Menos del 40% de las aguas superficiales de la UE se consideran saludables. Los responsables políticos deben tomar medidas activas para protegerlas.

beneficios no obtenidos, incluidos los derivados de la falta de restauración de las aguas superficiales.

Tal y como concluyó la evaluación de adecuación de la política de aguas de la UE, la DMA no necesita ser reescrita, sino aplicada y hecha cumplir. Esa es la base para la resiliencia hídrica: proteger a los ciudadanos de las inundaciones y las sequías, salvaguardar el agua potable y garantizar la seguridad alimentaria. Las herramientas ya están disponibles. Ahora se necesita voluntad política, rigor jurídico e inversión sostenida.

El Reglamento sobre la Restauración de la Naturaleza (NRR), recientemente adoptado, ofrece otra oportunidad para reparar el daño del pasado. Esta normativa histórica tiene por objeto detener y revertir la pérdida de biodiversidad en toda la UE y establece objetivos jurídicamente vinculantes para la restauración de los ecosistemas. Los Estados miembros deben elaborar planes nacionales dirigidos a restaurar al menos 20% de las zonas terrestres y marinas de la UE para 2030, y la totalidad de los ecosistemas degradados para 2050. Un elemento clave es la restauración de los procesos naturales —entre ellos, la rehumidificación de las turberas y la reconexión de los ríos con las llanuras aluviales—, que también contribuye a la mitigación y la adaptación al cambio climático. Los ecosistemas sanos sustentan la seguridad alimentaria, la calidad del agua, la protección contra las inundaciones y la resiliencia climática. Como parte del Pacto Verde Europeo y de la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030, el NRR marca un cambio importante, de conservar lo que queda a restaurar activamente la naturaleza a gran escala. Su aplicación debe

Existen numerosas leyes e iniciativas para proteger los recursos hídricos. Lo que se necesita es su aplicación coherente.

efectuarse en consonancia con la DMA y demás legislación ambiental pertinente.

Se avecinan nuevas presiones geopolíticas y económicas —desde la agenda de competitividad industrial de la UE hasta las exigencias de la transición energética— que pueden poner a prueba la solidez de la legislación medioambiental europea. A medida que los Estados miembros aumentan sus inversiones en energía hidroeléctrica, extracción de materias primas críticas e infraestructuras, existe un riesgo real de que las salvaguardias de la DMA se debiliten en nombre de la flexibilidad o la conveniencia. Es fundamental proteger la Directiva de tales presiones. ●

AGUA PARA EL MAÑANA

Programas seleccionados de protección del agua



DEL METEORITO AL TREN

La Península de Yucatán comprende la mayor zona kárstica de México. Alberga una vasta reserva de agua subterránea que, aunque abundante, no es inagotable y permanece vulnerable a la contaminación.

Los acuíferos kársticos representan una importante fuente de abastecimiento de agua dulce. Son áreas de rocas parcialmente solubles, como las calizas, dolomitas y evaporitas. El grado de disolución (karstificación) genera porosidad mediante fisuras y fracturas, que permiten la recarga de los acuíferos mientras el agua subterránea fluye a través de sus superficies. Las zonas más extensas de karst en México se encuentran asociadas a la Sierra Madre Oriental, el Altiplano Central, la Sierra Madre del Sur y la Sierra Madre de Chiapas.

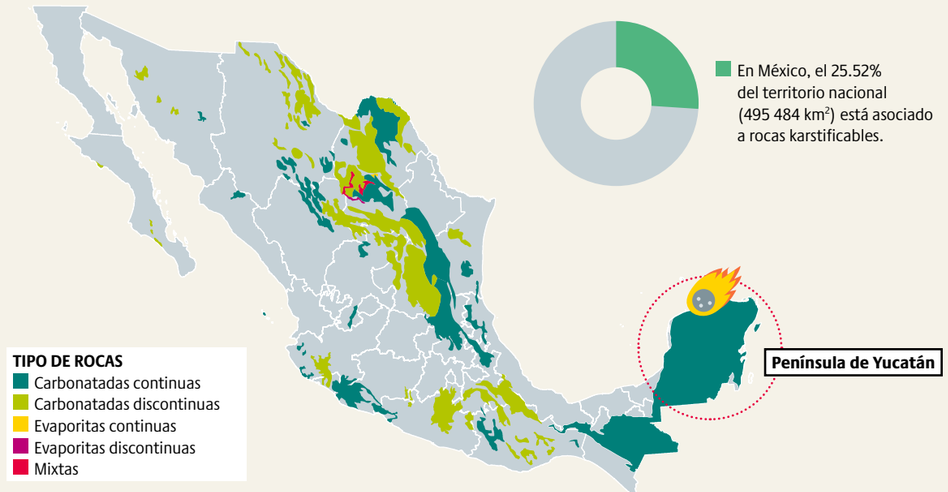
La mayor zona kárstica de México se encuentra en la Península de Yucatán (PY), que abarca los estados de Quintana Roo (42 999 km2), Campeche (45 666 km2) y Yucatán (38 449 km2). Por su importancia ambiental, en ella se han decretado 39 áreas naturales protegidas en la península: 10 reservas de la biosfera, 11 parques nacionales, 15 áreas de protección de flora y fauna y 3 santuarios.

La historia geológica de la Plataforma de Yucatán está ligada a la apertura del Golfo de México, e inicia con la ruptura del supercontinente Pangea. Hace 66 millones de años (límite del periodo Cretácico-Paleógeno) la península de Yucatán estaba bajo el mar, en este tiempo un meteorito impactó la Península de Yucatán y generó un cráter de más de 200 km de diámetro, que se conoce como cráter de Chicxulub, y que se asocia a la extinción de los dinosaurios.

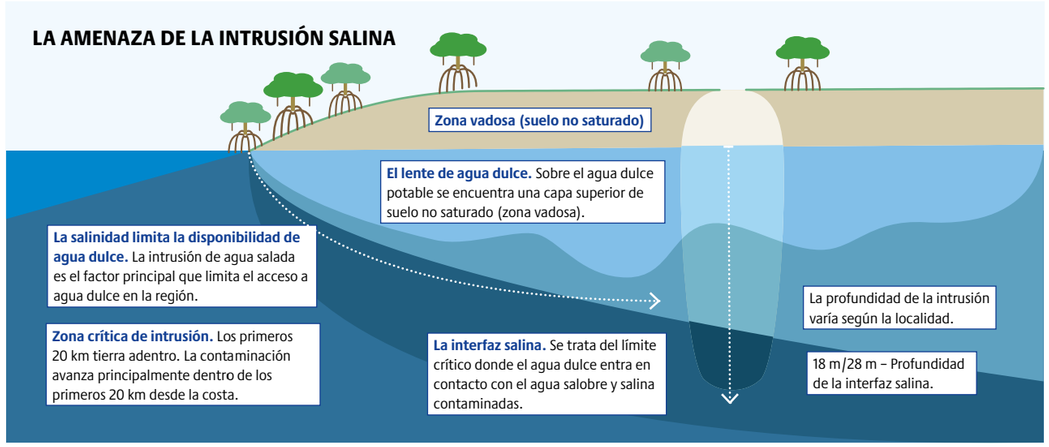
Posteriormente, hace 2.58 millones de años (periodo Neógeno-Cuaternario), la plataforma carbonatada emergió, permitiendo la disolución de las rocas y formando un semicírculo en tierra conocido como el "Anillo de Cenotes", además de estructuras como la falla de Ticul, el sistema de fracturas de Holbox y la zona de falla del río Hondo. La cueva subacuática más larga del planeta, el sistema Sac Actún, se ubica en Quintana Roo y tiene una longitud de 318.5 km y una extensión vertical de 127 m. Este conducto Kárstico permite que el agua subterránea viaje a velocidades de cientos de metros por día a través de cuevas interconectadas y de las fracturas de la roca, y se encuentra vinculado con las lagunas y con el mar.

