

DETERIORO SILENCIOSO

Aproximación a la relación agua,
contaminación y salud





Investigación: Ana Samantha Lara Ramírez, Ana Gabriela Ocaña Ucha, Angelica Jazmine Cantoral Arreola, Amaury Itzamná Calzadilla Ávila, Diana Stephanie Ángeles Cruz, Jessica Pineda Silva y Francisco Guerrero Huerta

Coordinación editorial: Claudia Romero Herrera y Eckhart Campero Casique

Coordinación ejecutiva: Regina Monroy Gómez

Coordinación técnica: Carlos Iván Aguilar y Karla Olvera Rodríguez

Revisión editorial: Genaro García Guzmán, Luis Gerardo Mendoza Araujo y Estefanía Gasperín López

Portada: Alma Giselle Sánchez Díaz




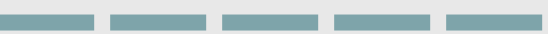

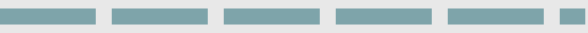
Diseño editorial e ilustraciones: Alma Giselle Sánchez Díaz y Brenda Ortega

Cartografía: Cecilia Robles Bernal

Libre reproducción de este contenido bajo la Licencia Creative Commons

Querétaro, marzo 2025

ÍNDICE

| | | |
|--------------------------------|--|----|
| Introducción |  | 01 |
| I. Una salud en deterioro |  | 02 |
| II. Entender la contaminación |  | 12 |
| III. Territorios en riesgo |  | 33 |
| IV. Los ríos de nuestra ciudad |  | 47 |
| V. Reflexiones finales |  | 83 |

Presentación

Nos enfrentamos a una emergencia global debido a la degradación del aire, el agua y la biodiversidad que representa una amenaza directa para todas las formas de vida en el planeta. Los problemas en los que se expresa no son independientes; están profundamente relacionados y se retroalimentan, tanto creando como magnificando crisis civilizatorias, sociales, ecológicas, alimentarias, hídricas y económicas.

La humanidad, desde su breve aparición en el planeta tierra ha provocado impactos desproporcionados sobre el ambiente. El antropoceno marca el inicio de alteraciones a los procesos naturales del planeta que en largo plazo han dado como resultado, entre otros efectos, el aumento de la temperatura global, una alta tasa de extinción de especies, degradación de hábitats y en general el deterioro de las condiciones para la salud.

A pesar de los avances en la comprensión de estas crisis y los esfuerzos globales para mitigarlas; informes, conferencias internacionales, avances en la investigación e implementación de nuevas tecnologías y la divulgación de las problemáticas en diferentes niveles, los problemas persisten.

El presente informe pretende acercar a la población a la comprensión integral de la crisis socioecológica a través de diversos enfoques: científico, histórico, cultural, técnico y social. Articulando ciencia con ciudadanía, el documento no solo busca informar sobre los peligros ambientales actuales, sino también subrayar las injusticias sociales y económicas que agravan la situación y plantea la necesidad de adoptar nuevos enfoques integrales como la Salud Planetaria, que propongan soluciones que consideren tanto el bienestar humano como el respeto a los límites ecológicos.

El desafío ambiental al que nos enfrentamos actualmente requiere un cambio profundo en la manera en que entendemos nuestra relación con la naturaleza. Es indispensable que los esfuerzos de mitigación y adaptación no se limiten a enfoques fragmentados, sino que integren perspectivas ecológicas, sociales y económicas, asegurando justicia ambiental, y un desarrollo integralmente sostenible.

Luis Gerardo Mendoza Araujo

I. Una Salud en deterioro



Nos encontramos en estado de emergencia debido al deterioro del aire, la creciente escasez de agua, la deforestación, la desertificación de la tierra, entre otros. **La Tierra se percibe como un planeta alterado, incendiado, lleno de basura, agua y aire sucios.**

Esta enfermedad planetaria, es conocida como la **triple crisis global** caracterizada por la contaminación, el cambio climático y la pérdida de diversidad de los seres vivos que habitan el planeta (PNUMA, 2022).

Aunque estos múltiples problemas se conciben de forma aislada, en realidad están interconectados y se retroalimentan entre sí en la llamada **crisis civilizatoria** que engloba las crisis alimentaria, climática, sanitaria, energética, hídrica, humanitaria y económica (Bartra, 2013). Este desafío global impacta significativamente en nuestras vidas, ya que dichas crisis vienen acompañadas de injusticia y desigualdad social, enfermedad, despojo y explotación; están vinculadas con los procesos del ambiente e impactan todas las formas de vida.

La Tierra ha sido testigo de diversos eventos que ocurrieron a lo largo de millones de años, como el movimiento de las placas tectónicas, la actividad volcánica, el impacto de meteoritos, los cambios de la temperatura, y uno de los más grandes transformadores del entorno: la vida. En el tiempo de nuestro planeta, la vida ha emergido y se ha diversificado en **una compleja red de especies que interactúan entre sí y con su entorno**. Desde la aparición de las primeras bacterias que llenaron de oxígeno la atmósfera, pasando por el auge de los dinosaurios, cuya extinción dio paso a la diversidad de mamíferos, hasta la aparición de la especie humana, **cada especie ha transformado el planeta y reconfigurado sus ecosistemas.**

Los más de 200,000 años de historia que tiene la especie humana son apenas un parpadeo comparado con los millones de años de vida en la Tierra. No obstante, desde hace aproximadamente 200 años representamos una especie con un impacto importante, alterando ecosistemas enteros y modificando el curso de la evolución.

Si el tiempo de la Tierra fuese un calendario de 365 días, la especie humana aparecería en el día final y al último segundo.



Hay cada vez mayor evidencia científica de que las actividades humanas sobre la Tierra han cambiado los procesos planetarios de manera duradera. El **Antropoceno** describe la época geológica en la que las actividades humanas han tenido un impacto significativo y global en el planeta. Algunos estudios proponen el inicio de antropoceno con **revolución industrial** a finales del siglo XVI (Crutzen, 2002), otros proponen a inicios del siglo XV con la conquista (Moore, 2016), otras propuestas lo relacionan con el inicio de las pruebas de la bomba atómica (Lewis y Maslin, 2016).

Sin embargo, los cambios en la temperatura del planeta, el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, el consumo de agua y energía, la deforestación, el crecimiento de la población y la urbanización, se disparan a partir del año de 1950, periodo conocido como la **Gran Aceleración** (Steffen et al., 2015).



Se estima que para nuestros días la temperatura media mundial aumentó 1.2 °C y que la tasa de extinción de especies es 100 a 1,000 veces superior. Basado en extinciones pasadas (como la de los dinosaurios), es probable que a la vida le tome 10 millones de años para recuperarse de la actual extinción provocada por la especie humana (Lowery y Fraass, 2019).

| Variable | 1950 | 2021 |
|--|-------------------------|---------------------------|
| Población mundial | 2,500 millones | 8,000 millones |
| Población en ciudades | 29% | 56% |
| Producto Interno Bruto mundial (PIB) | 9 billones USD | 84 billones USD |
| Producción de plástico | 2 millones de toneladas | 360 millones de toneladas |
| Concentraciones atmosféricas de (CO ²) | 310 partes por millón | 410 partes por millón |

Cambios drásticos en la población, producción y contaminación en el periodo de la Gran Aceleración.

Elaboración propia con base en Steffen et al. (2015).

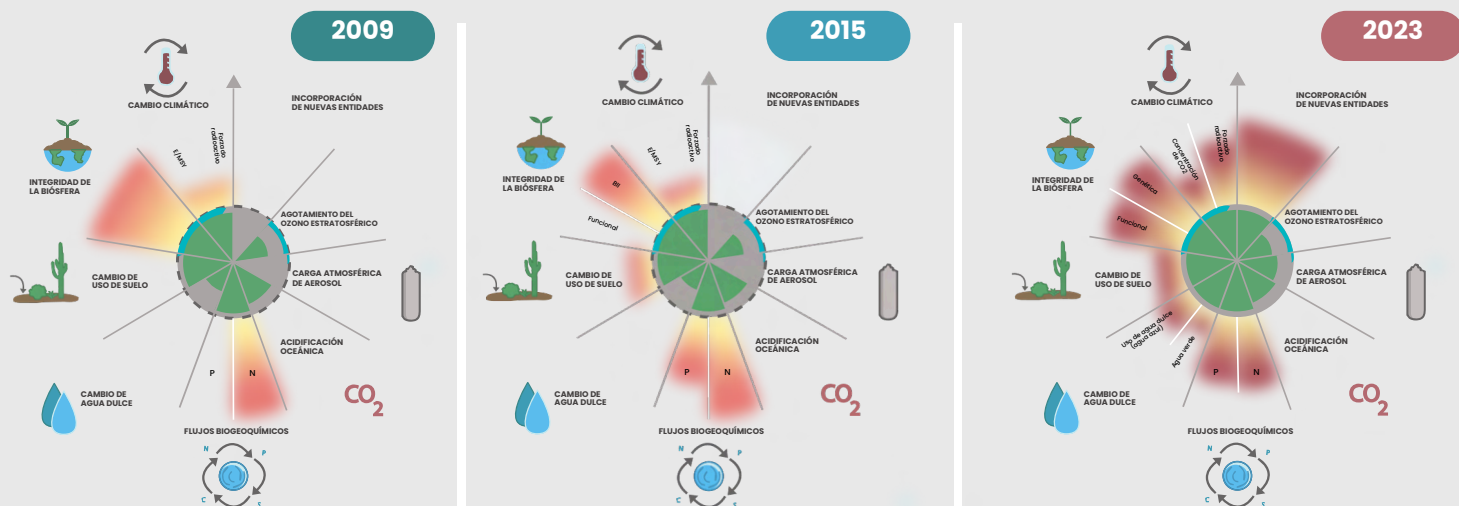
El pensamiento moderno, fundamentado en el individualismo, el culto a la razón, la ciencia y la tecnología, que se impuso globalmente a través de la conquista, separó artificialmente a la humanidad de la naturaleza. La mayoría de comunidades humanas perdimos la noción de que somos naturaleza, que venimos de ella y a ella regresamos. Empezamos a **verla como algo distante, desde afuera, desde donde no estorbe, no ensucie y no nos amenace; y nos dedicamos a conquistarla, domesticarla y someterla**. Poco a poco fuimos cortando los lazos que nos conectan con todo lo que también somos, sin darnos cuenta de la reciprocidad de nuestros actos. De pronto, los bosques, matorrales, selvas y mares se volvieron "recursos" para ser explotados y acumulados; lo común se volvió privado y la ayuda mutua se cambió por la supervivencia del más "fuerte".

Desde hace décadas, comunidades originarias, investigadores y ambientalistas de diversas partes del mundo han denunciado los efectos de la urbanización excesiva, la industrialización, y el crecimiento demográfico que trajo consigo el **modelo de desarrollo mundial dominante** posterior a la Segunda Guerra Mundial. Específicamente, durante la década de los sesenta diversos movimientos daban cuenta de tales transformaciones sociales y ambientales del planeta, desde los movimientos anti-guerras y antirracistas, hasta las demandas laborales, feministas y ecologistas. El movimiento ecologista tomó mayor relevancia para la sociedad y los gobiernos con la publicación del libro **"Primavera Silenciosa"** de la bióloga estadounidense Rachel Carson en 1962 que

documentaba los efectos del uso excesivo y sin regulación de los pesticidas, particularmente el dicloro-difenil-tricloroetano (DDT), sobre los ecosistemas y la salud humana.

El 22 de abril 1970, se celebró por primera vez el Día de la Tierra en Estados Unidos con el objetivo de exigir políticas de protección del ambiente y dos años después se publicó el informe **"Los límites del crecimiento"** que con base en modelos computacionales advertía sobre los problemas del crecimiento económico ilimitado en un planeta con bienes naturales finitos que derivarían en un colapso ambiental y económico a futuro (Meadows, 1972). Posteriormente, a través de encuentros internacionales, como la Conferencia de Estocolmo, el Informe de Brundtland y la Cumbre de la Tierra, se impulsaron agendas, políticas y marcos de referencia, como la sustentabilidad, para revertir las causas y efectos de la crisis ambiental.

Sin embargo, a pesar de las movilizaciones y de los acuerdos internacionales, la contaminación, la explotación de bienes naturales y la degradación de los ecosistemas continuaron. En 2009, se publicó la investigación **"Los Límites Planetarios"** que identificó 7 umbrales críticos dentro de los cuales la humanidad puede funcionar de manera segura sin causar cambios ambientales peligrosos que comprometan la estabilidad y funcionamiento del planeta (Rockström, 2009). Estos umbrales son: **1) cambio climático, 2) integridad de la biósfera, 3) cambio de uso de suelo, 4) cambio de agua dulce, 5) flujos biogeoquímicos del Nitrógeno y del Fósforo, 6) acidificación de los océanos, y 7) agotamiento del ozono.** Para el año de la publicación, ya se habían cruzado 3 límites y para 2015 asciende a 5 límites cruzados (Steffen et al., 2015). En 2023, se incluyeron dos umbrales nuevos: 8) Aerosoles en la atmósfera y 9) Nuevos componentes; y los límites cruzados ascendieron a 6 (Richardson et al., 2023).

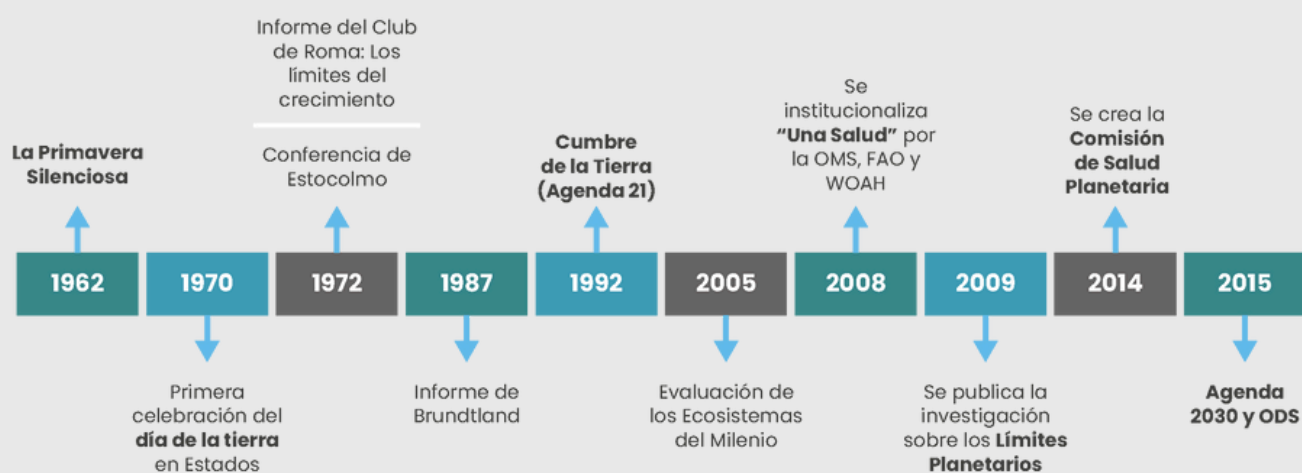


Evolución de los límites planetarios.

Fuente: Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, y Rockström et al. 2009.

Como ya lo habían denunciado los movimientos ecologistas en los sesentas, los efectos de dicha crisis ambiental no son iguales para todas las poblaciones. El 1% de la población concentra 82% de la riqueza mundial (OXFAM, 2019), mientras que el 50% de la población más pobre solo genera el 7% de las emisiones de carbono globales, el 10% más rico de la población mundial es responsable del 52% de dichas emisiones. Las personas y países más empobrecidos son las que más están sufriendo esta crisis, pese a ser precisamente las que menos responsabilidad tienen. **Esta desigual social y ambiental es consecuencia de un modelo capitalista de desarrollo que se impulsó a nivel mundial.**

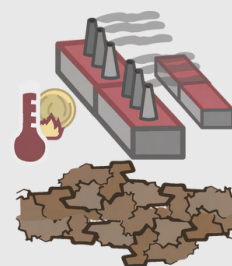
Así pasamos del Antropoceno al **Capitaloceno** para explicar que los intensos cambios en la dinámica planetaria no son consecuencia de todas las actividades de la humanidad, sino por la estructura y las dinámicas del modelo económico, político y productivo capitalista, tales como el crecimiento económico sin límites, la explotación de la naturaleza, el despojo y la acumulación de la riqueza privada (Moore, 2014). En este modelo, la naturaleza se valora en términos económicos y se convierte en una mercancía que puede comprarse, venderse, privatizarse y acumularse. Bajo esta lógica, una institución puede deforestar o contaminar y solo compensar económicamente por las consecuencias, como el mercado de bonos de carbono o el principio “El que contamina paga”.



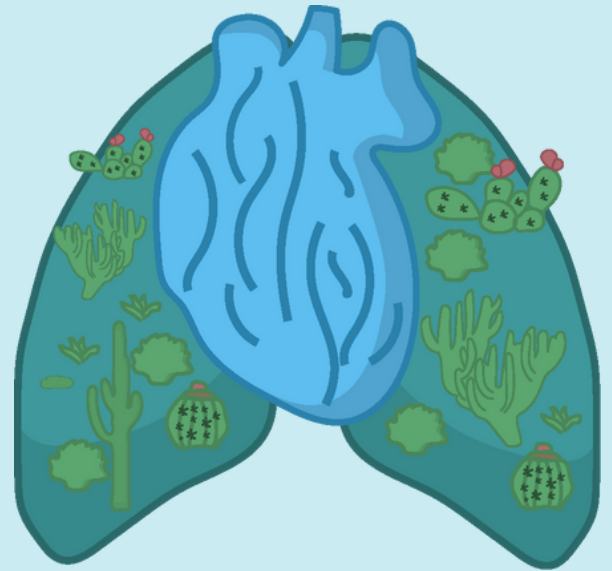
Principales hitos sobre salud y deterioro planetario.

Elaboración propia.

El modelo **capitalista** tiene como único objetivo la generación de riqueza a través de la propiedad privada y la libre competencia. Este modelo se basa en la **producción, el consumo y el crecimiento infinitos** lo cual implica la explotación acelerada de la naturaleza en un planeta con **límites finitos**, cuyos ciclos de regeneración implican cientos, miles, e incluso millones de años.

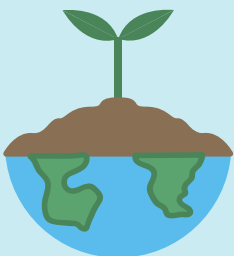


Sin salud planetaria no hay salud humana



La reciente pandemia por COVID-19 dejó en evidencia que la salud humana depende de la salud ambiental. Sin embargo, esta noción de interconexión no es nueva, ni surge de la crisis ambiental contemporánea. Para muchas culturas antiguas la salud era concebida como un **estado de equilibrio con la naturaleza** cuyas prácticas médicas estaban ligadas con su religión. Hacían uso de la herbolaria, de oraciones y purificaciones. Para los pueblos originarios en México, y otras culturas tradicionales todavía vivas, la salud implica un **equilibrio entre la persona y el cosmos**, que se convierte en enfermedad al romperse este equilibrio (Torres Vaca et al., 2014). El griego Hipócrates, considerado como el padre de la medicina moderna, definía la salud como un equilibrio entre sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra, que se veía afectada por el aire, el agua y el ambiente. Los romanos, influenciados por los griegos, también consideraban la salud como el equilibrio y la armonía del cuerpo.

Durante la Edad Media, la expansión del cristianismo en Europa influyó en la salud y las prácticas médicas. Las enfermedades a menudo se veían como castigos divinos o pruebas espirituales, cuyos tratamientos se centraban en la oración y los remedios herbales. Sin embargo, durante el Renacimiento, se descubrieron avances en anatomía y fisiología, de tal forma que la salud y la medicina se empezaron a ver desde una perspectiva más científica y menos religiosa, mística o espiritual. Los avances filosóficos y descubrimientos sobre el Sol, la Tierra, la gravedad y la naturaleza entre los siglos XVI y XVII significaron una transformación profunda en la forma en que se comprendía el mundo. Para el caso de la medicina, permitió una comprensión más detallada del cuerpo humano y de las enfermedades.



Sin embargo, la creación del método científico que incorporó la experimentación y la predicción, facilitó la idea de estudiar y analizar la naturaleza para controlarla. Los filósofos mecanicistas sostenían que el mundo natural, por ejemplo los animales, funcionaba como una máquina regida por la física y la mecánica cuyos mecanismos se podían controlar y sus efectos predecir. Esto marca una **división artificial: la sociedad se separa de la naturaleza**. El humano se convirtió en un sujeto que estudia, y la naturaleza en objeto de estudio. A la par, el conocimiento comenzó a dividirse en diversas disciplinas. Por ejemplo, la medicina humana se diferenció de la medicina veterinaria, a pesar de haber sido tratada antiguamente como una sola en diversas culturas (Zinsstag *et al.*, 2011).

El descubrimiento de los microorganismos como causantes de enfermedades y las vías de transmisión en humanos y animales, modificó la comprensión de la salud y la enfermedad. Anteriormente, se pensaba que las enfermedades se debían al aire pestilente, conocido como miasma, que emanaba de cuerpos en descomposición o del agua sucia. En la práctica médica, la atención se alejó del paciente como individuo y su entorno para centrarse en patógenos y patologías específicas (Mallee, 2017). Así, a principios del siglo XX, se consolidó el modelo biomédico de la medicina occidental, influenciado por la concepción de los cuerpos como máquinas, que concebía a la salud como la **ausencia de enfermedad o disfunción** y se enfocó en la curación y tratamiento de enfermedades a través de intervenciones médicas y tecnológicas.

No fue hasta la segunda mitad del siglo XX que se incorporó un enfoque más integral al reconocer la interacción entre factores biológicos, psicológicos y sociales en la salud. En 1948, La Organización Mundial de la Salud (OMS) la definió como un estado completo de bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de enfermedad o dolencia. Las estrategias de salud pública se enfocaban en campañas de vacunación y medicina preventiva de higiene, alimentación adecuada y ejercicio físico.

Para 1970, durante el pleno apogeo de los movimientos ecologistas, en Estados Unidos surge el término de **Una Medicina (One medicine)** para tratar de forma integral las enfermedades, especialmente las zoonóticas, es decir, infecciones transmitidas de los animales a los seres humanos. Este enfoque fue muy criticado y rechazado por la idea de superioridad de la especie humana (Hill-Cawthorne, 2019), sin embargo, dio paso a un nuevo enfoque denominado **Una Salud (One Health)**. Este enfoque propone mejorar la salud de las personas, los animales y el medio ambiente (OMS, 2021). No obstante, **“Una Salud”** separa la salud humana de la animal, dando mayor jerarquía a la primera, y se queda corta en integrar las complejas interconexiones ecosistémicas del planeta.

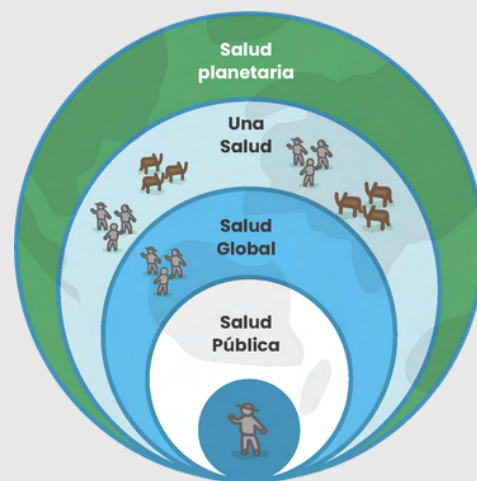


Como contrapropuestas surgieron los enfoques de Ecosalud y Salud Planetaria que incorporan nociones desde la ecología. En la década de los 90, se combina la salud pública con la gestión ambiental, y surge así la “Ecosalud” que se enfoca en mejorar la salud humana a través de la optimización de los ecosistemas (Zinsstag, 2012). Mediante estrategias para el manejo integral, se abordan una amplia gama de temas relacionados con la salud, incluidas las enfermedades de la fauna silvestre, la prevención de pandemias, las enfermedades transmitidas por el agua, la contaminación del aire, la salud comunitaria, y otros resultantes de la degradación de los ecosistemas (The World Bank, 2018).

Años después, en la década de los 2010, surge el enfoque “Salud planetaria”, que recupera los aportes de la investigación de “Los Límites planetarios”. Este enfoque se basa en políticas para alcanzar un estado de salud global, bienestar y justicia mediante sociedades que funcionen respetando los límites planetarios. Promueve soluciones para mitigar las amenazas que han llevado a la degradación de los ecosistemas, sin desatender las necesidades sociales, económicas y políticas de los sistemas humanos. Esto incluye el cambio climático, la contaminación por nutrientes como nitrógeno y fósforo, la disminución de la biodiversidad, los cambios en el uso del suelo y la erosión. La capacidad de prepararse, recuperarse y adaptarse a las perturbaciones es fundamental para la salud del planeta (Hill-Cawthorne, 2019).

La **contaminación del aire**, causada por gases de industrias y emisiones por la quema de combustible fósil puede provocar enfermedades respiratorias como el asma, bronquitis, cáncer de pulmón y afecciones cardiovasculares. La **contaminación del agua** por desechos urbanos e industriales, agroquímicos y metales pesados por minería puede causar infecciones gastrointestinales y dérmicas, cáncer y alteraciones hormonales. A su vez, la **deforestación** y destrucción de selvas, bosques y matorrales para edificar ciudades, obtener materia prima o cultivar alimentos y ganado, provoca la muerte de plantas y animales. Esta **pérdida de hábitats** naturales, junto con el cambio climático, puede aumentar el riesgo de brotes de enfermedades zoonóticas, como el COVID-19, la influenza aviar o el dengue. Pero el **cambio climático** también puede alterar la frecuencia y la intensidad de fenómenos climáticos como altas temperaturas, sequías o inundaciones que fuerzan a las comunidades a desplazarse.

La degradación ambiental daña la salud



Esta breve revisión histórica de la relación entre salud y naturaleza, pone en evidencia las causas y consecuencias de la crisis socioambiental actual, producto del **modelo de desarrollo mundial dominante**. Desde ese contexto, buscamos indagar a nivel local en la relación entre la contaminación del agua y la salud planetaria, haciendo énfasis en la salud de los ríos y su relación intrínseca con el bienestar humano.

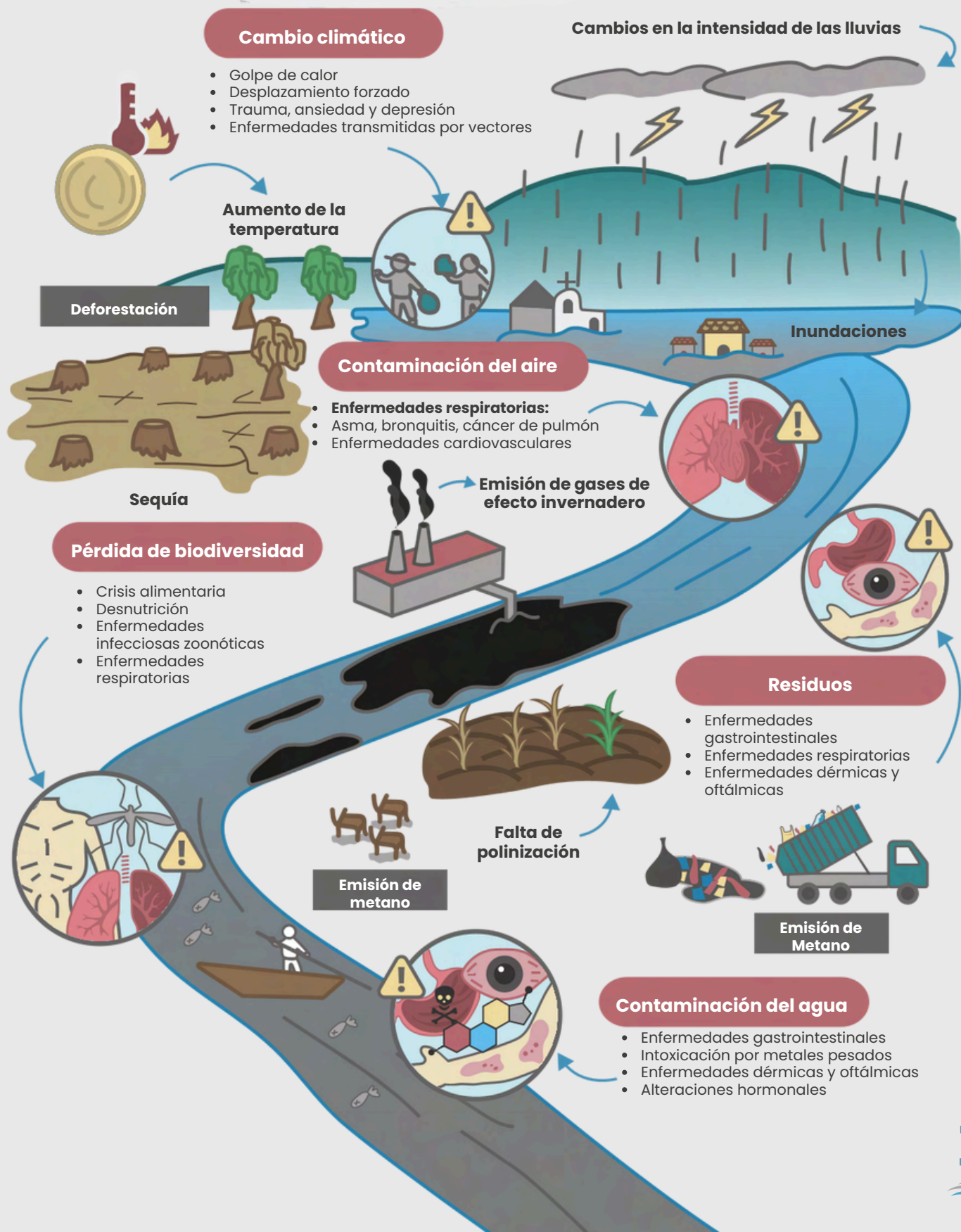
La hipótesis de Gaia de James Lovelock (1979) propone que el planeta Tierra es un superorganismo. Los ríos, al igual que los seres vivos, poseen mecanismos de autorregulación. La compleja red hídrica actúa como las venas del planeta, que transportan nutrientes, organismos, agua, sales y minerales, al igual que nuestro sistema circulatorio. A través de la turbulencia de cascadas y rápidos o de la actividad fotosintética de las plantas, el río se oxigena y hace un intercambio de gases, similar a nuestra respiración. Los ríos cambian y son dinámicos, en ellos podemos encontrar procesos que ocurren en segundos, como las reacciones fisicoquímicas del agua; procesos de días o meses como los ciclos de vida de insectos o peces, hasta cientos o miles de años como la erosión fluvial que moldea el paisaje en cañones, valles y deltas.

Estos ecosistemas son resilientes, tienen mecanismos de recuperación frente a perturbaciones, similar a la función de un sistema inmune. A través de la calidad del agua, de la diversidad de seres vivos que habitan en ellos, el sedimento o el estado de las riberas, **los ríos nos ofrecen signos y síntomas que nos revelan su estado de salud**.

Cuando los ríos son perturbados de forma prolongada y grave, a través de descargas de agua contaminada, la destrucción de la vegetación acuática o la rectificación del cauce, su resiliencia disminuye, su salud se deteriora, y en cascada, la salud de los seres vivos, incluidos los humanos.



Interconexiones y procesos en la Salud Planetaria



II. Entender la contaminación del agua

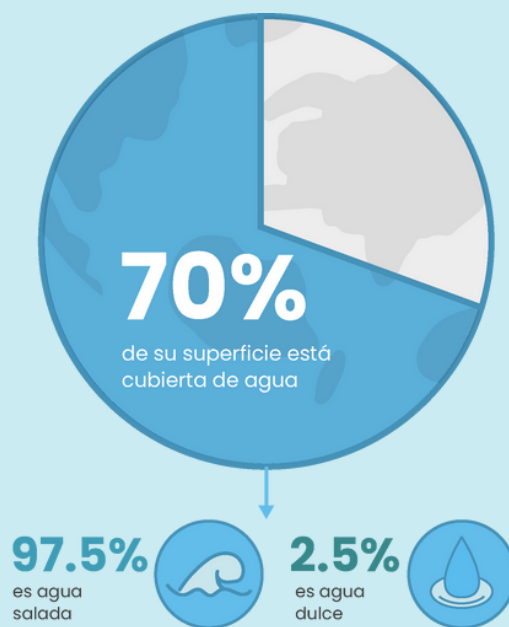


La contaminación del agua junto con la sequía ha contribuido a una **crisis del agua dulce** que amenaza las fuentes de las que dependemos para el **agua potable** y otras necesidades fundamentales (National Geographic, 2023). Se prevé que la creciente demanda de alimentos y energía, la creciente población mundial, sumados a la crisis climática, ejercerán más presión sobre el agua dulce disponible (European Space Agency, 2023).

Producir bienes y servicios no sólo ha detonado mayor demanda hídrica, también **mayor generación de aguas residuales**, de las cuales una proporción importante (sobre todo en los países del sur global) se vierte sin tratamiento en los cuerpos de agua. **La contaminación de aguas superficiales y acuíferos reduce la disponibilidad hídrica**, requiriéndose en algunos casos de importantes inversiones económicas para su tratamiento y potabilización (SEMARNAT, 2016).

