RESTAURACIÓN DEL RÍO LERMA ANTE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL CAPITALISMO PLANETARIO



René Pedroza Flores
Guadalupe Villalobos Monroy
Ana María Reyes Fabela

ECOE EDICIONES

RESTAURACIÓN DEL RÍO LERMA ANTE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL CAPITALISMO PLANETARIO

René Pedroza Flores
Guadalupe Villalobos Monroy
Ana María Reyes Fabela

Catalogación en la publicación - Biblioteca Nacional de Colombia

Pedroza Flores, René, autor

Restauración del río Lerma ante la huella ecológica del capitalismo planetario / René Pedroza Flores, Guadalupe Villalobos Monroy, Ana María Reyes Fabela. -- Primera edición. -- Bogotá : Ecoe Ediciones, 2026.

1 recurso en línea : archivo de texto: PDF. -- (Conservación del medioambiente. Ecología aplicada)
Incluye referencias bibliográficas.

e-ISBN (PDF): 978-628-504-145-7

1. Contaminación de los ríos - México 2. Deterioro ambiental - México 3. Río Lerma (México) - Asuntos sanitarios I. Villalobos Monroy, Guadalupe, autora II. Reyes Fabela, Ana María, autora

CDD: 363.7394720972 ed. 23 CO-BoBN– a1184598

Área 1: Conservación del medioambiente
Área 2: Ecología aplicada

Clasificación Thema: RNK-RNC

© René Pedroza Flores
© Guadalupe Villalobos Monroy
© Ana María Reyes Fabela

© Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32
Teléfono: (+57) 321 226 46 09
Bogotá, Colombia

- Cita sugerida:
Pedroza Flores, R., Villalobos Monroy, G., y Reyes Fabela, A. M. (2026). *Restauración del río Lerma ante la huella ecológica del capitalismo planetario.* Ecoe Ediciones.

Primera edición: Bogotá, octubre del 2026
e-ISBN (PDF): 978-628-504-145-7

Directora editorial: Ana María Rueda G.
Coordinadora de producción editorial: Alejandra Rondón Forero
Asistente administrativa editorial: Olga Marcela Duque García
Corrección de estilo: Óscar Andrés Díaz Vásquez
Diagramación: Nancy Barreto Barreto
Carátula: Gissella Vargas Cárdenas

Restauración del río Lerma ante la huella ecológica del capitalismo planetario 2026 por René Pedroza Flores, Guadalupe Villalobos Monroy y Ana María Reyes Fabela. Tiene licencia Creative Commons Atribución-No-Comercial-SinDerivadas 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Esta licencia exige que quienes reutilicen el material den crédito al creador. Permite copiar y distribuir el material en cualquier soporte o formato, sin modificaciones y únicamente con fines no comerciales.

CONTENIDO

Presentación XI

Introducción XIII

Geografía de una cuenca contaminada 1

La huella del capitalismo planetario en el Lerma 13

Lecciones del mundo sobre experiencias de restauración fluvial 25

Hacia una estrategia de restauración para la cuenca del Alto Río Lerma 43

Consideraciones finales: restaurar el río y la relación sociedad-naturaleza 71

Referencias 75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. La cuenca del Alto Río Lerma 2
Figura 2. La contaminación de la cuenca del Alto Río Lerma 4
Figura 3. Desarrollos industriales en la cuenca del Alto Río Lerma (2026) 18
Figura 4. Crecimiento de la población en la cuenca del Alto Río Lerma (1970-2026) 19
Figura 5. Restauración de tres ríos 37
Figura 6. El río Rin 38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de análisis xvi
Tabla 2. Componentes del diseño de investigación xvii
Tabla 3. Sustancias químicas en las aguas del Lerma y su impacto en la salud humana 6
Tabla 4. Impacto de sustancias tóxicas en la fauna y flora del Lerma 10
Tabla 5. Corredores industriales entre 1971 y 1986 en la cuenca del Alto Río Lerma 17
Tabla 6. Ríos más contaminados del mundo 27
Tabla 7. Contaminantes en los ríos 32
Tabla 8. La crisis hídrica del agua dulce 34
Tabla 9. Prácticas comunes de restauración fluvial 45
Tabla 10. Criterios para evaluar la efectividad de la restauración fluvial . 47
Tabla 11. Matriz multidimensional comparativa 53
Tabla 12. Dimensiones e indicadores de restauración del Lerma 67
Tabla 13. Síntesis operativa del modelo integral de restauración fluvial .. 69

PRESENTACIÓN

La Cátedra de Desarrollo Humano para la Preservación del Planeta, promovida por la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx) y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), y alojada en el Centro de Investigación Multidisciplinaria en Educación (CIME) de la UAEMéx, constituye un espacio académico orientado a la generación, articulación y difusión del conocimiento comprometido con uno de los mayores desafíos de nuestro tiempo: preservar las condiciones naturales y sociales que hacen posible la vida. Su propósito fundamental es contribuir a la formación de individuos y comunidades conscientes de su impacto en el planeta y comprometidos con el bienestar de las generaciones presentes y futuras, desde una perspectiva de desarrollo humano que reconoce la estrecha interdependencia entre la sociedad, la naturaleza, la economía, la cultura y la educación.

En este marco se inscribe el libro *Restauración del río Lerma ante la huella ecológica del capitalismo planetario*, de René Pedroza Flores, Guadalupe Villalobos Monroy y Ana María Reyes Fabela, como parte de la colección de publicaciones de la Cátedra de Desarrollo Humano para la Preservación del Planeta. Esta obra expresa el compromiso de la Cátedra con la producción de conocimiento que no se limite al diagnóstico de la crisis socioambiental, sino que contribuya a comprender sus causas estructurales y, sobre todo, a construir alternativas de transformación. El libro toma como objeto de estudio uno de los sistemas hídricos más importantes de México: el río Lerma, cuyo deterioro se manifiesta en la contaminación del agua,

la presencia de sustancias tóxicas, la pérdida de biodiversidad, la degradación de humedales y las profundas afectaciones sociales y territoriales asociadas a décadas de industrialización y urbanización.

Con este libro, la Cátedra de Desarrollo Humano para la Preservación del Planeta reafirma su vocación de vincular la investigación, la educación, la conciencia ambiental y la transformación social. Restaurar el Lerma también implica restaurar los vínculos comunitarios, las responsabilidades institucionales y los compromisos intergeneracionales. La preservación del planeta requiere conocimiento, pero también participación, corresponsabilidad y acción colectiva. Esta obra invita precisamente a transitar del diagnóstico a la transformación, y a reconocer que preservar los ríos, restaurar los ecosistemas y cuidar la biodiversidad es, finalmente, preservar la vida y construir condiciones de desarrollo humano para las generaciones presentes y futuras.

INTRODUCCIÓN

El río Lerma es el más largo de México; corre por un solo canal de agua continua, de principio a fin. Nace en Almoloya del Río y llega sin interrupciones hasta el lago de Chapala, en el estado de Jalisco. Tiene una extensión estimada de 708 km. Recorre cinco estados del país, y abarca 48 municipios: Estado de México (22 municipios), Michoacán (10 municipios), Guanajuato (11 municipios), Jalisco (4 municipios) y Querétaro (1 municipio). Si se considera en conjunto la cuenca hidrológica Lerma-Chapala, se incluyen los ríos pequeños, arroyos y riachuelos que se conectan al río Lerma; con ello, el número de municipios con los que tiene relación aumenta a 127.

A lo largo de todo su recorrido, el río Lerma presenta niveles preocupantes de contaminación. Desde su nacimiento recibe descargas contaminantes; a medida que atraviesa parques industriales y ciudades, recibe descargas industriales directamente y, muchas veces, aguas residuales urbanas sin tratamiento. A lo largo y ancho, el río Lerma arrastra metales pesados (plomo, mercurio, cadmio, arsénico y níquel), compuestos orgánicos (fertilizantes químicos, plaguicidas y herbicidas), materia orgánica (aguas negras y desechos fecales) y desechos químicos (fósforo, nitrógeno, cianuro, hidrocarburos, grasas y aceites diversos). El río Lerma contiene aguas tóxicas y, en algunos puntos, anóxicas, lo que acaba con la vida de las plantas y de la fauna acuática.

Lo alarmante es la existencia de agua anóxica: una porción de su recorrido por el Estado de México, entre los municipios de Almoloya del Río, San Mateo Atenco, Toluca de Lerdo y Lerma de Villada. El agua se tiñe de negro; se perciben gases fétidos por el deterioro de la materia orgánica y los vapores de los desechos químicos. Al respirar, los olores pican y molestan, ocasionando náuseas; esta contaminación odorífera se extiende a lo largo de varios kilómetros. Las industrias, en lugar de solucionar el problema de la contaminación, aplican estrategias de enmascaramiento olfativo, inyectando fragancias agradables con aroma a cítricos, eucalipto, café tostado, vainilla, etc. Las industrias recurren al engaño ambiental.

Una de las partes más contaminadas es la cuenca del Alto Río Lerma; está integrada por 33 municipios que se distribuyen en las tres divisiones de la cuenca: curso alto del río Lerma (Almoloya del Río, Santa Cruz Atizapán, Calimaya, Capulhuac, Chapultepec, Joquicingo, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, Rayón, San Antonio La Isla, San Mateo Atenco, Temoaya, Tenango del Valle, Texcalyacac, Tianguistenco, Toluca, Xalatlaco, Xonacatlán, Zinacantepec), curso medio del río Lerma (Almoloya de Juárez, Atlacomulco, Ixtlahuaca, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos, San Felipe del Progreso, San José del Rincón) y curso bajo del río Lerma (Acambay, El Oro, Temascalcingo) (Sugiura *et al*., 2016).

La contaminación en esta región del río Lerma aumentó en los años 70 a raíz de la política de desarrollo compartido impulsada por Luis Echeverría. Un modelo orientado, entre otras cosas, a modernizar la industria, aumentar la actividad productiva y fortalecer las exportaciones. Se aplicó una política de descentralización industrial, con el propósito de desconcentrar el crecimiento que se registraba en la Ciudad de México. Para ello, el Estado aplicó facilidades para el establecimiento de la infraestructura industrial en la periferia del Valle de México y hacia el occidente y el Bajío del país: políticas de estímulos fiscales, subsidios y apoyos al capital privado para la instalación de empresas. Esto significó la expansión regional del capitalismo periférico hacia el Valle de Toluca, con la instauración del corredor industrial Lerma-Toluca como polo de desarrollo industrial para fortalecer las exportaciones.

Las primeras industrias en llegar a los municipios de Lerma de Villada, Ocoyoacac y Toluca se establecieron en los años 60. Sobresale el caso de la empresa Celanese Mexicana, que necesitaba agua. Junto con esta empresa, se establecieron unas 20 industrias. Con la apertura formal del corredor industrial llegaron industrias de distintas ramas: químicas, metalúrgicas, automotrices y papeleras. Esto significó un impacto socioecológico al llevarse a cabo expropiaciones de tierras, al generar mano de obra barata y, además, al acelerar la huella ecológica del capitalismo expansionista.

La huella ecológica en el río Lerma aumentó significativamente con la llegada del corredor industrial Lerma-Toluca; sufrió un giro radical al verter compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno y xileno), metales pesados (cromo, plomo,

mercurio y cadmio), resinas (estireno y cloruro de vinilo) y ftalatos (plasticantes). La huella ecológica está presente en aire, tierra y agua; desde entonces hasta el presente no ha dejado de crecer. Cada vez más, se fueron instalando nuevos parques industriales; hasta la fecha, existen alrededor de 42, con 1200 empresas de distintas ramas.

Han aumentado el número de parques industriales y han crecido las áreas urbanizadas. Recordemos que la cuenca del Alto Río Lerma se compone de 33 municipios, que comprenden la zona metropolitana del Valle de Toluca y la zona metropolitana de Santiago Tianguistenco, con centros urbanos secundarios. La población que habita esta región asciende a aproximadamente 3 500 000 habitantes, con base en el último censo de población y vivienda del INEGI.