En general, el agua subterránea presenta flujos regionales que van del interior de la Península hacia la zona costera. Las mediciones de carga hidráulica (que es el nivel del agua subterránea respecto al nivel medio del mar), indican que, en la parte central, donde intersectan los tres estados, se tiene elevaciones de 125 msnm que disminuyen hacia la costa con elevaciones menores a un msnm.

DISTRIBUCIÓN Y TIPO DE ROCAS KARSTIFICABLES EN MÉXICO



LA AMENAZA DE LA INTRUSIÓN SALINA



La mayor cantidad de cenotes (~7 000) se concentran en el estado de Yucatán, lo que ocasiona un flujo subterráneo que se mueve de las zonas de mayor elevación hacia la costa, donde se realiza la descarga natural del acuífero. En la intersección del anillo de cenotes con la costa se presenta el fenómeno de "ojos de agua", que son descargas de agua submarina del acuífero, como en en Celestún y Dzilam. Estas descargas aportan nutrientes esenciales para los ecosistemas de manglar y arrecifes de coral, conectando la salud del subsuelo con la salud del océano.

En 2013, se decretó el área natural protegida denominada Reserva Estatal Geohidrológica del Anillo de Cenotes con una superficie de 2 192.08 km2, que se caracteriza por ser una importante zona de recarga donde habita el 69% de la población del estado de Yucatán.

Se han identificado más de 200 especies de aves que utilizan los cenotes para su alimentación y resguardo, también viven en los cenotes peces endémicos como el pez ciego de los cenotes, la anguila ciega yucateca, el bagre de cenotes y cocodrilos. En tierra hay reptiles, serpientes y mamíferos como el venado cola blanca, el jaguar y murciélagos.

En la Península de Yucatán, prácticamente no hay ríos superficiales por lo que el agua dulce para consumo humano, agrícola e industrial proviene en su totalidad del subsuelo. Las calizas han estado sujetas a una gran disolución, formando acuíferos altamente permeables.

Al estar en contacto con el mar, también puede existir una intrusión salina (el agua de mar entra al lente de agua dulce y/o a los pozos de abastecimiento). La intrusión salina puede incrementarse cuando existe un bombeo excesivo, por el aumento del nivel del mar, o cuando la extracción es mayor a la recarga natural. Un estudio de modelación de la interfase salina observó que, para 2040, la zona de abastecimiento de Sisal tendrá agua salobre que requerirá de procesos de desalinización para ser utilizada. En el caso de las zonas costeras, su fuente de agua dulce está a más de 16 km de la costa, por lo que es necesario una infraestructura de bombeo y electricidad para llevar agua a la población.

En la península, el acuífero no es solo de agua dulce y el agua de mar penetra por el subsuelo, por lo que el agua dulce (más ligera), flota sobre el agua salada. La zona de transición donde se mezclan se llama haloclina, y suele encontrarse a diferentes profundidades, dependiendo de la distancia a la costa.

La Red Nacional de Calidad del Agua (Renameca, 2025), monitorea el agua subterránea en 123 puntos estratégicos para Yucatán, 32 para Campeche y 29 para Quintana Roo. Entre los problemas de contaminación detectados, se han encontrado nitratos que evidencian la presencia de agua residual en niveles mayores a los recomendados en agua para consumo humano en pozos de Mérida, Campeche y Quintana Roo. En otros estudios se han identificado plaguicidas en el agua, en la sangre e inclusive en la leche materna de mujeres mayas, con concentraciones que superan los límites permisibles. Estos contaminantes pueden movilizarse rápidamente en el agua subterránea debido a la alta permeabilidad del acuífero.

En 2021, se mapearon 42 conflictos socioecológicos en la península, relacionados con problemáticas de territorio, granjas porcícolas, agroindustria, desarrollo inmobiliario y turismo. Algunas comunidades mayas han denunciado las afectaciones al suelo, agua y aire que causan las granjas porcícolas y en Santa María Chi fue clausurada una granja y retirados 41,570 cerdos. También el megaproyecto del Tren Maya, que consiste en un circuito ferroviario de 1554 km, con 20 estaciones y 12 paraderos, ha sido controversial. Este proyecto por un lado genera inversiones y empleo durante la fase constructiva pero también plantea impactos ambientales y las comunidades que se encuentran en su trayecto quedan expuestas a complejas dinámicas sociales, económicas y políticas. ●

CAMBIAR EL RUMBO

En Colombia, el agua escasea cada vez más y la contaminación va en aumento. La gestión comunitaria del agua ofrece una solución: permite a las comunidades tomar el control de su agua, decidir de forma colectiva cómo usarla y priorizar la sostenibilidad y la equidad. ¿Podría esta alternativa democrática ser un modo de gestionar los retos hídricos del mundo?

Gracias a su ubicación geográfica, su variada topografía y su diversidad de zonas climáticas, Colombia es uno de los países más húmedos del mundo. Sin embargo, más de 3.2 millones de colombianos residentes en zonas rurales carecen de acceso a agua potable. En los últimos 170 años, los glaciares de Colombia se redujeron 90%, al tiempo que se perdieron grandes extensiones de páramos de altura debido a la crisis climática y a la expansión de las actividades mineras y energéticas hacia regiones de gran riqueza ecológica. Esta disminución supone un riesgo enorme, ya que los glaciares y el ecosistema del páramo almacenan agua y regulan el ciclo hidrológico, por lo que son fundamentales para el abastecimiento de agua de las poblaciones que viven en altitudes más bajas.

En numerosos lugares de Colombia el agua es escasa o está contaminada. El río Bogotá está muy contaminado por aguas residuales; el río Atrato, por la minería ilegal; y el río Medellín, por efluentes comerciales e industriales. Además, el Magdalena —el río más grande del país— y los afluentes del Amazonas y el Orinoco, que abastecen de agua a las poblaciones más vulnerables de Colombia, se encuentran mal gestionados.

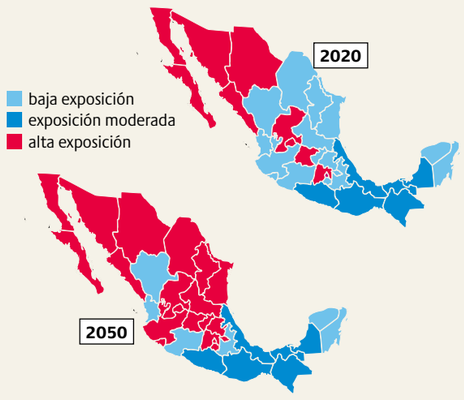
El enfoque del gobierno respecto al acceso al agua ha estado orientado sobre todo a los intereses comerciales. Se exige a las empresas de servicios públicos que recuperen sus costos mediante tarifas y que prioricen la rentabilidad. Su relación con los usuarios es tratada como un acuerdo comercial, en lugar de reconocer el agua como un derecho, aun cuando la Constitución exige que el Estado garantice ese acceso.

La gestión comunitaria del agua ofrece una alternativa. En este modelo, las comunidades locales: toman decisiones y garantizan el suministro. Esta labor suele organizarse en juntas de acción comunitaria a nivel de aldea o de asociaciones de usuarios, que operan independientemente de los proveedores estatales o privados. Las organizaciones comunitarias celebran asambleas abiertas en las que los usuarios deciden colectivamente: establecen prioridades, acuerdan normas para el uso del agua, fijan tarifas basadas en principios de solidaridad y organizan el mantenimiento y la protección de la infraestructura. Este modelo hace hincapié en el conocimiento local, la confianza y la rendición de cuentas, y, con frecuencia, incluye la gestión medioambiental como principio fundamental.