Los países ricos tratan cerca del 70% de las aguas residuales que generan, mientras que en los países con rentas medio-altas hay una proporción del 38% y en los países con rentas medio-bajas de 28%. En los países pobres sólo recibe algún tipo de tratamiento el 8% de las aguas residuales industriales y municipales (Sato et al., 2013).

Cada año se extraen en el mundo unos 3,928 hm³ de agua dulce, un hectómetro cúbico de agua equivale a mil millones de litros, que es el consumo anual de una población de 15.000 personas. (Comunidad de Regantes del Valle Inferior del Guadalquivir, 2016). Se estima que el 44% de dicha agua (1,716 hm³ al año) se consume en la agricultura a través de la evaporación en las tierras de cultivo irrigadas. El 56% restante (2,212 hm³ al año) se libera en el medio ambiente como aguas residuales en forma de efluentes municipales e industriales y agua de drenaje agrícola (FAO, 2015).



Ciclo Hidrosocial



Calidad y contaminación del agua

Naturalmente, el agua de ríos, acuíferos, lagos y mares contienen materiales disueltos, como sales, minerales, nutrientes, metales o gases, que adquiere a lo largo de su ciclo en el planeta. Estos materiales determinan las **características químicas del agua**. Sus **características biológicas** son configuradas por la presencia de biota (todas las formas de vida) dentro del cuerpo del agua. Son ejemplo de **características físicas**, la temperatura y la carga de sedimentos. La "calidad" del agua resulta de la medición de las características descritas y el cumplimiento (o no) de parámetros estipulados en algún estándar. Los diferentes usos del agua tienen diferentes estándares de calidad (IPCC, 2001).

La **contaminación**, por otro lado, se puede definir como el deterioro de algún aspecto de las características químicas, físicas o biológicas **del agua** (su "calidad") hasta tal punto que afecta algún uso de esa agua o de los ecosistemas dentro del agua. La **gravedad** de la contaminación del agua se rige por la **cantidad y tipo de contaminantes** y la **capacidad de asimilación** de los cuerpos de agua receptores, que depende de las características **del caudal**. No todos los contaminantes pueden asimilarse (IPCC, 2001).

Las actividades humanas afectan negativamente la calidad del agua. Las fábricas, plantas de tratamiento de aguas residuales ineficientes o la contaminación producida por los nutrientes y los plaguicidas, utilizados en las actividades agrícolas, así como los **contaminantes** liberados al aire por la industria que vuelven a caer a la tierra y al mar son algunos ejemplos (EEA, 2024).

Tipos de Calidad de Agua por Uso



Agua para uso y consumo humano
NOM-127-SSA-2021



Agua para reuso con contacto directo
NOM-003-SEMARNAT-1996



Agua para reuso con contacto indirecto
NOM-003-SEMARNAT-1997



Agua para descarga a ríos y arroyos
NOM-001-SEMARNAT-2021



Agua para descarga a embalses y lagunas
NOM-001-SEMARNAT-2021



Agua para riego de suelo agrícola
NOM-001-SEMARNAT-2021



Agua para descarga a alcantarillado
NOM-002-SEMARNAT-1996

Agua para uso y consumo humano: Es aquella que no causa efectos nocivos a la salud, no presenta contaminantes en concentraciones fuera de los límites permisibles y no proviene de aguas residuales tratadas.

Potabilización: Conjunto de operaciones y procesos, físicos, químicos y biológicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento a fin de hacerla apta para uso y consumo humano.

Los contaminantes que causan el deterioro en la calidad del agua se clasifican en:

Contaminación Microbiológica

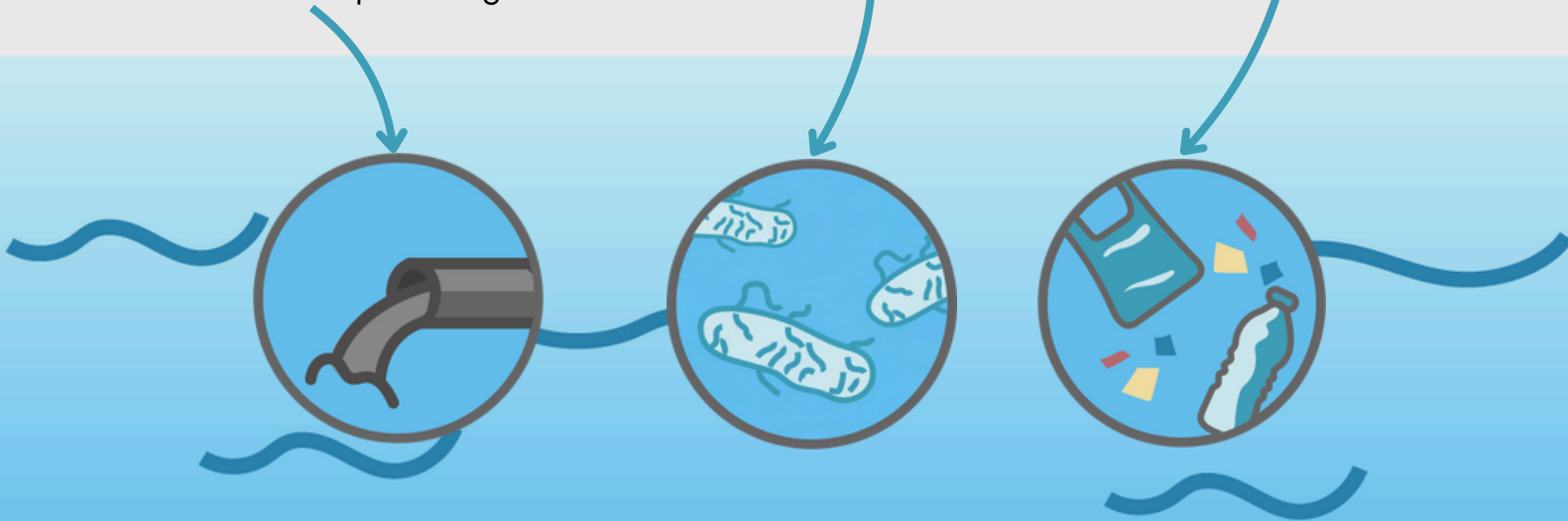
Presencia de organismos microscópicos que pueden contaminar el agua causando enfermedades en humanos y biota acuática o terrestre.

Contaminación Química

Alteración en la composición química del agua dada por la presencia de compuestos y sustancias en concentraciones y/o periodicidades ajenas a las naturales en los cuerpos de agua.

Contaminación Física

Son contaminantes que afectan las características físicas en los cuerpos de agua.



Para México, algunos estándares de calidad del agua están configurados por las **Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)** que determinan las características que la calidad del agua debe cumplir según criterios técnicos enmarcados en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, expresados mayormente en concentración de sustancia.

"El agua es especialmente vulnerable a la contaminación. Como "solvente universal", es capaz de disolver más sustancias que cualquier otro líquido de la tierra."
(Natural Resources Defense Council, 2023)

Contaminación Química

Contaminantes orgánicos

Materia orgánica biodegradable

Incluye aguas residuales, desperdicios de alimentos y escurrimientos agrícolas. Se descomponen en agua y consumen oxígeno disuelto, lo que provoca hipoxia (agotamiento de oxígeno), causando eutrofización (exceso de nutrientes).

Contaminantes orgánicos persistentes (COP)

Sustancias químicas tóxicas e industriales que no se descomponen fácilmente en el ambiente. Ejemplos: el DDT como herbicidas y pesticidas; PCB (bifenilos policlorados) usado en refrigerantes, lubricantes, plastificantes, pigmentos y tinte; HAP (Hidrocarburos policíclicos aromáticos) generados por la combustión incompleta de materia orgánica. Son carcinógenos, disruptores endocrinos (alterador hormonal) y mutágenos.

Contaminantes inorgánicos

Metales pesados

Los metales como el plomo, el mercurio, el cadmio y el arsénico son tóxicos y pueden acumularse en los organismos acuáticos. A menudo proceden de residuos industriales y de operaciones mineras.

Nutrientes

Cantidades excesivas de nitrógeno y fósforo, en su forma inorgánica, provenientes de fertilizantes agrícolas y aguas residuales pueden causar eutrofización, lo que lleva a un crecimiento excesivo de algas y al agotamiento del oxígeno en los cuerpos de agua.

Contaminación Microbiológica

Contaminantes microbianos

Patógenos

Bacterias, virus y parásitos que ingresan al agua a través de aguas residuales, desechos animales y efluentes industriales (aguas residuales que pueden contener pesticidas, fertilizantes, hidrocarburos, fenoles, plastificantes, bifenilos, detergentes, entre otros). Pueden causar enfermedades transmitidas por el agua.

Contaminación Física

Contaminantes físicos

Sedimentos

El producto de la erosión del suelo puede acumularse en los cuerpos de agua, reduciendo la claridad del agua, obstruyendo los cursos de agua y dañando los hábitats acuáticos.

Materiales sintéticos

Como los desechos plásticos grandes que llegan a los ríos y océanos. Los plásticos no solo afectan la vida marina al ser ingeridos, sino que también actúan como transporte de otros contaminantes.

Calor

Las temperaturas elevadas del agua provenientes de procesos industriales como las plantas de energía pueden alterar los ecosistemas al **reducir los niveles de oxígeno disuelto y afectar a las especies** que son sensibles a los cambios de temperatura.

Radiación

Los materiales que emiten radiación, como el uranio y el plutonio, pueden ingresar al agua desde plantas nucleares, operaciones mineras y procesos médicos o industriales. **Alteran funciones biológicas en biota acuática.**

Contaminantes emergentes

Son las sustancias químicas que **no se han detectado con anterioridad**, o que **se presentan en cantidades muy pequeñas en el agua** (Aquaé, 2021). Gracias al avance en química analítica durante los últimos años, pueden ser cuantificados en las aguas hasta niveles de concentración muy bajos. No son solo nuevas sustancias sino compuestos del día a día, cuya determinación no había sido posible (MITECO, 2020).

La cantidad de sustancias consideradas emergentes es indeterminada e incluye **microplásticos; fármacos de uso humano o veterinario; plaguicidas y otros biocidas; aditivos de materiales como protectores anticorrosivos, retardantes de fuego, plastificantes; productos de limpieza en el hogar, cosméticos, fragancias, cremas; drogas ilícitas**. Aún no están sometidos a una regulación específica que les limite, aunque deberían regularse por su posible riesgo para la salud. El nivel de riesgo se determina evaluando la peligrosidad y la concentración en el agua. Muchos emergentes tienen efectos tóxicos (MITECO, 2020).

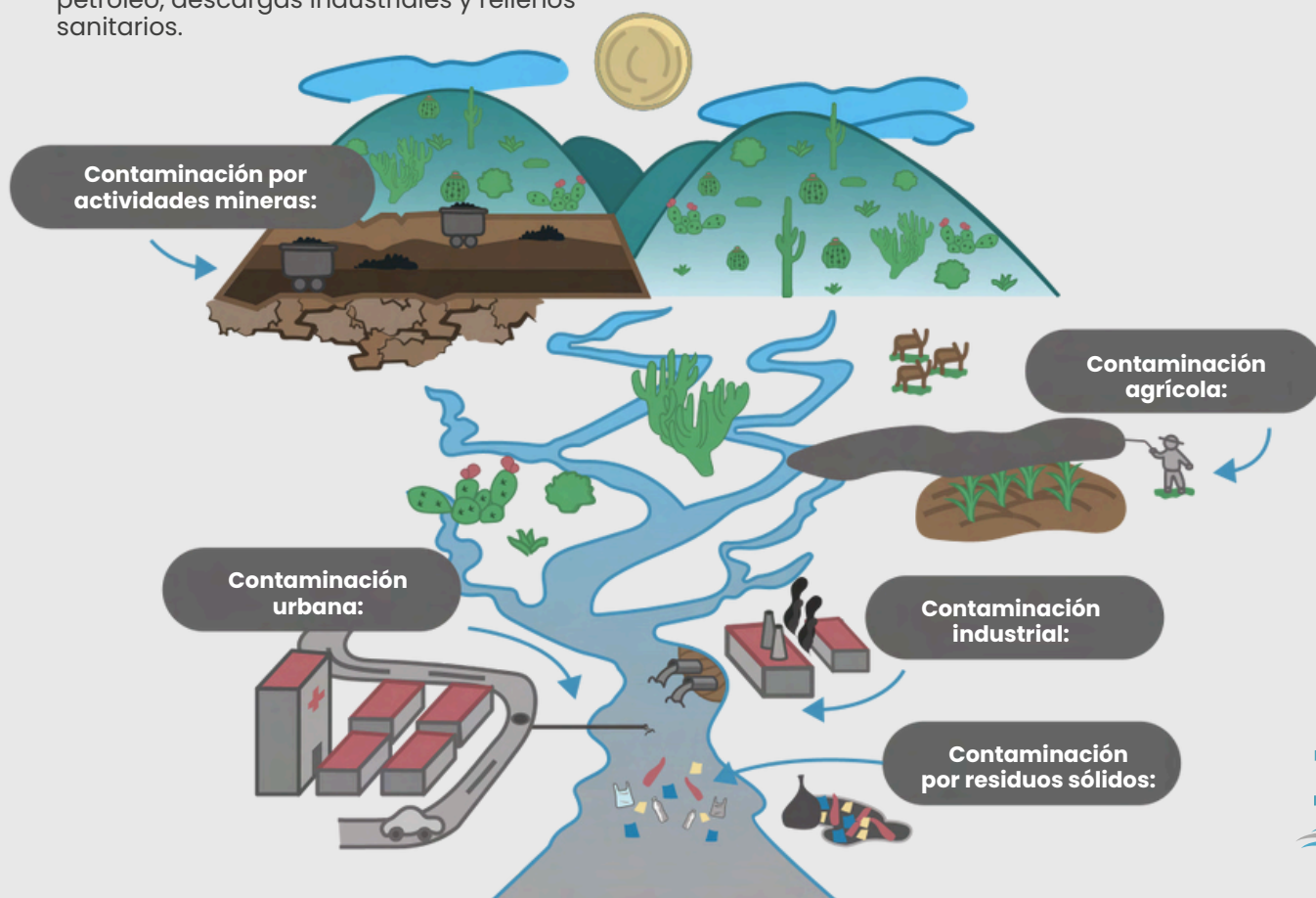
Las fuentes de contaminación se pueden clasificar por fuente o por actividad de origen.

Fuentes fijas:

Fuente única identificable de contaminación desde la cual se descargan contaminantes, como una tubería, una zanja, un barco. Suelen provenir de plantas de tratamiento que no funcionan de manera adecuada, derrames de petróleo, descargas industriales y rellenos sanitarios.

Fuentes difusas:

Se origina en múltiples fuentes dispersas, lo que dificulta su control. Asociada principalmente con escorrentía agrícola, en relación con el uso de fertilizantes y pesticidas.



La actividad contaminante produce desequilibrios en los **ciclos biogeoquímicos**, lo que puede llegar a provocar reacciones de consecuencias impredecibles para el ambiente y el conjunto del planeta (UNAM, 2006). Para **comprender los procesos naturales y humanos que afectan la calidad del agua** hay que entender la biogeoquímica del ciclo del agua en la sociedad. Esto es entender cómo la presencia de **elementos químicos**, las **reacciones biológicas** y las **interacciones geológicas** afectan los **ciclos de nutrientes**, la **distribución de contaminantes** y la **salud de los ecosistemas acuáticos**.

Las perspectivas biogeoquímicas sobre la calidad del agua se centran en los ciclos de nutrientes, la movilidad y transformación de contaminantes, y la interacción entre factores biológicos, geológicos y químicos. Los ciclos biogeoquímicos son la **circulación y transformación** de elementos esenciales como el carbono (**C**), nitrógeno (**N**), fósforo (**P**), azufre (**S**) y oxígeno (**O**) **entre el medio ambiente y los organismos vivos con el agua como vector principal**. La alteración de estos ciclos, impulsada por actividades humanas, tiene **efectos directos en la calidad del agua**.

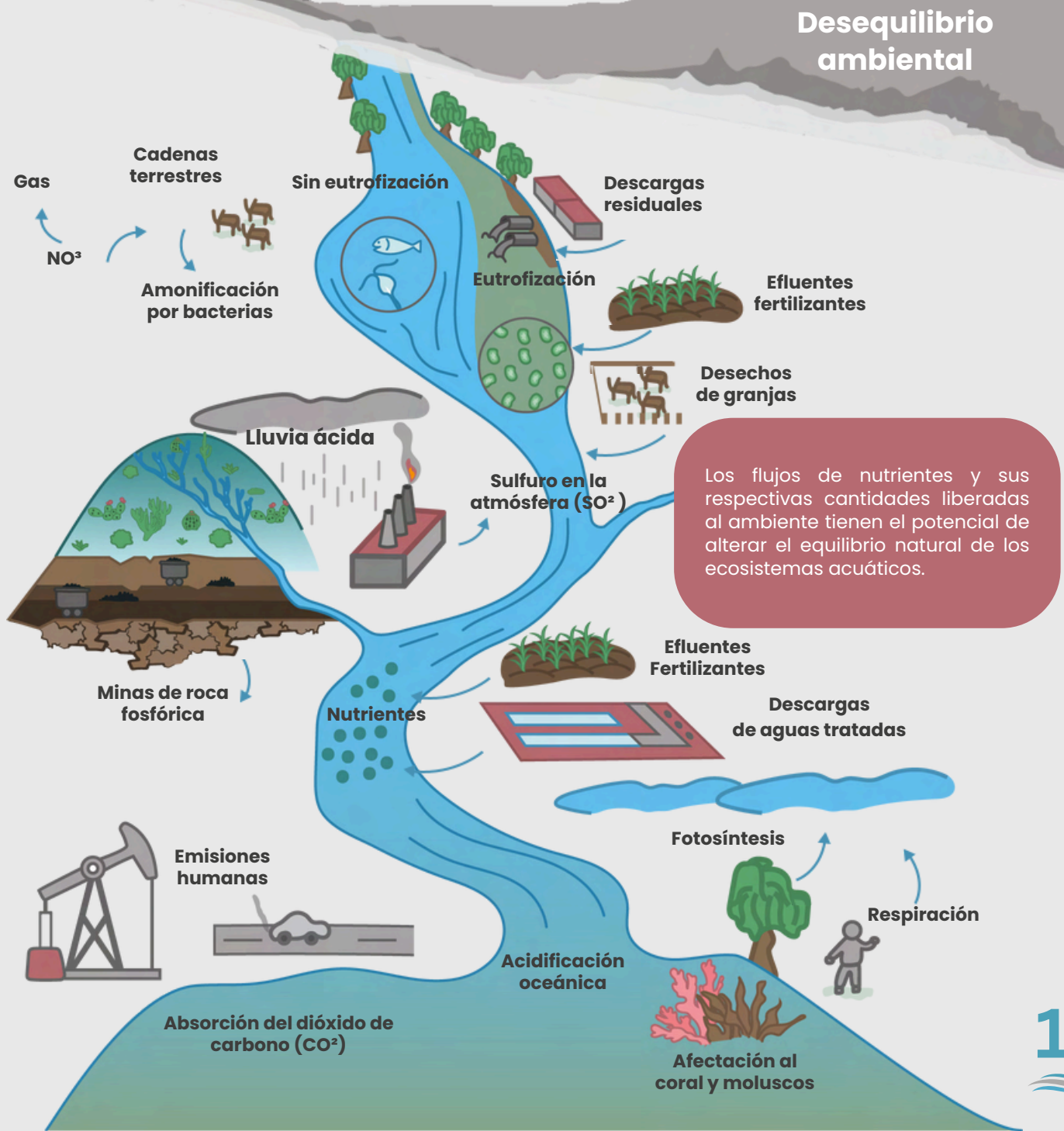
Tanto el clima como la biogeoquímica interactúan fuertemente con la pérdida de biodiversidad, la contaminación del aire, la seguridad alimentaria y la eutrofización tanto del agua dulce como marina (U.S. National Climate Assessment, 2018). El cambio climático altera aspectos clave de los ciclos biogeoquímicos, creando el potencial de retroalimentaciones que alteren tanto los procesos de calentamiento como de enfriamiento en el futuro.

Una perspectiva biogeoquímica también abarca las interacciones entre el agua superficial y subterránea. Estos sistemas están interconectados y las **reacciones biogeoquímicas que ocurren en uno pueden influir en la calidad del otro**, en tanto influyen en el transporte y la atenuación de estos contaminantes. En los acuíferos el transporte de contaminantes en aguas subterráneas los vuelve vulnerables a la **contaminación por nitratos, pesticidas y metales pesados que se infiltran desde la superficie**.

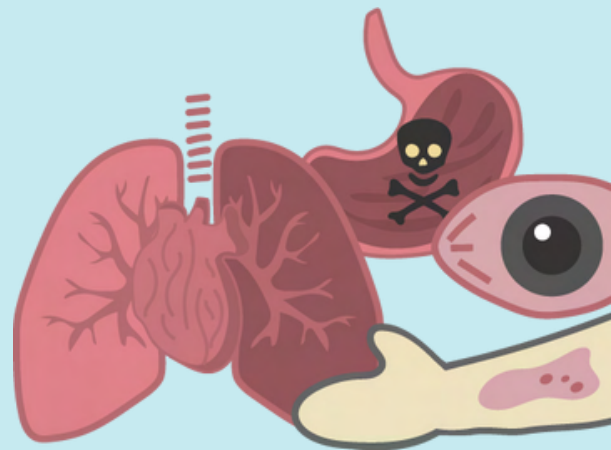
La producción humana de **nitrógeno** biológicamente disponible, impulsada principalmente por la producción sintética de **fertilizantes nitrogenados**, es ahora mayor que todas las formas de producción natural combinadas. El flujo de **fósforo** hacia los océanos, impulsado principalmente por el uso de **fertilizantes de minas y estiércol de ganado**, es aproximadamente tres veces el nivel preindustrial (Planetary Health Alliance, 2024).

En el mundo, el problema de calidad del agua más frecuente es la **eutrofización**, un proceso causado por el **exceso de nutrientes resultado de altas cargas de éstos (principalmente fósforo y nitrógeno)**, que perjudica los usos beneficiosos del agua. Las principales fuentes de nutrientes incluyen escorrentías agrícolas, aguas residuales domésticas (también una fuente de contaminación microbiana), efluentes industriales y aportes atmosféricos provenientes de la quema de combustibles fósiles y los incendios forestales (ONU, 2014).

La eutrofización lleva a un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas con múltiples efectos negativos en la calidad del agua como **floraciones de algas nocivas que liberan toxinas** que afectan tanto a la vida silvestre como a los seres humanos. Desde la perspectiva biogeoquímica, el ciclo de nutrientes, la temperatura, la luz solar y las condiciones de estratificación del agua (fenómeno donde el agua se organiza en capas con diferentes propiedades) son factores clave que regulan su aparición. Cuando las algas mueren y se descomponen, consumen oxígeno en el proceso de descomposición, lo que puede crear **zonas hipóxicas** (con bajo oxígeno) o **anóxicas** (sin oxígeno) en cuerpos de agua, afectando severamente la vida acuática.



Efectos de la contaminación en la salud



Si el agua potable contiene contaminantes en altas concentraciones, habitualmente superiores a los límites permisibles de la normatividad vigente, puede provocar efectos adversos a la salud, tales como enfermedades gastrointestinales, trastornos al sistema nervioso y reproductivo, e incluso enfermedades crónicas como el cáncer. Los factores que determinan si un contaminante afectará la salud incluyen el **tipo de contaminante**, su **concentración en el agua**, la **susceptibilidad del individuo**, la **cantidad de agua consumida** y la **duración de la exposición** (EPA, 2024).

Una parte fundamental de muchos ecosistemas son sus cuerpos de agua. Ríos, lagos y lagunas son el hábitat y sostén para la biota acuática. Por tanto, la **salud de los ecosistemas** depende directamente de la calidad del agua presente en ellos. La contaminación del agua en los ecosistemas y sus consecuencias son variables de acuerdo a la capacidad de resiliencia de éstos y del tipo de agente contaminante en cuestión. **La contaminación del agua puede incorporar sustancias tóxicas en la red trófica o red alimentaria, afectando también al humano** por ser parte de ella (IMTA, 2021).

Los **Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs)** son **sustancias químicas que resisten la degradación y se acumulan en los ecosistemas acuáticos**. Incluyen compuestos como pesticidas, dioxinas, Bifenilos PoliClorados (PCBs) y retardantes de llama, que tienen efectos negativos en la salud del agua y de los organismos vivos. Los POPs **tienden a bioacumularse, lo que representa una amenaza a largo plazo para la salud**.

La **bioacumulación** es un proceso por el cual sustancias químicas, como metales pesados, pesticidas u otros contaminantes, se acumulan en los tejidos de los organismos vivos a lo largo del tiempo. Este fenómeno ocurre cuando un organismo absorbe una sustancia a un ritmo más rápido de lo que puede eliminarla, lo que lleva a una concentración cada vez mayor de dicha sustancia en su cuerpo.

Los metales pesados, como mercurio, plomo, cadmio y arsénico, en cuerpos de agua pueden absorberse en sedimentos o precipitarse dependiendo del pH (acidez o alcalinidad) y las condiciones redox (oxidación-reducción). Estos factores afectan su movilidad y disponibilidad para los organismos. En ambientes sin oxígeno (reductores), el mercurio, por ejemplo, puede transformarse en metilmercurio, una forma más tóxica que contamina la vida acuática y representa un **riesgo para la salud humana al consumir pescado contaminado**.

El **modelo agroindustrial** prioriza el rendimiento inmediato de los cultivos, lo que lleva a un **uso excesivo de fertilizantes** sin considerar las pérdidas de nitrógeno. Uno de los grandes problemas de este modelo es la ineficiencia en el uso de fertilizantes, ya que una parte significativa de los nutrientes aplicados no es absorbido por las plantas y, en cambio, se pierde en el medio ambiente, contribuyendo a la contaminación del agua, el aire y el suelo.

Un problema recurrente de calidad del agua con un impacto importante en la salud es la **contaminación por nutrientes**. Ésta se produce cuando los fertilizantes, principalmente nitrógeno y fósforo, utilizados en la **producción agroindustrial de alimentos**, entran en los suelos, las aguas subterráneas y las aguas superficiales y son transportados hacia zonas costeras. Deriva en pérdida de hábitat y biodiversidad, la creación de zonas costeras muertas, proliferación de algas nocivas y muerte de biota acuática (UNEP, 2021).

Actualmente, han sido registrados para producción y uso más de 350.000 productos químicos y mezclas de ellos. Muchos de éstos llegan a los sistemas de agua dulce y aguas costeras. Allí pueden acumularse y afectar la **red trófica**, que es **el conjunto de relaciones alimenticias que muestra el flujo de energía entre organismos**, del ecosistema acuático (UNEP, 2021).

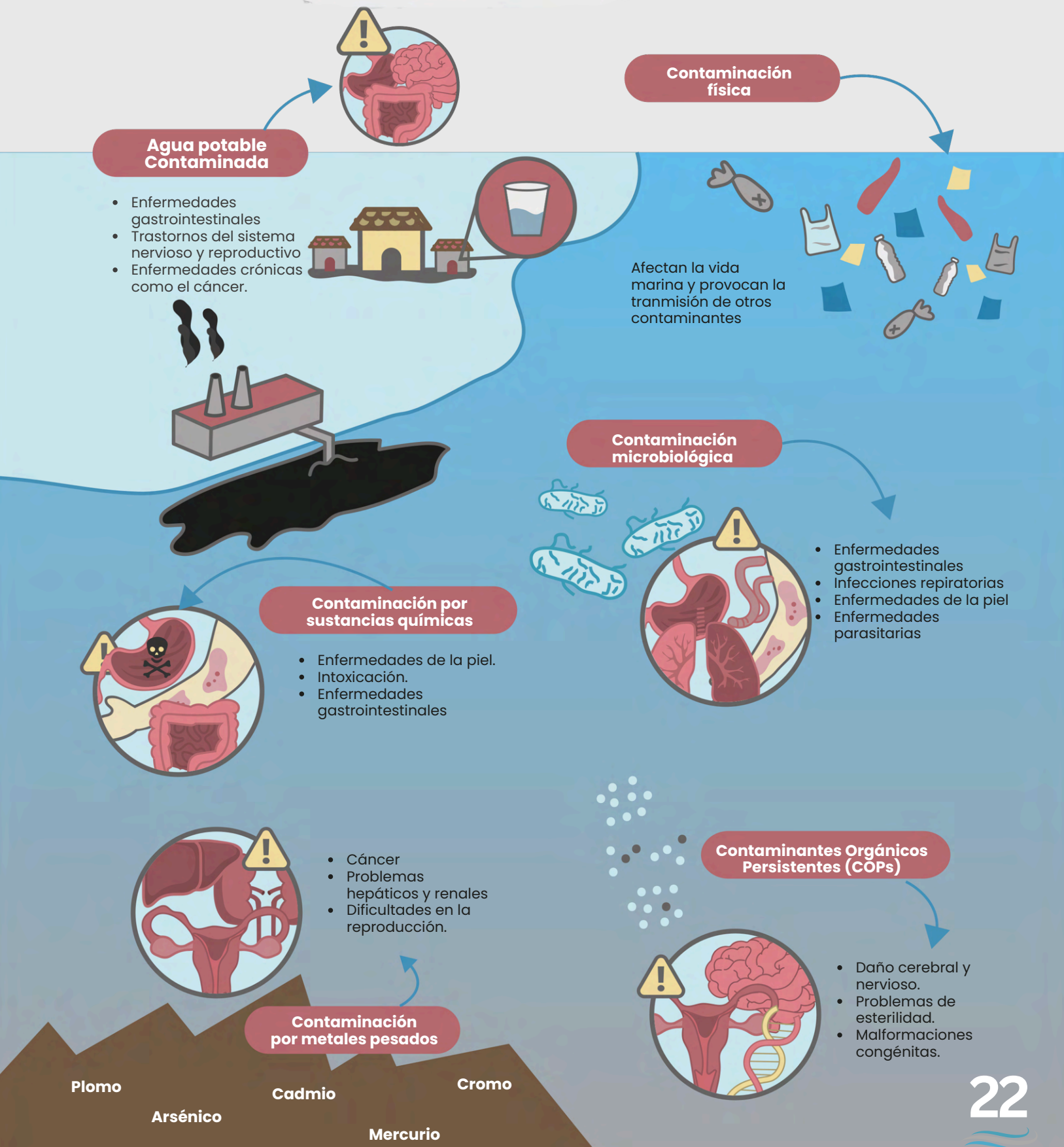
Aunque los principales contaminantes químicos en agua potable que representan riesgos a la salud son el arsénico, los fluoruros y los nitratos, hay nuevos contaminantes, como determinados PFAS (por sus siglas en inglés) fármacos, plaguicidas, moléculas perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas, y microplásticos que también son peligrosos (OMS, 2023).

Las **PFAS** son un grupo de compuestos químicos sintéticos ampliamente utilizados en diversas industrias debido a sus propiedades únicas, como su resistencia al agua, al aceite y al calor. Usado en la fabricación de teflón y espumas contra incendios, por ejemplo.

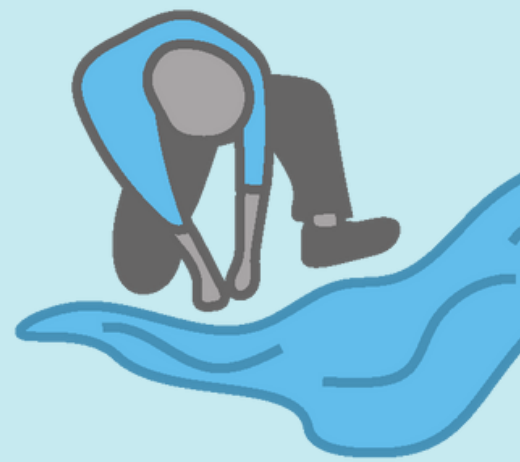
Por otro lado, el acceso a servicios de agua, saneamiento e higiene tiene consecuencias determinantes en la salud de una población. (OPS, 2023). La mayoría de enfermedades causadas por el uso del agua están relacionadas con la presencia de microorganismos y sustancias químicas en el agua de consumo. En 2022, al menos 1700 millones de personas en el mundo tomaban agua de fuentes contaminadas con heces (OMS, 2023). En América Latina y el Caribe, apenas el 38% de la población tiene acceso a un servicio seguro de eliminación de excretas (UNICEF-OMS, 2019) y el 30% de los efluentes de sus ciudades es devuelto a cuerpos de agua después de algún tratamiento efectuado (BID, 2018).

Además del riesgo a la salud que implica beber agua contaminada, muchas personas también corren el riesgo de contraer enfermedades por contacto con aguas superficiales contaminadas para el baño, el lavado de ropa y otras actividades domésticas. Algunas personas tienen más probabilidades de enfermarse a causa de los gérmenes y sustancias químicas del agua: infancias, mujeres embarazadas, adultos mayores, personas con sistemas inmunológicos debilitados, como aquellas que viven con VIH, reciben tratamiento de quimioterapia o toman medicamentos para trasplantes (Center for Disease Control, 2022).