Ambos aspectos, el expansionismo del capitalismo periférico y el crecimiento demográfico, generan consecuencias sistémicas en la relación sociedad-naturaleza en la periferia del río Lerma: contaminación en distintas formas, expropiaciones territoriales, enfermedades humanas, pérdida de biodiversidad, débil reglamentación para el cuidado del medioambiente, pérdida de humedales, debilitamiento del sector primario (agricultura, pesca, ganadería y silvicultura), falta de servicios básicos (agua y electricidad), pobreza y desigualdades económico-sociales. La huella ecológica es enorme: la externalización del capitalismo global. Hoy en día, el problema en la cuenca del Alto Río Lerma es mayor.

Esta situación se ha agravado durante casi seis décadas. Distintas acciones se han emprendido. El éxito ha sido parcial porque la contaminación continúa: implementación de plantas de tratamiento, remoción de desechos, defensa de la zona federal para evitar el relleno ilegal, acciones ciudadanas y aplicación de leyes ambientales. Sin embargo, continúan las descargas tóxicas, las aguas residuales y la acumulación diaria de basura. Se estima que, diariamente, se arrojan clandestinamente 55 toneladas de basura. En la actualidad, el gobierno de Claudia Sheinbaum está implementando la Estrategia de Saneamiento y Restauración para rescatar, entre otras cuencas contaminadas, el sistema río Lerma-Santiago.

Está en proceso controlar la contaminación y cuidar la calidad del agua del Lerma: detener las descargas tóxicas, aumentar los operativos de inspección y vigilancia, implementar tecnología para el tratamiento del agua, establecer una mayor regulación del monitoreo digital del agua, emprender acciones de reforestación, desazolvar el cauce y recuperar tierras ribereñas invadidas. Estas acciones se llevan a cabo en coordinación con las diferentes instancias gubernamentales. Ante este panorama, surgen varias preguntas: ¿Será suficiente para recuperar la cuenca del Alto Río Lerma? ¿O solo son acciones para mitigar parcialmente la contaminación hidrológica? ¿Se resolverá la huella ecológica? ¿Ya no habrá más desechos industriales provenientes de las empresas ubicadas en los distintos parques industriales?

La estrategia propuesta es susceptible de complementarse con otras acciones. Es necesario estudiar los modelos de recuperación de ríos. Existen antecedentes importantes de rescates en distintas partes del mundo. La contaminación en la cuenca del Alto Río Lerma no es un problema aislado. La contaminación de los ríos se debe al expansionismo, la expropiación y la explotación de la naturaleza y de la sociedad en el capitalismo planetario. Existen ejemplos de recuperación de ríos como el Rin, el Támesis, el Hudson y el Manzanares. En México existen experiencias de éxito: el Canal Nacional, Magdalena, Eslava y La Piedad.

El objetivo es diseñar una propuesta de restauración ambiental, social e institucional para la cuenca del Alto Río Lerma, basada en un análisis comparativo de experiencias internacionales de restauración de ríos, considerando las categorías de análisis: factores sistémicos de la degradación, procesos de gobernanza fluvial, capacidades de transformación y resultados. El método comparativo es el que se aplica.

En la comparación de las experiencias mundiales, se considera lo siguiente: los contextos son heterogéneos, las problemáticas de la contaminación difieren entre sí y las dimensiones están vinculadas a las categorías para identificar las causas de la contaminación en los ríos, la intervención realizada y los resultados. Con esto, tenemos las fases del recorrido completo: antes, durante y después. En este sentido, cabe preguntarse: ¿cuál era el estado del río?, ¿qué factores formaron parte de la intervención? y ¿qué resultados se obtuvieron?

A partir de lo anterior, el diseño metodológico, basado en el método comparativo, parte de la siguiente pregunta de investigación: ¿las estrategias que se han aplicado en la recuperación del río Lerma han sido centralizadas por el poder público, con nula o escasa participación de los distintos sectores sociales y académicos, lo que ha dificultado lograr la resiliencia territorial e implementar un monitoreo sustentado en la lógica de la ciencia ciudadana ante la omisión empresarial, en el contexto de un capitalismo planetario que se distancia del trabajo para la restauración hídrica en la solución del problema de la huella ecológica?

Con base en las fases, categorías y dimensiones, construimos la matriz de análisis con el propósito de conocer las experiencias exitosas en cada río.

Tabla 1. Matriz de análisis

Categorías	Dimensiones	Propósito comparativo
Factores sistémicos de la degradación	Capitalismo planetario, huella ecológica y responsabilidad empresarial.	Explicar las causas socioeconómicas y ambientales del deterioro de los ríos.
Procesos de gobernanza e intervención	Gobernanza fluvial, gestión pública del agua, participación social y ciencia ciudadana.	Analizar cómo se organizan los actores y cuáles son los mecanismos de implementación de las estrategias de restauración.

Categorías	Dimensiones	Propósito comparativo
Capacidades de transformación	Resiliencia territorial.	Identificar las estrategias que fortalecen la adaptación y recuperación del territorio.
Resultados	Restauración ambiental, social e institucional.	Evaluar el grado de recuperación alcanzado en las experiencias internacionales y su potencial de transferencia al Alto Río Lerma.

Fuente: elaboración propia.

Con la matriz de análisis comparativo se retoman datos relevantes para sustentar el modelo integral de restauración de la cuenca del Alto Río Lerma, que incluye los siguientes componentes guía para su diseño:

Tabla 2. Componentes del diseño de investigación

Componente	Contenido propositivo
Factores sistémicos de la degradación	Reducir la huella ecológica del capitalismo planetario mediante regulación efectiva y responsabilidad empresarial.
Procesos de gobernanza e intervención	Construir una gobernanza fluvial colaborativa basada en la coordinación entre el Estado, la academia, las empresas y la sociedad, incorporando la ciencia ciudadana.
Capacidades de transformación	Fortalecer la resiliencia territorial mediante restauración ecológica, innovación tecnológica y participación social.
Resultados	Alcanzar una restauración ambiental, social e institucional sostenible de la cuenca del Alto Río Lerma mediante una gestión adaptativa y de largo plazo.

Fuente: elaboración propia.

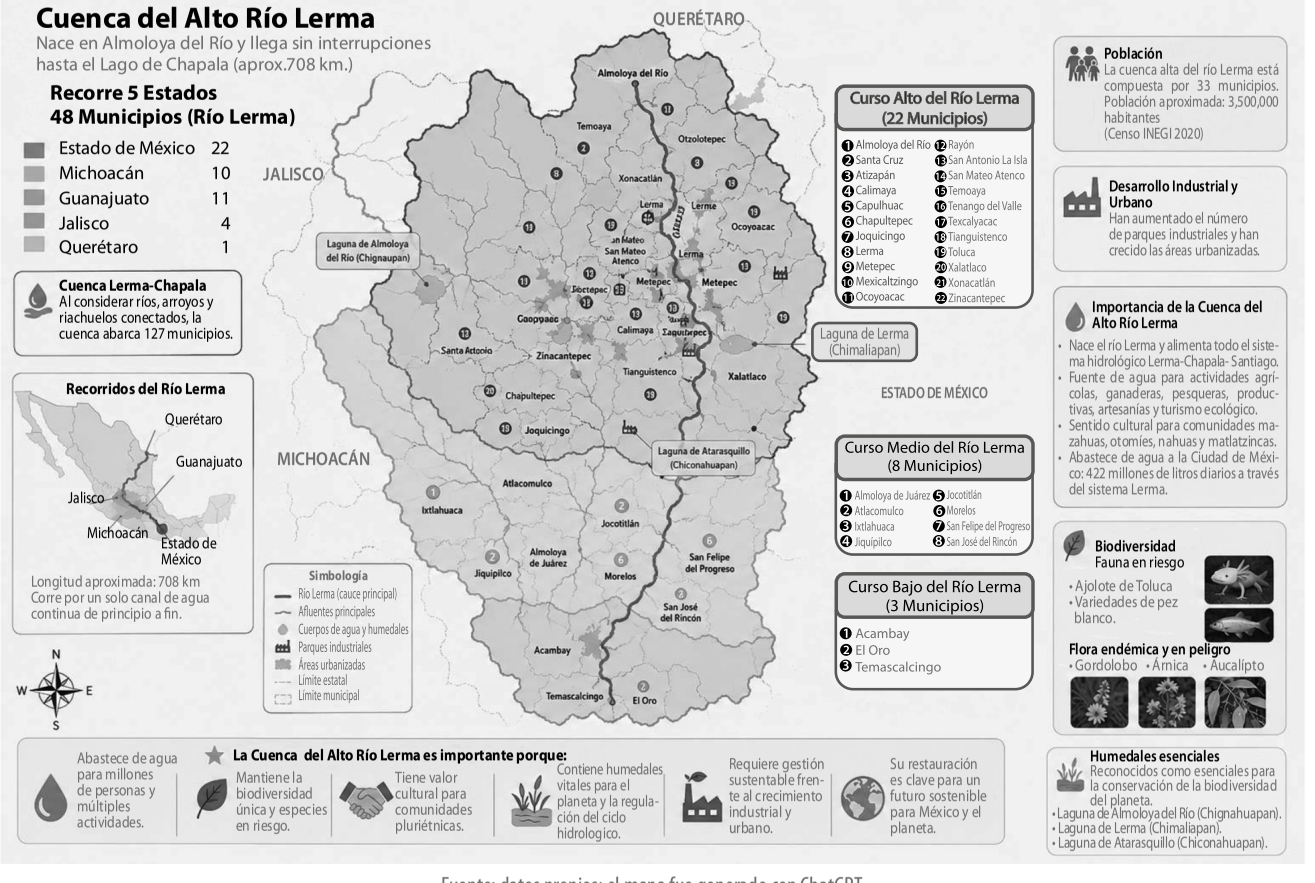
En conjunto, la matriz de análisis y la guía para la propuesta responden a nuestra intención de aportar una solución que trascienda los ámbitos técnico y político. Proponemos un modelo de gobernanza fluvial colaborativa que permita avanzar en la relación naturaleza-sociedad. Se trata de un modelo a largo plazo, sustentado en políticas multisectoriales orientadas al resguardo de los recursos naturales, con mecanismos de vigilancia que garanticen su cumplimiento y con la participación de diversos grupos sociales e institucionales.

GEOGRAFÍA DE UNA CUENCA CONTAMINADA

La cuenca del Alto Río Lerma es de gran importancia por diversas razones. En ella nace el río Lerma, que alimenta todo el sistema hidrológico Lerma-Chapala-Santiago. Además, constituye una fuente de suministro de agua para las actividades agrícolas, ganaderas, pesqueras, productivas, artesanales y de turismo ecológico. En el ámbito cultural, tiene un significado particular para las comunidades pluriétnicas de los grupos mazahuas, otomíes, nahuas y matlatzincas. Asimismo, por medio del Sistema Lerma, abastece a la Ciudad de México con aproximadamente 422 millones de litros de agua diarios.

La cuenca también alberga especies animales únicas en riesgo de extinción, como el ajolote de Toluca y algunas variedades de pez blanco, así como plantas endémicas y en peligro, entre ellas el gordolobo, la árnica y el eucalipto. Además, comprende los humedales de la laguna de Almoloya del Río (Chignahuapan), la laguna de Lerma (Chimaliapan) y la laguna de Atarasquillo (Chiconahuapan), reconocidos mundialmente como reservas de la biodiversidad planetaria. Véase el siguiente mapa:

Figura 1. La cuenca del Alto Río Lerma



Fuente: datos propios; el mapa fue generado con ChatGPT.