En Usme, un distrito rural de Bogotá, varias asociaciones de usuarios residenciales gestionan los sistemas comunitarios de agua. Estas asociaciones garantizan el acceso justo y continuo mediante el trabajo voluntario, la responsabilidad compartida y la gobernanza democrática. Las decisiones se toman en asambleas generales; gran parte de la infraestructura se mantiene gracias a los esfuerzos de trabajo colectivo conocidos como mingas. En toda Colombia existen iniciativas comunitarias similares. Estas redes se apoyan mutuamente mediante el intercambio de conocimientos, la asistencia jurídica y la incidencia a nivel nacional.

Quienes más se benefician de este modelo son las poblaciones rurales y periurbanas. La gestión comunitaria garantiza el acceso al agua en zonas donde poderosos actores privados reclaman tierras en busca de lucro y donde, históricamente, el Estado ha fracasado en la prestación de servicios públicos. Los grupos comunitarios de agua empoderan a las comunidades, fortalecen su autonomía, fomentan la cohesión social, defienden la propiedad común frente a quienes buscan el lucro privado y promueven el uso sostenible del recurso.

EXPOSICIÓN A LA ESCASEZ DE AGUA EN MÉXICO



© WATER ATLAS 2025 / WILLIAMS

En México, 57% de la población carece de un suministro seguro; 105 de los 653 acuíferos están sobreexplotados, lo que ha desencadenado protestas y se ha convertido en tema electoral.

ABSORBE ESTO
Impacto de las medidas que transforman las ciudades en ciudades esponja



© WATER ATLAS 2025 / UBA

Los fenómenos meteorológicos extremos causan cada año más de 200 000 millones de dólares en pérdidas a nivel mundial. Se necesitan medidas de adaptación urgentes para proteger las ciudades.

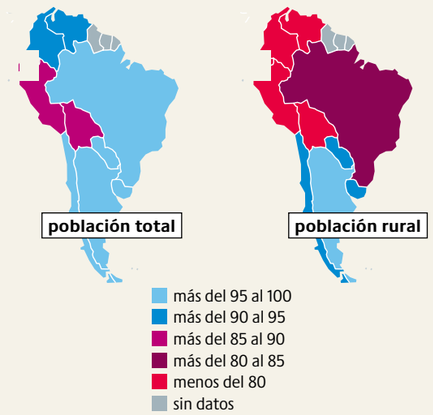
Muchos gestores comunitarios del agua han tomado la iniciativa en la defensa del medio ambiente frente a las industrias extractivas. En Tasco, una localidad del departamento de Boyacá, localizada en el centro de Colombia, los grupos comunitarios lograron detener la expansión de la minería de carbón y reclaman ahora una indemnización por los daños ambientales causados. La Red Nacional de Acueductos Comunitarios, organización que cuenta con casi dos décadas de experiencia, desarrolla y defiende políticas dirigidas a proteger el agua como bien público comunitario.

Los gestores comunitarios del agua han profundizado su colaboración y desarrollado una estrategia común. Su Mandato del Agua es una propuesta conjunta que exige que el agua sea tratada como bien común, promueve la gobernanza democrática y aboga por un enfoque holístico y de largo plazo de su gestión. Asimismo, exige que el gobierno reconozca la autonomía de las comunidades, las apoye, las respete y proporcione inversión y transferencia de tecnología.

El Mandato del Agua se sustenta en cuatro principios fundamentales: cuestiona la idea de que los derechos humanos son neutros o están desconectados de la forma en que se gestiona el agua; aboga por el fin de los enfoques fragmentados y sectoriales en materia de abastecimiento y gestión medioambiental; promueve la redemocratización de la gobernanza del agua como elemento esencial para la realización de los derechos fundamentales; y afirma el derecho de las comunidades a gestionar el agua en sus propias zonas y a utilizarla para satisfacer sus necesidades básicas. De este modo, la gobernanza del agua liderada por las comunidades se erige como una alternativa creíble frente a los modelos basados en el mercado: es una alternativa que prioriza la equidad, la participación y la sostenibilidad a largo plazo. ●

En Sudamérica, el acceso al agua potable y al saneamiento varía según los ingresos y la región; millones de personas carecen incluso de instalaciones sanitarias básicas.

CUESTIÓN DE CLASE Y UBICACIÓN
Acceso a agua potable en Sudamérica, en porcentaje



© WATER ATLAS 2025 / RODRIGUEZ ET AL.

LA OPCIÓN NATURAL

El 72% de la superficie del país, donde vive el 73% de la población y se produce el 77% del producto interno bruto, se encuentra permanentemente sometida a estrés hídrico. Ante este escenario, urgen límites y condiciones de uso sostenibles.

Históricamente, la administración del agua se ha centrado en abastecer la demanda sin considerar las necesidades del ambiente, hasta 1998, cuando se introdujo en la legislación sudafricana el concepto de "reserva ecológica", cuyo modelo se ha adoptado en otros países del mundo. Se trata de un mecanismo legal para proteger el agua requerida en términos anuales para sostener el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y evitar que esta sea extraída de los sistemas naturales. Pero ¿cuánta agua requiere el ambiente?

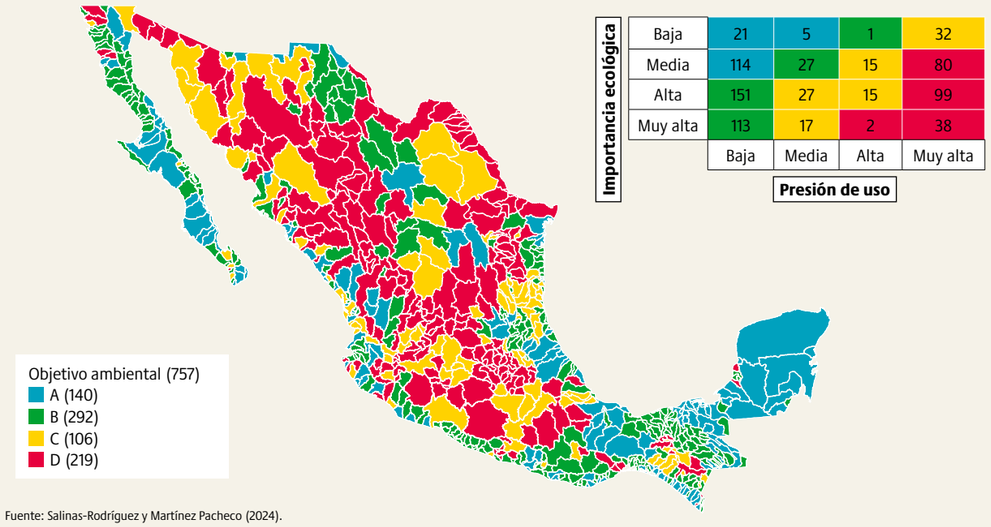
Los caudales ecológicos o ambientales se refieren a la cantidad, calidad y régimen de agua dulce a escala diaria, mensual o estacional, necesarios para sostener los ecosistemas acuáticos que, a cambio, brindan beneficios culturales, económicos y medios de vida sostenibles para el bienestar humano. Son reconocidos como la acción prioritaria para detener y revertir la pérdida de biodiversidad de agua dulce y un instrumento clave para determinar las reservas ecológicas de agua, que representan el instrumento legal mediante el cual el caudal ecológico se integra a la administración anual del agua en una cuenca.