Enfermedades ocasionadas por la Contaminación del Agua




Monitoreo y evaluación de la calidad del agua




Para efectuar un monitoreo se toman “muestras de la **condición química del agua, los sedimentos y el tejido de los peces** para determinar parámetros como oxígeno disuelto, nutrientes, metales, aceites y pesticidas. También es posible monitorear las **condiciones físicas** como la temperatura, el flujo, la cantidad de sedimentos y el potencial de erosión de las orillas de los arroyos y los lagos. Las **mediciones biológicas** de abundancia, variedad de plantas y animales acuáticos, también se usan para detectar microorganismos que potencialmente ocasionan enfermedades infecciosas. La capacidad de organismos de prueba para sobrevivir en muestras de agua también se utiliza para monitorear las condiciones biológicas de la toxicidad en el agua” (USEPA, 2012).

Muestreo



El muestreo es la toma de una porción representativa del agua, bajo ciertas especificaciones como periodo de tiempo, número de muestras, condiciones de preservación para el cumplimiento y análisis de acuerdo a un marco normativo como el de las Normas Oficiales Mexicanas.

Monitoreo



El monitoreo puede efectuarse en sitios determinados (“estaciones fijas”) de manera continua; en zonas seleccionadas según sea necesario, para responder preguntas específicas o para caracterizar una cuenca; de forma temporal o estacional (por ejemplo, durante el verano en ríos); en sitios aleatorios en un porción de territorio; o en caso de emergencia (como después de un derrame).

Traducido de “An Introduction to Water Quality Monitoring” (USEPA, 2012).

Existen las **muestras simples** y las **muestras compuestas**. La primera es tomada en un solo momento, con volumen necesario para el análisis. Se utiliza si el agua a muestrear no presenta variaciones en el tiempo. (Reutelshöfer & Guzmán, 2015). La segunda es una mezcla de diferentes muestras simples tomadas en un periodo de tiempo determinado. Es útil para conocer las condiciones promedio de las variaciones que puedan existir en los contaminantes del agua.

El **monitoreo comunitario del agua** ocurre cuando los habitantes participan en la observación y construcción de información sobre el estado de los ecosistemas acuáticos a lo largo del tiempo donde se analizan componentes vivos y no vivos en el agua (FMCN, 2023). Esta práctica participativa es empleada para dotar de herramientas a los habitantes con las cuáles puedan partir de un marco técnico en la toma de decisiones implicadas en los bienes hídricos de su territorio. Es muy común trabajar monitoreando parámetros fisicoquímicos de campo que se efectúan in-situ, usualmente con ayuda de instrumentos multiparamétricos y pruebas instantáneas.

| | | Cuerpos de Agua | | Frecuencia del Monitoreo |
|-----------------|------------------------------|--|------------------------------|---|
| Parámetros | | Lóticos Ríos, Arroyos y manantiales | Lénticos Lagos y presones | |
| Físico-Químicos | Temperatura | ✓ | ✓ | Dos veces al año Secas Lluvias |
| | pH | ✓ | ✓ | |
| | Oxígeno disuelto | ✓ | ✓ | |
| | Turbidez | ✓ | ✓ | |
| | Nitratos | ✓ | ✓ | |
| | Amonio | ✓ | ✓ | |
| | Fosfatos | ✓ | ✓ | |
| | Caudal | ✓ | | |
| | Volumen de agua | | ✓ | |
| Paisajísticos | Calidad hidromorfológica | ✓ | | |
| | Calidad del bosque de ribera | ✓ | ✓ * | |
| Biológicos | Bacterias coliformes | ✓ | ✓ | |
| | Macroinvertebrados acuáticos | ✓ | ✓ | |

* En cuerpos de agua lénticos la calidad del bosque de ribera se evalúa únicamente en lagos. En presones/bordos no se contempla el análisis de parámetros paisajísticos.

Evaluación de parámetros según el tipo de cuerpo de agua y frecuencia de monitoreo, que componen una guía de monitoreo comunitario del agua. Fuente: FMCN, 2023.

Consulta la [Guía básica para el monitoreo](#) un recurso de apoyo en torno al monitoreo comunitario de aguas limpias y contaminadas, que publicamos con Global Water Watch México en 2021.



Cada vez más, los esfuerzos de monitoreo se centran en determinar la condición de cuencas enteras: el área drenada por ríos, lagos y estuarios (desembocaduras de agua dulce hacia zonas costeras). Esto se debe a que nos hemos dado cuenta del impacto de las actividades terrestres en las aguas que drenan la tierra y de la **interconexión de cuerpos de agua superficiales y subterráneos**.

A continuación se muestran los parámetros normativos de la calidad del agua y su respectivo método normativo de determinación paramétrica. Se presentan agrupados en I: Los parámetros a cuantificar en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores (establecidos por la **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México**) y II: Los parámetros a cuantificar en agua para consumo humano (establecidos por la **Secretaría de Salud de México**).

**NOM-001-SEMARNAT-2021-
Descargas a cuerpos receptores**

| Parámetro | Método normativo de determinación |
|----------------------------|---|
| Temperatura | NMX-AA-007-SCFI-2013 |
| Grasas y aceites | NMX-AA-005-SCFI-2013 |
| Sólidos y sales disueltas | NMX-AA-034-SCFI-2015 |
| Demanda química de oxígeno | NMX-AA-030/1-SCFI-2012 NMX-AA-030/2-SCFI-2011 |
| Carbono orgánico total | NMX-AA-187-SCFI-2021 |
| Nitrógeno total kjeldahl | NMX-AA-026-SCFI-2010 |
| Fósforo total | NMX-AA-029-SCFI-2001 |
| Huevos de helminto | NMX-AA-113-SCFI-2012 |
| Organismos coliformes | NMX-AA-042-SCFI-2015 |
| Enterococos fecales | NMX-AA-167-SCFI-2017 |
| pH | NMX-AA-008-SCFI-2016 |
| Color verdadero | NMX-AA-017-SCFI-2021 |
| Toxicidad aguda | NMX-AA-112-SCFI-2017 |
| Arsénico | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cadmio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cianuro | NMX-AA-058-SCFI-2001 |
| Cobre | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cromo total | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cromo hexavalente | NMX-AA-044-SCFI-2014 |
| Mercurio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Níquel | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Plomo | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Zinc | NMX-AA-051-SCFI-2016 |

**NOM-127-SSA-2021-
Consumo humano**

| Parámetro | Norma Mexicana |
|---|----------------------|
| Turbiedad | NMX-AA-038-SCFI-2015 |
| pH | NMX-AA-008-SCFI-2016 |
| Color verdadero | NMX-AA-017-SCFI-2021 |
| Cianuros totales | NMX-AA-058-SCFI-2001 |
| Dureza total como CaCO_3 | NMX-AA-072-SCFI-2001 |
| Fluoruros como F ⁻ | NMX-AA-077-SCFI-2001 |
| Nitrógeno de nitratos (N- NO_3^-) | NMX-AA-079-SCFI-2001 |
| Nitrógeno de nitritos (N- NO_2^-) | NMX-AA-099-SCFI-2021 |
| Sólidos disueltos totales | NMX-AA-034-SCFI-2015 |
| Sulfatos (SO_4^{2-}) | NMX-AA-074-SCFI-2014 |
| Sustancias activas al azul de metileno | NMX-AA-039-SCFI-2001 |
| Aluminio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Arsénico | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Bario | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cadmio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cobre | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Cromo total | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Hierro | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Manganeso | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Mercurio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Níquel | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Plomo | NMX-AA-051-SCFI-2016 |
| Selenio | NMX-AA-051-SCFI-2016 |

Medidas de prevención y control

Además de las Normas Oficiales, en México la regulación de la contaminación del agua se compone por leyes y reglamentos. Los artículos 4 y 27 de la **Constitución Mexicana** establecen, respectivamente, los derechos al agua, saneamiento y medio ambiente sano, y el dominio del gobierno federal sobre las aguas del país. La **Ley de Aguas Nacionales y su reglamento** regula la explotación, uso, distribución, control y preservación de las aguas nacionales, así como la **prevención y control de su contaminación**, incluyendo la descarga de aguas residuales a cuerpos receptores (suelos con superficie de riego; aguas nacionales como embalses, ríos, humedales y zonas costeras); y suelos kársticos (formaciones geológicas fisuradas o cavernosas como los cenotes) y sanción por contaminación. La **Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente** establece las bases para la protección, preservación y restauración del equilibrio ecológico, incluyendo regulaciones sobre la prevención y control de la contaminación del agua y evaluación de impacto ambiental para proyectos que puedan afectar los bienes hídricos.

Por otro lado, la **Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos** establece las bases para el manejo de residuos y las responsabilidades de los generadores de residuos peligrosos, incluida la prevención de la contaminación por residuos peligrosos que puedan afectar la calidad del agua. La **Ley General de Salud** regula aspectos relacionados con la salud pública, incluida la calidad del agua para consumo humano, establece normas para garantizar que el líquido destinado a consumo humano sea segura y salubre. También define las responsabilidades de las autoridades sanitarias en el monitoreo y control de la calidad.

En el plano internacional, son relevantes el **Convenio de Ramsar**, relativo a los humedales de importancia internacional, el **Convenio de Estocolmo** sobre contaminantes orgánicos persistentes, que aborda la protección del agua y el **Convenio de Basilea**, sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación, que impacta en la contaminación.

Las **Normas Mexicanas (NMXs)** son instrumentos metodológicos de referencia que establecen la determinación paramétrica de la calidad del agua. Cada parámetro ayuda a medir una característica específica en el agua, que posteriormente se evalúa respecto de los estándares presentados en las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

¿Quién hace qué?

En el mundo existen diversos actores, entre ellos autoridades, que en su quehacer, tienen relación con los temas vinculados a la calidad y contaminación del agua, tales como la generación de información, el desarrollo tecnológico, la creación de marcos regulatorios o el monitoreo de calidad.

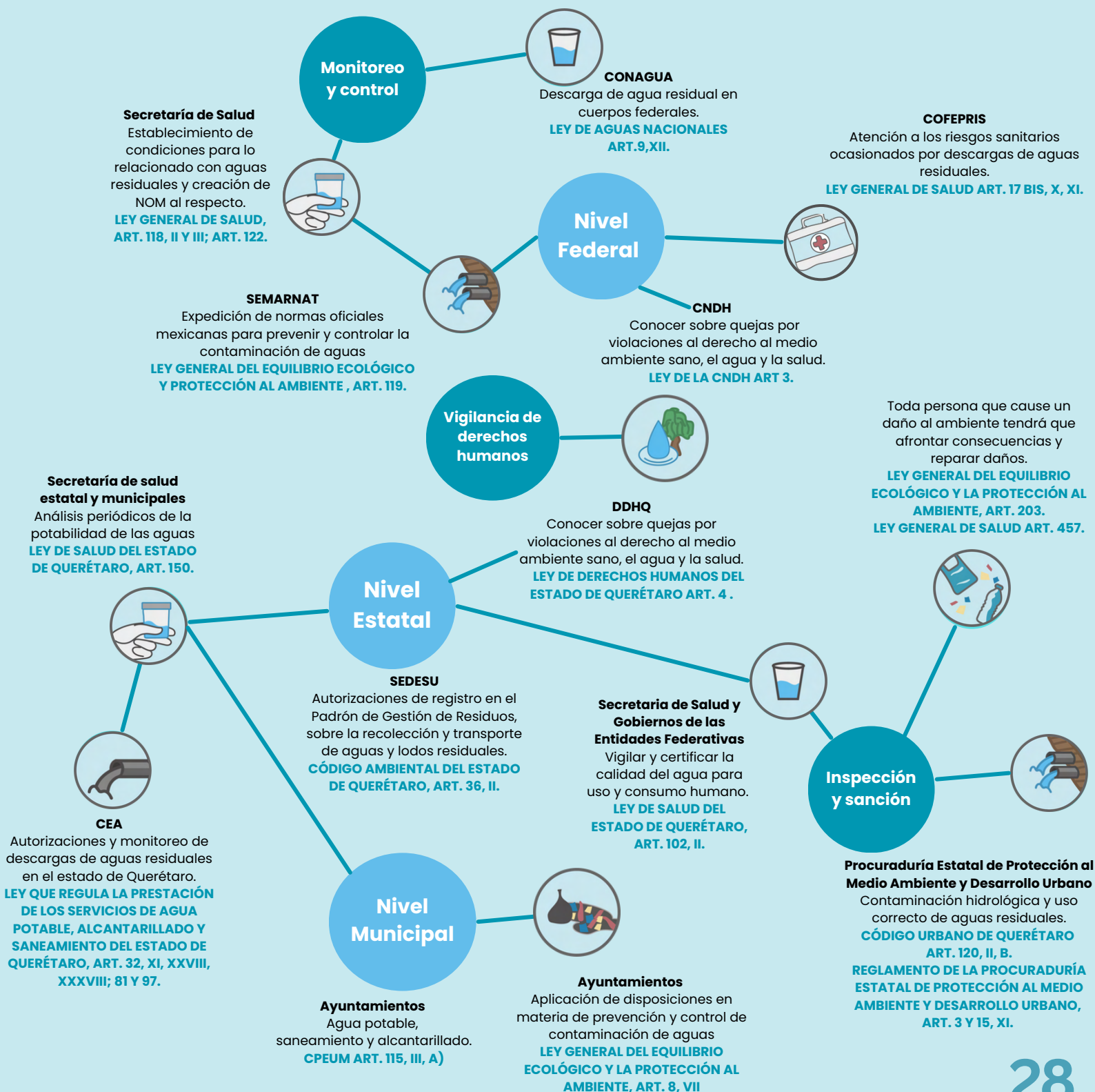
En relación a la información, distintas agencias de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Mundial de la Salud (OMS), el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO, producen y monitorean información sobre las problemáticas asociadas a la contaminación hídrica. Otras fuentes de investigación son la Asociación Mundial para el Agua (Global Water Partnership - GWP), la Asociación Internacional del Agua (International Water Association - IWA), el Instituto para el Agua, Medio Ambiente y Salud (UNU-INWEH), el Laboratorio de Innovación Tecnológica del Instituto de Tecnología de Massachusetts, el Centro de Agua de la Universidad de California, el Instituto Internacional del Agua de Estocolmo y el Instituto Internacional del Agua y Ambiente de Burkina Faso, entre otros. En México, a través de la plataforma pública, libre y gratuita denominada Sistema de Información Unificada de Agua y Cuencas de México (SIUCAM) se están haciendo esfuerzos para conectar y concentrar información de actores públicos, privados, gubernamentales, académicos y de la sociedad civil organizada que generan datos sobre calidad de agua.

Instancias como WaterAid, el Fondo Mundial del Agua (World Water Fund), la Conservación de la Naturaleza (The Nature Conservancy), Acción por Agua limpia (Clean Water Action) y el Fondo de Defensa Ambiental (Environmental Defense Fund) impulsan el monitoreo a nivel global, mientras que otras lo hacen a niveles regional, nacional y local.

En el sector gubernamental, se han creado agencias enfocadas en la mejora regulatoria, como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, la Agencia Europea de Medio Ambiente, y la Agencia Nacional del Agua en Brasil. Por otro lado, algunos actores corporativos ofrecen servicios vinculados a la prevención y atención de la contaminación en cuerpos de agua, sumándose a la cadena de responsabilidad en el saneamiento y tratamiento del agua residual.

En México, la distribución de responsabilidades legales relacionadas con la prevención de contaminación, regulación, monitoreo de calidad, permisos de descarga, inspección y sanción enfrenta los desafíos de coordinación entre autoridades ante una regulación e institucionalidad fragmentadas en niveles de gobierno (federal, estatal, municipal), esferas de competencia y atribuciones por sector (medio ambiente, salud).

Responsabilidades legales vinculadas a la contaminación hídrica en México

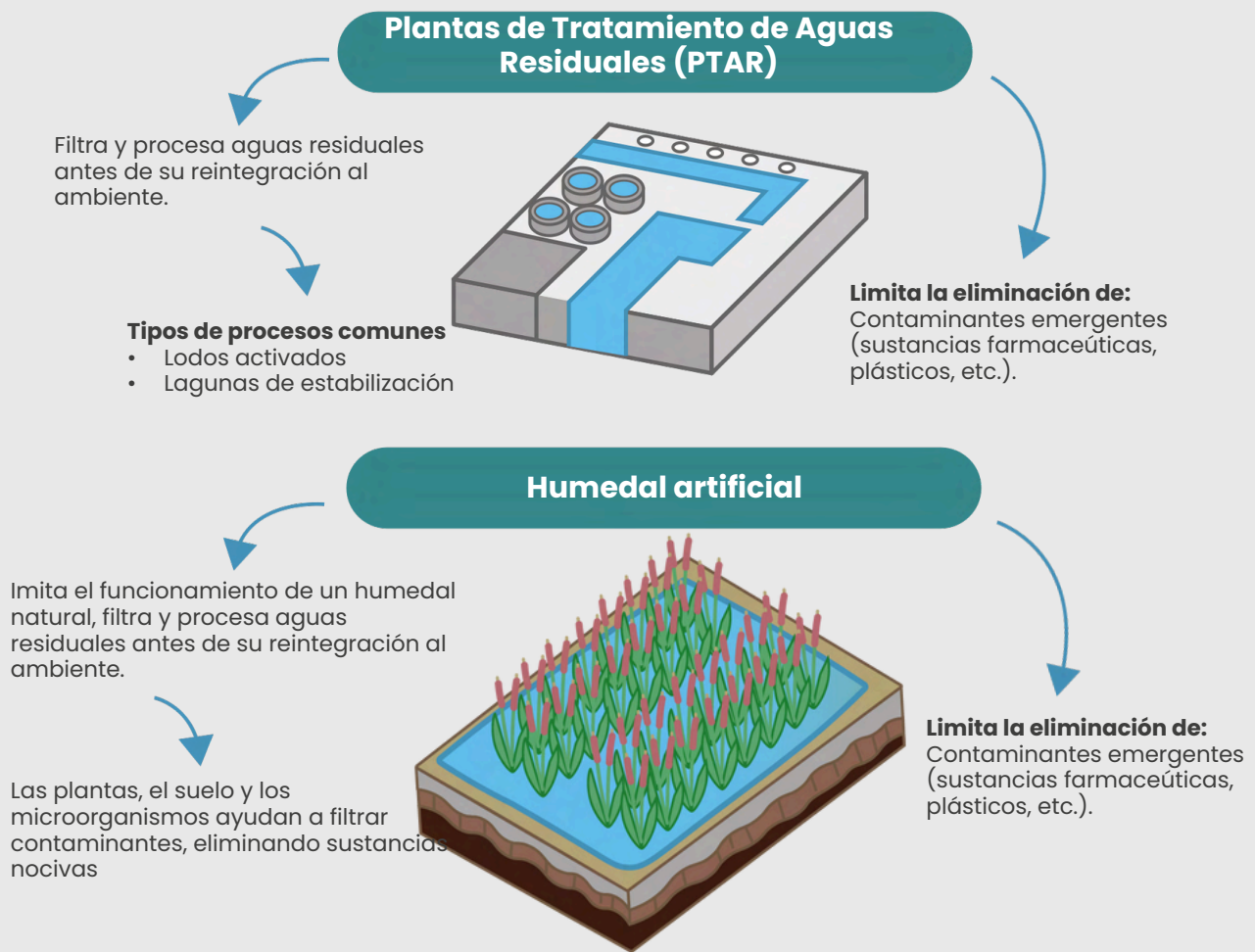


Reducción y Transformación de Contaminantes

La contaminación del agua es un problema global complejo que requiere soluciones variadas y adaptadas a cada contexto, en donde están involucrados distintos actores gubernamentales, académicos, privados y sociales.

Las **plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)** son una de las tecnologías más utilizadas para reducir la carga contaminante en los cuerpos de agua, filtrando y procesando las aguas antes de su reintegración al ambiente; variando en diseño y complejidad, dependiendo de los contaminantes que se busquen reducir o eliminar. Sin embargo, estos sistemas tienen limitaciones: no eliminan todos los contaminantes, su operación puede ser costosa (especialmente en países con economías limitadas), existe una falta de infraestructura adecuada y el impacto de fenómenos naturales pueden afectar su funcionamiento y efectividad. Además puede llegar a enfrentar cambios en la regulación, permitiendo que existan contextos más laxos en los parámetros de contaminación.

En México, por ejemplo, para 2022 solamente se cubrió el tratamiento del 66.7% del agua residual municipal producida y únicamente se encontraban en operación 2,774 de las 4,289 PTAR municipales que se contabilizan en el país (CONAGUA, 2022). Esto sin tomar en cuenta que la mayoría de PTAR en operación son de procesos llamados “lodos activados” y “lagunas de estabilización” que no eliminan sustancias de preocupación como son los contaminantes emergentes.



Por otro lado, existen propuestas para limpiar cuerpos de agua contaminados como la **bioremediación** que utilizan microorganismos en sedimentos y columnas de agua para transformar nitratos en nitrógeno gaseoso (desnitrificación), reduciendo la eutrofización. Otra alternativa es la introducción de plantas acumuladoras, capaces de absorber metales pesados en sus raíces, tallos u hojas. Sin embargo, esto plantea dudas sobre su impacto ambiental de introducir especies exóticas, como la alteración de ecosistemas y el manejo adecuado de la materia orgánica contaminada generada durante y después de la intervención.

La biotecnología, la biorremediación y los biodigestores juegan un papel fundamental mitigando los impactos ambientales y proteger los ecosistemas mediante procesos de reducción o transformación de contaminantes.

Un biorreactor es un recipiente o sistema donde se cultivan microorganismos o células en condiciones controladas (temperatura, pH, oxígeno, nutrientes, etc.) para llevar a cabo un proceso biológico. Pueden ser de diferentes tamaños, desde pequeños dispositivos de laboratorio hasta grandes tanques industriales.

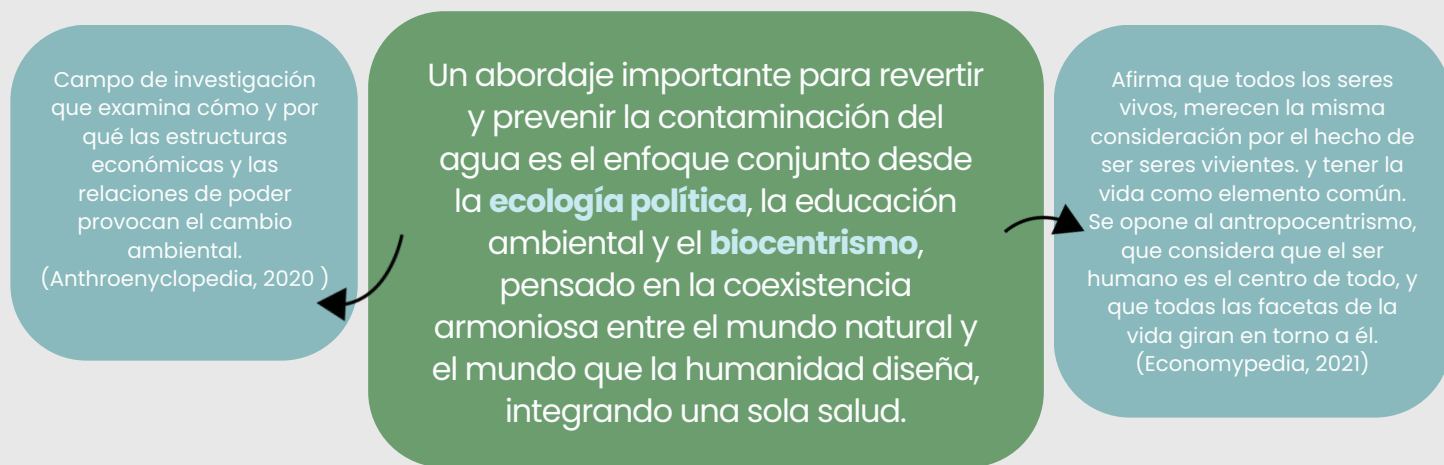
Los biodigestores son un tipo de biorreactor, que utilizan microorganismos tanto anaerobios (sin oxígeno) como aerobios (con oxígeno) para descomponer materia orgánica.



Aunque existen otras alternativas como la gestión integrada de cuencas hidrográficas, el manejo restaurativo del suelo y el control de fuentes de contaminación difusa, no se implementan a la escala necesaria debido a la **falta de financiamiento, voluntad política y conciencia pública**.

Los contaminantes que no se eliminan adecuadamente continúan acumulándose en los ecosistemas y la cadena alimentaria, generando riesgos persistentes para la salud y el medio ambiente. Por lo tanto, abordar la contaminación del agua requiere un enfoque integral y coordinado que no solo trate los síntomas, sino que también prevenga la liberación de contaminantes desde su origen.

No todo recae en la tecnología, pues la **rehabilitación y conservación** de ecosistemas acuáticos, que permitan la prevalencia de hábitats con zonas de amortiguamiento donde ocurren la biota silvestre y sus asociaciones (como los microbios, la flora, la funga y la fauna de un humedal), **son clave en la asimilación y reducción natural de la carga contaminante orgánica e inorgánica** presente en las corrientes de agua superficial y que alimentan los depósitos de agua subterránea.



La colaboración entre gobiernos, empresas, comunidades y actores sociales es crucial para abordar de manera integral los problemas derivados de la contaminación del agua. **Es un desafío complejo presente en todo el planeta, cuya solución requiere un enfoque multidisciplinario, que detone acciones a nivel global y local.**

Principales casos de contaminación del agua en el mundo



Principales 10 casos de contaminación del agua en el mundo

- 1. Río Citarum, Indonesia**
 - Contaminación industrial y doméstica.
 - Químicos tóxicos y metales pesados, como mercurio y plomo, en el río.
 - Afecta a millones de personas que dependen de sus aguas para la agricultura y el consumo, además de devastar la biodiversidad acuática.
- 2. Príncipe William Sound, EUA**
 - Derrame de petróleo Exxon Valdez (1989).
 - 11 millones de galones de crudo.
 - Destruyó la fauna marina, aves y mamíferos marinos, y afectó las industrias pesqueras locales durante décadas.
- 3. Lago Tai, China**
 - Aguas residuales agrícolas, industriales y domésticas.
 - Floraciones de algas tóxicas.
 - Pérdida de vida acuática, contaminación del agua potable y problemas de salud pública.
- 4. Golfo de México, EUA**
 - Derrame de petróleo (2010).
 - Pérdida de vida acuática, daños económicos en comunidades costeras.
- 5. Caso de la Bahía de Minamata, Japón (Década de 1950)**
 - Descarga de metilmercurio.
 - Contaminación del agua, intoxicación por mercurio y problemas neuronales; pérdida de diversidad marina.
- 6. La Zona Muerta en el Golfo de México**
 - Desechos agrícolas ricos en nitrógeno y fósforo.
 - Zona muerta, pérdida económica para pescadores, eutrofización y pérdida de ecosistemas marinos.
- 7. Crisis del Agua en Flint, Michigan, EUA (2014)**
 - Contaminación del agua con plomo.
 - Problemas de desarrollo en infantes.
- 8. Contaminación del Ganges, India**
 - Desechos industriales, aguas residuales, residuos humanos en el río Ganges.
 - Problemas de salud para la población que se baña con fines religiosos.
- 9. Derrame de Productos Químicos de Gold King Mine, EUA (2015)**
 - Agua residual ácida en el río Animas.
 - Tres estados afectados, suministro de agua potable contaminada y pérdida de ecosistemas silvestres.
- 10. El Mar de Aral, Asia Central**
 - Contaminación del agua por productos químicos agrícolas.
 - Deseccación del 90% del mar interior, problemas de salud y pérdida de biodiversidad.
- 11. Río Nyamwamba, Uganda**
 - Contaminación por metales pesados y desechos de la mina de Cobre Kilemba.
 - Desplazamiento de los habitantes, inundaciones y altas tasas de cáncer.
- 12. Biesiesvlei, Noroeste, Sudáfrica**
 - Vertederos de aguas residuales sin tratamiento a metros de la toma de agua comunal.
 - Muertes infantiles por infecciones y enfermedades generalizadas.
- 13. Río Nilo, Sudán**
 - Los sedimentos del fondo del río Nilo están gravemente contaminados con metales pesados como cadmio, níquel, cromo, cobre, plomo y zinc; procedentes del drenaje agrícola sin tratar y de las aguas residuales municipales e industriales.
- 14. Lago Victoria, Uganda**
 - Contaminación procedente de fertilizantes, basura y desechos plásticos.

Principales 10 casos de contaminación del agua en América Latina

- 1. Río Riachuelo, Argentina**
 - Descargas de aguas industriales, aguas sin tratar y residuos sólidos.
 - Problemas de salud, deterioro de ecosistemas acuáticos.
- 2. Lago Titicaca, Bolivia/Perú**
 - Desechos industriales, agrícolas y aguas residuales urbanas.
 - Problemas de salud, disminución del suministro de agua y pérdida de biodiversidad.
- 3. Río Amazonas, Brasil/Perú**
 - Minería ilegal, principalmente de oro. Arrastre de metales pesados como el mercurio.
 - Problemas de salud de comunidades indígenas, efectos nocivos en la cadena alimentaria acuática.
- 4. Río Magdalena, Colombia**
 - Descargas por desechos industriales, agrícolas y aguas residuales urbanas.
 - Deterioro de la calidad del agua, salud pública y biodiversidad.
- 5. Río Guayas, Ecuador**
 - Descargas de aguas residuales industriales y domésticas.
 - Deterioro de la calidad del agua, afecta la salud pública y actividades económicas.
- 6. Río de la Plata, Argentina/Uruguay**
 - Desechos industriales y aguas residuales urbanas.
 - Pérdida de biodiversidad marina y riesgos a la salud.
- 7. Lago Poopó, Bolivia**
 - Disminución de tamaño por la mala administración de sus afluentes a la agricultura y minería.
 - Disminución del suministro del agua para las comunidades, problemas ambientales y de salud.
- 8. Río San Juan, Nicaragua**
 - Desechos industriales, agrícolas y por minería.
 - Deterioro de calidad del agua, salud pública y pérdida de biodiversidad.
- 9. Río Usumacinta, México/Guatemala**
 - Descargas de aguas residuales y desechos agrícolas.
 - Deterioro de calidad del agua, riesgo a la salud y para la biodiversidad acuática.
- 10. Río Cauca, Colombia**
 - Descargas industriales, aguas residuales urbanas y minería.
 - Deterioro de la calidad del agua, riesgo a la salud pública y ecosistemas acuáticos; pérdida de actividades económicas.

III. Territorios en riesgo



En 2021 el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, a través del Programa Nacional Estratégico “Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes” reconoció 30 zonas del país con problemas de contaminación en suelos, aire, agua, debido a la concentración de procesos de emisiones o vertidos a gran escala de todo tipo de contaminantes sólidos, líquidos o aéreos y agentes tóxicos provenientes de las ciudades, corredores turísticos e industriales (CONAHCYT, 2021).

Las denominadas **Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA)**, son zonas de estudio que buscan provocar que la política pública mexicana reconozca la existencia de territorios en riesgo socioambiental por contaminación, a partir de diagnosticar la situación en cada una. Con ello, se busca por un lado dimensionar los costos socioambientales y problemas de salud no registrados oficialmente por las instituciones de gobierno, por otro lado generar estrategias orientadas a la restauración de los ecosistemas, mejorar la salud de los territorios, y en última instancia recuperar las condiciones para garantizar los derechos a la salud, al agua y al medio ambiente sano (CONAHCYT, 2021).

Estos territorios se distinguen por:

- La presencia simultánea de diferentes tipos de complejos industriales, o bien mega ciudades, cuya operación detona tanto procesos de contaminación como la recepción de desechos para territorios vecinos.
- La emisión o vertimiento en altas concentraciones de contaminantes derivados de minas, cementeras, agroindustrias, empresas manufactureras, corredores urbano-industriales y aguas residuales sin tratamiento.
- La degradación prolongada y expansiva de las condiciones naturales, provocando entornos de estrés sanitario.
- Los daños a los ecosistemas y por ende riesgos a la salud.

Por sus características, son similares a las **zonas de sacrificio**. El Relator Especial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre los derechos humanos relacionados con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible actualmente las define como aquellos lugares extremadamente contaminados, cuyos residentes, en especial grupos vulnerables y marginados, resienten afectaciones e impactos devastadores en la salud física y mental como consecuencia de la crisis climática, la emisión de gases de efecto invernadero, resultado de vivir en zonas altamente contaminadas que se tornan inhabitables. Las consecuencias en la salud, los derechos humanos y el medio ambiente que estas comunidades soportan derivan particularmente de la exposición a agentes contaminantes y sustancias peligrosas (ONU, 2022).

En Chile, en la década de los sesentas, se instalaron zonas de sacrificio como una promesa para las comunidades de mejorar sus condiciones económicas y promover su desarrollo, a través de industrias relacionadas a la explotación del petróleo, carbón, termoeléctrica y minería, pero terminaron convirtiéndose en fuentes de contaminación y conflicto social. Es decir, transformadas en zonas inhabitables donde las comunidades viven bajo condiciones muy precarias, después de extraerse beneficios económicos de la Tierra, priorizando la expansión industrial sobre el bienestar de personas y ecosistemas (CITRID, 2020).