La restauración de la cuenca del Alto Río Lerma es urgente para impedir que continúe su degradación. Se trata de un sistema hídrico estratégico que forma parte de la biosfera planetaria. Sin embargo, los intereses económicos prevalecen sobre los intereses sociales y ecológicos asociados a la cuenca. En este contexto, la conservación de la naturaleza constituye una prioridad para preservar la vida de las distintas especies del planeta. Por tanto, resulta esencial conservar y restaurar las condiciones de los ecosistemas que conforman la cuenca, cuyo territorio se extiende desde el municipio de Almoloya del Río hasta los límites de los municipios de Temascalcingo y El Oro.

Esta región tiene una historia cultural que se remonta a los señoríos indígenas. A partir de la conquista, hubo cambios en los señoríos de la cuenca del Alto Río Lerma con la imposición española de nombramientos de representación: caciques y encomenderos. Las formas prehispánicas de organización social y política fueron sustituidas por pueblos encomendados a personas directamente vinculadas al virrey español. Los españoles se apropiaron de la riqueza natural de la cuenca. Sugiura *et al.* (2016) señalan que las áreas de interés de los conquistadores incluían tierras de pastoreo, regiones forestales, corrientes de agua y espacios poblacionales.

Los españoles comenzaron a delimitar pueblos y a construir espacios arquitectónicos. Las iglesias fueron algunas de las primeras edificaciones en todos los pueblos. Las actividades de gobierno, comerciales y de cultivo empezaron a desarrollarse. La sociedad colonial, con su gobierno, administración, distribución de tierras y reparto de mano de obra, prosperó. En relatos escritos sobre esta época se menciona la importancia y riqueza de la cuenca; Béligand (2013) refiere algunos pasajes interesantes sobre este punto escritos por Agustín de Bentacurt.

> El río grande que nace en Atenco, en Toluca, que le hacen laguna de mucho fondo; vese correr el río por muchas leguas como un tajalí que le ciñe, en particular en el tiempo de las aguas que van las del río algo turbias, y las de la laguna están muy claras; en ellas se recoge bagre y pescado blanco, no sufre la borrasca de las olas el que navega canoas, válense los naturales de unos carrizos, haciéndole en la delantera una como proa, y caballero en el carrizo dentro del agua el pescador pescando sin alejarse de la ribera por el riesgo que corre de la corriente del río que sale de la laguna, y a pocas leguas hace un salto y caída de muchos estados, y corre hasta en el mar del sur... y como no todos se pueden ocupar en el oficio de labradores, en distintos barrios hay distintosoficios: egadores, trasquiladores de ovejas y pescadores; en la laguna que tienen de agua dulce los del Barrio de San Pedro, más vecesinos pescan ranas, pescado y patos, y si algún labrador necesita de segadores, hecho el concierto con el gobernador entrega con puntualidad los que pide y si alguno, sin que el gobernador lo sepa , se acomoda, es castigado. (pp. 27-28)

Este paisaje es una fotografía que captura la riqueza natural del río: el agua dulce, cristalina y tranquila de las lagunas; las ranas, los patos, los peces braga y blancos; los altibajos de la ribera a lo largo de su recorrido; las actividades de los pobladores y su relación con el gobierno. Una belleza de la naturaleza que, con el tiempo, se desdibujó, quedando solo recuerdos en la memoria histórica. Cinco siglos después, el paisaje del río es desolador, contrastando notoriamente con el daño medioambiental que se ha provocado en la biodiversidad de los ecosistemas.

Gerardo Cevallos, investigador de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en una entrevista en el año 2017 para el diario *Milenio*, expresó que la cuenca del Alto Río Lerma había dejado de ser sustentable por la contaminación y la degradación de la biodiversidad: en los primeros 15 kilómetros el agua es anóxica debido a que se vierten al año alrededor de 425 millones de metros cúbicos de residuos tóxicos industriales y de aguas domésticas contaminadas. Este diagnóstico continúa vigente. En febrero de 2025, Ximena García, reportera del periódico *El Universal*, señaló que el río Lerma se había convertido en un tiradero de basura. De acuerdo con la periodista, existen tramos de más de 100 metros afectados por la contaminación y el agua se encuentra cubierta por diversos tipos de residuos, como llantas, botellas de PET, latas de aluminio, cartón, papel, recipientes de unicel y envases de vidrio. La siguiente imagen permite observar la magnitud de esta problemática.

Figura 2. La contaminación de la cuenca del Alto Río Lerma



Fuente: realizada con ChatGPT.

Es visible, desde distintos ángulos, la contaminación; el agua cristalina y oxigenada de antaño es hoy oscura y pestilente. El agua contiene una mezcla de sustancias químicas tóxicas que provocan enfermedades físicas y mentales en las personas. Se han reportado problemas respiratorios, afectaciones dermatológicas, infecciones gastrointestinales, problemas cardiovasculares, infertilidad, cáncer, leucemia, retraso mental, ansiedad, depresión, pérdida sensorial, problemas cognitivos y daño cerebral (Ahumada, 2021; Barragán y Figueroa, 2014; Comisión Nacional del AGUA [Conagua], 2020).

Los estudios químicos del agua del Lerma y las investigaciones epidemiológicas no reciben la misma atención. Estas últimas son en menor número. Sin embargo, podemos inferir los riesgos para la salud física y psicológica con base en los compuestos químicos tóxicos detectados en el agua. Diversas disciplinas científicas, entre ellas la toxicología, la epidemiología y la ecopsicología, han documentado la relación entre la exposición a sustancias químicas en el medioambiente y la salud física y mental de la población (Abarca, 2022; Carhuachuco *et al.*, 2024; James y Oshaughnessy, 2023; Rivera y Herrera, 2024).

Las aguas del río Lerma contienen una amplia variedad de sustancias químicas. A partir de la literatura especializada, identificamos cerca de 25 sustancias tóxicas asociadas con alrededor de 48 enfermedades físicas y 42 trastornos mentales. Ante la ausencia de estudios epidemiológicos específicos sobre la población expuesta, no es posible establecer una relación causal directa entre la contaminación del río Lerma y estas afectaciones. No obstante, la literatura especializada indica que la exposición a dichas sustancias puede generar daños multisistémicos que comprometen los sistemas digestivo, hematológico, reproductivo, respiratorio, cardiovascular, renal y tegumentario. En cuanto a la salud mental, estas sustancias pueden afectar el sistema neurológico y repercutir en las funciones cognitivas, el desarrollo cerebral y la salud psicoemocional y afectiva. La relación entre los contaminantes y sus posibles efectos en la salud se estableció a partir de la literatura especializada sobre las sustancias químicas identificadas y los riesgos asociados con su exposición, como se muestra a continuación:

Tabla 3. Sustancias químicas en las aguas del Lerma y su impacto en la salud humana

Contaminante	Enfermedades físicas asociadas	Enfermedades mentales, cognitivas o neurológicas asociadas
Plomo (Pb)	Anemia, hipertensión, daño renal crónico, alteraciones reproductivas, abortos espontáneos, infertilidad, neuropatía periférica, daño hepático y retraso del crecimiento infantil.	Disminución del coeficiente intelectual (CI), trastornos del aprendizaje, déficit de atención e hiperactividad (TDAH), alteraciones de memoria, deterioro cognitivo, cambios de conducta, depresión, ansiedad, encefalopatía por plomo y demencia temprana.
Mercurio (Hg)	Daño renal, alteraciones inmunológicas, daño cardiovascular, alteraciones fetales y toxicidad sistémica.	Enfermedad de Minamata, temblores, ataxia, neuropatía, pérdida de memoria, deterioro cognitivo, ansiedad, irritabilidad, depresión, insomnio, alteraciones del lenguaje y de la coordinación motora.
Arsénico (As)	Cáncer de piel, pulmón, vejiga e hígado, lesiones cutáneas, diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, daño hepático y renal.	Neuropatía periférica, deterioro cognitivo, disminución de la memoria, problemas de atención, encefalopatía aguda, depresión y ansiedad asociadas a la intoxicación crónica.
Cadmio (Cd)	Enfermedad renal crónica, osteoporosis, enfermedad ósea (Itai-Itai), cáncer de pulmón e hipertensión.	Alteraciones cognitivas, deterioro de la memoria, déficit de atención y alteraciones del desarrollo neurológico infantil.
Cromo hexavalente (Cr VI)	Dermatitis, úlceras cutáneas, daño hepático y renal, cáncer de pulmón e irritación respiratoria.	Cefaleas, neuropatías periféricas y disminución del rendimiento cognitivo por la exposición prolongada.
Níquel (Ni)	Dermatitis alérgica, cáncer pulmonar y nasal, daño renal y alteraciones hematológicas.	Cefaleas, fatiga crónica y alteraciones neuroconductuales en exposiciones elevadas.
Cobre (Cu)	Gastroenteritis, daño hepático y renal y enfermedad de Wilson (acumulación anormal).	Alteraciones cognitivas y psiquiátricas en la enfermedad de Wilson: depresión, ansiedad y trastornos del movimiento.
Zinc (Zn)	Náuseas, vómitos, alteraciones gastrointestinales, disminución del cobre corporal y alteraciones inmunológicas.	Alteraciones del gusto y del olfato; rara vez alteraciones neurológicas indirectas.

Contaminante	Enfermedades físicas asociadas	Enfermedades mentales, cognitivas o neurológicas asociadas
Manganeso (Mn)	Alteraciones musculares y motoras.	Manganismo, síndrome similar al de Parkinson, deterioro cognitivo, alteraciones del comportamiento, depresión y ansiedad.
Clorobencenos	Daño hepático, alteraciones tiroideas, daño renal e irritación dérmica.	Neurotoxicidad, cefalea, mareos, alteraciones del sistema nervioso central y deterioro cognitivo por exposición crónica.
Benceno	Leucemia mieloide aguda, anemia aplásica, inmunosupresión y linfomas.	Mareos, cefalea, somnolencia, alteraciones de memoria y deterioro neuroconductual por exposición crónica.
Hidrocarburos aromáticos policíclicos PAHs: antraceno, venzo(a)pireno.	Cáncer de pulmón, piel y vejiga, alteraciones respiratorias y daño hepático.	Disminución del desarrollo neurológico infantil, alteraciones cognitivas y conductuales.
Compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno).	Irritación respiratoria, daño hepático y renal.	Depresión, dolores de cabeza, pérdida de memoria, ansiedad, trastornos del sueño y deterioro neuroconductual.
Bifenilos policlorados (PCB)	Alteraciones endocrinas, inmunológicas, cáncer y daño hepático.	Déficit cognitivo, disminución del desarrollo intelectual infantil y alteraciones del comportamiento.
Nonilfenol y etoxilados	Disrupción endocrina, alteraciones reproductivas e infertilidad.	Posibles alteraciones del neurodesarrollo por interferencia hormonal.
Colorantes azoicos	Cáncer de vejiga e hígado y toxicidad hepática.	Algunos metabolitos muestran neurotoxicidad experimental; la evidencia es limitada en humanos.
Pesticidas organofosforados	Intoxicación aguda, insuficiencia respiratoria y alteraciones musculares.	Neuropatías, deterioro cognitivo, depresión, ansiedad, enfermedad de Parkinson y alteraciones del desarrollo neurológico infantil.
Pesticidas organoclorados	Alteraciones endocrinas, cáncer y daño hepático.	Trastornos del neurodesarrollo, deterioro cognitivo, enfermedad de Parkinson y alteraciones conductuales.
Nitratos y nitritos	Metahemoglobinemia, hipoxia y cáncer gastrointestinal por nitrosaminas.	Déficit cognitivo secundario a hipoxia en lactantes y niños.