En México, el mecanismo de reservas de agua se enuncia en la Ley de Aguas Nacionales. Dicha ley establece que el Ejecutivo federal está facultado para garantizar la protección ecológica, incluyendo la conservación y restauración de ecosistemas vitales. El procedimiento para determinar el régimen de agua que corresponde al caudal ecológico en las cuencas hidrológicas está establecido en la Norma Mexicana NMX-AA-159 SCFI-2012.

Los objetivos ambientales se determinan considerando la presencia de áreas naturales protegidas, humedales de importancia internacional y sitios prioritarios para la conservación en relación con la presión de uso del agua en las mismas. La última evaluación revela que 140 cuencas conservan un muy buen estado ecológico, 292 un buen estado, 106 uno moderado y 219 un estado deficiente.

OBJETIVOS AMBIENTALES POR CUENCA HIDROLÓGICA DE MÉXICO

A: Cuencas con escasa presión o demanda de agua y gran importancia ecológica, aptas para la protección o conservación del régimen (estado ecológico muy bueno)
B y C: Cuencas donde ya se experimenta presión y, por lo tanto, la importancia ecológica es inferior (estados ecológicos bueno y moderado, respectivamente).
D: Cuencas con alta o muy alta presión y escasa importancia ecológica (estado ecológico deficiente)

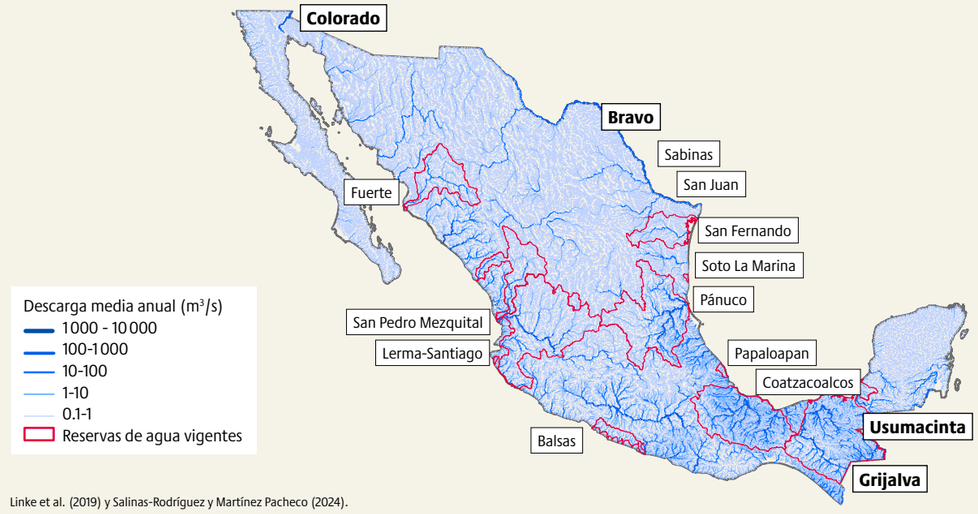


Importancia ecológica	Baja	Media	Alta	Muy alta
Baja	21	5	1	32
Media	114	27	15	80
Alta	151	27	15	99
Muy alta	113	17	2	38

Presión de uso

Fuente: Salinas-Rodríguez y Martínez Pacheco (2024).

RED HIDROGRÁFICA DE MÉXICO Y RESERVAS DE AGUA PARA PROTECCIÓN ECOLÓGICA VIGENTES



Linke et al. (2019) y Salinas-Rodríguez y Martínez Pacheco (2024).

En 2012, autoridades y organismos especializados lanzaron el Programa Nacional de Reservas de Agua para el ambiente, centrado en conducir los estudios de caudal ecológico en 189 cuencas de las 757 que tiene el país, identificadas como reservas potenciales de agua dada su escasa presión o demanda de uso (cuencas con disponibilidad en suficiencia, baja densidad poblacional, actividad industrial y actividades agrícolas) y gran interés de conservación (especialmente aquellas con presencia de áreas protegidas). El objetivo del programa consistió en generar experiencias y construir capacidades para establecer las primeras reservas de agua en México.

Los estudios de caudales ecológicos parten del reconocimiento de que la integridad del ecosistema acuático depende de los atributos y componentes del régimen: la magnitud de caudales bajos, altos y pulsos de inundación, su frecuencia (cuántas veces al año), duración (número de días), el momento en el que ocurren (mes o estación del año) y la tasa de cambio configuran la forma del cauce y proveen hábitat para la biodiversidad.

Cuando los factores de estrés incrementan, la integridad ecológica y la condición biológica se ven afectadas. La normatividad señala a la presión de uso por el agua y la importancia ecológica como los indicadores clave para designar objetivos ambientales o de manejo por cuenca hidrológica. El objetivo ambiental es el estado ecológico en el que se pretende conservar, manejar o restaurar el régimen de caudales y, por consecuencia, la integridad del ecosistema.

El sistema de reservas de agua para protección ecológica en México tiene el potencial de mejorar el estado de conservación de 450 especies de peces.

A la fecha, el gobierno de México ha logrado establecer y conservar reservas de agua para protección ecológica en 266 cuencas del país, entre las que destacan el sistema Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos y Pánuco en la vertiente del Golfo de México, y Santiago, San Pedro Mezquital y Fuerte por el lado del Pacífico. Ello implica la protección legal del caudal ecológico en 443000 km² para el sustento de la conectividad en 41600 km de ríos en buen estado de conservación, 12200 km² en 39 humedales de importancia internacional y 59850 km² en 54 áreas naturales protegidas para beneficio de al menos 180 dependientes de agua dulce (80 protegidas) y la seguridad hídrica de 40 millones de personas para los próximos 50 años.

Se estima que el 78% de las cuencas de México aún mantiene disponibilidad suficiente para asignar agua al medio ambiente en la planificación hídrica. En gran parte de las cuencas costeras, tanto de las vertientes al Golfo de México y al mar Caribe en el Atlántico, como de las que escurren al Pacífico, es factible establecer nuevas reservas de agua. Ello beneficiaría el intercambio de agua, sedimentos y nutrientes entre 43-46% del total nacional de humedales de importancia internacional y entre 45-49% de las áreas naturales protegidas del país. La asignación de agua al ambiente en México en los últimos 15 años ha pasado del diseño de una agenda estratégica a la implementación administrativa. Hoy, además de continuar profundizando sobre el potencial que guarda, la iniciativa requiere transitar hacia sistemas formales de monitoreo, evaluación de desempeño y gobernanza.

CULTIVAR EL AGUA

Devolver la tierra a la naturaleza y practicar una agricultura que restaure el suelo puede crear "paisajes climáticos" capaces de absorber carbono y agua. Esto ayuda a combatir las sequías y las inundaciones, promueve la biodiversidad y refresca el clima. Además, mantiene los ciclos hídricos locales y regionales que sustentan la vida en la Tierra.

Imaginemos la Tierra como un enorme ser vivo cuyos ríos y aguas subterráneas se convierten en sus arterias y venas. Estos regulan el metabolismo del planeta. El suelo es la piel de la Tierra. Los árboles y otras plantas actúan como glándulas sudoríparas: liberan agua mediante la evaporación, lo que refresca la superficie terrestre. Dichos ciclos del agua se ven amenazados por la destrucción de paisajes intactos. La deforestación, los monocultivos, la degradación del suelo, la regulación de los ríos y el deterioro de las turberas conducen a la pérdida de suelos fértiles y vegetación natural. La alteración de los ciclos del agua ocasionada por la degradación del suelo y la pérdida de vegetación natural puede constituir uno de los puntos de inflexión en que los procesos vitales que hacen que gran parte del mundo sea verde y habitable sufran un daño irreparable.