La degradación ambiental en México está detonando cada vez más zonas de riesgo, también nombradas **infiernos ambientales**. Esto se ve reflejado en el hecho de que el país haya perdido 8.5% de bosques húmedos entre 2002 y 2023 (Watch, 2024) y se encuentre entre los 40 países con más contaminación atmosférica (World Air Quality Report, 2020). También en la rápida degradación de los cuerpos de agua superficiales que se ha venido experimentando con mayor preocupación en los últimos años; por ejemplo, en la actualidad sólo 1.4% de los sitios de monitoreo de aguas superficiales a nivel nacional cumplen con un estándar excelente para la demanda química de oxígeno (DQO) (CONAGUA, 2024), en comparación con el 18.5% que se registró en 2018 (CESOP, 2019). O sabiendo desde el 2018 que más del 70% de los ríos, lagos y presas presentan algún grado de contaminación (UNAM, 2018; CESOP, 2019) . Y confirmando en el año 2024 que el 72.7% del total de cuerpos superficiales de agua monitoreados reportaron contaminación con niveles por encima de los parámetros de calidad para consumo humano (CONAGUA, 2024), pudiendo causar enfermedades diarreicas, cólera o tifoidea. Finalmente registrando una tasa de mortalidad nacional atribuible a enfermedades de origen hídrico para el 2020 del 2.37% (SNIARN, 2020).

En la década de los noventa, la **frontera norte** y el **Eje Neovolcánico** fueron las dos regiones más impactadas por la instalación de corredores de integración económica del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), debido a su ubicación, morfología y equipamiento. La frontera norte atrajo al sector minero debido a los metales preciosos que se habían encontrado en la región, que desde principios del siglo incentivó el otorgamiento de concesiones para la extracción de minerales (Romero, 2001).

El Eje Neovolcánico atrajo principalmente a los sectores automotriz, aeroespacial, químico, cementero, alimenticio y textil, por su abundancia en agua, tierra fértil, carreteras, redes eléctricas, hídricas y de ductos (Barreda, 2020).

En las últimas décadas, los países industrializados han trasladado progresivamente sus empresas altamente contaminantes a países con menores o más permisivas regulaciones ambientales. El TLCAN, ahora actualizado como T-MEC (Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá), ha reforzado la exportación de Estados Unidos de procesos e industrias altamente contaminantes a México, agravando las regiones de emergencia sanitaria y ambiental del territorio mexicano. A través del nearshoring, estrategia empresarial en la que una compañía traslada parte de sus operaciones o servicios a un país cercano geográficamente, grandes corporaciones han mudado su capacidad de fabricación al país, por considerarlo una locación más cercana a los EE.UU. que fortalece sus cadenas de suministro. La expansión industrial en un contexto de **desregulación, falta de prevención** del daño ambiental en las políticas de desarrollo e **impunidad** han provocado severos desequilibrios socioecológicos (Barreda, 2023).

De las 30 Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental, 15 tienen relación directa con la **contaminación hídrica**, 4 se encuentran en la frontera norte y 15 se encuentran en el Eje Transversal Neovolcánico –que abarca parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, México, Hidalgo, Colima, Puebla y Veracruz; así como todo el estado de Tlaxcala y la Ciudad de México (INEGI, 1992). Además de las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental, seleccionadas por la situación de emergencia humanitaria, el CONAHCYT identificó otras 30 zonas con características similares pero de menor exposición tóxica (Barreda, 2023).

En 2022 una caravana ciudadana de observación internacional llamada Toxitour, recorrió 2,637 kilómetros para documentar la devastación socioambiental denunciada durante más de una década por organizaciones, pueblos y movimientos de la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales (Barreda, 2024). La Caravana, integrada por personas científicas, periodistas, fotógrafas y académicas nacionales e internacionales, provenientes de Ecuador, España, Estados Unidos, Alemania, Bolivia, Francia, Argentina, Cataluña, el País Vasco e Irlanda, evidenció diversas afectaciones socioambientales provocadas por empresas nacionales y transnacionales, provenientes principalmente de Canadá, Estados Unidos, Alemania, Francia y España.

Luego de visitar El Salto en Jalisco; Dolores Hidalgo en Guanajuato; Apaxco y Atitalaquia en Hidalgo, y el Estado de México; el río Atoyac, en Tlaxcala/Puebla y Coatzacoalcos, Veracruz; la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales solicitó a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la Secretaría de Salud declarar estas regiones como zonas de emergencia sanitaria (SEMARNAT, 2020).

Infiernos ambientales en México

Durante la presentación del Plan Nacional Hídrico 2024-2030, en noviembre de 2024, el gobierno federal anunció la inclusión del saneamiento y restauración de los ríos Lerma-Santiago, Tula y Atoyac, además de la creación de un Plan de remediación para el río Sonora, a través de esfuerzos conjuntos entre la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Nacional del Agua para eliminar descargas contaminantes, reforestar, rehabilitar y construir plantas de tratamiento, así como la construcción de humedales. Esta ha sido una noticia relevante para el país y en especial para las comunidades que han venido luchando por la recuperación de los ríos en sus territorios durante más de una década.



Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA)

1. Mexicali, Baja California
2. Tijuana, Baja California
3. Ciudad Juárez, Chihuahua
4. **Río Sonora, Sonora**
5. La Laguna, Torreón, Coahuila
6. Zona carbonífera, norte de Coahuila
7. Corredores industriales, Monterrey, N.L.
8. Región agroindustrial del Valle Yaqui, Sonora
9. Región agroindustrial Los Mochis, Sinaloa
10. Zona agroindustrial de Nayarit
11. **Corredores industriales Alto Río Santiago, Jalisco**
12. **Región agroindustriales, Alto Río Santiago, Jalisco**
13. Cuenca Independencia, Guanajuato
14. Corredores industriales, Sur de Guanajuato
15. **Corredores industriales, Querétaro**
16. Lázaro Cárdenas, Michoacán
17. Zonas de cultivo de aguacate, Michoacán
18. **Valle del Mezquital, Edo. Mx. e Hidalgo**
19. Corredor Urbano Nororiente, CDMX y Edo. Mx.
20. Corredor urbano-industrial Edo. Mx.
21. Corredor Industrial en El Alto Lerma, Edo. Mx.
22. Zona de invernaderos Florícolas, Edo. Mx.
23. **Cuenca del Alto Atoyac entre Puebla y Tlaxcala.**
24. Libres Oriental
25. Corredores maquiladores y de mega granjas de Tehuacán
26. Minería, Valles Centrales de Oaxaca
27. Zona cañera, Tierra Blanca, Veracruz
28. Istmo, Sur de Veracruz
29. Refinería, Salina Cruz, Oaxaca
30. Agroindustria, Península de Yucatán
31. Agroindustria, Río Usumacinta
32. Agroindustria, Río Grijalva
33. Agroindustria, Lago de Cuitzeo, Michoacán
34. Petroleras, Laguna de Términos

Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental de la cuenca del Río Sonora

El noroeste de México es una de las cinco principales zonas mineras, que alberga las dos más grandes minas del país. Alrededor del 31.92% de estado de Sonora está concesionado a la minería, con más de 52 minas activas que extraen cobre, molibdeno, oro, grafito, wollastonita, barita, y otros minerales, ocupando para su funcionamiento importantes volúmenes de agua y devolviendo contaminantes a los afluentes (Flores, 2023)

Actividades productivas

- Concesiones de agua para uso industrial y agrícola



Mina Buenavista del cobre

Parques Industriales

Territorio concesionado a actividad minera

Cauces y cuerpos de agua

El Zanjón

San Miguel de Horcasitas

Río Sonora

Cuerpos de agua

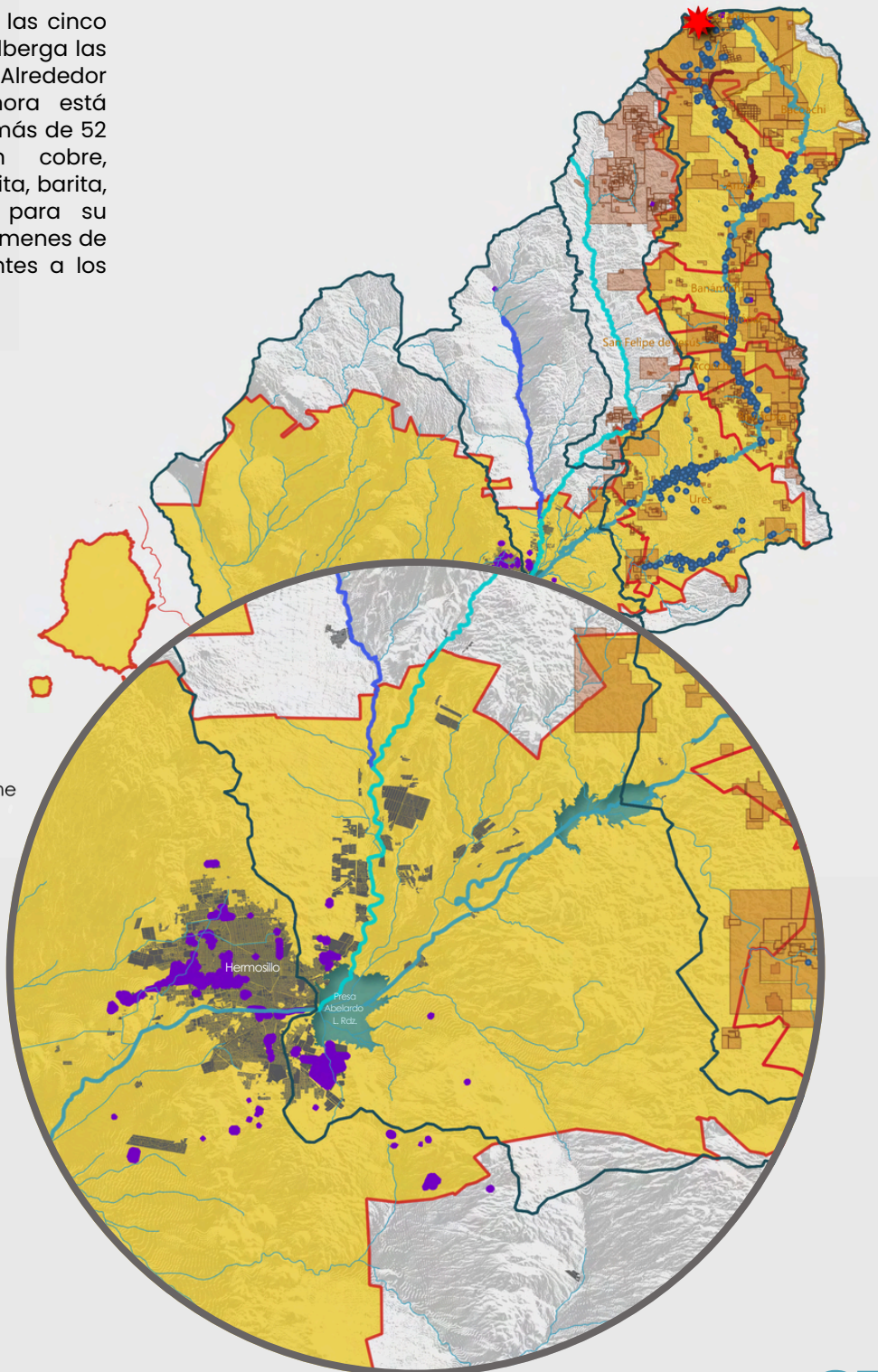
Afectaciones y movilizaciones

Derrame en Río Bacanuchi

Municipios afectados por el derrame

Municipios movilizados

De las 727 concesiones mineras en las inmediaciones del río Sonora, 557 inactivas se utilizan para la especulación, 93 operan para exploración, 75 mantienen explotación y otras se destinan a disposición de materiales. Las 10 empresas mineras con mayor control sobre el territorio concesionado son propiedad de 8 empresas matrices (Poder, 2024).



2014

En 2014 el derrame de 40 000 m³ de solución de cobre acidulada y metales pesados provenientes de la mina Buenavista del Cobre. SA de CV (Grupo México), en 270 km sobre los ríos Sonora y Bacanuchi fue catalogado como el mayor desastre minero de la historia del país, por las afectaciones a la economía familiar, la salud y la calidad de vida de más de 25,000 habitantes en siete municipios a orillas del Río Sonora, así como 322 pozos que quedaron inservibles (Luque et al., 2019).

En 2017 la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios detectó que el agua de consumo para personas de comunidades aledañas al Río Sonora, contenía niveles altos de plomo, arsénico y cobre (SSA, 2019). La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente multó a la empresa por \$22.9 millones de pesos y ordenó aplicar un Plan de Remediación (SEMARNAT, 2023).

El mismo año, el Grupo de Trabajo sobre empresas y derechos humanos, el relator de desechos tóxicos, el de medio ambiente y el de agua de las Naciones Unidas, emitieron cuestionamientos al gobierno mexicano y a la empresa.

2017



2023

En 2023 la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, dictaminaron afectaciones al suelo (metales tóxicos y acidificación), aire (mercurio) y agua (aluminio, antimonio, arsénico, bario y mercurio) desde la parte alta del río hasta la presa el Molinito de donde se abastece de agua potable a la capital del Estado, advirtiendo riesgos a la salud a los habitantes de ocho municipios, debido a que la presencia de algunos de los metales pesados bioacumulables, como el silicio en el municipio de Cananea, su exposición crónica puede tener efectos cancerígenos, causar padecimientos como envenenamiento e hidrargirismo o intoxicación crónica causada por la exposición al mercurio que afecta especialmente el sistema nervioso y los riñones (SEMARNAT, 2023).

El mismo año, nueve años después del derrame, el gobierno federal denunció penalmente a Grupo México por la no remediación y la presencia de metales en los cuerpos de pobladores, mientras que el Grupo México, corporación denunciada por daños e impunidad en distintos países, aseveró que las condiciones de los ecosistemas de los Ríos Sonora y Bacanuchi ya eran las mismas que existían antes del accidente (Poder, 2024).

La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios clasificó los datos de concentraciones de contaminantes en agua, aire, suelo, alimentos contenidos en el **Plan de atención para la contaminación del Río Sonora** como información reservada, y en 2024 el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales ordenó darlos a conocer. El mismo año la Comisión Nacional de Derechos Humanos emitió una recomendación sobre la persistencia de las violaciones al derecho humano al medio ambiente sano, al acceso al agua potable y a la salud, de la población que habita en los municipios ubicados en la Cuenca del Río Sonora (CNDH, 2024).

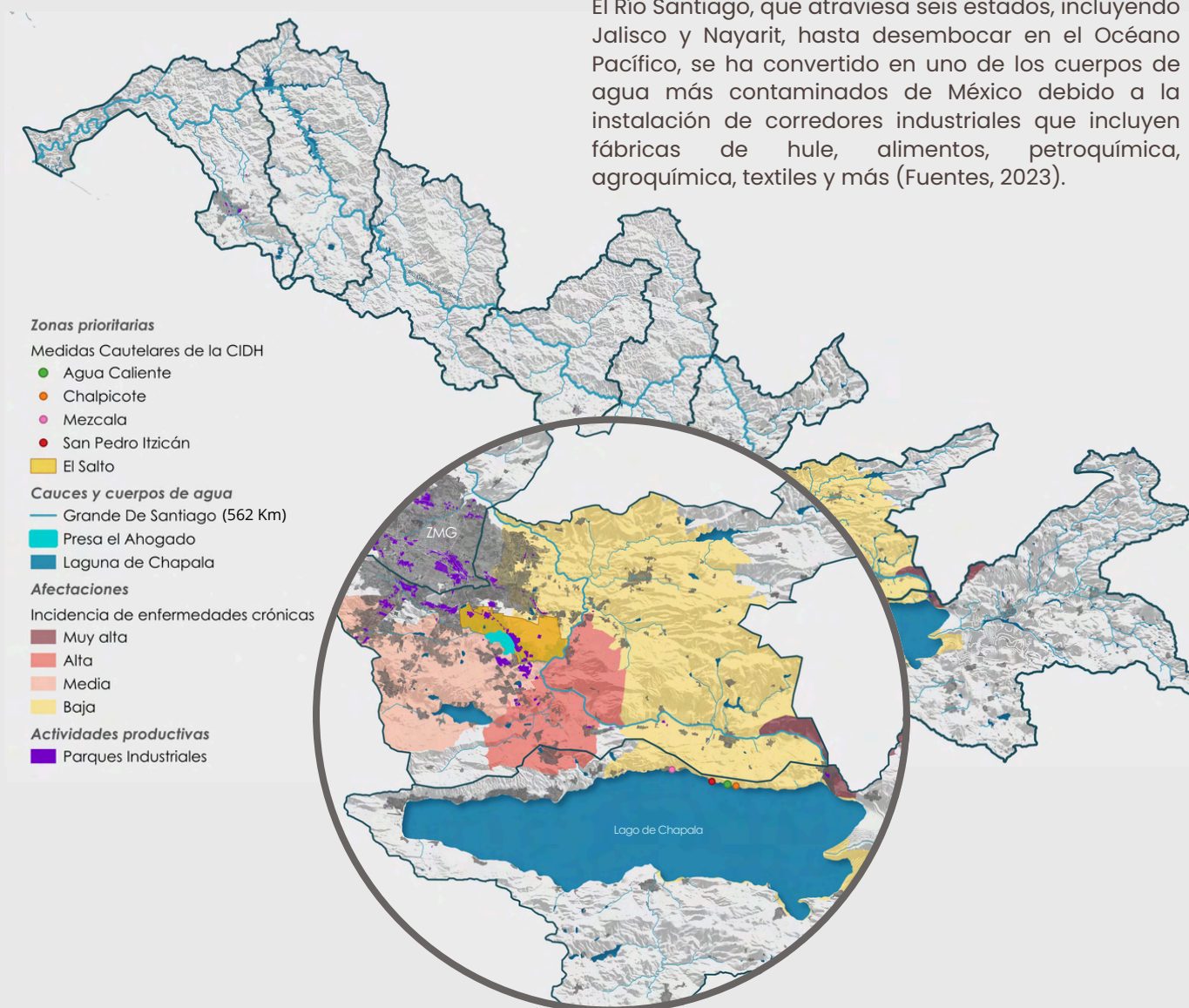
El movimiento de personas afectadas de los ocho municipios, congregado en los **Comités Cuenca Río Sonora**, señalan incumplimiento de compromisos de los tres niveles de gobierno, además de complicidad de algunas instituciones públicas en el encubrimiento de Grupo México con acciones contrarias a la promesa de reparación, como la extinción del Fideicomiso Río Sonora y el cierre del Programa de remediación ambiental (CCRS, 2024), que la Suprema Corte de Justicia logró detener (SCJN, 2020).

2025

El saneamiento del río Sonora forma parte de los planteamientos del Plan Nacional Hídrico 2024-2030. A 10 años del derrame no se ha concretado la remediación y reparación de daños. Mientras los habitantes denuncian pérdidas en la agricultura local, con afectación económica de hasta 20 mil millones de pesos, y deterioro significativo de la calidad del agua, la minera Buenavista del Cobre continúa aprovechando agua limpia al amparo de títulos de concesión, pese a la sequía, y en los últimos años se han anunciado proyectos de extracción de litio en la región (Balderas, 2024).

Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental de la cuenca del Alto río Santiago

El Río Santiago, que atraviesa seis estados, incluyendo Jalisco y Nayarit, hasta desembocar en el Océano Pacífico, se ha convertido en uno de los cuerpos de agua más contaminados de México debido a la instalación de corredores industriales que incluyen fábricas de hule, alimentos, petroquímica, agroquímica, textiles y más (Fuentes, 2023).



El municipio de el Salto, uno de los nueve que conforman el Área Metropolitana de Guadalajara, es heredero de la industrialización temprana del siglo XIX, cuando se instalaron en su territorio la primera planta hidroeléctrica de servicio público en el país en 1893 y una de las primeras fábricas manufactureras en 1896 (McCulligh, 2017). Entre 2017 y 2023 la extensión de parques industriales en el corredor creció de 900,000 m² a 1,800,000 m² (Gobierno de el Salto, 2024).

Según datos de la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (2012-2018) y del diagnóstico de calidad de agua de la Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico, gran parte del río presenta contaminación microbiológica grave (CONAGUA, 2020a). Desde hace más de 16 años, comunidades aledañas exigen la declaratoria de emergencia ambiental y sanitaria para detener la contaminación.

2008

En 2008, la muerte de un menor tras caer en la presa del Ahogado, contaminada con altos niveles de arsénico, y otros diversos factores, impulsaron la movilización de los pueblos de Juanacatlán y el Salto en luchas socioambientales (Bernache, 2009).

2016

En 2016, el Grupo de Trabajo de la ONU sobre empresas y derechos humanos calificó las condiciones socioambientales de la cascada del Río Santiago como una catástrofe ecológica (Poder, 2021)

El Salto fue una de las seis regiones visitadas por el Toxitour en 2020. El mismo año, la Comisión Interamericana de Derechos Humanos otorgó medidas cautelares a favor de los pobladores alrededor de 5 km del Río Santiago, tras considerarse en situación de urgencia de riesgo de daño irreparable a sus derechos a la vida, integridad personal y salud. La resolución reconoce pesticidas en la orina de menores de edad, y 28 personas fallecidas debido a enfermedades renales crónicas desde 2003 (CIDH, 2020).

2020

2022

En 2022 la Comisión Estatal de Derechos Humanos de Jalisco emitió recomendaciones a once instituciones de gobierno por el ocultamiento de una investigación que identificó riesgos sanitarios de problemas generales de salud, alteraciones neuropsicológicas y alteraciones hematológicas por exposición a agentes tóxicos e infecciosos (plomo, arsénico, cadmio, mercurio, benceno y COP) para seis comunidades con altos niveles de exposición por encima de los límites de seguridad biológica (Baeza, 2022).

En 2023 el Poder Judicial ordenó a la Comisión Nacional del Agua hacer pública la calidad de las descargas de agua al Río Santiago en Jalisco ante la recurrente negativa de dicha institución de garantizar el derecho a la información ambiental (Un Salto de Vida, 2023).

2023

La contaminación del río ha impactado la salud de ecosistemas y todas sus formas de vida, incluyendo malformaciones congénitas, abortos, alergias, infecciones respiratorias, asma bronquial, leucemias, linfomas, insuficiencia renal, urticaria, conjuntivitis, vértigo, cefalea crónica (McCulligh, 2017), así como disminución en habilidades cognitivas, trastornos del sueño, y problemas dermatológico en infancias (Magdiel, 2023). La mortalidad en la cuenca es alta en enfermedades gastrointestinales, hipertensivas, crónicas respiratorias y renales (Montes et al, 2021).

A casi dos décadas de movilización social, movimientos que congregan 60 pueblos, comunidades y organizaciones, entre ellos el Colectivo de Justicia Ambiental y Un Salto de Vida, señalan que las acciones gubernamentales han sido insuficientes (Barajas, 2022) han denunciado agresiones e intimidación a las personas defensoras, además de reservas de información que ecubren las actividades contaminantes de empresas mexicanas y transnacionales (Poder, 2021).

En 2024 se publicó el Convenio Marco de Coordinación Interinstitucional y de Cooperación Técnica para la protección ambiental, restauración y reparación integral del río Santiago, para la creación del **Programa de Acciones de Saneamiento**, derivado de la recomendación de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos. El saneamiento del río Santiago forma también parte de los objetivos del Plan Nacional Hídrico 2024-2030.

2024

Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental de la cuenca del Alto Atoyac

El Río Atoyac, que se transforma después en el río Balsas, es uno de los más contaminados de México debido a las descargas de agroquímicos y aguas residuales sin tratamiento con sustancias de las industrias química, textil y automotriz. Por otro lado, la actividad agrícola en 59 municipios de Tlaxcala subsiste gracias al caudal de los ríos Atoyac y Zahuapan, que cruza 25 de los 60 municipios de Tlaxcala recibiendo descargas de drenaje (CONAHCYT, 2023).

- Cuenca del Alto Atoyac
- Municipios
- Estados

Cauces y cuerpos de agua

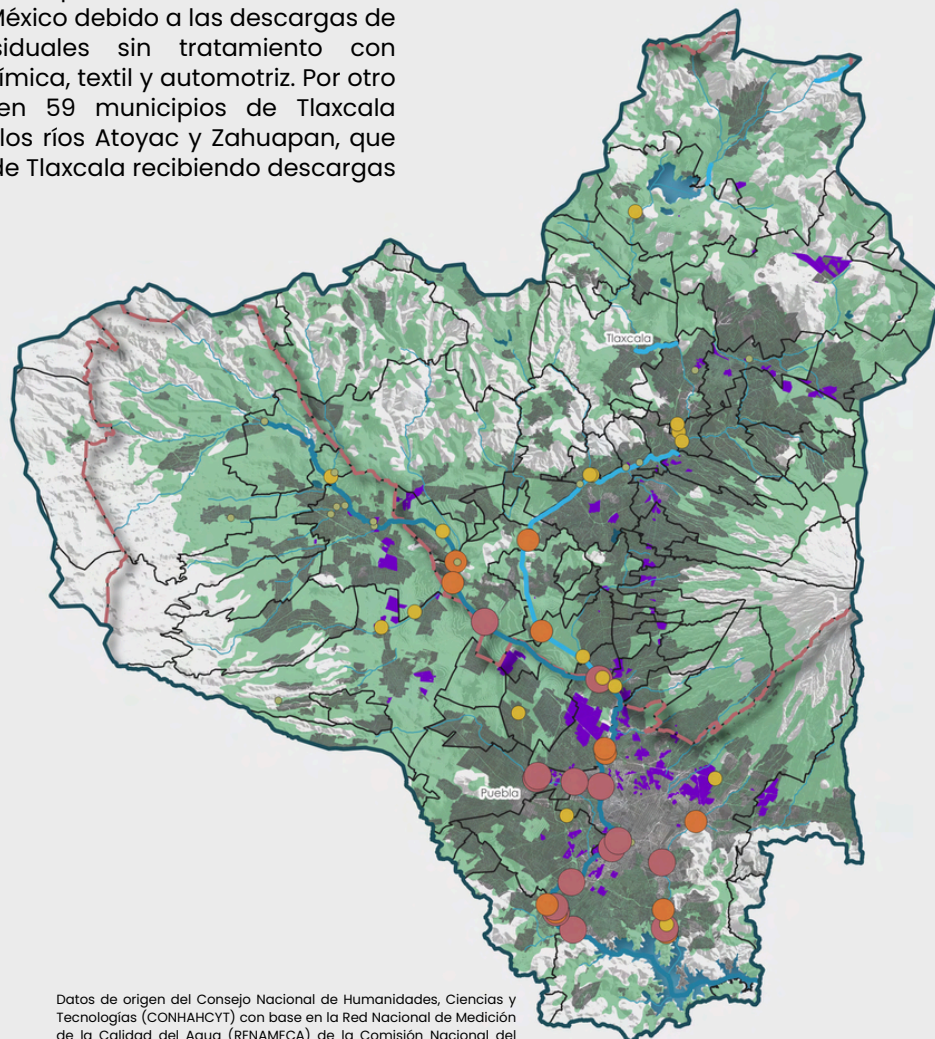
- Cuerpos de agua
- Río Atoyac
- Zahuapan

Usos de suelo

- Parques Industriales
- Zona urbana
- Agricultura

Contaminación por metales

- 0.119 - 0.401
- 0.401 - 0.502
- 0.502 - 0.571
- 0.571 - 0.791



Datos de origen del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHACYT) con base en la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2012-2021).

La contaminación comenzó a partir de la instalación de industrias como Volkswagen (VW) en 1965 y del Complejo Petroquímico Independencia (CPI) en 1969 (CONAHCYT, 2023). En los estados de Tlaxcala y Puebla (segundo productor automotriz más importante del país), operan en conjunto alrededor de 30 conglomerados industriales, 11 y 24 respectivamente, que utilizan cloroformo, detergentes, metales pesados, sólidos suspendidos, cianuro, tolueno, fenoles, fosfato, nitritos, nitratos, xilenos, compuestos orgánico-sintéticos, plaguicidas, así como distintas sustancias tóxicas (UNAM, 2021). En las últimas décadas se han reportado enfermedades crónicas renales y leucemias con tasas de incidencia y mortalidad elevadas, en especial en jóvenes, padecimientos con una fuerte carga asociada a la exposición de los tóxicos vertidos y emitidos al agua, aire y suelo (CONAHCYT, 2023).

2017

En 2017, la Comisión Nacional de los Derechos Humanos emitió una resolución en la que determinó que los habitantes de la Cuenca del Alto Atoyac fueron violentados en sus derechos al medio ambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información debido a que las autoridades han promovido la instalación sin control de industrias altamente contaminantes, concluyendo que las causas principales de contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes fueron la descarga de aguas residuales municipales e industriales sin previo tratamiento, la mala disposición de los residuos sólidos, la creciente y desordenada expansión industrial, la presencia de contaminantes químicos provenientes de aguas residuales industriales y de nitrógeno debido al uso excesivo de fertilizantes.

La Recomendación reconoce por primera vez en México, que **“existe un nexo causal entre la contaminación de los ríos, la falta de saneamiento de las aguas residuales municipales e industriales y la incidencia de enfermedades crónico degenerativas en la población”**, instando a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Comisión Nacional del Agua, la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente, la Comisión Federal de Protección a Riesgos Sanitarios y los gobiernos tanto estatales como municipales de Puebla y Tlaxcala a elaborar e implementar un **Programa Integral de Restauración Ecológica o de Saneamiento de la cuenca del Alto Atoyac** en un plazo de 6 meses (CNDH, 2017).



2020

Tres años después, el 28 de septiembre de 2020 se firmó el “Convenio Marco de Coordinación Institucional y Cooperación Técnica para el Saneamiento del Alto Atoyac” entre la SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA, COFEPRIS, Estado de Puebla, Estado de Tlaxcala y los municipios involucrados, que dio origen a la integración de un Grupo de Trabajo Interinstitucional para la formulación de un Programa de Acciones para el Saneamiento (PAS) de la cuenca del Alto Atoyac (SEMARNAT, 2022). Derivado de la exposición mediática que tuvo el caso por la presencia del Toxitour también se abrieron foros de participación con instituciones académicas, organizaciones civiles, representantes de las comunidades afectadas y población en general (Centro Fray Julián Garcés, 2022).

2023

En marzo de 2023 el gobierno mexicano anunció un avance del 100% en el programa con 111.41 millones de pesos invertidos en construcción de subcolectores; la ampliación del sistema de alcantarillado sanitario; la rehabilitación, y proyectos de construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), la construcción de 40 sistemas de saneamiento a base de biodigestores y el muestreo de calidad del agua en los 42 sitios programados en la cuenca del Alto Atoyac, determinación de la calidad del agua de 7 fuentes de abastecimiento de agua potable y 837 tomas domiciliarias; así como la actualización de inventarios de descargas de aguas residuales, 331 inspecciones a descargas de agua residual y 96 multas por un monto aproximado de 17.5 millones de pesos (CONAGUA, 2023). Por su parte, el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías publicó el primer 1er informe sobre esta Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental.

2024

La Coordinadora por un Atoyac con Vida y del Centro Fray Julián Garcés presentó una Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac – Zahuapan que añade al objetivo de saneamiento, la restauración de suelos, prevención de contaminación futura, elaboración de un plan emergente de salud, reparación del daño y garantía de no repetición. A 10 años de la movilización social y pese a los reportes de avances, el estado de contaminación del río Atoyac sigue siendo un gran desafío (Méndez, 2023). Ante el anuncio de la inclusión del saneamiento del río Atoyac en el Plan Nacional Hídrico 2024-2030, organizaciones y comunidades locales urgieron al gobierno mexicano a que no sea un acto de simulación.

Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental de la cuenca de Río Tula y Valle del Mezquital

El Río Tula, que se origina en los afluentes del Río Tepeji Amajac, desemboca en el Río Moctezuma, es otro de los más contaminados del país porque se ha convertido en un vertedero regional de aguas negras y residuos químicos (Carrasco, 2021).