Contaminante	Enfermedades físicas asociadas	Enfermedades mentales, cognitivas o neurológicas asociadas
Amonio (NH_4^+)	Irritación gastrointestinal y respiratoria; indicador de contaminación por aguas residuales.	En exposiciones elevadas, puede contribuir a la encefalopatía metabólica.
Cianuros	Hipoxia celular, insuficiencia respiratoria, paro cardiorrespiratorio y muerte.	Convulsiones, pérdida del conocimiento, coma y daño cerebral hipóxico permanente.
Fluoruros	Fluorosis dental y ósea.	Diversos estudios reportan una disminución del CI infantil en exposiciones prolongadas y elevadas.
Microplásticos	Inflamación intestinal, estrés oxidativo y alteraciones endocrinas (evidencia emergente).	Posible neuroinflamación y deterioro cognitivo (evidencia experimental en desarrollo).
Huevos de helmintos y parásitos	Helmintiasis, desnutrición, anemia, retraso del crecimiento y enfermedades gastrointestinales.	Déficit cognitivo, bajo rendimiento escolar y retraso del desarrollo neuropsicológico infantil.
Coliformes fecales y microorganismos patógenos	Gastroenteritis, hepatitis A, cólera, fiebre tifoidea, disentería e infecciones intestinales.	En casos graves, pueden presentarse encefalitis, meningitis o deterioro cognitivo secundario a infecciones.

Fuente: Abarca (2022); Carhuachuco *et al.* (2024); James y Oshaughnessy (2023); Rivera y Herrera (2024).

El riesgo de contraer alguna enfermedad es alto. Las sustancias químicas contaminantes se extienden; están en la corriente fluvial superficial, en los acuíferos subterráneos, en el escurrimiento de las lluvias y en la emanación. El agua, la tierra y el aire están contaminados. La contaminación se extiende por varios metros hasta cientos de kilómetros; por ejemplo, las partículas tóxicas PM10 (material particulado grueso) y PM2.5 (material particulado fino) viajan cientos de kilómetros impulsadas por el aire.

La calidad del aire en el área metropolitana de Toluca se reporta cotidianamente como mala. El monitoreo en tiempo real de AccuWeather permite identificar los riesgos asociados para la salud. Por ejemplo, en una consulta realizada a las 5:45 a. m. del 8 de agosto de 2026, se registró un índice de calidad del aire (AQI, por sus siglas en inglés) de 53, clasificado como malo. Al respecto, se advertía lo siguiente: "El aire ha alcanzado un alto nivel de contaminación y es poco saludable para los grupos sensibles. Reduzca el tiempo que pasa fuera si siente síntomas como dificultad para respirar o irritación de la garganta" (AccuWeather, 2026, párr. 1).

Se pronosticó que la calidad mala del aire continuaría al menos tres días más: domingo (55 AQI), lunes (53 AQI) y martes (59 AQI). Las partículas en el aire, dañinas para la salud: ozono a nivel del suelo (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2) y partículas suspendidas (PM2.5 y PM10). La contaminación atmosférica ha sido constante; la exposición a los contaminantes es cotidiana. La contaminación atmosférica debida a los gases del Lerma aumenta con las actividades de la metrópoli, lo que aumenta los riesgos para la salud física y mental de la población en general.

La salud humana no es el único riesgo derivado de la contaminación del Lerma. Los ecosistemas de la cuenca del Alto Río Lerma sufren daños por causas capitalogénicas: la contaminación, la deforestación, la erosión y la desecación. La biodiversidad está en riesgo.

> Tipos de vegetación: bosques de pino-encino, de pino, de oyamel; pastizal inducido. Diversidad de hábitats: reservorios, ríos, arroyos y humedales. Vegetación acuática: *Nymphaea gracilis.* Fauna característica*:* peces *Algansea tincella, Chirostoma humboldtianum, Ocyurus chrysurus*; aves *Anas acuta*, *A. crecca*, *A. clypeata*, *A. cyanoptera*, *A. discors*, *A. strepera*, *Aythya affinis*, *A. americana*, *A. valisineria*, *Gallinago gallinago*. Endemismos del protozoario *Sagittaria deversa*; de peces *Algansea barbata*, *Chirostoma riojai*, *Goodea atripinnis*, *Notropis sallei*, *Girardinichthys multiradiatus*, *Poeciliopsis infans*; de anfibios *Ambystoma lermaensis.* Las especies de *Algansea* spp., *Ambystoma lermaensis* y *Daphnia pulex*, así como las aves *Geothlypis speciosa*, *Ixobrychus exilis* y *Rallus elegans tenuirostris*, se encuentran amenazadas por contaminación del agua y pérdida de hábitat. Las especies de *Ambystoma mexicanum* y *Poecilia reticulata* son especies indicadoras de contaminación. (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2026, párr. 1)

Los humedales originales se han reducido en un 80 % y la contaminación se extiende por toda la cuenca. Ante esta pérdida de ecosistemas, están en riesgo de extirpación local la fauna y flora endémicas: excalpique del Lerma, charal de Lerma, ajolote de Lerma, rana de Moctezuma, acocil, pato mexicano, gallareta mexicana, tule, carrizo nativo, lenteja de agua, potamogeton, cola de zorro acuática, elodea, junco, trébol de agua, verdolaga de agua, lenteja de agua, hierba de estanque, berro de agua. A la degradación de la biodiversidad se suman la fauna y la flora consideradas invasoras: carpa común, tilapia del Nilo, lobina negra, lirio acuático, pasto kikuyo y algas.

Las sustancias tóxicas ponen en riesgo a la biodiversidad. No encontramos un estudio que aborde la relación entre sustancias químicas y la biodiversidad del Lerma. Lo que realizamos fue una inferencia; consultamos de forma separada cada una de las sustancias químicas tóxicas que están en las aguas del Lerma y las afectaciones que provocan en la fauna y flora. Las presentamos a continuación:

Tabla 4. Impacto de sustancias tóxicas en la fauna y flora del Lerma

Sustancia química contaminante	Fauna: principales afectaciones	Flora: principales afecciones
Plomo (Pb)	Bioacumulación en peces, anfibios y aves: daño neurológico, alteraciones reproductivas, reducción del crecimiento y mortalidad.	Inhibe la fotosíntesis, reduce el crecimiento radicular, provoca clorosis y disminuye la producción de biomasa.
Mercurio (Hg)	Biomagnificación en la cadena alimentaria: daño al sistema nervioso, alteraciones reproductivas y alta mortalidad en peces y aves piscívoras.	Disminuye la fotosíntesis, inhibe enzimas metabólicas y reduce la germinación y el desarrollo vegetal.
Arsénico (As)	Toxicidad crónica, lesiones en branquias, disminución del crecimiento, alteraciones inmunológicas y reproductivas.	Reduce la absorción de nutrientes, limita el crecimiento y provoca necrosis foliar.
Cadmio (Cd)	Daño renal, hepático y branquial; alteraciones endocrinas y reproductivas; bioacumulación.	Inhibe el crecimiento, altera la fotosíntesis y provoca estrés oxidativo.
Cromo hexavalente (Cr VI)	Lesiones en tejidos, daño genético, alteraciones respiratorias y reducción de la supervivencia.	Reduce la germinación, afecta la división celular y disminuye la productividad vegetal.
Níquel (Ni)	Daño en branquias, alteraciones metabólicas y disminución del éxito reproductivo.	Clorosis, reducción del crecimiento y alteración de la actividad enzimática.
Cobre (Cu)	Daño branquial, alteración del olfato en peces, reducción del crecimiento y mortalidad de invertebrados.	En exceso produce toxicidad, reduce la fotosíntesis y afecta el desarrollo de raíces.
Zinc (Zn)	Alteraciones fisiológicas y reproductivas, toxicidad para peces e invertebrados en altas concentraciones.	Clorosis, inhibición del crecimiento y alteración de la absorción de nutrientes.
Manganeso (Mn)	Alteraciones neurológicas y respiratorias en peces: reducción de la supervivencia.	Toxicidad en concentraciones elevadas: manchas foliares, menor crecimiento y fotosíntesis.
Clorobencenos	Bioacumulación, alteraciones hepáticas y endocrinas; disminución de poblaciones acuáticas.	Disminuyen la actividad fotosintética y afectan a los microorganismos asociados a las raíces.
Benceno	Toxicidad aguda, daño hematológico y reducción del desarrollo embrionario en peces.	Inhibe el crecimiento y afecta procesos metabólicos y respiratorios.

Sustancia química contaminante	Fauna: principales afectaciones	Flora: principales afecciones
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs).	Mutaciones, cáncer, daño reproductivo y embrionario; mortalidad de peces e invertebrados.	Reducen la germinación y la fotosíntesis; alteran microorganismos del suelo y de los sedimentos.
Compuestos orgánicos volátiles (BTEX)	Toxicidad neurológica y respiratoria, alteraciones del comportamiento y reproducción.	Reducen el crecimiento y alteran procesos fisiológicos celulares.
Bifenilos policlorados (PCB)	Biomagnificación, alteraciones hormonales, inmunológicas y reproductivas y disminución de poblaciones.	Persisten en los sedimentos; afectan a los microorganismos y reducen el crecimiento vegetal.
Nonilfenol y etoxilados	Disruptores endocrinos: feminización de peces, infertilidad y alteraciones del desarrollo.	Disminuyen la actividad fotosintética y afectan el crecimiento de las plantas acuáticas.
Colorantes azoicos	Toxicidad en peces e invertebrados, reducción de oxígeno por degradación y estrés fisiológico.	Disminuye la penetración de luz en el agua, reduciendo la fotosíntesis del fitoplancton y de las macrófitas.
Pesticidas organofosforados	Neurotoxicidad, mortalidad de peces, anfibios e insectos acuáticos y pérdida de biodiversidad.	Reducen los microorganismos benéficos y afectan el metabolismo vegetal.
Pesticidas organoclorados	Bioacumulación, biomagnificación, alteraciones reproductivas y disminución de poblaciones.	Persisten en suelos y sedimentos, y alteran comunidades vegetales y microorganismos.
Nitratos y nitritos	Eutrofización, disminución del oxígeno disuelto, mortalidad de peces y cambios en las comunidades acuáticas.	Favorecen la proliferación excesiva de algas y plantas oportunistas, desplazando a especies nativas.
Amonio (NH_4^+)	Toxicidad para peces por daño branquial; estrés fisiológico y mortalidad.	En altas concentraciones resulta tóxico para macrófitas y modifica la composición vegetal.
Cianuros	Toxicidad aguda: inhibe la respiración celular y provoca mortalidad masiva de organismos acuáticos.	Inhiben la respiración celular, reducen el crecimiento y causan la muerte de tejidos vegetales.
Fluoruros	Alteraciones óseas y metabólicas en peces e invertebrados: reducción del crecimiento.	Necrosis foliar, disminución de la fotosíntesis y reducción del crecimiento.
Microplásticos	Ingestión por peces, aves e invertebrados: obstrucción digestiva, inflamación, menor reproducción y transporte de contaminantes.	Se adhieren a raíces y sedimentos, alteran la absorción de agua y nutrientes, y afectan microorganismos del suelo.

Sustancia química contaminante	Fauna: principales afectaciones	Flora: principales afecciones
Huevos de helmintos y parásitos	Infecciones en peces, anfibios y aves: debilitamiento, menor crecimiento y mortalidad.	No generan toxicidad directa, pero alteran el equilibrio ecológico y la microbiota asociada a plantas acuáticas.
Coliformes fecales y microorganismos patógenos	Enfermedades infecciosas en peces, anfibios y fauna silvestre: aumento de mortalidad y disminución de biodiversidad.	No afectan directamente la fisiología vegetal, pero deterioran la calidad del agua, modifican comunidades microbianas y favorecen condiciones de eutrofización.

Fuente: con base en datos de Abarca (2022); Carhuachuco *et al.* (2024); James y Oshaughnessy (2023); Rivera y Herrera (2024).

Las sustancias químicas tóxicas afectan a la flora y a la fauna de 30 maneras, al alterar las funciones biológicas, reproductivas y de supervivencia. Racimos de sustancias tóxicas ponen en riesgo la biodiversidad debido a cinco impactos ecológicos: la bioacumulación, la toxicidad crónica, la eutrofización, la disrupción endocrina y la fotosíntesis. El deterioro ecológico del Lerma es notorio; es una de las regiones con mayor degradación medioambiental de los ecosistemas dulceacuícolas del país. Es prioritaria la atención: frenar y activar los mecanismos de resiliencia ecológica para la recuperación de la cuenca.