Este punto de inflexión puede evitarse implementando acciones decididas. Una mayor presencia de vegetación y de suelos fértiles y ricos en humus podría refrescar y revitalizar paisajes enteros. Literalmente, se puede cultivar el agua. Las plantas están compuestas principalmente por agua y sus hojas transpiran enormes cantidades de humedad, que luego vuelven a integrarse en el ciclo del agua. En un día de verano, un solo árbol grande transpira varios cientos de litros de agua, generando un efecto de enfriamiento por evaporación equivalente al de dos aparatos de aire acondicionado.

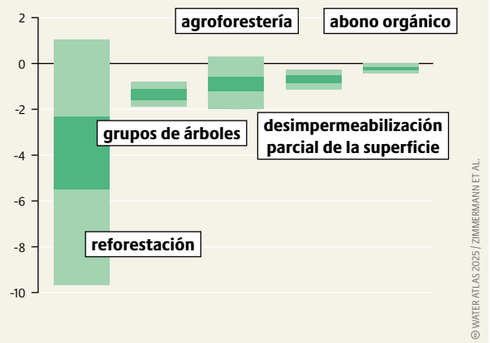
Esto solo funciona si la lluvia que cae puede filtrarse en el suelo y permanecer allí el mayor tiempo posible. La clave para ello es ralentizar el ciclo del agua. Los ríos y arroyos que han sido rectificados, obstruidos o canalizados deben poder serpentear y desbordarse nuevamente. En las ciudades, es necesario liberar de hormigón y asfalto la mayor superficie posible, para permitir la filtración del agua de lluvia. Cuanto más rico en humus sea el suelo, mejor: más agua podrá almacenar.

En la agricultura, esto significa mantener la superficie del suelo cubierta para protegerla de la evaporación y la erosión. Ello puede lograrse realizando cultivos intercalados, esto es, sembrar un segundo cultivo unas semanas después de haber sembrado el cultivo principal; el cultivo intercalado cubrirá el suelo una vez que se haya cosechado el principal. Otras posibilidades consisten en plantar cultivos de cobertura, evitar el arado y aplicar composta. La agrosilvicultura, que integra árboles y setos en los campos, puede mejorar el suelo, ralentizar el flujo del agua y almacenarla. Tales medidas producen efectos notables: las zonas plantadas con árboles pueden enfriar su entorno en varios grados, detener el viento y aumentar la biodiversidad, pues proporcionan un hábitat a aves e insectos. Incluso, es posible que la siembra de árboles y arbustos incremente la producción total al generar madera, bayas y frutos secos que pueden recolectarse.

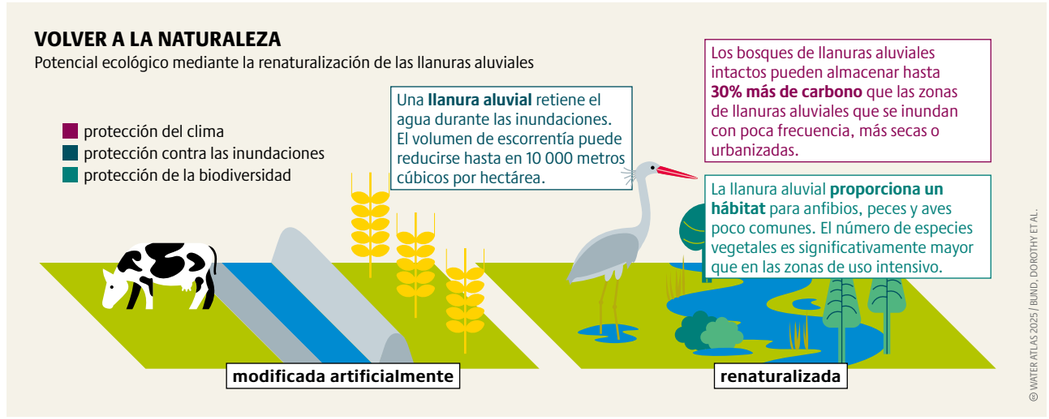
La protección climática natural posee un enorme potencial para restaurar los ciclos alterados y revertir el daño ambiental. La renaturalización de tan solo 15% de los ecosistemas mundiales podría evitar la extinción de 60% de las especies, además de impedir que se liberen a la atmósfera cerca de 300 gigatoneladas de dióxido de carbono (CO_2), un gas de efecto invernadero. Estas medidas pueden contribuir a hacer frente a la crisis climática sólo si se implementan también otras acciones. Los proyectos de almacenamiento de carbono no pueden sustituir la eliminación gradual de los combustibles fósiles.

AIRE ACONDICIONADO NATURAL

Efecto de las medidas de adaptación climática sobre las temperaturas ambientales, rango, grados Celsius



La crisis climática está provocando graves olas de calor. Plantar árboles y enverdecer los tejados podría reducir las temperaturas y hacer que las ciudades sean más habitables.



Debe priorizarse la protección y rehumidificación de las turberas. Alrededor de 95% de las turberas de Alemania han sido drenadas artificialmente para la agricultura, la silvicultura y la extracción de turba. La renaturalización de los cuatro millones de hectáreas de humedales que han perdido sus funciones naturales debido a las intervenciones humanas permitiría almacenar entre 100 y 400 gigatoneladas de CO_2. La cifra de 400 gigatoneladas equivale a aproximadamente 10 veces las emisiones anuales actuales de gases de efecto invernadero a nivel mundial. La renaturalización tiene un efecto positivo en la protección de especies y el almacenamiento de agua. Las turberas rehumidificadas podrían seguir utilizándose para la agricultura. Las posibilidades de la paludicultura incluyen el pastoreo de búfalos de agua o el cultivo de juncos para su uso como materiales de construcción.

Ciclos hídricos regenerados, más vegetación y suelos fértiles pueden revitalizar paisajes enteros para adaptarse a la crisis climática. Ejemplo de esto son los bosques restaurados, los humedales, las tierras de cultivo que integran la agrosilvicultura y las turberas rehumidificadas. Por último, aunque no menos importante: las ciudades esponja, en las que las superficies no impermeabilizadas absorben el agua de lluvia y evitan las inundaciones, y donde las azoteas verdes refrescan el microclima. Un estudio de 2024 reveló que los bosques del este de Estados Unidos enfrían la superficie terrestre entre 1 y 2 grados Celsius cada año, y entre 2 y 5 grados Celsius al mediodía durante la temporada de crecimiento. Los bosques jóvenes de entre 20 y 40 años son los que tienen mayor efecto. Los análisis de las tendencias históricas de la cobertura del suelo y la temperatura muestran que las zonas rodeadas de bosques en regeneración son hasta un grado Celsius más frescas que las regiones cercanas sin cambios en la cobertura del suelo.

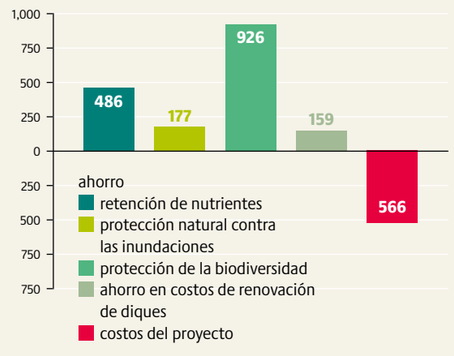
Los paisajes de llanuras aluviales seminaturales potencian la biodiversidad, contribuyen a mitigar el cambio climático, proporcionan protección natural contra las inundaciones y son lugares recreativos muy concurridos.