Infraestructura hidráulica

- Planta tratadora
- Presa Requena, Las Cortinas
- Presa Endho
- Presa Requena

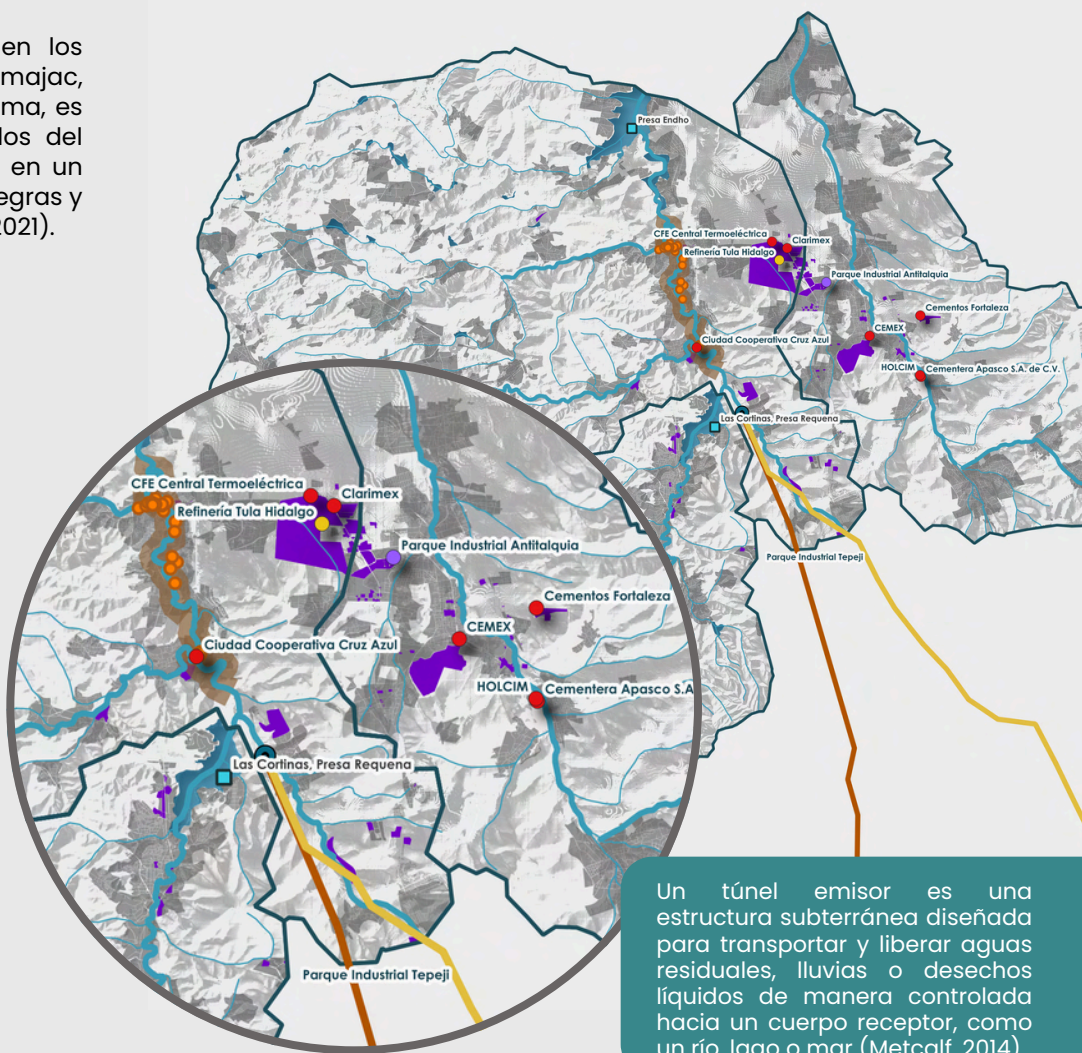
- Túnel Emisor Central
- Túnel Emisor Oriente

Actividades productivas

- Ciudad Cooperativa Cruz Azul
- Cementera Apasco S.A. de C.V.
- CFE Central Termoeléctrica
- Clarimex
- Cementos Fortaleza
- CEMEX
- HOLCIM
- Parque Industrial Antitlaquila
- Parque Industrial Tepeji
- Refinería Tula Hidalgo
- Parques Industriales

Afectaciones

- Escuelas y centros de salud
- Zonas afectadas por la deforestación



Un túnel emisor es una estructura subterránea diseñada para transportar y liberar aguas residuales, lluvias o desechos líquidos de manera controlada hacia un cuerpo receptor, como un río, lago o mar (Metcalf, 2014).

Por un lado, esto se debe a que desde la colonia recibe las aguas residuales de la Ciudad de México y su zona conurbada a través de infraestructuras como el Gran Canal, construido en 1900, el túnel emisor central, construido en 1975 y el Túnel Emisor Oriente construido en 2008 (Hernández, 2021). Diariamente, más de 4 millones de litros de **agua negra** atraviesan la Planta de Tratamiento de Atotonilco, para ser utilizadas en el riego de las zonas agrícolas. El Valle del Mezquital, que conforma 40% de la superficie del estado de Hidalgo, es la segunda región en el mundo con mayor uso de aguas residuales para el sector agrícola (Choreño, 2021).

Por otro lado, recibe contaminantes de los corredores de las industrias cementeras, petroquímica, de energía eléctrica y agroquímicas. Entre ellas, hay 7 cementeras instaladas a partir de finales del siglo XIX, incluidas Holcim y Cemex, las dos más grandes del mundo; una refinería construida en 1976, que opera con ácido sulfhídrico, combustóleo pesado y azufre, refinando el 24% del crudo nacional; además de minas de cantera a cielo abierto (Carrasco, 2021). El complejo industrial instalado alrededor de Tula, que incluye transformadoras de acero, asfalteras, fábricas de plásticos, farmacéuticas, entre otras, es el punto con más emisiones contaminantes de distintos tipos en el país y está entre las zonas con mayores emisiones de CO² (Hernández, 2021).

En la región de Tula de Allende operan 498 empresas generadoras de residuos peligrosos y material contaminante, de las cuales 14 producen hidrocarburos. La contaminación sistemática que reciben aire, suelo, tierra y agua en la zona, ha provocado erosión del suelo y la eliminación de fauna en una gran extensión territorial (Rivera, 2024).

En el agua del río Tula se reportan hidrocarburos policíclicos aromáticos y bifenilos policlorados, mientras que en los acuíferos de la región se han identificado al menos 24 metales pesados (como cromo, cadmio, níquel, zinc, manganeso e hierro), 67 compuestos orgánicos, 23 pesticidas clorados y contaminantes microbiológicos. Además, se han reportado sustancias como ácido sulfúrico, nitratos, nitritos, dioxinas y furanos siendo estos dos últimos COPs (Flores, 2021). En 2018, un estudio de la CONAGUA reveló contaminación con arsénico, plomo y mercurio en siete pozos alrededor de la presa Endhó, el lugar donde se almacenan las aguas residuales provenientes de la capital y uno de los sitios más contaminados del mundo (Ángeles, 2024), confirmando lo que desde 2010 había advertido ya la Comisión para la Protección contra los Riesgos Sanitarios de Hidalgo (Carabaña, 2023). Arriba del 70% del agua del Valle de Tula, clasificada como «altamente contaminada», presenta coliformes fecales, enterococos, metales pesados y contaminantes emergentes (BID, 2021).

Entre 2010 y 2020 las muertes por cáncer en la región de Tula crecieron un 189% y las muertes por fallas renales se triplicaron (Carabaña, 2023). En la población de los municipios aledaños se ha detectado el incremento de enfermedades cutáneas, renales, respiratorias, gastrointestinales, oncológicas, así como de neurotoxicidad, intoxicación, muertes prematuras y malformaciones congénitas (Flores, 2021).



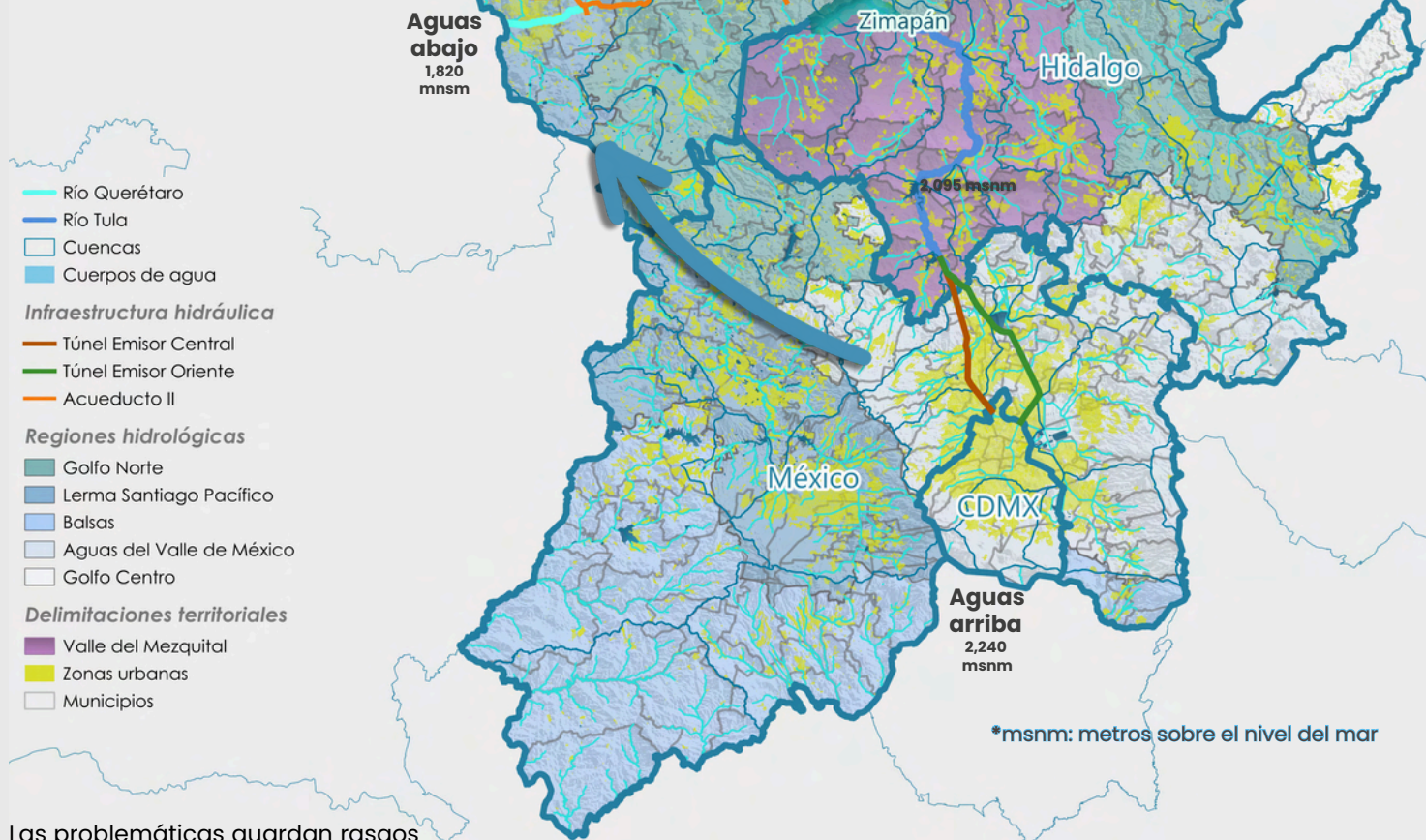
En 2018 el Movimiento Social por la Tierra logró que la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios firmara una declaratoria de Emergencia Sanitaria para salvaguardar la salud de la población de la presa Endhó y su periferia. El mismo año la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales comenzó el proceso para la declaratoria de la presa Endhó como Zona de Restauración Ecológica, para la protección de 24,684.28 hectáreas en 8 municipios del estado de Hidalgo, aunque apenas en 2024 se sometió a consulta el estudio justificativo (SEMARNAT, 2024).

Mientras recibe contaminación, el Río Tula ha sido progresivamente deforestado y alterado, para la instalación y operación de infraestructuras hidráulicas, lo que ha convertido algunos de sus fragmentos en áreas susceptibles de inundación. En 2017 la Red de Conciencia Ambiental Queremos Vivir y otros colectivos cuestionaron las obras anunciadas para la “protección contra inundaciones” ante la descarga del Túnel Emisor Oriente, que proyectaban la tala de 1,500 árboles a lo largo de 19 km del río, cuyo revestimiento impediría la infiltración y lastimaría el arbolado, última reserva vegetal en una región gravemente contaminada. En 2021, el desbordamiento del río Tula provocó una inundación que dejó 35 mil personas afectadas y 17 fallecidas (Puch, 2021). El Frente de Pueblos en defensa de la tierra, la Alianza Hidalguense Ambiental, entre otros, advierten un riesgo latente.

Tras 7 años de movilización social, pobladores y organizaciones alertan que la situación sanitaria y de degradación ambiental ha empeorado mientras el gobierno planea expandir la intervención del río para aumentar su caudal para recibir más aguas residuales de la capital del país. El saneamiento del río Tula se incluyó en el Plan Nacional Hídrico 2024-2030. Actores locales instan a la autoridad a evitar la incineración y el coprocesamiento como mecanismos de gestión de residuos, a reducir la cantidad y el nivel de contaminación del agua residual del Valle de México, considerando la presencia de metales pesados, así como a asegurar que las soluciones no sean parciales ni trasladen el problema a otras comunidades.

Realidades conexas

Aunque las características socio ecológicas y dinámicas productivas de estos territorios son diferentes, comparten tanto corrientes de agua como realidades en común.



Las problemáticas guardan rasgos similares en todos los casos. Ya sea por su ubicación geográfica, su riqueza natural o ambas, todos han sido explotados para el mantenimiento de actividades urbanas y productivas cuyos impactos rebasan su capacidad de carga. Es decir, el límite de individuos o actividades que un ecosistema puede soportar sin degradarse.

En algunos casos la interconexión natural de los sistemas hidrológicos traspasa las fronteras político-administrativas y conecta la contaminación entre cuencas. Tras recibir agua de la Ciudad y el Estado de México, por ejemplo, el Río Tula, atraviesa Tezontepec de Aldama, Mixquiahuala, Progreso de Obregón, Chilcuautla, Ixmiquilpan y Tasquillo hasta llegar a la Presa de Zimapán, una localidad donde se ha detectado arsénico tanto en el agua para consumo humano, como en los cuerpos de los pobladores y de cuyas inmediaciones se abastece el 40% del agua de la capital del estado de Querétaro (Del Razo et al, 2021). Más adelante se une con el Río San Juan, en San Juan del Río, donde se ha registrado la presencia de arsénico, y desemboca en el Pánuco que va hacia el Golfo de México.

En todos los casos, las inversiones priorizan la expansión de los espacios productivos por encima del cuidado preventivo y paliativo de la salud integral. Hay una desvalorización de los ríos y sus ecosistemas en favor de un supuesto progreso, que toma poco en cuenta el valor de la naturaleza como fuente de bienestar.

El ciclo de deterioro, presente en todos los casos, detona una cadena de daños en el río que a su vez dañan el aire, el suelo y el tejido social, detonando por un lado la degradación ecológica y por otro lado la **violación sistemática de los derechos humanos al medio ambiente sano, al agua, a la participación, al acceso a la información y a la salud**, dando con ello lugar a la **creación de zonas vulnerables y de riesgo** donde las poblaciones soportan la sensación permanente de alerta y los consecuente deterioro a la salud mental.

Cada vez más movimientos socioambientales de pueblos y comunidades envenenados denuncian la contaminación como una problemática que amenaza la vida. Debido a las implicaciones sanitarias que conlleva la toxificación de las aguas, matar o dejar morir un río, no es solamente un ecocidio, sino una muerte silenciosa y progresiva de toda la vida que depende de él. A principios de 2025 la Red de Comunidades de Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental elaboró una agenda de trabajo para la denuncia, gestión colectiva de conflictos e incidencia para una atención integral de este problema en el país.

En la búsqueda de rendición de cuentas por los costos socioambientales aumentados de forma exponencial en las últimas décadas las comunidades se movilizan, interponen acciones legales, activan mecanismos institucionales nacionales e internacionales, logrando posicionamientos de relatores, sentencias y resoluciones en materia de derechos humanos. Sin embargo, en la mayoría de los casos los daños, la no reparación y la no remediación perduran (Barreda, 2023). Persiste un patrón de impunidad, injusticia y no reparación frente al sufrimiento ambiental.

Los bienes económicos particulares se posicionan por encima de la salud y del bien común, mostrando que **a los infiernos ambientales corresponden paraísos industriales** de impunidad corporativa en complicidad con el Estado, donde la opacidad en la información es otro elemento común.

Las relaciones de poder han generado un desbalance entre sectores privilegiados y sacrificados. Mientras las personas son indemnizadas con montos que no subsanan los daños (entre 15 mil y 35 mil pesos en el caso de los afectados en Sonora y 10 mil en el caso de los afectados en Tula) las demandas de las empresas inversionistas a los gobiernos mexicanos absorben 10 veces el presupuesto de epidemiología (Barcena et al., 2022). Por otro lado, la destrucción del ambiente en el país equivale al 8.8% del PIB mientras que el gasto que da el país para protección del medio ambiente representa apenas el 0.6% del PIB" (Fuentes, 2023).

IV. Los ríos de nuestra ciudad



A lo largo de la historia, el estado de Querétaro fue conocido por su abundancia en bienes hídricos (Urquiola, 2013), ya que además de formar parte del **parteaguas continental**, Querétaro se sitúa en una región con gran diversidad natural y geológica, que incluye altiplanos templados, zonas semidesérticas y la Sierra Gorda Queretana, declarada Reserva de la Biosfera desde 1987 debido a su importancia en la preservación de la biodiversidad y la regulación climática e hidrológica (CONANP, 2017). Su capital fue situada en una **región históricamente fértil, con caudales que conectaban manantiales, lagunas y ciénagas** (Armas, 2011).

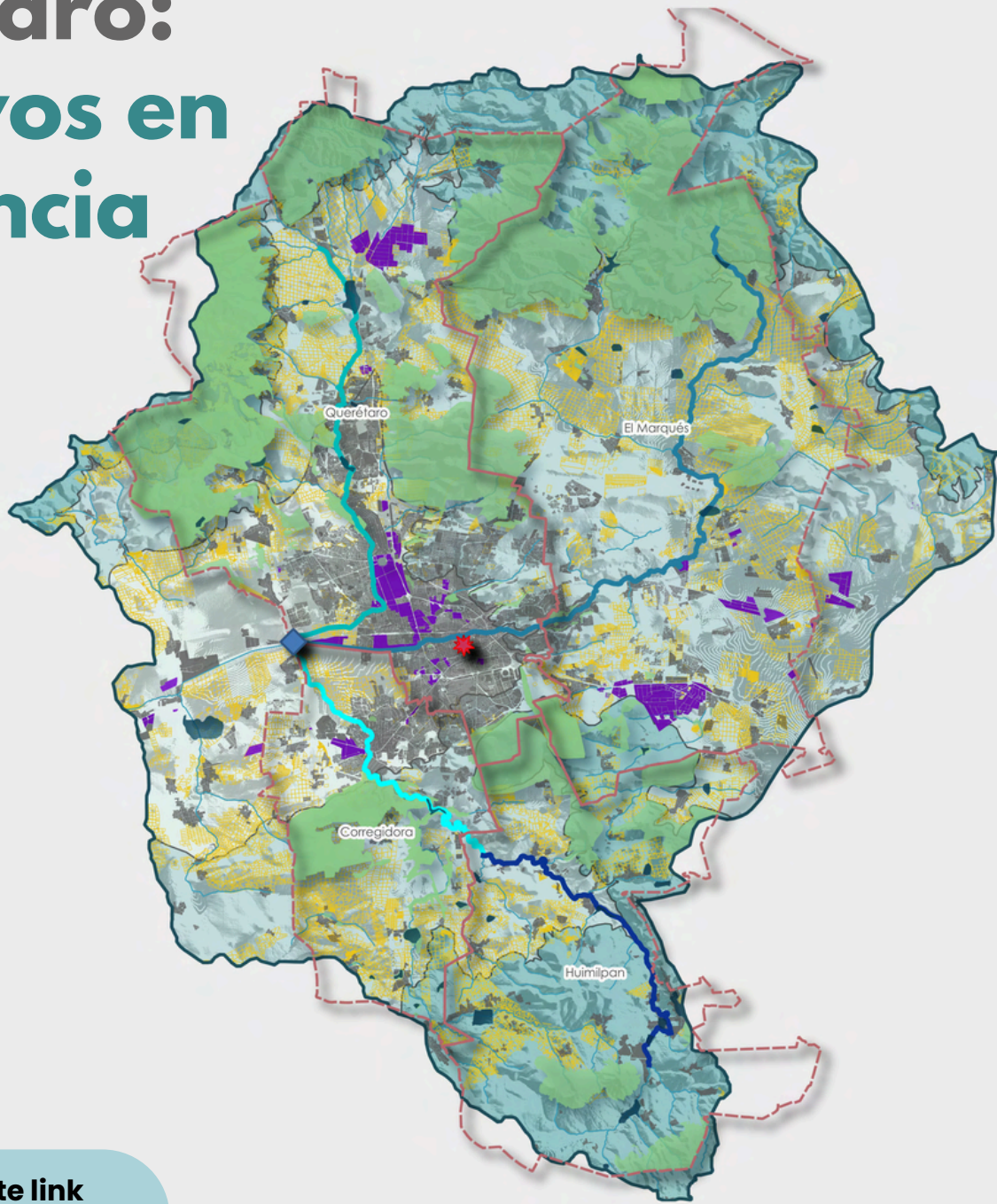
El valle de Querétaro, ubicado sobre el **Eje Neovolcánico**, se formó a través de eventos naturales ocurridos hace miles de años. Durante la Revolución Laramide, un proceso geológico que provocó que las rocas marinas se movieran y doblaran, se crearon montañas y fallas. Más tarde, la actividad volcánica y nuevas fracturas en la tierra formaron pilares y fosas tectónicas, que se llenaron de sedimentos y lava, dando forma al valle como lo conocemos hoy (CONAGUA, 2024b).

El área del Valle de Querétaro, que sostiene la capital y donde se asienta el 62% del total de la población del estado, comprende la zona de llanuras (valles de Querétaro y San Juan del Río) y la zona de sierras (lomeríos en dirección nortesur desde Santa Rosa Jauregui hasta Huimilpan). El sistema hidrológico que lo atraviesa conecta cuerpos y corrientes de agua interdependientes de regiones más amplias, como el acuífero Valle de Querétaro que cubre parcialmente los municipios de Querétaro, Corregidora y una parte de El Marqués (CONAGUA, 2024) y forma a su vez parte de la Cuenca del Río Lerma-Chapala. Esta última contiene el río interior más largo de México y está entre las más contaminadas del país (INAI, 2020).

Los ríos son espacios vitales que guardan los registros más antiguos de vida en la cuenca y testigos del nacimiento de la ciudad. Desde el origen de las comunidades humanas, los ríos han sido fuentes vitales para su asentamiento, y hoy en día, la calidad del agua sigue siendo determinante para la calidad de vida. La historia y desarrollo de la ciudad de Querétaro están unidos a éstos. Sin ellos, los primeros pobladores no habrían podido prosperar ni lo haríamos hoy. De ahí, que el monitoreo comunitario de su salud tome relevancia.

Querétaro: ríos vivos en resistencia

- ★ Ciudad de Querétaro
- ◆ Las Adjuntas
- Zona Metropolitana de Querétaro
- Cuenca del río Querétaro
- Zonas funcionales de la cuenca
 - Alta
 - Media
 - Baja
- Cauces y cuerpos de agua**
 - Red hidrográfica
 - Río Querétaro
 - Río Arenal
 - Río El Pueblito
 - Río Huimilpan
 - Cuerpos de agua
- Usos del suelo**
 - Zona urbana
 - Parques Industriales
 - Áreas Naturales Protegidas
 - Parcelas



**Ingresa a este link
para ver el mapa
"Aguas turbias"**



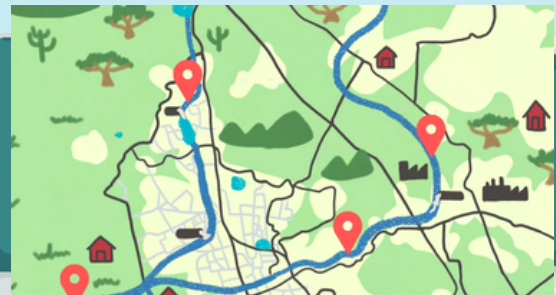
Los acuíferos, ríos y presas de la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) muestran diversos niveles de alteración por contaminación, muchos de los cuales se consideran altamente contaminados y por lo tanto no aptos para el consumo humano (CONAGUA, 2023).

Como el sistema circulatorio de la cuenca, el conjunto de ríos y sus afluentes, regulan la conectividad hidrológica, el transporte de sedimentos y la temperatura, proporcionando hábitats para la fauna, además de prevenir inundaciones y definir el potencial de desarrollo socioeconómico (Cotler et al., 2013). Su relevancia social y ecológica los convierte en un patrimonio biocultural esencial. Sin embargo, a lo largo de su recorrido, rancherías, viviendas e industrias vierten grasas, aceites, materia fecal, pesticidas, agroquímicos, metales pesados y otros contaminantes (Macías Delgadillo, 2021). Estos contaminantes constituyen un riesgo para la salud por estar relacionadas con la desaparición de la biodiversidad, reduciendo las funciones ecológicas del río y su capacidad para abastecer de agua potable a la población (ONU-Hábitat, 2018). Por otro lado, habitantes ribereños han comenzado a denunciar riesgos por contaminación como enfermedades infecciosas, gastrointestinales, de la piel, oculares y respiratorias.

De acuerdo con datos del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) y de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua (RENAMECA), disponibles hasta la conclusión de este informe, distintos puntos de medición situados en los ríos de la metrópoli presentan algún tipo de contaminación, teniendo entre regular y mala calidad.

Aunque existen datos sobre el estado de contaminación del agua superficial o subterránea en algunos puntos, la falta de información pública suficientemente actualizada, periódica, integrada y accesible es un obstáculo importante para **la comprensión integral del estado actual de los ríos, que permita evaluar con precisión tanto su estado de deterioro como el impacto de la contaminación en la salud de estos cuerpos de agua**, y la consecuente incidencia en la salud humana como parte de un mismo sistema.

Consulta el mapa **“Aguas Turbias”** obra cartográfica resultado del monitoreo ciudadano de descargas de aguas contaminadas detectadas en los ríos y arroyos de la ciudad de Querétaro.



Dependiendo de las fuentes consultadas, es posible encontrar diversas cifras que ofrecen indicios de la contaminación de los ríos. El mapeo ciudadano, conducido en 2021 por el equipo de investigación siocioterritorial de Bajo Tierra Museo del Agua a través de recorridos físicos con grupos ciclistas y senderistas, solicitudes de información pública, monitoreo hemerográfico de la denuncia ciudadana e inclusión de algunos de los ejercicios elaborados por otras instituciones, compiló más 120 descargas de agua contaminada detectadas sobre los tres principales ríos de la cuenca del Río Querétaro. Será importante saber cuántas y cuáles descargas tienen niveles de contaminación por encima de la norma, cuáles tienen permiso de descarga, así como el estatus de aquellas que tienen denuncia formal. Además, entre los distintos conflictos relacionados con el manejo del agua en la Zona Metropolitana de Querétaro y sus alrededores, documentados en el Atlas de Justicia Ambiental, registrados entre 1970 y 2023, aparecen problemas de contaminación.

Nota metodológica

Para explorar el estado de salud de los ríos de la cuenca e identificar las causas del deterioro ambiental por contaminación se seleccionaron 18 puntos de observación: 3 en Río El Pueblito, 3 en Río Arenal y 12 en Río Querétaro. Esta selección se hizo con el objetivo de observar el gradiente de deterioro de los ríos de la cuenca, por lo que se incluyeron sitios en la parte alta, media y baja de la misma. Así mismo, se consideró la longitud de cada río y su jerarquía hidrológica dentro de la cuenca.

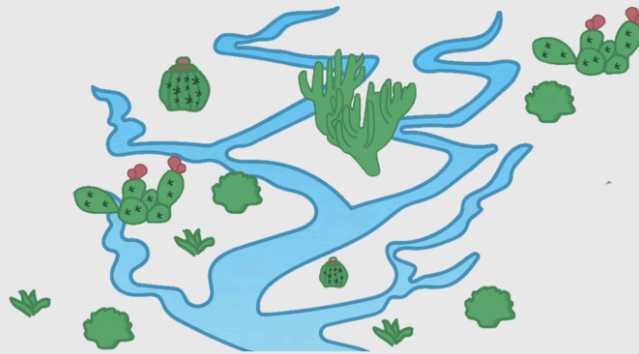
Los sitios fueron visitados entre agosto y octubre de 2024 durante la época de lluvias, como parte de la Pasantía interdisciplinaria 2024 del Museo del Agua. Cada sitio se caracterizó con apoyo de una ficha descriptiva y se levantó registro visual, así mismo se evaluó la condición del hábitat de los ríos a través del Índice de Calidad Visual Ambiental (ICAV) (*Visual-Based Habitat Assessment* en inglés). Este índice, propuesto por *Barbour et al.*, (1999), analiza la estructura y función de ríos a través del estado del cauce, la diversidad de sustrato del fondo, la condición de la vegetación y las riberas. El ICAV está conformado por 10 parámetros que analizan componentes del río en una microescala con procesos de segundos, minutos o días, así como a una macroescala cuyos procesos pueden ir desde los años hasta las décadas, cientos o miles de años, y se evalúan en 4 categorías: 1) Óptimo, 2) Subóptimo, 3) Marginal, y 4) Pobre. A continuación se enlistan los parámetros:

1. **Sustrato disponible para la epifauna** que indica la diversidad de rocas, troncos, plantas o huecos para refugio de peces, anfibios, insectos acuáticos, entre otros animales.
2. **Embebimiento** que evalúa si hay sedimento fino cubriendo el fondo del cauce.
3. **Régimen Velocidad/Profundidad** que da cuenta de la diversidad de zonas profundas y someras con flujos lentos y/o rápidos dentro del río.
4. **Deposición de sedimento** que evalúa si el flujo es interrumpido por la acumulación de arena, rocas o lodos.
5. **Estado del flujo del cauce** que indica el volumen de agua y cómo fluye en el río.
6. **Alteración del cauce** que evalúa si el río está pavimentado, rectificado o ha sido excavado.
7. **Frecuencia de rápidos** que da cuenta del movimiento y oxigenación del agua.
8. **Estabilidad de las riberas** que evalúa si hay erosión o zonas expuestas en las orillas del río.
9. **Protección de la vegetación** que indica su salud y composición, por ejemplo, si son plantas nativas o exóticas, o si hay presencia de hierbas, arbustos y árboles.
10. **Ancho de la zona de la vegetación ribereña** determinada por la presencia de actividades humanas como viviendas, calles, actividades productivas o servicios, entre otras.

Adicionalmente se tomaron muestras iniciales de DDQ y Nitrógeno Total en 14 sitios, con el objetivo de tener un acercamiento a la calidad del agua a través de estos indicadores. Este ejercicio exploratorio, busca aportar elementos que den un punto de partida para la profundización de diagnósticos sobre la salud de la cuenca, además de abrir el diálogo entre los actores con interés en la recuperación de los ríos e impulsar el fortalecimiento de las iniciativas de monitoreo comunitario. El estudio a mayor profundidad de la relación epidemiológica entre la sintomatología presentada por comunidades y la calidad del agua, incluida el agua subterránea, así como el muestreo periódico de los sitios analizados, son elementos indispensables para que este tipo de investigación tenga una panorámica más amplia. Buscamos que este primer paso sea un incentivo para ello.

El trabajo metodológico detrás de este informe fue posible gracias a la colaboración de las distintas personas profesionistas que desde múltiples saberes y disciplinas destinaron tiempo, dedicación y energía hacia el objetivo común de tener una visión más empírica de Una Salud en nuestro territorio.

Río El Pueblito



El Río El Pueblito se ubica en la microcuenca El Pueblito-Joaquín Herrera dentro de la Cuenca del Río Querétaro y es nombrado así aguas abajo de la Presa de El Batán. El cauce se localiza en la zona sur-poniente de la Zona Metropolitana de Querétaro. Fluye de sur a norte, atraviesa el municipio de Corregidora para después girar hacia el noroeste y atravesar la llanura hasta llegar a Las Adjuntas, donde desemboca en el Río Querétaro (CONAGUA, 2024). Sus afluentes son el río Apapátaro (Huimilpan), los arroyos Bravo (Corregidora), Hondo (Querétaro), El Zapote (Corregidora) y El Plata (Corregidora) (CONCYTEQ, 2013).

El río El Pueblito ha sido esencial para la fundación de Corregidora. Entre los años 400 y 600 d.C. llegaron los primeros pobladores y fundaron el centro ceremonial y político "El Cerrito" con asentamientos que seguían el cauce del río hasta la cañada de Santa Bárbara (Crespo, 1991). "El Cerrito" fue abandonado en 1150, posteriormente en 1503 con la conquista española se fundaron los poblados de San Francisco Galileo y Villa de El Pueblito y se crearon diversas haciendas. Posterior a la Independencia, la población creció y la traza urbana se expandió siguiendo el cauce del río (Mariscal de Souza, 2020).

A inicios del siglo XX, comenzó la explotación de sus aguas superficiales y manantiales para distintos fines, como el abastecimiento de agua potable, el riego de cultivos e incluso la generación de energía en la fábrica de cartón de la Hacienda El Batán (Mariscal de Souza, 2020). En 1946, se perforaron por primera vez pozos de agua subterránea y en 1948 se completó la red de agua potable del municipio, lo cual marcó el fin del uso del Río El Pueblito como fuente de abastecimiento de agua potable (Municipio de Corregidora, 2012).