LA HUELLA DEL CAPITALISMO PLANETARIO EN EL LERMA

Son seis décadas desde la instauración oficial del corredor industrial Toluca-Lerma hasta el presente. Coincide con el punto de inflexión del capitalismo, la recesión global, que dio pauta para pasar del keynesianismo al neoliberalismo, y con el capitalismo planetario, que recibe distintos nombres y acentos: capitalismo de Estado (Sánchez, 2026), neomercantilismo (Kaiser, 2010), capitalismo de plataformas (Srnicek, 2023) o tecnofeudalismo (Varoufakis, 2026).

En el capitalismo de Estado, el gobierno tiene una fuerte presencia en la economía: en China, Rusia y Norteamérica, las grandes corporaciones son propiedad del Estado o bien se mantiene una alta intervención estatal; el poder político está centralizado en un partido político o bajo una dominación tradicional con tintes carismáticos. En el neomercantilismo, la intervención del Estado es clave en la imposición de aranceles y el proteccionismo interno es la tónica en la economía; en la política, predomina un ejercicio autoritario del poder. En el capitalismo de plataformas, el Estado es vigilante no solo de la economía, sino también de los datos personales, que son claves para el dominio económico y político; el sueño dorado de Norteamérica es hacer realidad el modelo de Palantir de la economía digital. El tecnofeudalismo es una visión radical del Estado y la economía, con características medievales: los usuarios se convierten en siervos que proporcionan sus datos a cambio del acceso a las plataformas, controladas por el gobierno y los grandes consorcios.

Para nosotros, el capitalismo planetario es el modo de producción dominante en el mundo, que mantiene la esencia histórica que lo caracteriza como modelo de

acumulación de capital. Este modelo se sustenta en cuatro procesos, denominados las cuatro "e": expropiación, expansión, explotación y exterminio de la naturaleza y de la sociedad. Su núcleo vital continúa siendo el mercado, eje de la geoeconomía entre las potencias y los países emergentes. El mercado de productos y recursos naturales es contradictorio y genera tensiones, conflictos y guerras.

Los acentos económicos entre los países en el capitalismo planetario están relacionados con la forma de política que implementan. Por ejemplo, Singapur tiene un modelo pragmático, combina el liberalismo económico con el control político estatal radical; en Norteamérica, un modelo económico liberal con un Estado autoritario; China tiene un modelo de capitalismo de Estado, también llamado economía de mercado socialista, con control del Estado a través del Partido Comunista Chino; México, un capitalismo con economía mixta y Estado social (Cheang y Lim, 2023; Corona, 2026; Liu y Zhang, 2026; Stiglitz, 2026).

Los años setenta son un parteaguas en el desarrollo del capitalismo; décadas más tarde, lograría imponerse a la economía planificada del bloque socialista y al modelo keynesiano aplicado en los países del tercer mundo, y llegaría a ser dominante en el mundo. Los antecedentes teóricos y políticos de la oposición al socialismo y al keynesianismo se remontan, primero, al Coloquio Lippmann de 1938 y, después, a la Sociedad de Mont-Pèlerin de 1947. En ambos eventos se reunieron intelectuales de distintas disciplinas del conocimiento, promotores de los principios del liberalismo económico: la libertad de mercado y la no intervención del Estado en la vida social. Son dos momentos en la búsqueda de la renovación del liberalismo ante el avance del estatismo y del proteccionismo social.

Las dos reuniones se realizaron en tiempos distintos con planteamientos similares: la defensa del liberalismo. En el caso del Coloquio Lippmann, Escalante (2020) la resume en tres puntos que la distinguen:

> Primero, la necesidad de un Estado fuerte y activo, que se ocupe de proteger el mercado; segundo, la necesidad de dar prioridad a las libertades económicas, por encima de las libertades políticas; y tercero, contrarrestar la tendencia hacia la expansión de lo público: planificación, bienes públicos, servicios públicos, empresas públicas. Deciden también dar un nombre al programa y optan por el neoliberalismo. (p. 38)

Aparece el concepto del neoliberalismo, anclado a la idea de que el mercado es la piedra angular de un orden natural que siempre está en equilibrio. La lógica del mercado se fundamenta en la iniciativa individual y en la responsabilidad, generando una cultura empresarial frente a la cultura de la dependencia, considerada parte de los programas socialistas y del Estado social. Para este naciente programa neoliberal, el mercado es todopoderoso: es compatible con la libertad humana y forja virtudes humanas. Por esta razón, el Estado debe proteger y garantizar el orden económico, ser fuerte y autoritario.

A casi una década del Coloquio Lippmann, sus argumentos tuvieron eco en la Sociedad de Mont-Pèlerin. Frente al impacto de la Segunda Guerra Mundial, el espíritu antisocialista y benefactor se expandió: con el ascenso de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y el recelo hacia las políticas intervencionistas de Keynes. En la Declaración de Objetivos de la primera reunión de la sociedad, es evidente su concepción de que los valores fundamentales de la civilización son los del mercado; podría decirse que son fundamentalistas ortodoxos de la libertad económica:

> Los valores fundamentales de la civilización están en peligro. En amplias zonas de la Tierra, las condiciones esenciales de dignidad y libertad humanas ya han desaparecido. En otras, se ven constantemente amenazadas por el desarrollo de las tendencias políticas actuales … Han visto el auge del liberalismo económico y político desde la Segunda Guerra Mundial en algunos países, pero también su aparente declive en tiempos más recientes. Si bien no necesariamente comparten una interpretación común, ni de las causas ni de las consecuencias, ven peligro en la expansión del gobierno, especialmente en el Estado de bienestar, en el poder de los sindicatos y los monopolios empresariales, y en la constante amenaza y realidad de la inflación. (Hayeck, 1947, p. 1)

El neoliberalismo se constituye en piedra angular de los gobiernos de derecha a partir de los años setenta: libre mercado, reducción del Estado y política económica monetarista. Una década después, los gobiernos conservadores de Ronald Reagan y Margaret Thatcher desarrollaron políticas neoliberales vinculadas a los postulados de Friedrich Hayek y Milton Friedman: independencia del individuo respecto del Estado, privatización de empresas estatales, reducción de la intervención del Estado en la vida económica, restricciones del gasto público destinado a sectores sociales como la educación, la salud y la vivienda, garantías fiscales al capital privado, absolutismo moral, nacionalismo hacia dentro y globalización hacia fuera.

El giro neoliberal significó para las periferias una relación distinta con las economías dominantes. El centro impuso a las periferias planes de ajuste estructural para acelerar la apertura al libre mercado y la austeridad fiscal. En los terrenos industriales y productivos, los países del centro global dominaron el escenario del comercio mundial: transfirieron a los países periféricos procesos productivos menos calificados, como la extracción de materias primas y la maquila. La estrategia neoliberal consistió, como señala González (2023), en cuatro puntos.

> Aumento de la explotación humana para incrementar la plusvalía (reducción de sueldos, aumento de la jornada laboral, impuestos regresivos). Esto supuso una reconfiguración de la relación capital-trabajo global. El incremento de la explotación humana se debió asimismo al aumento de la clase trabajadora.
>
> Potenciación impresionante de los mercados financieros, hacia los que se desviaron las inversiones de una economía productiva que no se recuperaba.

> Así, los ahorros del pasado y las plusvalías futuras (gracias a una gigantesca expansión del crédito) se usaron en el presente en los mercados financieros. La financiarización de la economía permitió lubricar toda la economía con el crecimiento de las deudas para conseguir que el consumo siguiera aumentando.
>
> Conquista de nuevos mercados mediante la inclusión de más territorios en el sistema-mundo (entre los que destacaron Rusia y China) e inclusión de más facetas de la vida en la lógica del mercado capitalista. En el centro, esto se basó en la privatización y la mercantilización. En las periferias se recurrió a la violencia para arrancar su riqueza (tierras, recursos, trabajo) y convertirla en capital.
>
> Incremento de la explotación de la naturaleza, lo que aceleró la crisis ecológica. (p. 9)

Desde nuestro punto de vista, destacan algunos aspectos: el aumento de la explotación del trabajo, el fortalecimiento de los mercados financieros, el expansionismo mediante la conquista de nuevos mercados, la privatización, la expropiación de recursos naturales y las crisis ecológicas en la periferia. Para México, esto representó la transición del modelo interno de industrialización hacia la integración al mercado global, posicionando al país como fuente de recursos naturales, proveedor de trabajo y paraíso de maquiladoras. Sin entrar en más detalles, en la economía nacional nos interesa situarnos en la política de fortalecimiento de los parques industriales, que se relaciona directamente con la huella ecológica del capitalismo en la cuenca del Lerma.

A principios de los años setenta se desarrolló una etapa expansionista de los parques y las ciudades industriales; entre 1971 y 1986 se crearon 105 parques y 15 ciudades industriales (Garza, 1988). Se aplicó una política de descentralización industrial en el sexenio del priista Luis Echeverría, y se creó, por parte de Nacional Financiera S. A., el Fideicomiso para el Estudio y Fomento de Conjuntos, Parques, Ciudades Industriales y Centros Comerciales (FIDEIN) como instrumento de descentralización. Los parques y ciudades fueron diversos en cuanto a la participación del gobierno federal o estatal: parques industriales privados, parques industriales públicos federales, parques industriales públicos estatales y parques mixtos (públicos y privados). Independientemente de la forma de participación, se identifican criterios considerados para el establecimiento de los parques por parte del FIDEIN.

> El principal objetivo del FIDEIN es estudiar y fomentar la creación de conjuntos, parques, ciudades industriales y centros comerciales en función de ciertos criterios: aprovechamiento de la infraestructura y recursos naturales existentes; distribución más equitativa de los beneficios del desarrollo industrial; descentralización urbano-industrial; aglomeración de empresas afines o complementarias para propiciar procesos de integración industrial, y financiamiento de obras de infraestructura y equipamiento de parques industriales. (Garza, 1989, p. 179)

El FIDEIN privilegia el criterio económico. Lo ecológico está relegado. El aprovechamiento de los recursos naturales, principalmente el agua, es un elemento

esencial en la elección de la ubicación de los parques y ciudades industriales. La relación entre el establecimiento industrial y el agua es directa; por ejemplo: el Parque Industrial Piedras Negras, en Coahuila, se estableció de manera cercana y directa con el río Bravo; el Parque Industrial Tula, en Hidalgo, se estableció de forma cercana y directa al río Tula; el Parque Industrial Tuxtepec, en Oaxaca, se estableció de forma cercana y directa al río Papaloapan. Los parques y las ciudades industriales reportados por Garza (1989) se establecieron entre 1971 y 1986. Fueron establecidos en ciudades con los recursos hídricos más importantes del país.