Las llanuras aluviales renaturalizadas retienen y descomponen nutrientes como el nitrógeno. A largo plazo, esto reduce los costos generales involucrados en la depuración del agua.

El desarrollo de este tipo de paisajes climáticos requiere un marco político claro y confiable. Las empresas agrícolas especializadas en la paludicultura necesitan seguridad en la planificación, como también incentivos financieros. Es necesario desarrollar cadenas de valor que involucren, por ejemplo, al sector de la construcción y promuevan la venta de productos sostenibles elaborados a partir de plantas de turbera, como los juncos y el musgo de turba. Esto restauraría los ciclos del agua, capturaría carbono, enfriaría la Tierra y permitiría que floreciera la biodiversidad. Al mismo tiempo, crearía espacios valiosos tanto para los seres humanos como para las plantas y los animales. ●

LAS CUENTAS SALEN

Ahorros y gastos derivados de la reubicación de diques y la recuperación de 35 000 hectáreas de llanura aluvial en el río Elba, Alemania, en millones de euros



PARA LEER Y APRENDER

AUTORES Y FUENTES DE LOS DATOS Y GRÁFICOS

Los enlaces de la edición internacional fueron consultados por última vez en octubre de 2025. Las referencias de los capítulos sobre México se consultaron en octubre de 2026. Los enlaces extensos han sido acortados utilizando el servicio de conversión de direcciones web de bit.ly web.

8-9 LA BASE DE LA VIDA

SIN AGUA, NO HAY VIDA, por Dieter Gerten

p. 8: Bund fur Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Ausstellung Durstige Guter, https://bit.ly/4fEh610. – **p.9** arriba: Spektrum der Wissenschaft, Lexikon der Geowissenschaften: Wasserkreislauf, https://bit.ly/4i69mGI. –**p. 9** abajo: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Extracción de agua por fuente y sector económico, 2024, https://bit.ly/46JzP9h.

10-11 GESTIÓN

UN GRAN ROMPECABEZAS, por Ricardo A. Morales, Patrcia Pliego, Roberto Ramos

p.10: CONAPO. Bases de datos de la Conciliación Demográfica 1950 a 2019 y Proyecciones de la población de México 2020 a 2070. https://bit.ly/3U9J6UV. Conagua. Estadística del agua en México 2004. https://bit.ly/4ihz0Jm. Volumen estimado con datos 2023, considerando una superficie de riego: 6,206 mil hectáreas y un volumen de uso Agrícola (inscrito + pendiente) de 61,309 hm3. Conagua. SINA 3.0 (Sistema Nacional de Información del Agua) Usos del agua. REPDA, Clasificación de los usos del agua. https://bit.ly/47QYE2X. INEGI. Producto Interno Bruto Anual. Año base 2018, https://bit.ly/48nNbrM. **p. 11**: AgroDer/WWF México, Huella Hídrica en México, 2026, https://bit.ly/4iOC7dj.

12–13 UN DERECHO HUMANO

AGUA PARA TODOS, por Laura von Vittorelli

p. 12: Elisa Savelli et al., Crisis de agua en las ciudades impulsada por el consumo insostenible de las élites, Nature Sustainability, Vol. 6, 2023, https://bit.ly/3AYwtSV. – **p. 13:** Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME), Carga mundial de morbilidad, con un procesamiento menor por Our World in Data, 2024, https://bit.ly/4g8rjmp. Fondo de Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), Triple Threat, 2023, **p. 14,** https://bit.ly/4g33ZGz.

14-15 CONCESIONES

AGUA ¿PARA QUÉ Y PARA QUIÉN?, por Carla Flores Lot

Conagua, Base de datos del REPDA, 2026, https://bit.ly/3WaTxrW. Cartocrítica, artículos sobre Agua, https://bit.ly/4ib9arS. Cartocrítica, mapa interactivo, 2026, https://bit.ly/4eciSYG.

16-17 CLIMA

BAJO PRESIÓN, por Steffen Bender, Peter Greve, Daniela Jacob

p. 16: Africa Growth Initiative (AGI), Foresight Africa, Top priorities for the Continent in 2017, 2017, **p. 83**, https://bit.ly/497z8pT. – **p. 17** arriba: World Resources Institute (WRI), Aqueduct Water Risk Atlas, 2021, https://bit.ly/3Z5T2gn. – **p. 17** abajo: Copernicus, componente de Observación de la Tierra del programa espacial de la Unión Europea, Lake surface temperatures, 2021, https://bit.ly/3K2qf8T.

18-19 BIODIVERSIDAD

HÁBITATS HÚMEDOS, por Helena Varkkey

p. 18: Stefan Jansen, Andre Staar, GFN Umweltpartner, GFN Umweltpartner, Evaluación ornitológica del gran proyecto de conservación de la naturaleza «Lenzener Elbtalaue» (retroceso de diques en Lenzen), 2021, inédito. – **p. 19** arriba: VCO – Mobilitat mit Zukunft, Ficha informativa sobre el transporte y la dispersión urbana como factores que impulsan la impermeabilización del suelo, 2024, **p. 4**, https://bit.ly/3CI6gZt. –**p. 19** abajo: James Albert et al., Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis, Ambio, Vol. 50, 2021, **p. 85**, https://bit.ly/3B311mv.

20-21 CONSUMO

HASTA LA ÚLTIMA GOTA, por Kyle Davis

p. 20: Lieve Van Woensel, Sara Suna Lipp, At a glance, Servicio de Estudios del Parlamento Europeo (EPRS), What if fashion were good for the planet?, 2020, **p. 1**, https://bit.ly/4eJ2c8B. – **p. 21** arriba: EcoRise, Water Footprint Calculator, Water Footprint Comparisons by Country, https://bit.ly/3VoRuwD. – **p. 21** abajo: Betsy Otto, Leah Schleifer, World Resources Institute (WRI), Domestic Water Use Grew 600% Over the Past 50 Years, 2020, https://bit.ly/3OnoD8y.

22-23 CONTAMINACIÓN

PROFUNDIDADES TURBIAS, por Annette Jensen

p. 22: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Oficina de publicaciones de la Unión Europea, Europe's state of water 2024. The need for improved water resilience, 2024, **p. 5**, https://bit.ly/46tIiML. Saskia Finckh et al., Mapping chemical footprints of organic micropollutants in European streams, Environment International, Vol. 183, 2024, https://bit.ly/46qPd99. Forever Pollution Project, The Map of Forever Pollution, Arena for Journalism in Europe, 2023, https://bit.ly/4g6ZgDS. Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección al Consumidor (BMUV), Acuerdo mundial de la ONU contra los residuos plásticos, cuarta ronda de negociaciones (Comité Intergubernamental de Negociación, INC4) en Ottawa, Canadá (23. April– 29. April 2024), BMUV-Hintergrundpapier, 2024, https://bit.ly/4g6pZjA. Pestizid Aktions-Netzwerk (PAN Germany), Pesticide Action Network Europe (PAN Europe), GLOBAL 2000 – Friends of the Earth Austria, Die ewige Chemikalie in dem Wasser, das wir trinken, 2024, **p. 31**, https://bit.ly/42ERbBN. – **p. 23**: Comisión Europea (EC), Sistema de Información del Agua para Europa (WISE), Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Chemical status by country, 2024, https://bit.ly/4nDRLrE.