Los habitantes con mayor edad recuerdan que "el río siempre llevaba agua", sin embargo, la segunda mitad del siglo XX se implementaron proyectos que transformaron el Río El Pueblito. En 1990 se construyó la presa El Batán, con una capacidad de 6,500,000 m³ para el riego agrícola y abastecimiento de los habitantes de Corregidora (CONCYTEQ, 2013). Así mismo, el crecimiento urbano de los 80s y 90s trajo consigo la alteración del río en diversos segmentos, como la rectificación de su cauce desde el Puente de La Negreta hasta la calle de San Isidro en 1997 (Municipio de Corregidora 2012). Posteriormente en 2016 se construyó El Paseo del Río Pueblito, que implicó la ampliación, rectificación y pavimentación del segmento del río que atraviesa la cabecera municipal con el objetivo de disminuir las inundaciones de la zona (Estévez, 2016).

A lo largo de las últimas décadas, la salud del río se ha deteriorado por la deforestación, la alteración de su cauce, la urbanización y la contaminación por incremento en la descarga de aguas residuales (Mariscal de Souza, 2020). En 2004, el municipio de Corregidora creó el Patronato para el rescate, conservación y preservación del cauce y del entorno del Río Pueblito (PRP) a raíz de la firma del convenio con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la CONAGUA. Este patronato tuvo como objetivo la protección ambiental, hidrológica e hidráulica del río desde su salida de la Presa El Batán hasta la autopista Querétaro-Celaya.

El “Proyecto de Saneamiento del Río El Pueblito” consistió en la aplicación de un **consorcio bioenzimático**, construcción de **estanque-rabiones** y biofiltros, reforestación de riberas, estabilización de **taludes**, recolección de residuos, estrategias de educación ambiental y monitoreo ciudadano.

Sistema integrado de enzimas y microorganismos que colaboran para realizar procesos biotecnológicos, con aplicaciones en biorremediación.

Sistema de estructuras de pozas y rápidos que controlan la velocidad con que fluye el cauce, evitan la erosión y favorecen la filtración del agua.

Pendientes o superficies inclinadas que ayudan a estabilizar el terreno, de forma natural o artificial, son esenciales para prevenir deslizamientos y erosión.

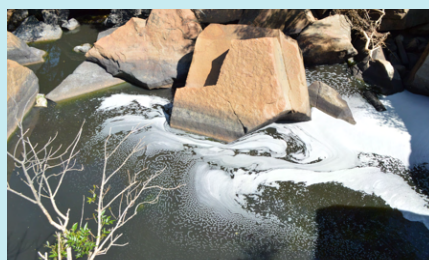
Para 2011, el proyecto de saneamiento logró la recuperación de la calidad del agua dentro de los parámetros establecidos por la NOM-001-SEMARNAT-2021 (antiguamente NOM-003-SEMARNAT-1997) así como la reforestación de la vegetación ribereña de un tramo de 13.5 km. Esto permitió la recuperación de poblaciones de fauna, entre ellas la tortuga casquito (*Kinosternum integrum*) y el cangrejo de barranca (*Pseudotelphusa dugesii*) (CONCYTEQ, 2013). El patronato fue derogado en 2018, aunque la custodia del río continúa a cargo del Instituto Municipal de Ecología de Corregidora.

En octubre de 2020, habitantes de las comunidades cercanas a la presa de El Batán denunciaron una proliferación de lirio acuático que cubría el 35% de la superficie de la presa, atribuida a un aumento en los contaminantes del agua, como fertilizantes, estiércol y descargas residuales de industria y casas (Atlas de Justicia Ambiental, 2022). Habitantes, organizaciones y colectivos emprendieron limpiezas semanales para remover el lirio en colaboración con la CONAGUA y el municipio de Corregidora.

Desde 2021 la permanencia y aumento de la contaminación, así como nuevos procesos de urbanización cerca de la presa de El Batán se han convertido en una preocupación para la sociedad por el deterioro de la salud del río y del ecosistema. Habitantes de Corregidora han impulsado iniciativas de reforestación de las riberas del río, así como actividades de difusión y visibilización como el Foro Interuniversitario Río El Pueblito, conservación y urbanización realizado en mayo de 2024 en conjunto con colectivos, organizaciones civiles e instituciones académicas.

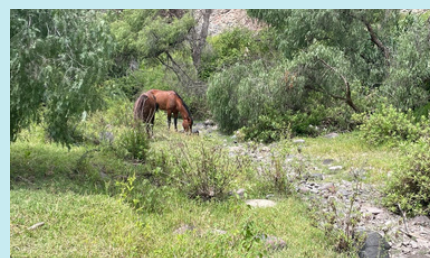


El Salto (Río Huimilpan)



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|---|
| Coordenadas | 20.390210, -100.280270 | |
| Uso de suelo y vegetación | Agricultura y zona rural | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra en condiciones naturales debido a su confinamiento por la cañada. Hay presencia pozas, rápidos y cascadas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña está compuesta por hierbas, arbustos y árboles de diferentes tamaños, predominan especies nativas. | |
| Actividades | Vivienda y actividad agropecuaria | |
| Características del agua | Color: Café | Olor: Drenaje |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | |
| Puntaje del ICAV | <div><div></div><div></div><div>127</div><div></div></div> | |

Santa Bárbara



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|----------------------------------|
| Coordenadas | 20.526458, -100.446040 | |
| Uso de suelo y vegetación | Conservación ecológica y Zona Urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra modificado por actividades humanas como agricultura, puentes, caminos y pasos, así como áreas recreativas como parques y canchas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña está compuesta por hierbas, arbustos y árboles de diferentes tamaños, tanto de especies nativas como exóticas. | |
| Actividades | Vivienda, comercio y turismo | |
| Características del agua | Color: Café | Olor: Sin olor |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, plásticos, latas, vidrios, llantas, entre otros. | |
| Puntaje del ICAV | <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div>101</div> | |

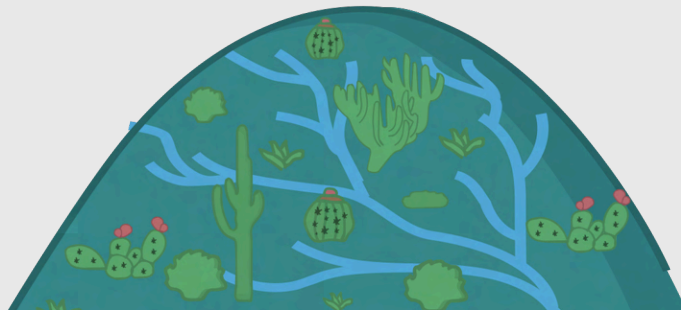


Carretera Querétaro-Celaya



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|---|
| Coordenadas | 20.570478, -100.475294 | |
| Uso de suelo y vegetación | Agricultura | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra modificado por actividades humanas como agricultura, caminos y pasos. Las orillas presentan signos de erosión y parches desprovistos de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña es escasa y se compone de pastos y arbustos exóticos, y algunos ejemplares de árboles nativos. | |
| Actividades | Actividad agropecuaria | |
| Características del agua | Color: Café-verde | Olor: Drenaje |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, poda, plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | |
| Puntaje del ICAV | <div><div>73</div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div> | |

Río El Arenal



El **Río El Arenal**, corre desde Santa Rosa Jauregui hasta Tlacote. Se origina en las faldas del cerro Bravo, tiene un régimen intermitente y un cauce bien definido a lo largo de sus 7,250 metros de recorrido (DOF, 1988). A lo largo de su trayecto urbano recibe descargas de residuos pecuarios de la parte alta, drenajes de zonas habitacionales en la parte media por Jurica y Juriquilla, así como químicos de complejos industriales en la delegación Felipe Carrillo Puerto.

El Arroyo Arenal es nombrado como "dren pluvial" al entrar a la zona urbanizada y como "canal de los patos" cerca de Cumbres del Lago. En la colonia El Tintero, también como "dren" debido a su color, olor y su función de transportar basura y desechos industriales y domésticos fuera de la ciudad. Los distintos nombres que recibe el Arenal reflejan y condicionan tanto la percepción como la relación de la población con este cuerpo de agua.

La Hacienda Jurica, ubicada en un área descubierta hace casi mil años por los antiguos habitantes del bajío, recibió el nombre de Jurica, que significa "lugar de salud", por sus manantiales termales. Esta zona fue adquirida por Fernando de Tapia, también conocido como Conín, quien la conservó hasta que más tarde, en 1551, se transformó en una finca donde trabajaron más de 500 labradores. Posteriormente, fue enfocada a la ganadería y agricultura (Haciendas de México, s/f).

Las haciendas de Jurica y Juriquilla, construidas desde mediados del siglo XVI, fueron parte de una de las zonas más prósperas de la región, gracias a los mantos acuíferos que se encuentran debajo. Esta área, considerada un vergel agrícola, cuya identidad está intrínsecamente relacionada con el agua pasó a formar parte del complejo agroindustrial de principios de 1700, donde se instalaron distintas infraestructuras hidráulicas para la operación de talleres y herramientas para la elaboración de textiles, tales como batanes, obrajes o tenerías (Urquiola, 2007).

Río abajo, el antiguo Pueblo de San Miguel Carrillo, ahora conocido como Felipe Carrillo Puerto, fue la primera congregación de origen chichimeca, teotihuacano y otomí durante el virreinato, ubicado en la región más fértil del Valle de Querétaro. Su estrecha relación con el agua se refleja en la tradición oral de los campesinos, quienes empleaban carrillos para extraer agua de los pozos en esta zona agrícola altamente productiva.

Las alteraciones e impactos de contaminación más fuertes al Arenal se relacionan con el crecimiento urbano y la expansión industrial de mediados del siglo XX.

Desde la llegada de industrias manufactureras en la década de 1970, la región ha enfrentado una grave degradación socioambiental. Los habitantes han presenciado una creciente contaminación del aire y del suelo, lo que ha ocasionado problemas de salud, pérdida de especies vegetales y animales, desplazamientos forzados, además de una fuerte transformación del territorio en un basurero industrial, alterando a su vez el tejido social (Andrade, 2022).

La creación del Parque Industrial Benito Juárez, también conocido como Acceso II, para el cual el Estado expropió el ejido El Salitre en la década de 1970, impactó drásticamente al río, convirtiéndolo en un cauce receptor de desechos industriales. La zona industrial Benito Juárez se instaló en ese punto por su disponibilidad de agua y porque su ubicación favorecía que los contaminantes no pasaran por el centro de la ciudad. Para finales de la década de 1980, las más de 300 fábricas del Acceso II vertían sus aguas negras en canales abiertos, causando un problema serio por la cercanía con Santa María Magdalena, un área productiva que le daba un uso agrícola al agua del arroyo (Martínez, 2011).

A principios de la década de 1990, se implementaron regulaciones más estrictas que prohibieron el vertido de desechos tóxicos en el Arenal, obligando a las fábricas a tratar sus aguas residuales conforme a la norma NOM-001-ECOL-1996, aunque eso no impidió su degradación progresiva (Martínez, 2011).

De forma casi paralela, el boom inmobiliario basado en la especulación, la creación de nuevas zonas habitacionales y el cambio de uso de suelo impulsado por el crecimiento industrial provocó en la mancha urbana de la ciudad de Querétaro un crecimiento significativo, pasando de 440 hectáreas en 1950 a 3,267 en 1980, lo que representa un aumento del 139% (Hernández, 2016).

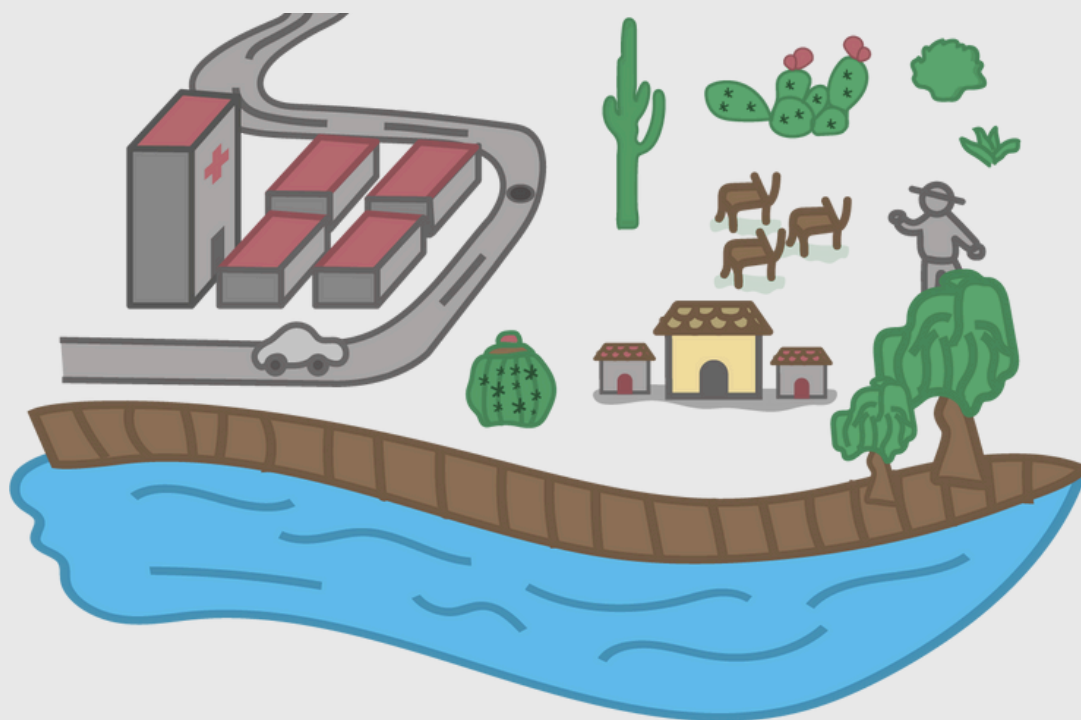
Jurica y Juriquilla fueron polos de la expansión inmobiliaria. El fraccionamiento de "Jurica", creado en 1968 dentro de una propiedad rural de 3 millones de m² que originalmente se destinaba a la agricultura, cambió el uso del suelo de rural a urbano entre 1968 y 1974, convirtiéndose en el más grande de la localidad, representando el 26% de la mancha urbana en 1982 (Hernández, 2016).

En menos de quince años, a partir del 2000, la presa del Cajón y el Río El Arenal se convirtieron en zonas de riesgo ambiental y sanitario para más de ocho mil habitantes de Jurica, pese a las denuncias de ciudadanas.

En 2019 pobladores de la parte alta y la parte media de río organizaron limpiezas dominicales para remover lenteja acuática. El movimiento obtuvo atención mediática e incluso logró presencia gubernamental, lo cual derivó en la proyección de una planta tratadora (Macías Delgadillo, 2021).

Desde 2023, habitantes organizados de la colonia de Jurica han reportado enfermedades gastrointestinales y olores asociados a la exposición a aguas residuales por brotes de coladeras y contaminación de la tuberías de agua potable en viviendas y colegios (Coeto, 2024.) En colaboración con la CONAGUA han documentado e identificado más de 30 descargas ilegales de aguas residuales en el Río El Arenal y el Río Jurica, las cuales también han sido denunciadas ante la CEA (Munguía, 2024).

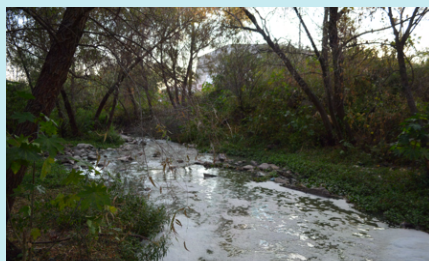
Adicional a la contaminación, el riesgo y las afectaciones por inundaciones se han incrementado en años recientes debido a la deforestación y la urbanización de la zona. En septiembre de 2017, los habitantes de Jurica enfrentaron una crisis severa cuando 650 habitantes de más de 15 colonias vieron sus viviendas y pertenencias dañadas por el colapso de estructuras inundadas, 748 personas fueron desalojadas y llevadas a albergues y una persona perdió la vida en uno de los dos socavones que se formaron en la entrada del pueblo (Andrade, 2022).



El Arenal, Juriquilla



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|---|
| Coordenadas | 20.717472, -100.465077 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona Urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra rodeado por caminos y viviendas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña se compone de pastos y arbustos exóticos, y algunos ejemplares de árboles nativos. | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: Café-negro | Olor: Drenaje |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, textiles | |
| Puntaje del ICAV | <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div>92</div> | |



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.678257, -100.459520 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona Urbana | |
| Estado del cauce | El cauce conserva parte de su estructura natural, sin embargo hay canalizaciones por las calles y viviendas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña se compone de hierbas, arbustos y árboles de especies nativas y exóticas. | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: Café <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, poda, plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | Olor: Drenaje <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div>102</div> | |



El Tintero - Bellavista



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|---|
| Coordenadas | 20.613205, -100.444120 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona Urbana | |
| Estado del cauce | El cauce está alterado y rectificado. Las orillas presentan signos de erosión y parches desprovistos de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | No hay una composición natural de la vegetación ribereña. Hay presencia de pastos y árboles ocasionales. | |
| Actividades | Vivienda y comercio. Se detectaron descargas. | |
| Características del agua | Color: Café | Olor: Drenaje |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, poda, plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | |
| Puntaje del ICAV | <div><div>44</div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div> | |

Río Querétaro



El **Río Querétaro** nace en el Cerro de El Zamorano al centro oeste del estado, fluye de noreste a suroeste, cambiando de dirección a este-oeste al entrar en el valle de Querétaro. Atraviesa la ciudad capital y continua su curso hasta llegar a Las Adjuntas, donde desembocan el Río El Pueblito y el Río El Arenal antes de cruzar el límite estatal hacia Guanajuato y unirse al río Laja.

Hasta mediados del siglo XX, el Río Querétaro, antes llamado Río Blanco, fue la principal fuente de agua potable para la ciudad, sostén para la agricultura, además de un centro de actividades sociales, como baños y paseos en lancha. El "Repartimiento de las aguas del Río Querétaro de 1654", ya contemplaba medidas de cuidado para evitar la contaminación de sus canales de conducción (acequias) que alimentaban las huertas y sembradíos, tales como mantener las aguas contaminadas fuera de las acequias, con penas monetarias y hasta corporales a quienes las contaminaran (Urquiola, 2013).

Su contaminación fue la primera causa de escasez de agua potable y el factor que detonó la construcción del viejo Acueducto en la ciudad virreinal de finales del siglo XVII, en respuesta a las crisis de salud provocadas por las epidemias derivadas de la exposición de residuos de obrajes textiles y corrales (Zuñiga, 2012); confirmados en estudios médicos que el entonces virrey mandó hacer para demostrar el impacto de estos en la contaminación del río (Landa, 2004). Con el traslado artificial del agua de 42 manantiales y veneros de San Pedro de la Cañada, río arriba el acueducto logró mitigar la escasez de agua durante aproximadamente dos siglos, dividiendo las aguas del río en "limpias" y "sucias". Las primeras dirigidas a la red de distribución urbana en fuentes y pilas. Las segundas fluyendo por el cauce natural (Urquiola, 2013).

Con aquella decisión histórica **la ciudad de la época apostó por mantener la contaminación en lugar de intentar revertirla, priorizando la necesidad de consumo humano por encima del valor intrínseco del río para el sostén de la vida en general.**

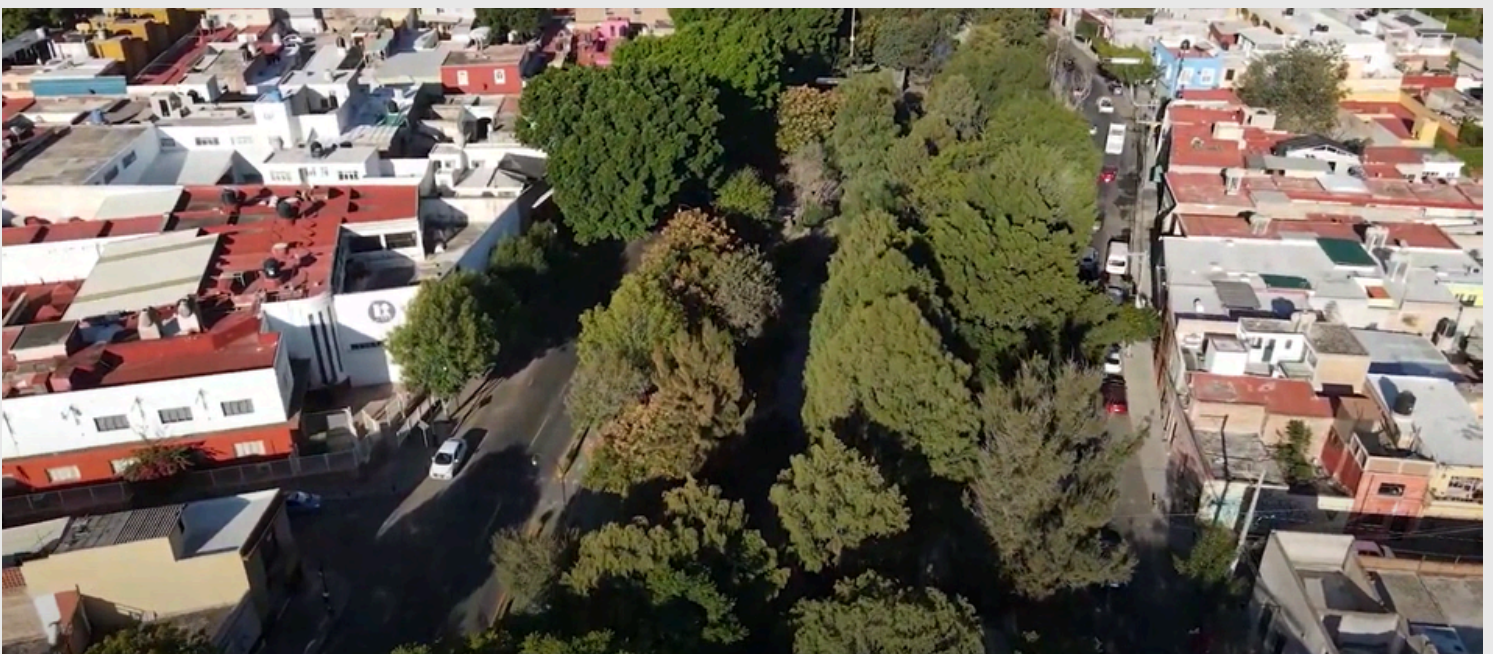


Memorias del agua en Querétaro es una serie documental que recupera hallazgos de investigaciones sobre el manejo del agua en la ciudad de Santiago de Querétaro a través de los siglos.

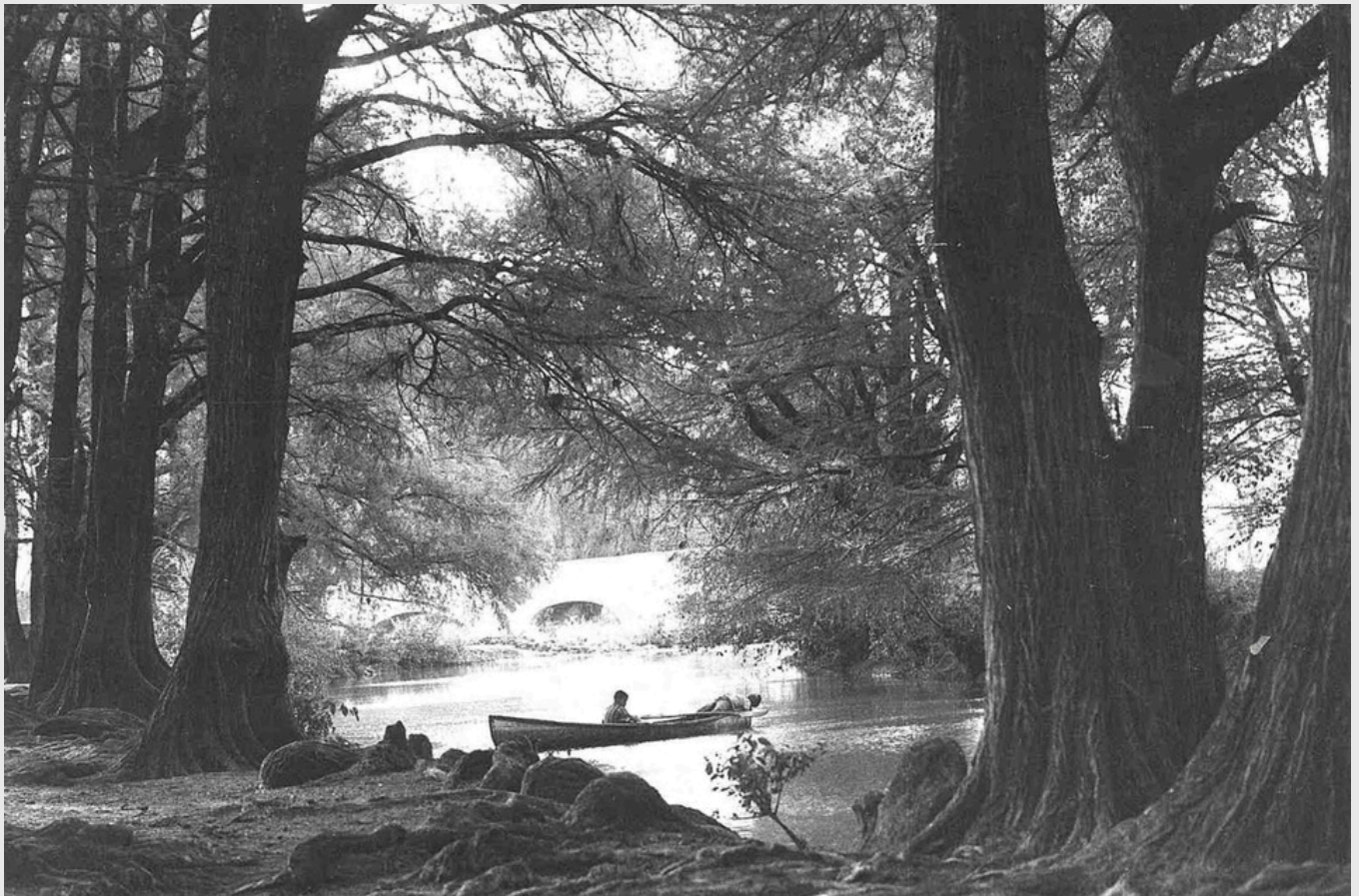
Con el agotamiento de los manantiales y el aumento de contaminación del caudal, el agua potable dejó de ser suministrada por las fuentes superficiales y comenzó a depender de la explotación subterránea. Sin embargo, aunque la necesidad de agua potable para consumo doméstico y uso urbano se mantuvo temporal y parcialmente resuelta, la contaminación siguió deteriorando el río hasta convertirse en un importante problema público.

A pesar de llevar más de 300 años recibiendo contaminantes, el Río Querétaro continúa siendo un río vivo en resistencia que hasta hace menos de 20 años seguía albergando animales, recibiendo personas, baños, paseos. A lo largo de los años, el Río Querétaro ha sido el corazón de la ciudad, un espacio de convivencia y recreación para los habitantes de la ciudad. En las historias de las personas mayores, se recuerda cómo la gente se reunía en sus márgenes para lavar ropa, tendiendo las prendas en las ramas de los árboles. El río, más amplio y con aguas limpias que fluían en abundancia, era también un lugar para jugar y disfrutar. Los patos eran una presencia común, y los vecinos les llevaban comida bajo los puentes. En temporada de lluvias, el río solía desbordarse, llevando sus aguas hacia el centro de la ciudad. Incluso, algunos niños intentaban pescar en sus aguas, aunque rara vez lograban capturar algo, el río ofrecía un lugar de recreo para todos.

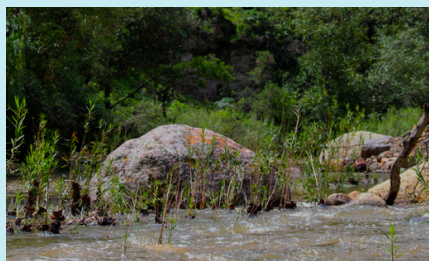
Hoy en día, a pesar de la contaminación, las generaciones más jóvenes siguen considerando al río como un punto de encuentro, un lugar para expresarse a través de la música y el arte, reafirmando su identidad y conexión con la ciudad. El Río Querétaro, aunque debilitado, sigue siendo un símbolo central y el corazón de la ciudad.







La Laborcilla



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|---|
| Coordenadas | 20.916528, -100.279141 | |
| Uso de suelo y vegetación | Selva baja caducifolia y matorral crassicaule | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra en condiciones naturales, ambas orillas cuentan con vegetación que protege de la erosión. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña se compone de hierbas, arbustos y árboles de especies nativas predominantemente. | |
| Actividades | Conservación, turismo y producción agrícola | |
| Características del agua | Color: Transparente <input type="radio"/> Espumas <input type="radio"/> Residuos sólidos: | Olor: sin olor <input type="radio"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div>164</div> <div></div> </div> | |



Santa María de los Baños



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|--|
| Coordenadas | 20.796937, -100.310596 | |
| Uso de suelo y vegetación | Selva baja caducifolia y matorral crassicaule | |
| Estado del cauce | El cauce está modificado por efecto de la presa y actividades de extracción de materiales. Las orillas presentan signos de erosión y parches desprovistos de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone por árboles nativos y exóticos. | |
| Actividades | Zona urbana, actividad agropecuaria, extracción de arena y piedra de río | |
| Características del agua | Color: Transparente <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: plásticos | Olor: sin olor <input type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div><div>85</div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div> | |

Los Vega



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.772257, -100.314098 | |
| Uso de suelo y vegetación | Selva baja caducifolia y matorral crassicaule | |
| Estado del cauce | El cauce está modificado por la extracción de materiales. Las orillas presentan signos de erosión y parches desprovistos de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone por árboles nativos y exóticos. | |
| Actividades | Conservación ecológica y producción agrícola | |
| Calidad del agua | Color: Transparente <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: plásticos | Olor: sin olor <input type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div>81</div> | |

Chichimequillas



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|----------------|
| Coordenadas | 20.764649, -100.332537 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra rodeado por caminos y viviendas. El río ha sido excavado y es cruzado por carros y camionetas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone por árboles nativos y exóticos. | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: Transparente | Olor: sin olor |
| | ✓ Espumas | ✓ Aceites |
| | ✓ Residuos sólidos: escombros, poda, plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>53</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |



San Vicente Ferrer



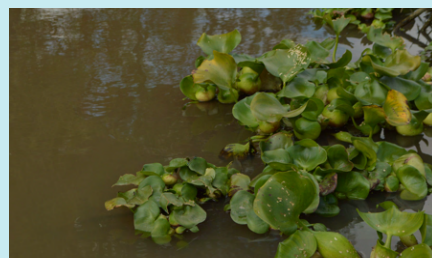
| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.731835, -100.339275 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra en condiciones naturales, ambas orillas cuentan con vegetación ribereña continua con presencia de plantas herbáceas, arbustos y árboles. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación ribereña se compone de hierbas, arbustos y árboles de especies nativas predominantemente. | |
| Actividades | Vivienda y actividad agropecuaria | |
| Características del agua | <div>Color: Transparente Olor: sin olor</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input type="checkbox"/> Aceites</div> <div><input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros.</div> | |
| Puntaje del ICAV | <div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> <div>102</div> | |

Amazcala



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.705097, -100.267874 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra rodeado por caminos y viviendas. El río ha sido excavado para hacerlo más amplio y profundo, es cruzado por caminos y puentes. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone predominantemente por pastos exóticos y algunos árboles nativos. | |
| Actividades | Vivienda, comercio y actividad agropecuaria | |
| Características del agua | Color: Café <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, poda, plásticos suaves y rígidos, vidrios, llantas, entre otros. | Olor: drenaje <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>52</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |

Humedal



| Categoría | Descripción |
|---------------------------|------------------------|
| Coordenadas | 20.690501, -100.243746 |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana |
| Actividades | Vivienda y comercio |

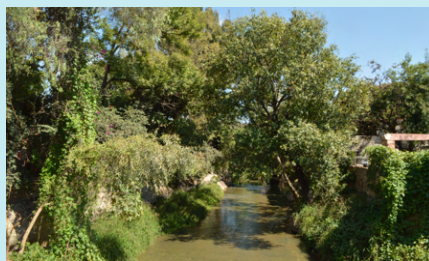
Entre las localidades de Amazcala y La Griega, se incluyó un sitio de observación en un humedal ubicado a la orilla de la Carretera Estatal 500; sin embargo, no aplicó el Índice de Calidad Ambiental Visual. Este índice está elaborado para evaluar sistemas acuáticos lóticos, es decir aquellos con flujo constante de agua, como los ríos. Dado que el humedal es un sistema acuático léntico, es decir con agua con poco movimiento p estancada, las características y funciones son diferentes, por lo tanto no se pueden evaluar con el mismo instrumento. No obstante, se decidió incluir en los resultados debido a la importancia ec hidrológica que representan estos ecosistemas lénticos y su interconexión con los ríos en nuestra cuenca. Estos remanentes de humedales y charcas temporales dan cuenta de las condiciones de la cuenca previas a la colonización y la urbanización de los siglos pasados.