En el Estado de México, los corredores industriales creados durante el periodo mencionado se asentaron en la cuenca del río Lerma, existiendo una conexión hidrológica directa con él, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5. Corredores industriales entre 1971 y 1986 en la cuenca del Alto Río Lerma

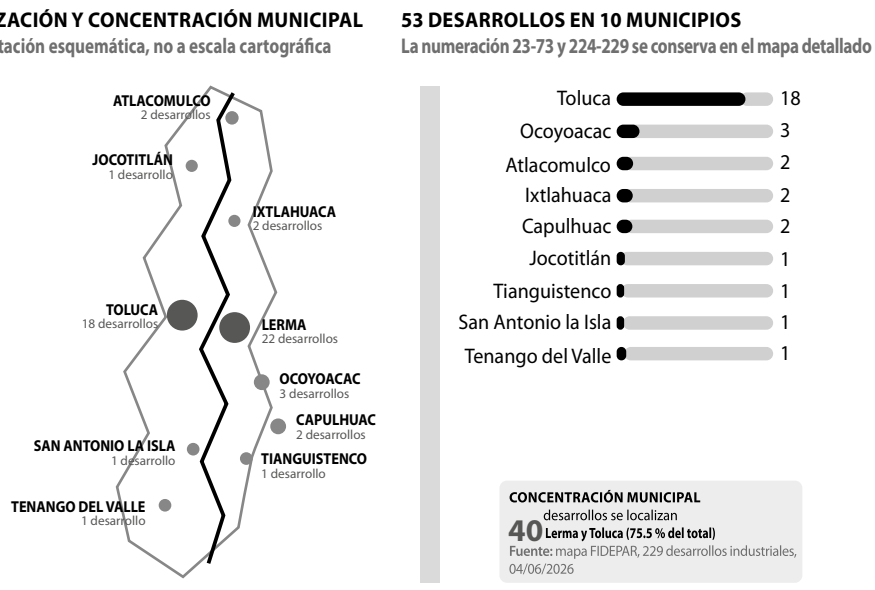
Nombre del parque industrial	Lugar	Año de creación	Tipo de propiedad	Relación con el río Lerma
Parque Industrial Santiago	Santiago Tianguistenco	1971	Público estatal	Santiago Tianguistenco forma parte de la zona de la cuenca correspondiente al curso Alto Río Lerma.
Parque Industrial Tenango	Tenango del Valle	1973	Privado	El municipio forma parte de la unidad hidrográfica correspondiente al curso Alto Río Lerma.
Parque Industrial Toluca	Toluca	1979	Privado	En el curso Alto Río Lerma se localiza uno de los principales espacios urbanos e industriales de la cuenca.
Parque Industrial El Coecillo	Toluca	1980	Privado	Forma parte del corredor industrial Toluca-Lerma, ubicado en el curso Alto Río Lerma.
Parque Industrial El Cerrillo	Lerma	1982	Público estatal	Se localiza en el municipio de Lerma, dentro del curso Alto Río Lerma y directamente vinculado al sistema del río.
Parque Industrial San Antonio Buenavista	Toluca	1983	Público estatal	Se localiza en el municipio de Toluca, dentro del curso Alto Río Lerma.
Parque Industrial Exportec	Toluca	1985	Público estatal	En Toluca, dentro del curso Alto Río Lerma, forma parte de la concentración industrial de la zona Toluca-Lerma.

Fuente: elaboración propia con base en los datos de Garza (1989).

El agua fue un factor estratégico de localización, ya que aseguraba la viabilidad de las inversiones en infraestructura y el desarrollo de la competitividad del capital industrial. De este modo, se garantizaba la producción económica. La llegada de empresas internacionales significó la expansión de las externalizaciones y de la huella ecológica, mediante la instalación de consorcios de los sectores automotriz, alimentario, metalmecánico, farmacéutico, de inyección de plásticos y químico, entre los que se encontraban Bayer de México, Pfizer, Celanese Mexicana, Ciba-Geigy, Química Hoechst, Chrysler de México, General Motors, Robert Bosch, DINA (Diesel Nacional), MASA (Mexicana de Autobuses), Barcel, Nestlé, Cervecería Cuauhtémoc, Productos del Monte, IESA, Vidrio Plano y Plásticos Rex, entre otras.

Esta expansión ha continuado hasta el presente. Con base en datos del Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales en el Estado de México (FIDEPAR), actualmente, en la cuenca del Alto Río Lerma existen 53 desarrollos industriales, distribuidos en 10 municipios:

Figura 3. Desarrollos industriales en la cuenca del Alto Río Lerma (2026)



Fuente: datos de Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales en el Estado de México (FIDEPAR, 2026). El mapa fue generado con ChatGPT.

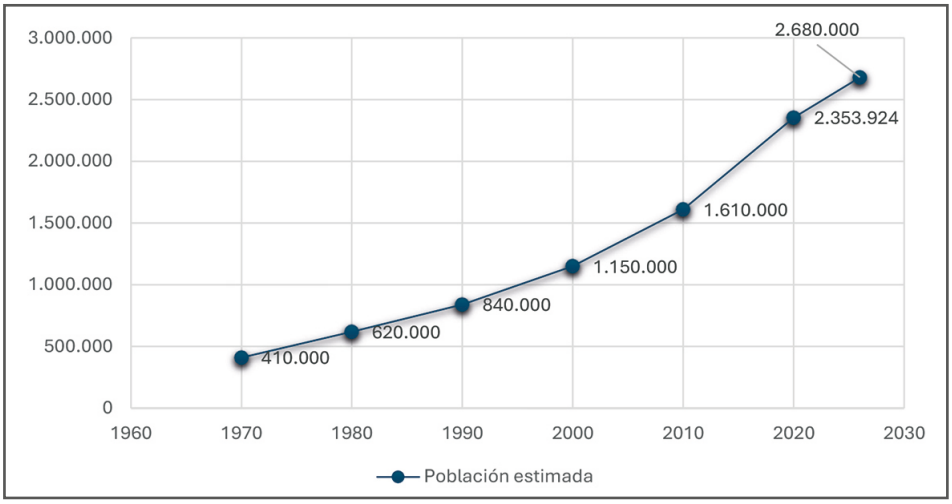
Esto muestra una concentración en el corredor Toluca-Lerma con impactos negativos en el territorio: cambios en el uso del suelo, contaminación ambiental, crecimiento urbano desordenado, falta de servicios, inseguridad local, aumento del tráfico automovilístico, descargas clandestinas de basura y de aguas contaminadas. Esto muestra que las políticas de los gobiernos estatales están alineadas con la política nacional de descentralización industrial, en el marco del capitalismo, que se enfoca en lo económico sin atender las necesidades sociales y económicas de la región.

La degradación de la cuenca del Lerma es consecuencia de las externalidades económicas, porque se subvalora la riqueza natural de la cuenca. Las políticas de preservación impulsadas por el Estado desde los años setenta hasta la actualidad no han tenido éxito; los costos ecológicos negativos son más difíciles de revertir. Aumenta la escasez de agua por el círculo destructivo de la lógica productivista: se extrae del río o de los mantos acuíferos, se utiliza en los procesos de producción y se desecha sin tratamiento alguno como líquido contaminado.

Una parte del agua dulce del río se utiliza para el consumo humano; otra, para el campo; y una parte más del líquido vital se destina al uso industrial como solvente, agente de limpieza o en los sistemas de enfriamiento. El agua que se consume en las industrias no está controlada ni regulada de manera eficiente. El agua se desecha en la cuenca junto con desechos tóxicos. Lo que destruye la vida de los ecosistemas.

La huella ecológica es el resultado del ciclo perverso de la producción externalista del capitalismo: pérdida de ciénegas, salinización, erosión, emisiones, enfermedades, etc. La huella ecológica aumenta con el crecimiento demográfico en la región. La transformación del paisaje natural es notoria ante la mancha urbana que crece constantemente: de una zona lacustre y agrícola a una zona macroindustrial. La tasa de crecimiento poblacional ha aumentado significativamente.

Figura 4. Crecimiento de la población en la cuenca del Alto Río Lerma (1970-2026)



Fuente: elaboración personal con base en datos del INEGI.

Las consecuencias ecológicas del crecimiento demográfico son la crisis hídrica y la contaminación: la sobreexplotación de los acuíferos, la reducción del suministro de la red, la desigualdad en el acceso al agua, la infraestructura obsoleta y el desabasto

crónico. El río pierde cada vez más su capacidad y resiliencia ecológica; funciona en tramos, como canal de desagüe industrial y residencial, expulsando contaminantes al suelo, al subsuelo y al aire.

El capitalismo planetario destruye la naturaleza. El círculo vicioso neoextractivista de producir más capital a costa de la finitud de los recursos naturales es la constante. La externalidad económica de la extracción sin freno de recursos naturales se padece en las periferias mientras se goza en los centros; como escribió Fernando Coronil, nuestras sociedades son sociedades exportadoras de naturaleza y, agregamos, importadoras de destrucción ambiental y de pobreza humana. El extractivismo neocoloniza con las llamadas inversiones de capital para favorecer el desarrollo que nunca llega:

> ¿Qué es lo novedoso entonces en el nuevo ciclo extractivista, tanto en su dimensión global como para la región latinoamericana? A nivel global asistimos a una mayor expansión de la frontera de los *commodities*, producto del aumento del metabolismo social del capital. El modelo de consumo asociado al capitalismo avanzado exige, para poder mantenerse, una mayor cantidad de materias primas y energías. Esto, a su vez, impulsa el incremento del metabolismo social y trae aparejada una mayor presión sobre los bienes naturales y los territorios. Como señalamos, esto conlleva una crisis socioecológica de proporciones planetarias que se hace visible en la crisis climática, un punto límite que nos diferencia de las generaciones anteriores en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero y, por ende, en cuanto a la posibilidad de mantener y expandir modelos de desarrollo basados en la extracción y la explotación de bienes naturales. El efecto es recurrente: la radicalización de la lógica capitalista neoliberal, ilustrada por la conjunción entre financiarización de la economía y dinámicas geopolíticas, la escasez cada vez mayor de recursos naturales y el agravamiento acelerado de la crisis climática impulsan el aumento desmedido del precio de los *commodities*, lo cual potencia, a nivel local y regional, la dinámica neoextractivista en los territorios, en todos sus formatos, avalada por políticas públicas, mientras se multiplican los desastres ambientales. Esto da como resultado lo que en otros trabajos denominamos el 'consenso de los *commodities*' (Svampa, 2013), que en América Latina muestra la convergencia de gobiernos neoliberales, conservadores y progresistas en términos de políticas extractivistas, así como la instalación de una clausura o un punto ciego a partir de la idea de que no existirían alternativas a este tipo de desarrollo. (Svampa y Viale, 2021, p. 64)

Lo que sucede en la cuenca del Lerma forma parte del incremento del metabolismo social, del modelo extractivista de desarrollo en el capitalismo planetario. El aumento en la demanda de recursos naturales está vinculado a la expansión industrial. El crecimiento de los parques y de las ciudades industriales en la cuenca del río es parte del expansionismo industrial. Es por esto que consideramos que la degradación ecológica del Lerma no se reduce a un problema del agua tóxica que emana de las industrias y del territorio urbano; es el resultado del modo de

apropiación y explotación de la cuenca que supera progresivamente la capacidad de resiliencia de sus ecosistemas naturales y sociales.

La crisis socioecológica del río Lerma, provocada por el modelo extractivista, forma parte de la crisis planetaria de la naturaleza. Hasta el momento, esto no es exclusivo de ningún tipo de gobierno. Los gobiernos, independientemente de su posición política, han sido promotores de la economía basada en la inversión extranjera. Como señalan Svampa y Viales (2021), los gobiernos neoliberales, conservadores o progresistas impulsan por igual políticas extractivistas. Celebran la apertura de industrias monopólicas en la cercanía o a orillas del Lerma, con el argumento de la generación de empleos; sin embargo, el resultado no es el desarrollo esperado: no aumenta la economía de los trabajadores; se degradan los ecosistemas naturales. Se asume por los gobiernos de derecha, centro e izquierda que el colapso del río Lerma es un costo necesario del desarrollo del capitalismo. Hasta ahora no han demostrado otra alternativa que favorezca la sustentabilidad de la cuenca; la evidencia se observa y se respira diariamente por los habitantes de las áreas metropolitanas.

La narrativa política de la ecología es insuficiente si no se cumple de verdad con el cuidado de la cuenca del Lerma. Está fundamentada en la economía y en el derecho positivo, dos pilares de la institucionalización del capitalismo. Destinar recursos económicos y establecer normas son dos acciones necesarias pero insuficientes. La naturaleza del río se concibe como un objeto proveedor de capital que está en disputa por su apropiación, entre quienes quieren detener su saqueo y quienes quieren perpetuarlo con la ley en la mano. Es obvio señalar quién gana en esta disputa. Como lo expresó Jameson (2023): "Es más fácil acabar con el mundo que con el capitalismo" (p. 76).