24-25 ZONAS DE SACRIFICIO

AGUAS ABAJO DEL DESARROLLO, por Gustavo Lozano

p.24: Comisión Nacional del Agua (Conagua), Indicadores de calidad del agua, 2025 https://bit.ly/4ByJXPx. – **p.25**: Periódico AM, Municipios de Guanajuato tratan la mitad de sus aguas residuales por falta de recursos, 20 de abril de 2026, https://bit.ly/4yQc4ra

26-27 PRIVATIZACIÓN

UNA DECISIÓN EQUIVOCADA, por Petra Dobner, Anoosh Sophie Werner

p. 26: Food & Water Watch, National Office, The state of public water in the United States, 2021, **p. 8**, https://bit.ly/4pJkGfU. – **p. 27**: Hannah Ritchie et al., Clean Water and Sanitation, 2021. Datos adaptados del Programa Conjunto de Monitoreo de la OMS/UNICEF sobre Abastecimiento de Agua, Saneamiento e Higiene, (JMP), Share of the population not using an improved water source, https://bit.ly/41akkoN.

28-29 CONFLICTOS

AGUAS DIVIDIDAS, por Susanne Schmeier

p. 28: The Water, Peace and Security Partnership (WPS), Water and conflict in the Inner Niger Delta: a governance challenge, Informe, 2022, **p. 8**, **p. 11**, https://bit.ly/3CMamzC. – **p. 29**: Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, World conflict chronology, https://bit.ly/4ePoKVh. Peter H. Gleick, Morgan Shimabuku, Water-related conflicts: definitions, data, and trends from the water conflict chronology, Environmental Research Letters, **Vol. 18**, 2023, https://bit.ly/4i3kpAz. Transboundary Freshwater Diplomacy Database (TFDD), Program in Water Conflict Management & Transformation, https://bit.ly/3CUDZyC.

30-31 AGUAS BINACIONALES

VASOS COMUNICANTES, por Gonzalo Hatch Kuri

p.30: Program in Water Conflict Management, Oregon State University, Transboundary Freshwater Spatial Database, 2023, https://bit.ly/4BxAcBr. Comisión para la Cooperación Ambiental, Atlas Ambiental de América del Norte, https://bit.ly/4kqSiyE. - **p.31** UNESCO, Centro Internacional de Evaluación de los Recursos de Aguas Subterráneas, Organización Meteorológica Mundial, Transboundary aquifers of the world, update 2021, https://bit.ly/3UofzXq.

32-33 AGRICULTURA

MENTALIDAD DE ESCASEZ, por Inka Dewitz

p. 32: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), AQUASTAT – Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua y la agricultura, Sistema de difusión, https://bit.ly/3V7OVPG. – **p. 33** arriba: Hannah Ritchie, Max Roser, Our World in Data, Water Use and Stress, 2024, https://bit.ly/4fPhXME. – **p. 33** abajo: Arien Y. Hoekstra et al., The water footprint of the EU for different diets, Ecological Indicators, Vol. 32, 2013, https://bit.ly/3Z9d0Hi.

34-35 MÉXICO

HUELLAS EN EL CAMPO, por Ricardo A. Morales, Patricia Pliego, Roberto Ramos

AgroDer/WWF México. Huella Hídrica en México, 2026, https://bit.ly/4iOC7dj.

36-37 ENERGÍA

ENERGÍA SEDIENTA, por Nidhal Attia

p. 36: Rainer Horig, Der Ganges stinkt zum Himmel, Deutschlandfunk, 2015, https://bit.ly/3Ct7GGT. Michael Witzel, Water in mythology, Daedalus, Vol. 144, No. 3, 2015, **p. 18**, https://bit.ly/3APnRxS. – **p. 37** arriba: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Economic sector with highest water abstraction per country in Europe and Economic sector with second highest water abstraction per country in Europe, 2025, https://bit.ly/3Ka61tW. – **p. 37** abajo: Yi Lin et al., Water use of electricity technologies: A global meta-analysis, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 115, 2019, https://bit.ly/3BdPiSb.

38-39 DIGITALIZACIÓN

DATOS VORACES, por Friederike Rohde

p. 38: Marianne Gros, Leonie Cater, Artificial intelligence threatens to raid the water reserves of Europe's driest regions, Politico, Part of Europe's looming water crisis special report, 2025, https://bit.ly/46dGuZ0p. – **p. 39** arriba: The Guardian, Luke Barratt, Costanza Gambarini, Revealed: Big tech's new datacentres will take water from the world's driest areas, 2025, https://bit.ly/4tjwlDF. – **p. 39** abajo: Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza, Seguridad Nuclear y Protección al Consumidor (BMUV), Leitbild der Kreislaufwirtschaft, Infografik, 2018, https://bit.ly/4i90VdA.

40-41 ENERGÍA FÓSIL

LA CARGA DEL PASADO, por Andrés Ángel, Nora Stognief

p. 40: Greenpeace International, Iris Cheng, Harri Lammi, The Great Water Grab, How the Coal Industry is Deepening the Global Water Crisis, 2016, p. 26, https://bit.ly/48jTj5G. – **p. 41** arriba: Eurostat, oficina estadística de la Unión Europea, Coal production and consumption statistics, https://bit.ly/4mqHD4G. Verein der Kohlenimporteure (VDKI), Jahresbericht 2024, Fakten und Trends 2023/2024, 2024, **p. 26**, https://bit.ly/4i6eryM. – **p. 41** abajo: Katarina Huth et al., Alles fur die Kohle: Wie ein Konzern unser Wasser abgrabt, 2023, https://bit.ly/3Zo36mf.

42-43 MINERÍA METÁLICA

EL GRAN ROBO DE AGUA, por Johanna Sydow, Annette Kraus

p. 42: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD), Global Material Resources Outlook to 2060, Economic drivers and environmental consequences, OECD Publishing, 2019, **p. 24**, https://bit.ly/4nASny7. – **p. 43** arriba: Heinrich-Boll-Stiftung (HBS), Materias primas procedentes de Latinoamérica, 2024, **p. 2**, https://bit.ly/4zYY4fu. – **p. 43** abajo: Agencia Internacional de Energía (IEA), The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, World Energy Outlook Special Report, **p. 128**, 2021, https://bit.ly/4mlvVIc.

44-45 EL RÍO MEKONG

LAS VENAS DE UN CONTINENTE, por Areeya Tivasuradej

p. 44: Bryan Eyler, Mekong Dam Monitor Annual Report, 2024, https://bit.ly/4o8mvBt. World Wide Fund for Nature (WWF), Ecosystems in the Greater Mekong, 2013, https://bit.ly/3VsFvOH. – **p. 45** arriba: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Auswirkungen von PFAS auf die menschliche Gesundheit, https://bit.ly/4n4JUDD. – **p. 45** abajo: Lourens J. J. Meijer et al. More than 1000 rivers account for 80 % of global riverine plastic emissions into the ocean, Science Advances, Vol. 7, Issue 18, 2021, https://bit.ly/4mnklMM.

46-47 OCÉANOS

LA NUEVA FRONTERA, por Eesha Rangani

p.46: United Nations Environment Programme (UNEP), https://bit.ly/4aLUhHC. – **p. 47** arriba: Misereor, Für eine Welt ohne Tiefseebergbau, 2017, https://bit.ly/4s342Il. – **p. 47** abajo: David Archer, Richard E. Zeebe, Feasibility of ocean fertilization and its impact on future atmospheric CO_2 levels, 2005, https://bit.ly/4aH2OLY.