Los Héroes



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.630157, -100.290241 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana y agricultura | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra modificado por actividades humanas como agricultura, caminos y pasos. Las orillas presentan signos de erosión y zonas desprovistas de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone predominantemente por pastos exóticos y algunos árboles nativos. | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: café-verde <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombros, plásticos, llantas, desechos de maderería, uncel, latas. | Olor: drenaje <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>55</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |

La Cañada



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|---------------|
| Coordenadas | 20.609517, -100.328316 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra rodeado por caminos y viviendas. En algunas zonas se encuentra rectificado y pavimentado | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone por especies exóticas y nativas | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: transparente | Olor: drenaje |
| | ✓ Espumas | ✓ Aceites |
| | ✓ Residuos sólidos: plásticos, latas, uncel. | |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>71</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |

Presa del Diablo



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|---|--|
| Coordenadas | 20.607641, -100.338986 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce se encuentra rodeado por caminos, viviendas y áreas recreativas | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada y se compone por especies exóticas y nativas | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Calidad del agua | Color: café <input checked="" type="checkbox"/> Espumas <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombro, plásticos, llantas, textiles, uncel, latas. | Olor: drenaje <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>66</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |



San Sebastián (Av. Universidad)



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|----------------------------|
| Coordenadas | 20.597880, -100.395315 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce está alterado y rectificado. Sus orillas están pavimentadas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada, hay remanentes de árboles nativos y exóticos | |
| Actividades | Vivienda, comercio y turismo | |
| Características del agua | Color: café ✓ Espumas ✓ Residuos sólidos: plásticos | Olor: drenaje ✓ Aceites |
| Puntaje del ICAV | <div><div>53</div><div><div></div><div></div><div></div><div></div></div></div> | |



Santa María Magdalena



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|---------------|
| Coordenadas | 20.598518, -100.446550 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce está alterado y rectificado. Sus orillas están pavimentadas. | |
| Estado de la vegetación | La vegetación de ribera ha sido modificada, hay remanentes de árboles nativos y exóticos | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: café | Olor: drenaje |
| | ✓ Espumas | ✓ Aceites |
| | ✓ Residuos sólidos: plásticos, llantas, alambres, uncel, latas. | |
| Puntaje del ICAV | 47 | |

Las Adjuntas



| Categoría | Descripción | |
|---------------------------|--|---|
| Coordenadas | 20.5963220, -100.4892530 | |
| Uso de suelo y vegetación | Zona urbana | |
| Estado del cauce | El cauce está alterado y rectificado. Las orillas presentan signos de erosión y parches desprovistos de vegetación. | |
| Estado de la vegetación | No hay una composición natural de la vegetación ribereña. Hay presencia de pastos y árboles ocasionales. | |
| Actividades | Vivienda y comercio | |
| Características del agua | Color: café | Olor: drenaje |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Espumas | <input checked="" type="checkbox"/> Aceites |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Residuos sólidos: escombro, plásticos, llantas, textiles, unicel, latas y colchones. | |
| Puntaje del ICAV | <div> <div>67</div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div> | |

Hallazgos del monitoreo comunitario

| Monitoreo informe: Deterioro Silencioso | DQO (mg/L) | NT (mg/L) |
|---|------------|-----------|
| 1. El Salto Río Huimilpan | 159 | 45.79 |
| 2. Santa Bárbara | 33 | 6.29 |
| 3. Carr Qro-Celaya | 164 | 53.06 |
| 4. El Arenal, Juriquilla | 158 | 58.43 |
| 5. Jurica | 107 | 46.06 |
| 6. El Tintero-Bellavista | 402 | 43.91 |
| 7. La Laborcilla | 4.89 | 24 |
| 8. Santa María de los Baños | 28.30 | 41 |
| 9. Las Vegas | 20.49 | 166 |
| 10. Chichimequillas | - | - |
| 11. San Vicente Ferrer | 179 | 47.94 |
| 12. Amazcala | - | - |
| 13. Humedal | - | - |
| 14. Los Héroes | 133 | 5.76 |
| 15. La Cañada | 185 | 69.24 |
| 16. Presa del Diablo | - | - |
| 17. San Sebastián (Av. Universidad) | 55.43 | 132 |
| 18. Santa María Magdalena | 51.42 | 140 |
| 19. Las Adjuntas | 150 | 29.99 |

Proyecto Alternativo de Saneamiento

○ Puntos de intervención fase 1

Puntos de muestreo

- ▲ Calesa
- ▲ Hércules
- ▲ Presa del Diablo

Tramos monitoreados en el marco del PNH 2024-2030

Limpiezas ciudadanas, 2019-2020

- A. Limpieza presa del Diablo
- B. Limpieza La Otra Banda
- C. Limpieza Hércules
- D. Limpieza La Sierrita
- E. Limpieza Camino a Tlacote

Monitoreo ciudadano de descargas de agua contaminada

- Río el Arenal
- Río el Pueblito
- Río Huimilpan
- Río Querétaro

Calidad agua superficial RENAMECA

- Buena
- Regular
- Mala

Zona Metropolitana de Querétaro

Cuenca del río Querétaro

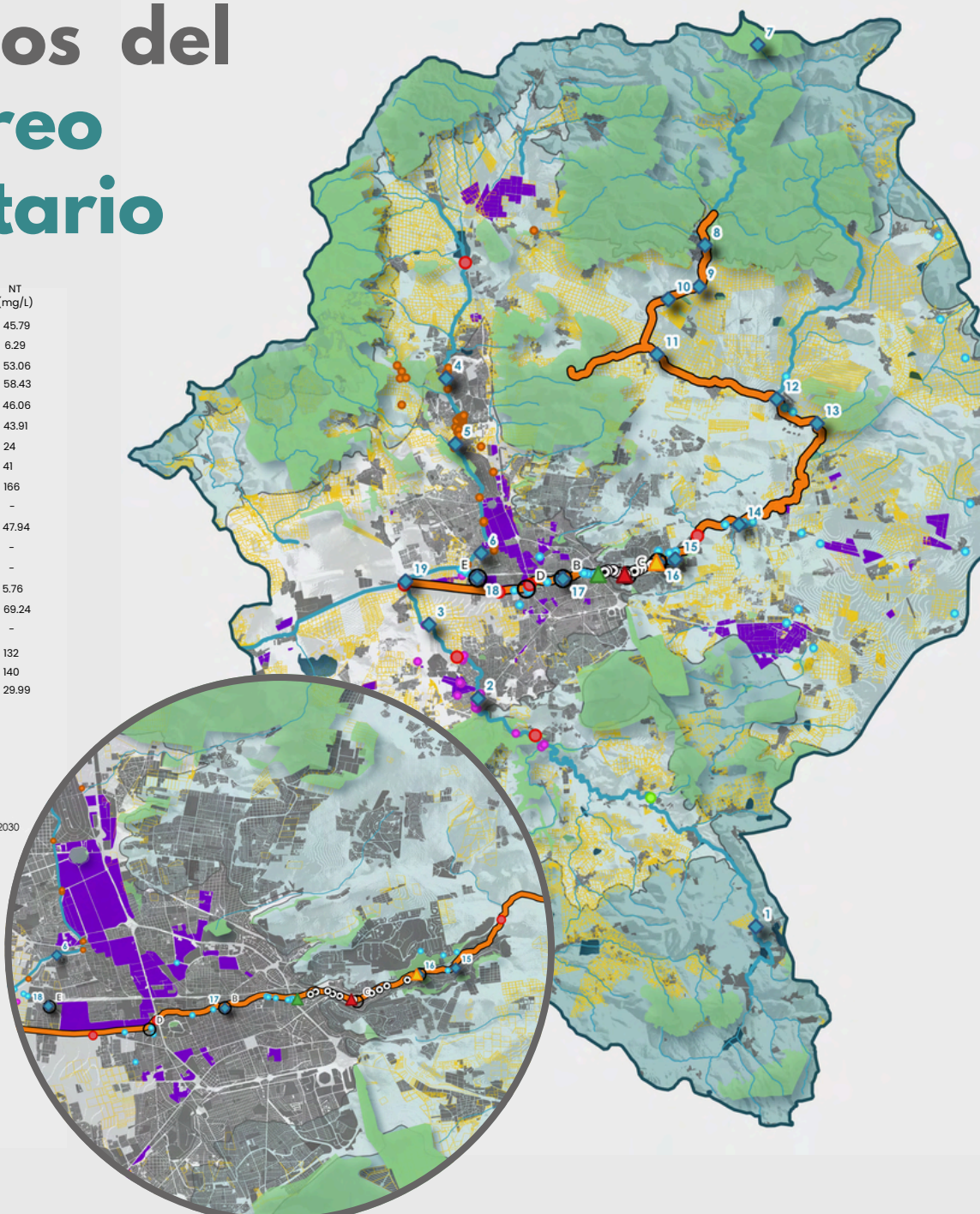
Zonas funcionales de la cuenca

- Alta
- Media
- Baja

Cuerpos de agua

Usos del suelo

- Zona urbana
- Parques Industriales
- Áreas Naturales Protegidas
- Parcelas



Semáforo de calidad del agua de la RENAMECA

| Indicador | No cumple | Cumple | Indicador | No cumple | Cumple |
|-----------|-----------|--------|-----------|-----------|--------|
| DBO | Rojo | Verde | E_COLI | Amarillo | Verde |
| DBQ | Rojo | Verde | CF | Amarillo | Verde |
| TOX | Rojo | Verde | SST | Amarillo | Verde |
| ENTEROC | Rojo | Verde | OD% | Amarillo | Verde |

Si los resultados de calidad del agua indican incumplimiento en uno o más indicadores, el sitio se pinta de rojo

Si los resultados de calidad del agua indican incumplimiento en uno o más indicadores, el sitio se pinta de amarillo

Río arriba se puede apreciar un ecosistema sano, donde el agua corre limpia. Las condiciones naturales de la parte alta de la cuenca dan la impresión de estar en un río distinto al que habitualmente observamos en la ciudad. En el punto de La Laborcilla, una localidad rural, el Río Querétaro se encuentra en condiciones naturales que corresponden a un sistema de montañas y cañadas. Ambas orillas del cauce cuentan con vegetación ribereña continua compuesta por árboles, arbustos y plantas herbáceas. En el cauce se reconocen plantas, raíces de árboles y troncos que proveen refugio para la biodiversidad acuática, como anfibios, insectos y peces. También, hay diversos tipos de sustrato del cauce, como arenas, arcillas, cantos rodados, gravas, limos, roca madre y otras rocas. El río tiene un patrón natural, sin canalización ni pavimentación, con una diversidad de cascadas, pozas, rápidos, zonas con flujos lentos y rápidos, así como zonas de mucha y poca profundidad. Es decir, está muy poco alterado, si bien existen actividades humanas como cultivo agrícola, pastoreo libre, vivienda y zonas recreativas, el río conserva su estructura biofísica en condiciones favorables para la vida.

En el trayecto de La Laborcilla hacia Santa María de los Baños, hay presencia de dos localidades rurales, con actividades agropecuarias e invernaderos. Aguas abajo de la presa y a la orilla de dicha localidad, las actividades humanas son evidentes, especialmente la extracción de arena y grava que ha ensanchado el cauce y los efectos de la presa que han afectado el flujo y la composición del sedimento. A diferencia de aguas arriba, no se identifica un cauce principal sino varios cauces que se van dividiendo y uniendo. Hay zonas dentro del río con el sustrato expuesto, compuesto de arena, cantos rodados y limos. No hay vegetación ribereña en ninguna de las orillas, más que árboles adultos y las orillas presentan erosión con zonas con suelo expuesto. Los colores de las corrientes pueden notarse entre tonos marrones. De forma inmediata al río se ubican calles, viviendas y zonas de cultivo y comienzan a notarse efectos de la alteración riparia para las poblaciones que relatan experiencias de inundación. Lo mismo se percibe en el sitio de Los Vega, donde el río presenta condiciones similares.

Siguiendo al río, hacia la parte media de la cuenca, entrando a la Zona Metropolitana de Querétaro, los cambios en la estructura física del río se hacen más evidentes. En Chichimequillas, el río ha sido rodeado por calles y casas, incluso en temporada de secas es atravesado por carros. Las riberas del río están habitadas por plantas exóticas como pastos y ricinos (*Ricinus communis*) y presentan erosión. Así mismo, en este punto se identificaron residuos sobre el cauce como escombros, llantas, plásticos diversos y restos de poda. La condición del río es similar en los sitios de Amazcala y Niños Héroes. En estas zonas, el río recibe múltiples descargas de aguas residuales de actividades agropecuarias, industriales y zonas habitacionales.

Cuando el Río Querétaro recorre La Cañada y Hércules, empieza a estar no solamente rodeado sino notoriamente más intervenido. Su cauce se encuentra ademado y rectificado en diversos segmentos. Pueden verse varios tubos y salidas de descargas de agua pluvial y drenajes de la zona habitacional. A la altura de la Presa del Diablo, el hedor a aguas residuales (o huevo podrido) se percibe de forma más intensa y con colores predominantes de café y negro. Así mismo, la presa se encuentra con altos niveles de acumulación de residuos sólidos urbanos como escombros, llantas y plásticos, además del sedimento.

Al ser atravesado por el Centro Histórico, el río continúa con sus riberas elevadas y pavimentadas como medida preventiva ante inundaciones. En estos puntos, dentro del cauce no hay presencia de arcillas, rocas o troncos, es solo una plancha de cemento con un flujo laminar. En este punto se percibe menos vida animal y menor diversidad vegetal, además de un color más turbio en el agua y un olor más penetrante. En algunos segmentos en su paso por Av. Universidad hay remanentes de la vegetación ribereña nativa, como sauces (*Salix* sp.), así como árboles exóticos plantados en siglos pasados, como jacarandas y pirules.

Finalmente, en Las Adjuntas, donde el Río Querétaro conecta con el cauce del Río El Pueblito y el Río Jurica para seguir su curso hacia el estado vecino, el río tiene una condición pobre debido a los efectos acumulativos de toda la cuenca, como aguas residuales, desechos industriales y descargas de basura en diferentes puntos de la Zona Metropolitana de Querétaro. El punto es apenas accesible a pie por las vialidades de alta velocidad que lo rodean. El caudal, que poco antes pasa junto a complejos agroindustriales, tiene un olor apenas tolerable y una consistencia espumosa. En este punto ya no se observa vida animal en el agua y muy poca diversidad vegetal. **Estar ahí más de unos minutos ocasiona reacciones corporales inmediatamente perceptibles, en forma de dolor ocular, picor nasal, dolor de cabeza y malestar en general.**

Conforme el Río Querétaro se interna en la ciudad, o más bien, conforme la ciudad y sus dinámicas se imponen sobre este, este se deteriora, como lo confirman tanto la evidencia documental como los análisis químicos. Es el mismo río, pero parecen ríos distintos según el punto desde donde se le observe: un río vivaz en la parte alta de la cuenca y un río agonizante en la parte baja, sofocado por la urbanización. **A menudo que se avanza en el caudal, es evidente la correlación entre mayor intervención humana y mayor deterioro en las condiciones de vida.** Sus corrientes nos narran silenciosamente su transformación, en olores, colores y texturas que percibimos con los sentidos y que los resultados de laboratorio corroboran. El río nos habla en su lenguaje y es urgente aprender a entenderlo.

Tratamiento, saneamiento y recuperación

Aunque pocas e insuficientes, desde finales del siglo XX y principios del XXI, han existido algunas iniciativas hacia los ríos de la ciudad, como el Plan Parcial para la Conservación y Mejoramiento del Río de 1980, el programa de saneamiento del Río Querétaro anunciado por la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y el gobierno del municipio de El Marqués en 2019 y el "Proyecto de Saneamiento Alternativo del Río Querétaro fuera de la red de drenaje" aprobado por la Comisión de Cuenca del Río Querétaro (CCRQ) en 2021.

Las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTARs) en la cuenca del Río Querétaro no han logrado resolver el problema de la contaminación. De acuerdo a la CEA, en el estado existen 36 plantas bajo su cargo (CEA, s/f) con un 80% de las aguas residuales estatales tratadas (Álvarez, 2023). Sin embargo, el Índice de Competitividad Estatal 2024 reportó un caudal tratado de aguas residuales de 0.6 litros por segundo por cada mil habitantes, lo cual posiciona a Querétaro en el lugar 23 a nivel nacional con un desempeño medio bajo en competitividad (IMCO, 2024). Estos datos reflejan que la presencia de PTARs no asegura su operación, eficiencia o cobertura suficiente para resolver integralmente la contaminación del agua, lo que imposibilita la recuperación de la salud de los ríos.

Si bien existe denuncia ciudadana, principalmente mediática, la tasa de denuncia formal por daños asociados al agua contaminada es baja y el nivel de sanción aún menor. En 2021, la CEA refirió haber detectado más de 96 descargas, atendido 37 denuncias, así como canalizado 21 de la Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente (PEPMADU) y 21 a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). Respecto a la facultad de vigilancia y de sanción señaló a esta última junto con la CONAGUA como autoridades competentes. La PROFEPA refirió haber turnado 36 y atendido 9 de 45 denuncias recibidas. La CONAGUA refirió haber sancionado únicamente 3. De las autoridades municipales consultadas, los municipios de Corregidora y Colón refirieron registros de descargas detectadas. El municipio de El Marqués omitió dar respuesta y el de Querétaro negó tener competencia alguna al respecto del agua residual, sin señalar a la autoridad a su juicio competente (Romero, 2021).

En los últimos años, ha crecido la inquietud sobre los riesgos a la salud que representan los microorganismos infecciosos y contaminantes emergentes en el agua superficial. Esto, junto con la preocupación por los efectos del cambio climático y una mayor conciencia, especialmente entre los jóvenes, han impulsado esfuerzos para la recuperación de los ríos.

En 2019, la capital de Querétaro fue testigo de diversas acciones ciudadanas en favor de los ríos urbanos. De este a oeste, colectivos organizaron limpiezas y eventos culturales de concientización en el río Querétaro, y se formó un **Consejo Ciudadano Autónomo del Agua**, logrando visibilizar más de 30 toneladas de residuos sólidos, revelando especies vegetales y animales que habitan en el río, atrayendo la atención pública y reavivando el debate sobre el estado de los ríos. Los habitantes cercanos al arroyo Jurica también comenzaron jornadas semanales de remoción de lenteja acuática.

Las nueve jornadas de limpieza del río Querétaro, realizadas sobre distintos puntos de su caudal **detonaron conciencia ciudadana sobre el estado e importancia del río, encuentro e intercambio de saberes, así como respuesta de las instituciones de gobierno frente a la problemática**. La noticia sobre dos tortugas casquito (*Kinosternum integrum*) vivas, río arriba aportó evidencia de vida en el río de una ciudad cuyo imaginario lo ha desvalorizado hasta reducirlo a “dren” en muchas de sus partes. El posterior reporte de otra tortuga casquito muerta, río abajo a la altura de 5 de Febrero, alertó sobre el poco tiempo que queda para revertir los daños. Ambos hallazgos dieron cuenta del estado de salud del río en sus distintos tramos.

El encuentro de distintos sectores de la sociedad en el río encendió el interés colectivo por la historia, salud y recuperación de esta entidad biológica, detonando movilización ciudadana. En el foro de **“Esfuerzos intergeneracionales para la recuperación del río Querétaro”**, organizado por estudiantes y docentes como un espacio para abrir conversación entre academia, gobierno y sociedad civil se recuperó la memoria de proyectos previos, se compartieron casos de otros ríos del país y se expusieron propuestas. Estos intercambios lograron reunir información que antes estaba dispersa, hacia un mejor entendimiento de la situación. Las movilizaciones, además, incentivaron el aumento de vigilancia ciudadana sobre las descargas contaminantes.

Por otro lado, la toma del espacio público y el interés mediático sobre la situación del río detonaron respuestas institucionales. En 2019, el municipio de Querétaro **declaró que el río no era una prioridad para la nueva administración** debido a que los estudios demostraban que no estaba contaminado a pesar de las más de 72 descargas contaminantes reportadas por autoridades estatales (Contreras, 2019). Río arriba, el municipio de Marqués desmintió al municipio vecino anunciando un proyecto en colaboración con la Universidad Autónoma del estado para recuperar el río en los 42 kilómetros que atraviesan al municipio donde se detectaron 48 puntos críticos de contaminación (Ochoa, 2019).

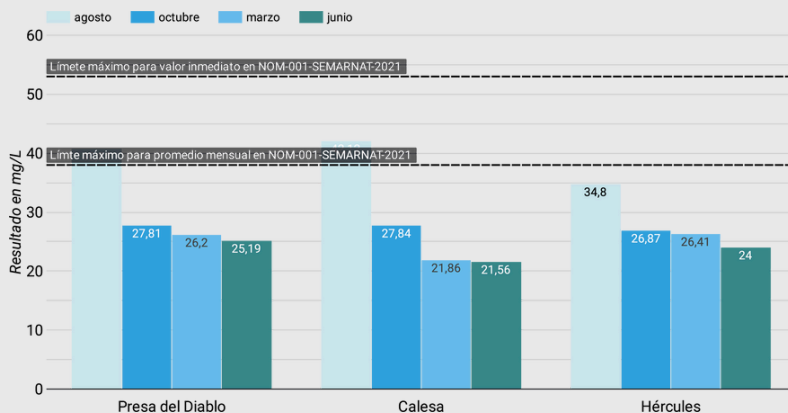
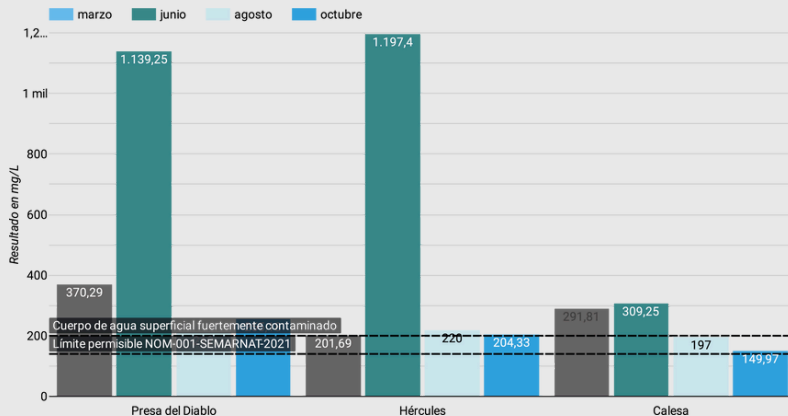
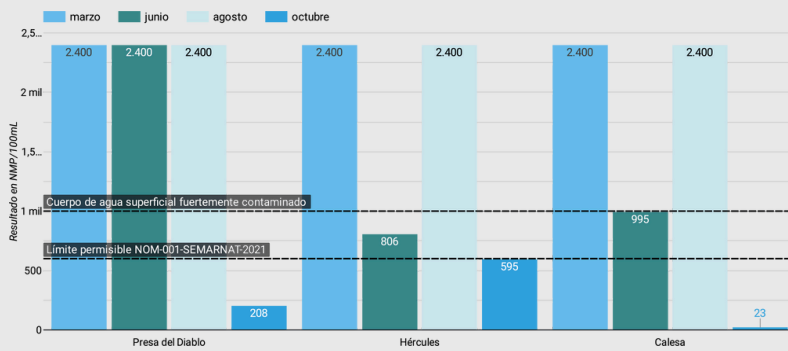
Poco después, el municipio de Querétaro también anunció un programa de rescate del río junto con el gobierno estatal y la CONAGUA. Sin embargo, ninguno de los proyectos presentó posteriores resultados a la sociedad ni rindió cuentas sobre los recursos públicos ejercidos. Entre 2011 y 2021, el gobierno estatal reportó la inversión de 753 millones de pesos para el saneamiento del Río Querétaro sin que las condiciones de mejora fueran visibles (Aldama, 2021). En octubre de 2023 el gobierno estatal anunció una nueva inversión de más de mil millones de pesos para la creación y mantenimiento de plantas de tratamiento (Álvarez, 2023).

La movilización ciudadana influyó en la reactivación de la **Comisión de Cuenca del Río Querétaro (CCRQ)**, un órgano intersectorial auxiliar del Consejo de Cuenca Lerma-Chapala, y en 2021 se creó internamente un grupo de trabajo específico para propuestas de saneamiento. El muestreo de 33 puntos entre el Parque Industrial Bernardo Quintana y Juriquilla, elaborado por Reparadora Ecológica A.C. y el municipio de El Marqués, con recursos públicos, detonó conversaciones entre 2020 y 2021 alrededor de proyectos posibles, uno de ellos presentado por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario.

En 2022 el pleno de la Comisión aprobó el **"Proyecto de Saneamiento Alternativo del Río Querétaro fuera de la red de drenaje"**, una propuesta basada en intervenciones biotecnológicas con el objetivo de mejorar la calidad del agua para su reutilización. Se enfoca en **reducir la contaminación orgánica**, es decir la cantidad de microorganismos infecciosos, y disminuir los malos olores. Esto significa que, aunque no rehabilita el ecosistema, ni atiende otros tipos de contaminación como metales pesados, podría **reducir riesgos a la salud** al mejorar las condiciones ambientales, permitir el reúso del agua en usos distintos al consumo humano y reconectar al río con la sociedad.

El proyecto consiste en la intervención de 20 tramos del río (alrededor de 80 kilómetros) ubicados en los municipios de El Marqués, Corregidora y Querétaro, dentro de los cuales se prevé la construcción de puntos de retención compuestos de estanque-rabión y en los que periódicamente se aplicará un compuesto de enzimas y microorganismos para favorecer la recuperación de las funciones naturales (CCRQ, 2023).

Como primera etapa se intervino un segmento de 3.7 km del río comprendido entre la Presa del Diablo y la Colonia Calesa entre noviembre de 2023 y noviembre de 2024. Del monitoreo trimestral de indicadores de Demanda Química de Oxígeno (DQO), Carbono Orgánico Total (COT) y *Escherichia coli*, así como de parámetros fisicoquímicos *in situ* de los puntos de Presa del Diablo, Hércules y Calesa, la CCRQ reportó una disminución general en los parámetros y específica de 72% en DQO, para junio de 2024. De acuerdo con la evaluación semestral realizada luego del proceso; los parámetros de la NOM-001-SEMARNAT-2021, referentes a la COT, DQO y *E. coli* en el tramo de la colonia Calesa, se encuentran dentro de los límites permisibles para valores instantáneos en ríos, arroyos, canales y drenes (CCRQ, 2024).



E. coli

Escherichia coli

Estima la concentración de esta bacteria, sirve como indicador de contaminación fecal.

DQO

Demanda Química de Oxígeno

Sirve para estimar la materia orgánica e inorgánica, midiendo el oxígeno necesario para su degradación.

COT

Carbono Orgánico Total

Mide la concentración total de carbono proveniente de compuesto orgánicos.

Estos valores suelen ser muy cambiantes; por lo que para asegurar que los resultados perduran en el tiempo el monitoreo permanente es muy importante.



La segunda etapa preve un tramo de 3.5 km cuenca arriba, entre La Cañada y la Presa del Diablo. Para ambas etapas un financiamiento de 10.2 millones de pesos fue aportado por la Comisión Estatal de Aguas (CEA), quien da seguimiento a la implementación a través de su Consejo. Actualmente los distintos integrantes de la CCRQ, entre los que se encuentra la CEA, CONAGUA, los distintos municipios de la cuenca y actores de la sociedad civil, colaboran para la detección de fuentes de contaminación, así como la firma de convenios de custodia de las zonas federales del río (CCRQ, 2024). Por otro lado, en noviembre de 2024, la dirección local de la CONAGUA detectó 70 puntos de descarga de agua residual industrial, habitacional y agropecuaria mediante censo para la detección de descargas clandestinas en la cuenca del Río Querétaro.

La obtención de resultados sostenibles y de mejora en la calidad del agua, dependerá de una continuidad administrativa, un riguroso manejo técnico, la apropiación ciudadana y corresponsabilidad en la prevención de contaminación, fortalecimiento de la sanción por contaminación y, en general, una adecuada gobernanza. Por otro lado, una rehabilitación integral del río requeriría acciones adicionales enfocadas a la recuperación de ecosistemas y erradicación de las fuentes de contaminación en la cuenca.

Reflexiones finales

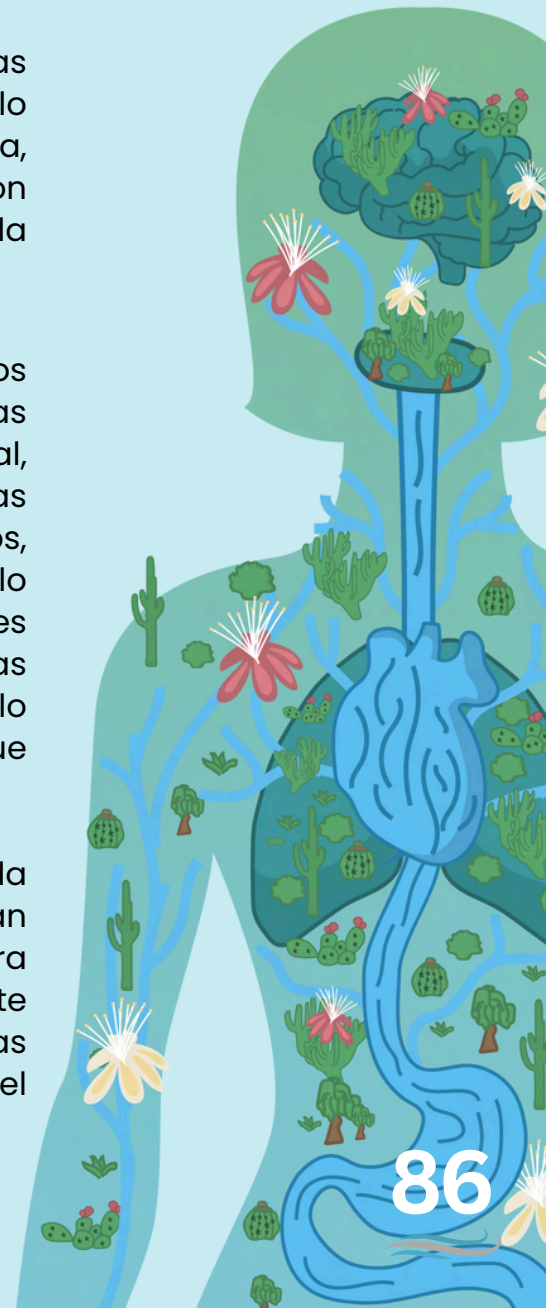
La salud planetaria está al borde del colapso, los síntomas son múltiples y evidentes. Aunque los discursos desarrollistas, que priorizan el crecimiento económico como motor principal para el progreso de una sociedad, intenten negar o invisibilizar esta situación, el sentido común y la experiencia en nuestros territorios tienen la certeza de que algo anda mal en la forma en cómo nos relacionamos con el mundo, orillándolo a la enfermedad.

El punto de no retorno del desastre socioecológico está aquí, irrumpiendo sutilmente en las bolsas de valores, alterando los encadenamientos productivos y negociaciones multilaterales. Y aunque han sido advertidos los síntomas, la sordera de las élites político-económicas les impide oír y poner el freno de mano a una locomotora de acumulación que lleva 200 años expandiéndose por el planeta a una velocidad frenética.

Como se ha mencionado en este informe, no son pocas las voces que desde hace décadas vienen señalando lo obvio: los límites de la hipertrofia del músculo capitalista, los peligros del trastorno de (sobre)acumulación compulsiva, la voracidad del acaparamiento y la posibilidad real de sufrir una embolia civilizatoria.

Las consecuencias de estos trastornos modernos estructurales están siendo documentadas y exhibidas críticamente, cada vez con mayor precisión acupuntural, como quien intenta sanar un dolor desde lo local. Las comunidades científicas lo observan en sus datos, sistemas de información y laboratorios; las académicas lo abordan en las aulas, talleres, congresos y las estudiantiles se movilizan en las calles y espacios públicos. Las comunidades, organizaciones, movimientos sociales lo viven en sus territorios e intentan construir alternativas que detengan la llegada de una muerte prematura.

También lo hacen las comunidades no humanas de toda índole que sienten, perciben, reaccionan y se comunican mediante aromas, sonidos y señales eléctricas para desencadenar respuestas defensivas o adaptativas ante los cambios drásticos en su ecosistema, aunque muchas veces estas capacidades no son suficientes para resistir el embate de los extractivismos.



Este informe especial busca generar una mirada sobre la apremiante situación, a partir de la relación indisoluble entre **agua, contaminación y salud**. Tiene el objetivo de abonar a las reflexiones sobre las formas en cómo manejamos e incidimos -o no- en nuestros territorios, cómo observamos y curamos sus heridas, que son las que cargamos en nuestros propios cuerpos. Esto nos obliga a posicionarnos como especie en una relación simbiótica con la naturaleza de la cual dependemos por más que nuestro manto de artificialidad siga seduciéndonos y apropiándose de nuestros cuerpos-territorios. **La obsoleta separación sociedad-naturaleza propia de la modernidad se ha vuelto un obstáculo para pensar en soluciones ante la crisis que vivimos.** Para superarla y sobrevivir se hace necesario concebir el mundo de formas distintas y diversas, recuperar y aprender de cosmovisiones con relaciones basadas en el cuidado comunitario, los derechos humanos colectivos, la justicia socioecosistémica, la defensa de la salud y la vida.