¿Será más fácil acabar con la cuenca del Lerma que con el extractivismo y la externalidad económica que promueven los políticos? No se trata de voluntades, como muchos creen; son intereses de acumulación de capital. Tampoco se trata de ceguera ecológica ni de apatía ambiental, por parte de quienes sustentan el poder político y económico en los terrenos privados y públicos. El desinterés colectivo forma parte de la cultura de la destrucción ambiental del río. La tríada compuesta por la política, la economía y el desinterés sostiene el pilar de la narrativa, que alucina al pensar que la naturaleza será resiliente e inagotable como proveedora de recursos.

Muchos discursos se expresan sobre la preservación del río Lerma; sin embargo, se pierden en la inmensidad del silencio. La naturaleza desmiente los discursos grandilocuentes de la política ambiental del capitalismo, como lo expresa la artista Susan Schuppi: la naturaleza es testigo material, se representa a sí misma. Es suficiente un recorrido por la ribera del río para desmentir los discursos sobre la atención a la contaminación del Lerma. La realpolitik, la economía racional y el derecho positivo tratan al río como objeto, no como sujeto con derechos

individuales. En los discursos se alude a los derechos humanos. Los seres humanos tienen derecho a preservar la naturaleza. Esto es parcialmente cierto: antes de ser un derecho humano contar con una naturaleza para vivir, la propia naturaleza tiene derechos individuales.

Esto significaría reconocer que el Lerma es sujeto de derechos. Enarbolar los derechos que tiene el Lerma es transitar del derecho positivo al derecho de la naturaleza. Una experiencia al respecto es la Constitución del Ecuador, que reconoce por primera vez los derechos de la Pachamama (Madre Tierra) independientes de los derechos humanos.

> Cuando se establece que la Naturaleza es sujeto de derechos, tenemos que comprender este concepto, no de acuerdo con los cánones tradicionales de conceptualización de los derechos, sino conforme a la lógica de un constitucionalismo propio de un Estado plurinacional e intercultural. Desde la filosofía andina, que inspira el reconocimiento de la Pacha Mama, la Naturaleza es un sujeto integral que se relaciona con el universo. En este sentido, si una parte de la Tierra se ve afectada, cualquier lugar también se afecta. Aunque el derrame se produjo en el Golfo de México, la Tierra queda vulnerada. En este sentido, el juez o la jueza cantonal tiene competencia. Si la Tierra es la Naturaleza y es sujeto de derechos, no se puede compartimentalizar. (Berger *et al.* 2026, pp. 25-26)

La naturaleza es una unidad, un ser único e indivisible. Lo que sucede en contra de la naturaleza en algún lugar de la Tierra afecta a toda la naturaleza. La degradación de la biodiversidad y la sociodiversidad en la cuenca del Lerma no afecta solamente a los habitantes de la ribera y de la metrópoli; impacta en todo el mundo. Una evidencia de esto es el reconocimiento que reciben las ciénegas del río Lerma (laguna de Almoloya del Río, laguna de Lerma y laguna de San Bartolo) como sitio Ramsar. Es un lugar vital para el planeta. Especies endémicas habitan en este lugar; nace el río Lerma y es un refugio mundial de aves. Como sitio Ramsar, las aguas dulces de las ciénegas tienen que ser protegidas por el Estado, ya que tienen un papel esencial para la preservación de la biodiversidad del planeta, lo que significa que deben considerarse los puntos siguientes para su preservación.

- Patrimonio ecológico. Los humedales son un legado natural que debe conservarse.
- Relevancia vital. Los humedales son esenciales para la sustentabilidad de la vida natural y de las comunidades.
- Protección global. Las autoridades se responsabilizan del cuidado de los humedales para la conservación de los ecosistemas.
- Singularidad ecosistémica. Es un lugar de filtración natural del agua que recarga los mantos acuíferos y se regula ante las inundaciones naturales.

Las ciénegas del río Lerma tienen una extensión de 3023,95 hectáreas. Comprenden siete municipios: Lerma, Ocoyoacac, Capulhuac, Tianguistengo, Almoloya del Río, Atizapán y Texcalyac. Es un tesoro natural. Para Rodríguez y Blázquez (2024) tiene una importancia ecológica; es el último de los humedales del Altiplano central, lo cual no ha sido dimensionado para su cuidado, al igual que toda la cuenca alta, cuya destrucción avanza.

> A pesar de la relevancia ambiental, cultural, política y económica que representan los humedales de las Ciénegas del Lerma, su deterioro se mantiene y avanza. Los tres principales problemas que los aquejan son: 1) ampliación de la urbanización tanto para habitación como para los corredores industriales; 2) contaminación derivada de las descargas de aguas residuales en el río Lerma y los tres vasos de las Ciénegas; 3) sobreexplotación y abatimiento de los mantos freáticos, derivado del aumento del aprovisionamiento de agua potable a la Ciudad de México, a través del Sistema Lerma (actualmente Sistema Lerma-Cutzamala) y del aumento de la demanda de agua en la región. (p. 101)

Se estima que entre 1970 y 2015 las ciénegas se deterioraron en un 35 %. En el presente año (2026) se calcula que han perdido más del 90 % de su extensión original. Para dimensionar la gravedad del problema: en el siglo pasado su extensión era de alrededor de 30 000 hectáreas, que actualmente se ha reducido a 3000 hectáreas fragmentadas. Presenciamos, día a día, la muerte de la cuenca del Alto Río Lerma, ante el capitalismo ecocida.

La instrumentalización de la naturaleza como fetiche de la mercantilización está acabando con todo. El fetichismo de la naturaleza del capitalismo ecocida que gobierna la racionalidad instrumental en el planeta romantiza el beneficio económico de la prosperidad para todos. Lo cierto es que existe una cuenca moribunda. Cuando se habla de recuperar la cuenca, se piensa que es un problema menor, pero en realidad es un problema mayor. Se trata de resucitar y frenar el veneno que acaba con el río. No es tarde para plantear la alternativa de dotar al río de derechos y reconocerlo como sujeto de vida, a partir de su actual degradación, así como para aceptar que está siendo sacrificado por el capital y por los usos urbanos de una cultura de destrucción ecológica. Hay una desnaturalización de la naturaleza como dispositivo político del interés económico. Estamos en sintonía con García (2024), cuando señala que el eslogan mediático de salvar a un río se hace como si no estuviera ya en un proceso de degradación mayúscula.

> Tengo la impresión de que, cuando la conversación sobre los derechos de un río alcanza la agenda mediática, suele pensarse en un río limpio —en riesgo de contaminación, a punto de ser afectado por un proyecto industrial o extractivista, pero limpio—. Y que suele pensarse en un río que se asume natural, cuyo cauce no ha sido desviado, que de preferencia pertenece a un entorno no urbano y que está integrado a un ecosistema que se presume más o menos intacto. Por supuesto que es sólo una suposición, pero creo que no

> suele pensarse en un río de caca; en un río unido artificialmente a una cuenca hidrológica externa mediante un sistema multimillonario con pozos de acceso y ventilación, colectores, estaciones de bombeo y compuertas que se abren y cierran a discreción mediante deliberaciones políticas sin transparencia. Lo que me pregunto aquí, en pocas palabras, es qué implicaría pensar en los derechos de un dispositivo monstruoso como el río Tula. No es una pregunta ociosa, ya que puede servirnos como guía para desgranar varios de los conceptos hasta ahora apuntados. (p. 36)

Este es el caso de la cuenca del Lerma; es un río ya afectado y contaminado. Es una cuenca hidrológica llena de compuertas por donde millones de litros de residuos pestilentes corren y se convierten en millones de dólares para las empresas instaladas en los corredores y ciudades industriales. El desvarío de la codicia humana domina, como escribió Yourcenar (1987):

> En mi opinión, ciertamente, de la codicia que desea obtener el mayor beneficio de los bienes terrenos y de una especie de desconfianza … del deseo de utilizar todo para llegar al límite de la riqueza para construir un condominio donde antes había un lugar apacible, todavía en su estado natural y en el cual las masas acaban por encontrar un poco de frescor o de paz. Sabemos que la desconfianza entre las naciones es la causa de los gastos de preparación para la guerra; entre todas estas grandes razones, creo que hay que tener también en cuenta un miedo oscuro. (p. 5)

El deseo de acabar con el agua es la codicia que conduce a Tánatos. A la muerte de la cuenca, recordemos que hay porciones con agua anóxica. La huella ecológica radical extrema es el ecocidio de la cuenca del Lerma. Las acciones realizadas para evitar que esta catástrofe natural continúe han sido insuficientes; por ejemplo, Prado (2025) reporta que de las 55 plantas tratadoras solo funcionan 33; Novoa y Zarza (2022) mencionan que los nueve puntos de monitoreo del agua existentes ninguno cumple con las características de calidad; la construcción del sistema Lerma para dotar del agua a la Ciudad de México no ha tenido una gestión óptima ni cuenta con el personal técnico necesario para su operación, mantenimiento y supervisión (Torres, 2014).

El descuido institucional es notorio. Los programas y acciones que se implementan para rescatar la cuenca del Lerma son de corto plazo, fragmentados, politizados, insuficientes e ineficientes. En la actual administración federal se ha anunciado la inversión de alrededor de 1350 millones de pesos para el saneamiento del Lerma-Santiago, destinada a infraestructura de tratamiento, restauración ecológica, control de descargas y regulación de inundaciones. En distintos documentos de propaganda se mencionan medidas de reparación y de contención del agua contaminada. Hasta ahora no se ha proporcionado un plan integral que transforme las dinámicas de destrucción en la cuenca. La estrategia se valora como remedial, no transformadora de las acciones que generan el ecocidio. Habrá que avanzar hacia una propuesta que cuestione y actúe contra los pilares del capitalismo ecocida.

LECCIONES DEL MUNDO SOBRE EXPERIENCIAS DE RESTAURACIÓN FLUVIAL

La restauración de los ríos tiene un largo recorrido; sus inicios se ubican en los años 50 del siglo XX. Empezó en Norteamérica y continuó en Europa, en el Reino Unido, Países Bajos, Alemania y Dinamarca. La renaturalización y la mejora ambiental fueron los conceptos del momento. Más adelante, hasta el presente, han aumentado significativamente las experiencias de restauración de ríos. Algunos casos emblemáticos son los ríos: Drava (Austria), Aurino (Austria), Mosa (en la frontera entre Países Bajos y Bélgica), Danubio (a lo largo de diez países de Europa y Asia), Napa (Norteamérica), Flumen (España), Sena (Francia), Bogotá (Colombia) y Magdalena (México).

La razón por la que Norteamérica y Europa comenzaron a restaurar sus ríos fue la contaminación industrial. Los ríos fueron utilizados como cauces de los desechos industriales, lo que causó degradación ambiental; para Zambrano (2003) la restauración de los ríos fue una respuesta a la industrialización:

> Esto responde a que el propio desarrollo industrial generó como consecuencia una degradación sustancial de sus ríos, que son por naturaleza un perfecto transporte de desechos, y sus lagos, que son el receptáculo final de estos desechos. A mediados del siglo pasado, las deterioradas confluencias de los ríos y los lagos movieron a estos países a generar programas de manejo y restauración de los sistemas dulceacuícolas. Cabe mencionar que muchas de las teorías básicas de restauración se han generado con base en estudios en ríos y lagos, pues el efecto de la contaminación y la degradación en un sistema

> dulceacuícola es mucho más evidente y rápido que en un sistema terrestre. Con tantas variables en juego y tantas dinámicas diferentes en cada lago o río no existe una receta básica a seguir. Pero, en el momento de generar un programa de restauración, son indispensables los siguientes factores que a continuación se mencionan: a) el régimen hídrico, b) la concentración de químicos en el agua, c) la estructura de la red trófica y d) la erosión de los sedimentos y la colonización de las plantas. (p. 39)

Cada río contaminado tiene sus particularidades contextuales, sociales, económicas y políticas, lo que determina el tipo de estrategia que debe emprenderse; por tanto, la pluralidad de experiencias es un recurso importante de conocimiento acumulado. Una aportación de Zambrano (2003) es la identificación de los cinco factores, cada uno de los cuales ofrece un referente para la recuperación de un río.