48-49 FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS

¿QUÉ NOS PROTEGE?, por Bapon Fakhruddin

p. 48: Germanwatch, Climate Risk Index, 2025, Who suffers Most from Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2022 and 2000 to 2022, https://bit.ly/4nEirbU. – **p. 49**: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Economic losses from weather- and climate-related extremes in Europe, 2024, https://bit.ly/4gzTMmz. – **p. 49**: Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Economic losses and fatalities from weather- and climate-related events in Europe, 2025, https://bit.ly/4nKbYMT.

50-51 UNIÓN EUROPEA

LA NATURALEZA EN EMERGENCIA, por Sergiy Moroz

p. 50: Forever Pollution Project, The Map of Forever Pollution, Arena for Journalism in Europe, 2023, https://bit.ly/4g6ZgDS. – **p. 51** arriba: Sistema de Información del Agua para Europa (WISE), Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA), Comisión Europea (EC), Ecological status by country, 2024, https://bit.ly/3Zpy3GX. – **p. 51** abajo: ONU-Agua (UN Water), https://bit.ly/3VUh10P.

52-53 ACUÍFEROS KÁRSTICOS

DEL METEORITO AL TREN por Iris Neri Flores

p.52: Estrada-Medina y Álvarez-Rivera, Distribución geográfica y características del medio físico natural de los ambientes kársticos de México, 2024, https://bit.ly/4iOq3J0. Urrutia, et al., Impact ejecta and carbonate sequence in the Eastern sector of the Chicxulub crater, 2008, https://bit.ly/4jQpnEa. – **p. 53**: Neri et al., Salinity distribution as a hydrogeological limit in a karstic watershed in Yucatan, 2025, https://bit.ly/4sIiJSH. Gasca (coordinador), Tren maya. Impactos territoriales y escenarios de cambio en la Península de Yucatán, UNAM, 2024, https://bit.ly/4ziYWeV,

54-55 ALTERNATIVAS

CAMBIAR EL RUMBO, por Andreiev Pinzón, Luis Fernando Sánchez Supelan

p. 54: Adam Williams, Mexico's Water Crisis Is Spilling Over Into Politics, Americas Quarterly (AQ), 2023, https://bit.ly/46wM201. – **p. 55** arriba: Umweltbundesamt (UBA), Ziele und Politikinstrumente fur klimaresiliente Schwammstadte, Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „Neues Europaisches Bauhaus weiterdenken – AdNEB", 2024, **p. 9**, https://bit.ly/4eNSxgZ. – **p. 55** abajo: Carolina Rodriguez et al., Water Context in Latin America and the Caribbean, Water, 14, 2022, https://bit.ly/3KgjksB.

56-57 AGUA PARA EL AMBIENTE

LA OPCIÓN NATURAL, por Sergio Salinas Rodríguez

p.56: Salinas y Martínez, Water Reserves for the Environment: A Strategic and Temporal Analysis (2012–2022) for the Implementation of Environmental Flows in Mexico, 2024, https://bit.ly/4BvYr2Z. p.57. –**p.57**: Linke et al., Global hydro-environmental sub-basin and river reach characteristics at high spatial resolution, 2019, https://bit.ly/4zVQDG2. Barrios et al., Programa Nacional de Reservas de Agua en México: Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente, 2015, https://bit.ly/4sIlvr5.

58-59 SOLUCIONES

CULTIVAR EL AGUA, por by Ute Scheub, Stefan Schwarzer

p. 58: Beate Zimmermann et al., Assessing the cooling potential of climate change adaptation measures in rural areas, Journal of Environmental Management, 366, 2024, **p. 10**, https://bit.ly/4i2yhuJ. – **p. 59** arriba: Bund fur Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Hochwasserruckhaltung durch Auenrevitalisierung, 2012, https://bit.ly/49aIVM5. Bund fur Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND), Feuchtgebiete, 2024, https://bit.ly/4g8qERR. Olivia Dorothy et al., MDPI, Nutrient Retention in Ecologically Functional Floodplains, https://bit.ly/3VEa0BV. – **p. 59** abajo: Bundesamt fur Naturschutz (BfN), Gewasser und Auen – Nutzen fur die Gesellschaft, 2015, https://bit.ly/3Zouvol.

LA FUNDACIÓN HEINRICH BÖLL

La Fundación Heinrich Böll (Heinrich-Böll-Stiftung) es una fundación política alemana afín al Partido Verde alemán (Alianza 90/Los Verdes). Su principal tarea es la educación política y la defensa de causas en Alemania y en el extranjero.

Nuestros principios fundamentales son la ecología y la sostenibilidad, la democracia y los derechos humanos, la no violencia y la justicia. En nuestro trabajo, ponemos especial énfasis en la democracia de género, la igualdad de derechos para las minorías y la participación política y social de los migrantes.

Nuestro homónimo, el escritor y ganador del Premio Nobel Heinrich Böll, encarna los principios fundamentales que defendemos: la defensa de la libertad y la dignidad humana, el coraje cívico, el debate abierto y el reconocimiento del arte y la cultura como esferas independientes de pensamiento y acción. Como centro de pensamiento dedicado a las visiones e ideas verdes, formamos parte de una red internacional con 34 oficinas en todo el mundo y con proyectos asociados en más de 60 países.



ATLAS DE LOS PESTICIDAS
Edición México

mx.boell.org/es/2024/12/03/atlas-de-los-pesticidas



ATLAS DEL PLÁSTICO
Edición México

mx.boell.org/es/2020/12/06/atlas-del-plastico



ATLAS DE LA AGROINDUSTRIA
Edición México

mx.boell.org/es/2019/04/23/atlas-de-la-agroindustria-datos-y-hechos-sobre-la-industria-agricola-y-de-alimentos-2019



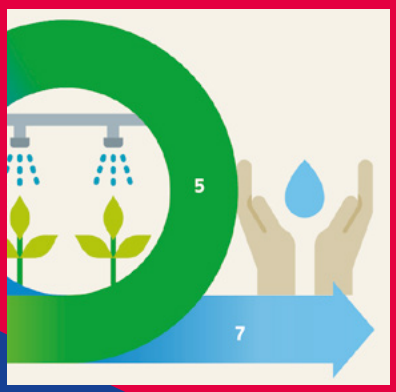
ATLAS DE LOS OCÉANOS
Con Adéndum digital México 2017

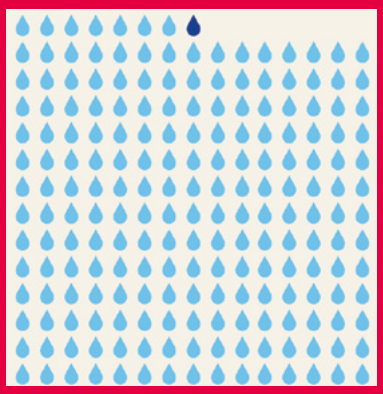
mx.boell.org/es/2018/08/16/atlas-de-los-oceanos-2017



ATLAS DE LA CARNE
Edición Latinoamérica

mx.boell.org/es/2014/08/14/atlas-de-la-carne







En las zonas metropolitana de Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey, la extracción anual de agua es superior a la recarga.

De: UN GRAN ROMPECABEZAS, página 10

Más de 2 000 millones de personas carecen de acceso al agua potable. Los más afectados son los más vulnerables socialmente.

De: AGUA PARA TODOS, página 12

Debido a la crisis climática, los océanos se están calentando y el hielo se está derritiendo.Los fenómenos meteorológicos extremos, como las sequías y las inundaciones, son cada vez más frecuentes.

De: BAJO PRESIÓN, página 16

A nivel mundial, la agricultura representa el 72 % del consumo de agua. La carne tiene una huella hídrica significativamente mayor que una dieta basada en vegetales.

De: MENTALIDAD DE ESCASEZ, página 32