Es imprescindible generar conocimiento y dejar un registro que sirva para poder transitar a otras formas de nombrar, por lo tanto actuar, reconociendo las implicaciones degenerativas del antropoceno, hacia una era regenerativa en donde el ser humano repare cuentas con el entorno dañado responsabilizándose de las intervenciones ejercidas sin respeto a la vida. El retorno a la medida, al equilibrio y la salud de su propia mente, su propio cuerpo, su hogar, su comunidad, su ciudad, su mundo.

Los lugares para continuar impulsando esta misión son vastos, sin embargo, es primordial posicionar la mirada en los espacios extractivistas donde el riesgo es potente, la impunidad desoladora y la emergencia inminente. Aquellos donde las relaciones de poder son más asimétricas: **regiones mineras, industriales y urbanas**. Allí donde los modos de producción que sostienen modelos de crecimiento y expansión ilimitados se han asentado con mayor violencia. Donde la promesa de prosperidad contrasta con la realidad de deterioro y donde las ganancias económicas de la explotación del territorio se enfatizan, pero los costos socioambientales se omiten o minimizan.

La contaminación, con su impacto ambiental acumulativo, ha sido ignorada y desatendida por décadas, aún cuando se haya abordado por investigaciones académicas y denunciado por comunidades afectadas. Hasta apenas hace unos años el gobierno mexicano comenzó los esfuerzos para asumir la relación de la política ambiental con la política de salud pública y aún no hay estudios toxicológicos o epidemiológicos que permitan correlacionar la disposición de contaminantes con la presencia de enfermedades, ni existen suficientes estudios que articulen el desastre ambiental con la crisis sanitaria (Barreda, 2020). **La perspectiva médica insiste en el diagnóstico individual sobre hábitos sin considerar el medio como factor determinante de la salud.**

De una u otra forma, todos nuestros lugares se encuentran articulados por el agua, ya sea que descanse bajo nuestros pies y aflore de vez en cuando, o corra a través de ríos y arroyos hacia el mar. Los ríos no solamente sostienen nuestra supervivencia en múltiples formas, son las venas que oxigenan al ambiente. Sin embargo, a pesar de su importancia, continuamos concibiéndolos como vertederos del desperdicio. Hemos normalizado que la forma más eficiente de deshacernos de lo impresentable es arrojándolo a la vertiente fluvial volviéndolo “problema de alguien más”, sin ver que las colonias, delegaciones y municipios son partes de una misma extensión territorial que corre más allá de la ciudad a través de los ríos con distintos estados de salud.

La contaminación de los cauces que nos unen ha provocado una situación generalizada que inflama y pudre silenciosamente los territorios que habitamos. Comemos y bebemos los residuos bioquímicos venenosos que nuestro modo de producción desecha, completando en nuestros cuerpos-territorio un ciclo metabólico absurdo y suicida. Más preocupante es que **la tendencia global no sea a dejar de contaminar y recuperar contundentemente la salud de nuestros ríos**, sino a reutilizar el agua tratada para el consumo humano, con los riesgos que conllevan las formas emergentes de contaminación.

Mientras se acaparan las riquezas naturales y económicas en el mundo, la enfermedad se amontona, despliega y reparte a través de cauces, flujos de materia que llegan y se asientan en las partes bajas de la pirámide social. Son estos sectores sociales a quienes se les impone y delega la gestión del desastre, atribuyéndoles no solo la responsabilidad individual del caos, sino la penuria de entregar sus bienes comunes en sacrificio para otro “bien común” abstracto del cual no reciben beneficios. Sin embargo, son estos lugares en los que emanan no solo las resistencias sino las vías alternativas para sanar los territorios.

Las crisis socioambientales exponen las contradicciones en su forma más violenta, siendo también los momentos donde encontramos los ejemplos más enérgicos de cuidado de la vida. Todos ellos pueden servir de guía e inspiración ante la parálisis de nuestras sociedades. En su nicho germinan posibilidades de experiencia y existencia con la capacidad de cimbrar las estructuras de poder siempre y cuando se conecten y comuniquen a lo largo y ancho de los territorios.

Para aplacar este deterioro silencioso cada vez más vociferante, el rescate, defensa, conservación y cuidado del lugar es el punto de partida más accesible y significativo para la colectividad, tomando la forma y función del micelio, una red de ramificaciones que se extienden por el suelo y que absorben los nutrientes del ambiente para reproducir la vida. A este propósito responde la construcción colaborativa de este informe.

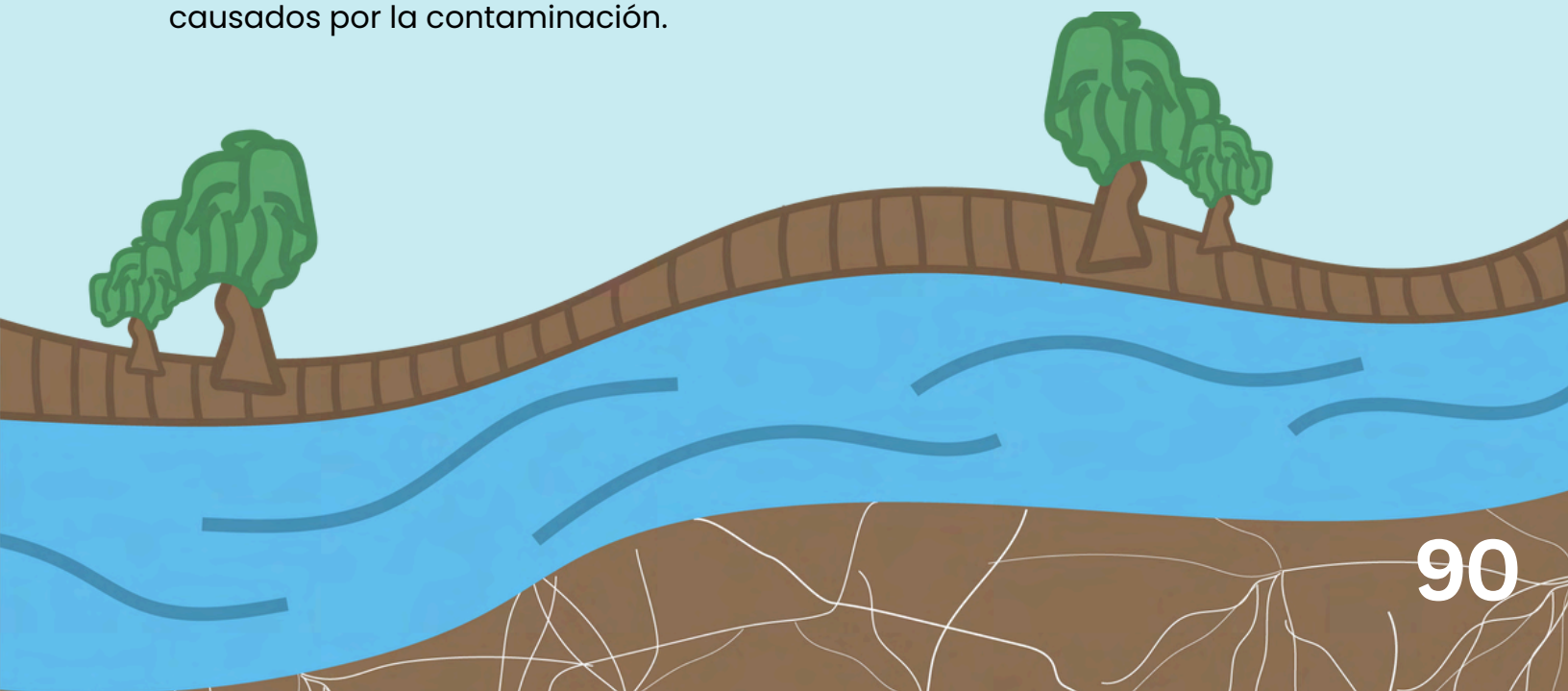
Recomendaciones

El Plan Nacional Hídrico 2024-2030, anunciado en noviembre de 2024, contempla entre sus ejes la gestión integral, la mitigación del impacto ambiental y la justicia, además de incluir en sus acciones prioritarias el saneamiento de ríos, Lerma-Santiago, Atoyac y Tula, a través de la eliminación de descargas contaminantes, la instalación de sistemas de monitoreo, la restauración y reforestación de zonas riparias y la construcción y rehabilitación de plantas de tratamiento, construcción de líneas para reúso. El Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027 de Querétaro, por otro lado, considera dentro de los proyectos prioritarios al agua, cuyo modelo de gestión se definirá a través del Programa Hídrico del Estado de Querétaro actualmente en construcción.

En un marco en el que las instituciones públicas comienzan a reconocer la crisis hídrica y las inminentes consecuencias en la salud pública, la siguiente es apenas una lista ilustrativa de los distintos puntos de acción que es indispensable considerar como un piso mínimo para orientar las políticas hídricas hacia **prevenir y sancionar la contaminación**, limitando sus fuentes y asumiendo responsabilidades, **restaurar los ecosistemas**, permitiendo que su propia naturaleza se regenere, y **reparar los daños provocados a sus poblaciones**.

- Retomar la información generada por comunidades y grupos académicos, en especial la recopilada a través de los Proyectos de investigación e incidencia (Pronaiis) para fortalecer la creación de políticas públicas integrales de salud que partan de diagnósticos de la salud pública ambiental (CONAHCYT, 2023).
- Retomar la experiencia previa de las comunidades en el cuidado y protección de su territorio, e incluirles en su derecho a participar en la deliberación sobre las políticas que busquen solucionar las problemáticas de contaminación.
- Tomar medidas para que las soluciones no reproduzcan un ciclo de injusticia ambiental en el que resolver el problema para un territorio genere, perpetúe o agudice el problema de otras comunidades en distintos puntos de la cuenca.
- Fortalecer las redes de monitoreo y vigilancia comunitaria, así como los sistemas de monitoreo institucionales, para garantizar un proceso de observación sistemático y permanente de la calidad del agua; con mayor periodicidad, mejor tecnología y efectiva participación ciudadana.
- Actualizar el marco de competencias para facilitar la coordinación institucional, apegar la regulación a la realidad territorial, evitar vacíos de responsabilidad y fortalecer los sistemas de denuncia.

- Fortalecer los procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental, en su rigor técnico- científico, transparencia e imparcialidad. Al mismo tiempo es de vital importancia la adecuada comunicación de los resultados a la población y sobre todo a los habitantes en las zonas de estudio.
- Implementar programas de educación y capacitación para industrias, agricultores y comunidades sobre prácticas sostenibles que reduzcan la contaminación en su origen.
- Asegurar el enfoque de cuenca, territorio y de interconexión territorial en los proyectos de recuperación de las cuencas, incluidos los subproyectos de saneamiento. A la par, crear incentivos fiscales y financieros para proyectos de investigación, restauración y acción comunitaria que adopten prácticas regenerativas.
- Asegurar que los programas y proyectos de saneamiento se realicen con perspectiva de cuenca, enfoque de territorio e interconexión territorial, que se acompañen de estrategias fuertes de prevención de contaminación y restauración de los ecosistemas.
- Asegurar que los sistemas jurisdiccionales y administrativos integren los estándares y principios de acceso a la justicia, además de asegurar mayor accesibilidad y mejor capacidad de emisión de medidas cautelares.
- Establecer políticas claras de prevención y atención a las enfermedades de las personas y comunidades afectadas por contaminación hídrica, tanto por exposición ambiental al agua contaminada como por su consumo, incluyendo diagnósticos tempranos y tratamientos adecuados.
- Diseñar políticas públicas enfocadas en la reparación, no solo de los daños ambientales, sino también de los impactos sociales, económicos y culturales causados por la contaminación.



Fuentes bibliográficas

Agencia Europea del Medio Ambiente. (2024). ¿Cuáles son las principales fuentes de la contaminación del agua? Agencia Europea de Medio Ambiente.

Álvarez, D. (2023). Cada segundo mil 245 litros de aguas tratadas en Querétaro. Diario de Querétaro.

Andrade, N., García, G. (2022). Historias que andan. Desplazamiento forzado por impactos ambientales en Querétaro. Bajo Tierra Museo del Agua.

Ángeles, V. (2024). Presa Endhó: La cloaca más grande del mundo va a restauración. La Silla Rota.

Armas, A., Solis, O., & Zarate, G. (2011). Historia y monumentos del Estado de Querétaro. Fondo Editorial de Querétaro.

Balderas, R. (2018). LafargeHolcim entre el terrorismo y el daño ambiental. México: Poder.

Balderas, R. (2024). "Tenemos derecho a un futuro". Las nuevas generaciones del Río Sonora. Pie de página.

Barbour, M., Gerritsen, J., Snyder, B., & Stribling, B. (1999). Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Second edition. Environmental Protection Agency. Washington D.C. USA.

Bárcena, L., Ghiotto, L., Müller, B., Olivet, C., & Pérez, M. (2022). Radiografía del poder transnacional en México, el régimen de protección de inversores y sus consecuencias. Transnational Institute.

Barreda, A. (2020). Toxitour México: Un registro geográfico de la devastación socioambiental. Centro Fray Julián Garcés.

Barreda, A. (2023). [Conahcyt México]. Mesa 1 Las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) en México. [Archivo de vídeo]. YouTube.

Bartra, A. (2013). Crisis civilizatoria. En R. Ornelas (Ed.), Crisis civilizatoria y superación del capitalismo. UNAM.

Bernache, G. (2009). El impacto social de las operaciones del vertedero Los Laureles [Ponencia]. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Barranquilla, Colombia.

Butler, C. D. (2017). Limits to growth, planetary boundaries, and planetary health. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 25, 59–65.

Butler, C. D. (2020). Planetary health. En *International Encyclopedia of Human Geography* (2nd ed., Vol. 10).

Butler, C. D., & Hanna, L. (2013). Ecosystems, biodiversity, climate, and health. En *Climate Vulnerability*.

Carabaña, C. (2023). Los olvidados de Hidalgo. N+ Investigaciones.

Carrasco, B. (2021). Cuarto webinar Pronaces Agua y Agentes Tóxicos: Región de Emergencia Ambiental: Cuenca del Río Tula y Valle del Mezquital (Hidalgo y Estado de México) y Cuenca del Río Coatzacoalcas, (Veracruz). México: Conahcyt. [Archivo vídeo]. Facebook.

CCRS. (2024). 10 años sin justicia en el Río Sonora tras el derrame tóxico de Grupo México. Comités de Cuenca Río Sonora.

Centro Fray Julián Garcés. (2022). ¿Quién defiende nuestros derechos en la Cuenca del Alto Atoyac? A cinco años de la Recomendación de la CNDH. Tlaxcala, México.

Choreño, R. (2021). Webinars La restauración socio-ambiental de las Regiones de Emergencia Ambiental de México. México: Conahcyt. [Archivo vídeo]. YouTube.

CIDH Prensa. (2020). CIDH otorga medidas cautelares a favor de Pobladores de las Zonas Aledañas al Río Santiago en México.

CITRID. (2020). Los territorios que habita(re)mos: ¿Qué futuro existe para las zonas de sacrificio? Santiago, Chile: Universidad de Chile.

Coeto, E. (2024). Ante crisis del agua en Querétaro, se levantan voces ciudadanas en el Hidrofest. *Tribuna de Querétaro*.

Comisión de Cuenca del Río Querétaro (CCRQ). (2024). Plan de gestión y manejo integral de la cuenca del Río Querétaro.

Comisión Estatal de Aguas (s/f). Infraestructura hidráulica.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2017, mayo 19). La reserva de la biosfera Sierra Gorda cumple 20 años de su decreto. Gobierno de México.

Comisión Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC). (2013). Ciencia, tecnología e innovación en Querétaro: Casos exitosos. Saneamiento de las aguas del río El Pueblito.

Comisión Nacional del Agua. (2010). Descubre una cuenca: río Santiago.

Comisión Nacional del Agua. (2023). Conagua pone en marcha el Sistema de Seguimiento del Programa de Acciones de Saneamiento de la cuenca del Alto Atoyac (Comunicado de Prensa No. 0238-23).

Comisión Nacional del Agua. (2024). Resultados de la Red Nacional de Medición de la Calidad de Agua.

CONCYTEQ (2013). Casos exitosos: Saneamiento de las aguas del Río Pueblito. Boletín electrónico No. 5.

Conahcyt México. (2021). Webinar Científico "Las Regiones de Emergencia Ambiental: definición y localización en México". [Archivo vídeo]. YouTube.

Cotler, H., Galindo, A., González, D., Pineda, R. & Ríos, E. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. 1era edición. Cuadernos de divulgación ambiental.

Crespo, A.M. (1991). El Cerrito. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.

Datoz. (2024). El Salto, el corredor industrial más dinámico de Guadalajara.

Denchak, M. (2023). La contaminación del agua: todo lo que necesitas saber. NRDC.

Marín García, A. (2021, 1 de octubre). Biocentrismo. Economipedia.

Estévez, A. (2016). "Regeneración Urbana del Paseo Río El Pueblito" evitará inundaciones: SDUOP.

European Space Agency. (2023). How much water do we use for irrigation? ESA.

Feo Istúriz, O., Rodrigues, A. M., Saavedra, F., Quintana, J., & Alcalá, P. (2020). Crisis civilizatoria: Impactos sobre la salud y la vida. En VI Dossier de Salud Internacional Sur Sur. Ediciones GT Salud Internacional CLACSO.

Flores, B. (2021). Crónicas entre los corredores industriales Apaxco-Tula-Tepeji. México: En 15 Días.

Flores, N. (2023). Las cinco regiones mineras más tóxicas en México. Contralínea.

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. (2023). Manual de Monitoreo Comunitario del Agua. FMCN.

Fuentes, L. M. (2023) La contaminación del Río Santiago: Un problema ambiental y de salud pública.

Fundación Aquae. (2021). Contaminantes emergentes: ¿qué son? Fundación Aquae.

Gobierno del Estado de Querétaro. (2016). Paseo río El Pueblito.

Global Forest Watch. (s. f.). México: Datos sobre bosques y cambio climático. World Resources Institute.

Hernández, A. (2021). Webinars La restauración socio-ambiental de las Regiones de Emergencia Ambiental de México. Conahcyt. [Archivo vídeo]. YouTube.

Hernández, F. (2016). Historia de Jurica Campestre.

- Herrera, E. (2019). Querétaro de Arteaga: Entre la vida y la muerte. Eco Maxei A.C., Resiliente Magazine.
- Herrera, E. (2019). Río Querétaro: ¿Oportunismo u oportunidad? Eco Maxei A.C., Resiliente Magazine.
- Hill-Cawthorne, G. A. (2019). One health, ecohealth, planetary health and their evolution. En M. Walton (Ed.), *One Planet, One Health* (pp. xx-xx). Sydney University Press.
- INAI. (2020). CONAGUA debe entregar documentos sobre contaminantes en la cuenca Lerma-Chapala INAI/076/20.
- INEGI. (1992). Síntesis geográfica del estado de Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.
- INEGI. (2017). Estudio de información integrada de la Cuenca Río Sonora y otras. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. (2019). Informe Técnico de la Cuenca Hidrológica Alto Atoyac. Humedales: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (2024). Índice de Competitividad Estatal 2024. México.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Capítulo 4: Hydrology and Water Resources. IPPC.
- Landa, C. (2004). Agua y conflictos sociales en Querétaro, 1838-1876: Cayetano Rubio y sus fábricas textiles. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Lewis, S. & Maslin, M. (2015). Defining the Anthropocene. *Nature* 519(7542)
- Loyola, A. (1999). Sistemas hidráulicos en Santiago de Querétaro, siglos XVI-XIX. Gobierno del Estado de Querétaro-UNAM.
- Lowery, C. M., & Fraass, A. J. (2019). Morphospace expansion paces taxonomic diversification after end Cretaceous mass extinction. *Nature Ecology & Evolution*, 3, 900–904.
- Luque, D., Murphy, A., Jones, E., Búrquez, A., Martínez, A., Manrique, T., & Esquer, D. (2019). Río Sonora: El derrame de la Mina Buenavista del Cobre-Cananea, 2014. México: CIAD.
- Macías Delgadillo, M. (2021). Guía básica de Monitoreo comunitario de aguas contaminadas en Querétaro. Bajo Tierra Museo del Agua y Global Water Watch.
- Marín García, A. (2021, 2 de noviembre). Biocentrismo. Economipedia.
- Mariscal De Souza, G. (2020). Estrategias de restauración fluvial de la microcuenca El Pueblito-Joaquín Herrera, Querétaro, México. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales.

Martínez, G. (2011). Percepciones Ambientales y prácticas culturales en torno a la contaminación del agua. Caso de estudio El Arenal, Qro. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Filosofía.

McCulligh, C. (2017). Alcantarilla del Progreso: Industria y Estado en la Contaminación del río Santiago en Jalisco.

McCulligh, C. (2019). La contaminación industrial del río Santiago en Jalisco: Pistas para entender la persistencia de un problema socioambiental. UAED-UAZ.

McCulligh, C., Páez-Vieyra, J., & Moya-García, G. (2007). Mártires del Río Santiago: Informe sobre las violaciones al derecho a la salud y a un medio ambiente sano en Juanacatlán y El Salto, Jalisco, México. Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A.C.

Meadows, D. H. (1972). Los límites del crecimiento: Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. Fondo de Cultura Económica.

Ministro para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España. (2020). Contaminantes emergentes. MITECO.

Montes Rubio, P., Aguilar Castro, N., Ávila Domínguez, R., Macbani Olvera, P., Raygoza Anaya, M., Garnica Guerrero, B., Reynoso Vázquez, J., & Ruvalcaba-Ledezma, J. C. (2021). Contaminación del Río Santiago: Un problema epidemiológico ambiental persistente de salud pública en Jalisco, México.

Moore, J. W. (2014). The end of cheap nature. Or how I learned to stop worrying about “the” environment and love the crisis of capitalism.

Moore, J. (2016). ¿Anthropocene or Capitalocene? Nature, History, and the Crisis of Capitalism.

Municipio de Corregidora (2015). Plan Municipal de Desarrollo de Corregidora.

Municipio de El Marqués. (2019, 12 de abril). El Marqués y la UAQ unidos para el rescate del río Querétaro. Boletín El Marqués.

Museo Nacional de Ciencias Naturales de España. (2015). Laboratorio de Biogeoquímica: un espacio dedicado al estudio de los ecosistemas. MNCNE.

Núñez, C. (2024). La contaminación del agua constituye una crisis mundial creciente: Esto es lo que hay que saber. National Geographic.

One Health Initiative. (s.f.). Acerca de. One Health Initiative.

One World One Health. (2004). One world one health.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2021). AQUASTAT - Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura. FAO.

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021). The one health definition and principles developed by OHHLEP.

Organización Mundial de la Salud. (2023). Agua para consumo humano. OMS.

Organización Panamericana de la Salud. (2023). Agua y Saneamiento. OPS.

Osornio Vargas, Á. (2006). Produce contaminación desequilibrios en los ciclos biogeoquímicos. Programa Universitario de Medio Ambiente de la UNAM. Boletines UNAM.

OXFAM (2019). El 1% más rico de la población mundial acaparó el 82% de la riqueza generada el año pasado, mientras que la mitad más pobre no se benefició en absoluto.

PAS. (2022). Programa de Acciones de Saneamiento (PAS) 2022 de la SEMARNAT en el marco del Programa Integral de Restauración Ecológica o Saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac. SEMARNAT.

Planetary Health Alliance. (2024). Changing Biogeochemical Flows. Planetary Health Alliance.

PNUMA. (2022). Reporte Anual del Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Nairobi, Kenia.

Pineda, R. (2019). Los ríos de la ciudad: La importancia de los servicios ecosistémicos.

Poder. (2021). Alto a las agresiones a personas defensoras ambientales de Un Salto de Vida. Poder.

Poder. (2024). Webinario "Impunidad corporativa transnacional y luchas por la justicia: el caso de Grupo México". [Archivo vídeo]. Facebook.

Prata, J. C., Ribeiro, A. I., & Rocha-Santos, T. (Eds.). (2022). One health: Integrated approach to 21st-century challenges to health.

Prince, J., & Espinosa, M. (2021). Una mirada a la calidad del agua. IMTA.

Puch, M. (201). Inundación en Tula Minuto a Minuto. El Herald de México.

Reutelshöfer, T., & Guzmán Bejarano, L. F. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. SENASBA.

Reynoso, F. J. (2024). Las actividades extractivas en México. Desafíos para la 4T. México: Editorial FUNDAR.

Rivera, B. (2024). Residuos peligros de la industria cementera y pesticida causan daños en región de Tula de Allende. Hidalgo, México: Central Hidalgo Irreverente.

Roa, T. (2011, febrero). Holcim en América Latina: Estudios de caso – Los grises humos de Holcim. Colombia: Amigos de la Tierra Internacional.

Roberts, J. (2023). Political ecology. En F. Stein (Ed.), *The Open Encyclopedia of Anthropology*. Facsímil de la primera edición en *The Cambridge Encyclopedia of Anthropology*.

Rockström, J. et al. (2009). "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society* 14(2):32

Romero, C. (2021). El agua en la encrucijada de lo común: Análisis del manejo político cultural del agua en la Eco zona metropolitana de Querétaro. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Querétaro] Repositorio Institucional DGBSDI-UAQ. Archivo digital.

Romero, J. M. (2001). La minería en el noroeste de México: utopía y realidad, 1850–1910. Plaza y Valdés México.

Santillán, R. (2024). Informe de Gobierno: el Salto "Ciudad Industrial". Yololxóchitl, I.

Sato, T., et al. (2013). Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use. *Water Research*, 47(13), 5307–5314. ELSEVIER.

Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (2020) 4.1.2.2 Tasa de morbilidad atribuible a enfermedades de origen hídrico. SNIARN.

SSA. (2019). Perfil Nacional de Riesgos – Unidad de Inteligencia Epidemiológica y Sanitaria. Gobierno de México.

Steffen et al. (2015), Planet boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).

UNAM. (2012). Programa de Apoyo al Desarrollo Hidráulico de los Estados de Puebla, Oaxaca y Tlaxcala.

UNAM. (2018). Estudio sobre la protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos. Comisión Nacional de los Derechos Humanos.

UNESCO. (2018). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos 2018: Soluciones basadas en la naturaleza para la gestión del agua. UNESCO.

UNICEF-OMS. (2020). Estado Mundial del Saneamiento.

United Nations Environment Programme. (2021). Ecosystems and water quality. UNEP.

UN SALTO DE VIDA. (2023). Juez federal ordena que la CONAGUA proporcione información sobre la calidad de las descargas al río Santiago en Jalisco.

U.S. Centers for Disease Control and Prevention. (2015). Water contamination and disease: Public Water is regulated but can sometimes get contaminated. CDC.

U.S. Environmental Protection Agency. (2012). An Introduction to Water Quality Monitoring. USEPA.

U.S. Environmental Protection Agency. (2024). Drinking Water: What are the trends in the quality of drinking water and their effects on human health? USEPA.

U.S. National Climate Assessment. (2018). Biogeochemical Cycles. U.S. NCA.

Urquiola Permisán, J. I. (2013). Aguas sucias... aguas limpias: El acueducto de Querétaro. Ediciones Culturales del Municipio de Querétaro.

Zinsstag, J., Schelling, E., Waltner-Toews, D., & Tanner, M. (2011). From "one medicine" to "one health" and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine*, 101(3-4), 148-156.

Zúñiga, B. (2012). Querétaro: Mitos, falsedades y hechos poco conocidos.

FOTOGRAFÍAS

Enock, C. R. (1868-1970). Falls of Juanacatlán: The Niagara of Mexico. In *Mexico, its ancient and modern civilisation, history and political conditions, topography and natural resources, industries and general development*. Nueva York, NY: The Library of Congress.

Red de Conciencia Ambiental Queremos Vivir A. C. (2022-2023). Río Tula desde el puente Metlac [Fotografía]. Tula, Hidalgo.

Rodriguez, D. (2019). Río Sonora. México: Expansión.

Vásquez, I. (2015). Contaminación del Río Atoyac, Tlaxcala [Fotografía]. México. Licencia bajo Creative Commons.

RECURSOS HEMEROGRÁFICOS

Baeza, M. (2022). Señalan violación al derecho a la salud por ocultar estudio sobre Río Santiago en Jalisco. *Milenio*.

Barajas, D. (2022). Cuestionan la falta de acciones gubernamentales para sanear al Río Santiago. *Milenio*.

Diario Oficial de la Federación (DOF). (1988, 13 de abril). Declaratoria de propiedad nacional de las aguas del Arroyo Seco o El Arenal, Municipio de Huimilpan, Qro. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Díaz, J. M., & Gaspar, O. (2023). La emergencia sanitaria y ambiental de El Salto también afecta a la niñez. *La Jornada*.

El Financiero. (2019, mayo 27). Ensucian el río Querétaro y autoridad no puede pararlos.

La Jornada de Oriente. (2024). Nace en Puebla la Organización Nacional de Ordenamiento y Defensa del Territorio.

La Jornada del Campo. (2020). Infiernos Ambientales, la cloaca de la civilización.

Libertad de palabra (2021). Gastaron \$753 millones para “sanear” un río y hoy está peor. Facebook.

Méndez Serrano, A. (2023). La lucha comunitaria por el saneamiento integral de la Cuenca del Alto Atoyac. La Jornada del Campo.

Munguia, K. (2024, abril). Solicitan limpiar el dren de El Arenal. El Diario De Querétaro.

DOCUMENTOS LEGALES

Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2017, abril 27). A/HRC/35/32/Add.2 Informe del Grupo de Trabajo sobre la Cuestión de los derechos humanos y las empresas transnacionales y otras empresas acerca de su misión a México.

Comisión Interamericana de Derechos Humanos [CIDH]. (2020, febrero 5). Resolución 7/2020; Medida Cautelar No. 708-119. Pobladores de las Zonas Aledañas al Río Santiago respecto de México.

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2017). Recomendación No. 10/2017 sobre la violación a los derechos humanos a un medio ambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información, en relación con la contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes; en agravio de quienes habitan y transitan en los municipios de San Martín Texmelucan y Huejotzingo, en el estado de Puebla; y en los municipios de Tepetitla de Lardizabal, Nativitas e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, en el estado de Tlaxcala.

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2022, junio 30). Recomendación No. 134/2022. Sobre el caso de las violaciones a los derechos humanos a un medio ambiente sano, al agua y saneamiento, a la salud y al principio del interés superior de la niñez, derivado de la contaminación en el río Santiago, en el Estado de Jalisco.

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2024, 13 de marzo). Recomendación No. 50/2024 sobre la persistencia de las violaciones al derecho humano al medio ambiente sano, al acceso al agua potable y a la salud, de la población que habita en los municipios ubicados en la cuenca del Río Sonora, atribuidas al derrame de 40,000 m³ de sulfato de cobre acidulado en la cuenca del Río Sonora el 6 de agosto de 2014. CNDH.

Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN]. (2020, enero 15). Amparo en revisión 640/2019 sobre interés legítimo de las personas en el juicio de amparo ambiental.

INFORMES ESPECIALES

Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas. (2022). Informe del Relator Especial sobre la cuestión de las obligaciones de derechos humanos relacionados con el disfrute de un medio ambiente sin riesgos, limpio, saludable y sostenible.

Comisión Nacional del Agua. (2020a). Resultados de la Red Nacional de Medición de la Calidad de Agua: Diagnóstico de la calidad de agua en el río Santiago, desde el lago de Chapala hasta el puente Arcediano y de los municipios de Juanacatlán y el Salto, en Jalisco.

Comisión Nacional del Agua. (2020b). Resultados de la Red Nacional de Medición de la Calidad de Agua: Diagnóstico de calidad de agua de la Región Hidrológica Lerma Santiago Pacífico.

Comisión Nacional del Agua. (2022). Inventario de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. CONAGUA.

Comisión Nacional del Agua. (2024). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Querétaro (2201), Estado de Querétaro. Subdirección General Técnica Gerencia de Aguas Subterráneas.

Conahcyt México. (2023). 1er Informe Estratégico Cuenca del Alto Atoyac, Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental, problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral.

IQAir. (2020). World air quality report: Region & city PM2.5 ranking. IQAir.

García Gasca, T., Chávez, O., Romero, C., Carreón, D. & Uribarren, E. (2023). Pautas para la regulación hídrica desde los enfoques de derechos humanos y sustentabilidad. 1era edición. Universidad Autónoma de Querétaro.

Santillán, R. (2024). Informe de gobierno: El Salto “Ciudad Industrial”. El Salto, Jalisco.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2015). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México: Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Capítulo 6: Agua. SEMARNAT.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2022). Informe de la Comisión Revisora de las propuestas del Foro de Consulta Ciudadana para la atención de la recomendación 10/2017 de la CNDH, relacionada con el saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac. Gobierno de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2023). Dictamen diagnóstico ambiental, Río Sonora. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2024, 13 de junio). Estudio técnico justificativo para declarar Zona de Restauración Ecológica el Área de Influencia de la Presa Endhó. SEMARNAT.

The World Bank. (2018). One health: Operational framework for strengthening human, animal, and environmental public health systems at their interface The World Bank. (2018).