- Régimen hídrico. Es el comportamiento del agua disponible: cantidad, frecuencia, variación y duración en el tiempo. Existen distintos tipos de regímenes. En el caso del Lerma, el régimen hídrico es freático y pluvial. El caudal proviene de manantiales y del ciclo natural del agua. Esto es importante a considerar porque la dinámica que se quiere recuperar está vinculada a la función ecológica. En el Lerma es esencial recuperar la dinámica de los manantiales, los procesos de oxigenación, los nutrientes y la biodiversidad.
- Elementos químicos tóxicos en el agua. En la recuperación de un río se requiere identificar los tipos y las cantidades de contaminantes, con el propósito de elaborar una intervención. En el caso del Lerma, es importante determinar los procesos de bioacumulación en los organismos y la contaminación acumulada en los sedimentos para monitorear la calidad del agua.
- Estructura de la red trófica: es el conjunto de cadenas alimentarias concentradas en los ecosistemas fluviales; es la forma en que circulan los nutrientes y la energía en los seres vivos. Para el caso del Lerma, significa catalogar el conjunto de especies que habitan en el río y reconocer cuáles son más sensibles a los contaminantes y tienen mayor riesgo de desaparecer, e identificar la dinámica entre productores, consumidores y depredadores. Recuperar el Lerma es restablecer la red biológica para que los ecosistemas se renaturalicen.
- Erosión de sedimentos. El proceso de desgaste en el fondo y en las orillas del río, debido a la fuerza de la corriente, desprende o arranca sustancias tóxicas y las pone en movimiento. En el río Lerma, los sedimentos se desprenden del caudal y provocan daños a las especies vegetales y animales, lo que dificulta su recuperación. Este fenómeno constituye un indicador importante en el proceso de restauración hídrica.

» Colonización de plantas. Es la capacidad de reproducir y repoblar el río con plantas, algas y bacterias. Para el Lerma, esto representa el reto de colonizar con plantas acuáticas, retener los sedimentos para captar nutrientes y regular la temperatura. Es esencial el retorno de la vegetación nativa para lograr la restauración hídrica.

En conjunto, estos cinco elementos están vinculados al proceso de restauración fluvial: el primero participa en la reducción y movilización de contaminantes; el segundo incide en el retorno de organismos; el tercero participa en la recuperación de la red trófica; el cuarto incide en la estabilización de sedimentos; y el quinto tiene que ver con la recolonización vegetal. En la recuperación de un río se evalúa el conjunto de estos elementos; es un proceso hidrológico, químico, biológico y geomorfológico. La calidad del agua no es esencial para la recuperación de un río, sino el proceso de eliminación de contaminantes.

En el mundo no se cuenta con la cantidad exacta de ríos contaminados que requieren ser recuperados. El crecimiento industrial y el desarrollo urbano impactan en distintas cuencas. En todos los ríos contaminados, la degradación provoca la pérdida de biodiversidad. Algunos ríos están más contaminados que otros. No todos los ríos han sido restaurados desde los puntos de vista hidrológico, químico, biológico y geomorfológico. Entre los ríos más contaminados se encuentran los siguientes:

Tabla 6. Ríos más contaminados del mundo

Río	Ubicación	Contaminantes	Causas
Salween	Sureste asiático: China y Myanmar	Metales pesados, azufre, plásticos y vidrio.	Industria textil y acumulación de residuos.
Ganges–Yamuna	Norte de la India	Metales pesados, químicos tóxicos, contaminación fecal y bacteriana.	Vertidos industriales, aguas residuales urbanas y residuos funerarios.
Citarum	Java, Indonesia	Metales pesados, compuestos orgánicos, pesticidas, PCB y plásticos.	Industria textil, aguas residuales domésticas y disposición inadecuada de residuos.
Río de la Plata	Argentina–Uruguay	Residuos domésticos, industriales, agroquímicos y de origen agroindustrial.	Descargas urbanas e industriales, y escorrentía agrícola.
Danubio	Europa central y oriental	Químicos, pesticidas, plásticos y aguas residuales.	Industria, transporte fluvial y descargas de aguas residuales.
Bravo/Grande	EE. UU.–México	Metales pesados, químicos, fertilizantes y pesticidas.	Industria, agricultura y reducción del caudal por la infraestructura hidráulica.

Río	Ubicación	Contaminantes	Causas
Buriganga	Bangladesh	Aguas residuales, cromo y otros residuos químicos.	Curtidurías y deficiente infraestructura sanitaria.
Sarno	Campania, Italia	Exceso de nutrientes.	Industria, agricultura intensiva y aguas residuales municipales.
Amarillo	China	Aguas residuales industriales, metales pesados, residuos mineros y microplásticos.	Industria y minería del carbón.
Nilo	África	Residuos industriales, orgánicos y sedimentos.	Aguas residuales, residuos urbanos e industriales y alteración del caudal.
Indo	Pakistán	Salinidad y concentración de contaminantes.	Reducción del caudal asociado al cambio climático y al retroceso glaciar.
Murray–Darling	Australia	Baja calidad del agua.	Introducción de especies invasoras y desequilibrio ecológico.
Mekong	Sureste asiático	Arsénico	Presencia y movilización del arsénico en fuentes hídricas.
Yangtsé	China	Agroquímicos, metales pesados, microplásticos e hidrocarburos.	Agricultura intensiva, industria, carbón y navegación.
Mississippi	Estados Unidos	Fertilizantes, pesticidas y herbicidas.	Escorrentía agrícola, industria e infraestructura.
Pasig	Filipinas	Aguas residuales, plásticos y residuos químicos.	Urbanización descontrolada y falta de alcantarillado.
Tietê	Brasil	Aguas residuales, residuos industriales y gases tóxicos.	Industria y descarga de aguas negras urbanas.
Colorado	EE. UU.–México	Metales pesados, químicos, agroquímicos y salinidad.	Agricultura, minería, sobreexplotación y reducción del caudal.

Fuente: Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental (2026); Majón (2026).

Los ríos de agua dulce están siendo transformados por el capitalismo planetario en ríos de sustancias químicas tóxicas. La contaminación por residuos industriales, actividades agrícolas y descargas urbanas se presenta en todos los ríos contaminados; constituye un problema planetario. En todos los continentes existen ríos contaminados.

Asia:

» Río Salween: China, Myanmar y Tailandia.

Es uno de los grandes sistemas fluviales del sudeste asiático y atraviesa territorios sometidos a importantes presiones ambientales. Entre los principales riesgos para su calidad ecológica se encuentran las actividades industriales y extractivas, la expansión urbana y agrícola, y los proyectos de infraestructura hidráulica. En diferentes zonas de su cuenca se ha documentado la presencia de contaminantes asociados a actividades humanas, incluidos metales pesados y residuos sólidos.

» Río Yangtsé: China.

Es el río más largo de Asia; atraviesa una de las regiones más pobladas e industrializadas del planeta. Su deterioro ambiental se debe a las descargas industriales y urbanas, al uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, al transporte fluvial, a los residuos plásticos y a la construcción de grandes obras hidráulicas. Estas presiones han contribuido a la transformación de los hábitats y a la pérdida de biodiversidad acuática.

» Río Mekong: China y Sudeste Asiático.

La cuenca del Mekong enfrenta múltiples presiones ambientales derivadas de la agricultura intensiva, las descargas urbanas, la minería, la construcción de presas y la modificación del régimen hidrológico. En determinadas áreas de la cuenca, también constituye un problema la exposición de las poblaciones a aguas subterráneas naturalmente contaminadas con arsénico. La combinación de estos procesos amenaza la biodiversidad y la seguridad hídrica y alimentaria de millones de habitantes.

» Río Ganges: India y Bangladesh.

Este río posee una extraordinaria importancia ecológica, económica, cultural y religiosa, pero recibe grandes cantidades de aguas residuales urbanas, efluentes industriales, residuos sólidos y escorrentías agrícolas. A estas presiones se suman determinadas prácticas funerarias y religiosas. Su degradación afecta tanto a los ecosistemas acuáticos como a las poblaciones que dependen directamente del río.

» Río Yamuna: India.

Es uno de los principales ríos secundarios del Ganges; presenta una situación particularmente crítica en su tramo urbano, especialmente al atravesar Delhi. Se vierten aguas contaminadas domésticas e industriales, junto con la elevada concentración de nutrientes y materia orgánica, lo que provoca episodios de fuerte reducción del oxígeno disuelto y graves alteraciones de la calidad del agua.

» Río Indo: China, India y Pakistán.

La problemática del Indo combina contaminación con un creciente estrés hídrico. La extracción intensiva de agua para la agricultura, el crecimiento demográfico, las descargas urbanas y agrícolas, y el impacto del cambio climático en los glaciares del Himalaya y del Karakórum amenazan la disponibilidad de agua. En su delta, la disminución del caudal favorece la intrusión salina y la degradación de los ecosistemas.

» Río Citarum: Indonesia.

Es uno de los casos internacionales más conocidos de contaminación fluvial asociada a la industrialización. Su cuenca concentra numerosas industrias, en particular textiles, así como importantes asentamientos urbanos. Las descargas industriales, las aguas residuales sin tratamiento adecuado y los residuos sólidos han generado contaminación por metales pesados, compuestos químicos y materia orgánica, con importantes consecuencias ambientales y sanitarias.

» Río Buriganga: Bangladesh.

El río se encuentra estrechamente relacionado con la dinámica urbana de Daca; presenta una intensa degradación debido a las aguas residuales domésticas e industriales. Históricamente han destacado las descargas procedentes de curtidurías y otras actividades manufactureras, asociadas con contaminantes como el cromo. La elevada carga orgánica y química ha provocado una pérdida de calidad del agua y graves alteraciones en el ecosistema acuático.

Europa:

» Río Danubio: Europa central y oriental.

Este río atraviesa numerosos países y recibe presiones provenientes de grandes centros urbanos, zonas industriales y extensas superficies agrícolas. Entre sus principales problemas se encuentran los nutrientes procedentes de fertilizantes, pesticidas, aguas residuales, contaminantes industriales, residuos plásticos y las modificaciones hidromorfológicas. Su carácter internacional convierte su recuperación en un desafío de gobernanza ambiental transfronteriza.

» Río Sarno: Italia.

Es uno de los casos históricos más graves de contaminación fluvial en Italia. Su deterioro se relaciona con descargas industriales, aguas residuales urbanas insuficientemente tratadas y escorrentías procedentes de actividades agrícolas. La elevada presión humana sobre una cuenca relativamente pequeña ha generado importantes problemas de calidad del agua y de degradación ecológica.

África:

» Río Nilo: África nororiental.

El río enfrenta una combinación de contaminación, presión demográfica, agricultura intensiva y regulación de su caudal. A lo largo de su extensa cuenca recibe aguas residuales urbanas, residuos industriales y hospitalarios, nutrientes y contaminantes agrícolas. La extracción de agua para riego y consumo humano, junto con las grandes infraestructuras hidráulicas, también modifica los procesos ecológicos y sedimentarios del sistema fluvial.

América:

» Río Bravo/Río Grande: Estados Unidos y México.

Esta cuenca transfronteriza presenta importantes problemas de disponibilidad y calidad del agua. La extracción destinada al riego agrícola y al abastecimiento urbano, las presas, las sequías prolongadas y el cambio climático han reducido considerablemente los caudales en distintos tramos. A estas presiones se suman los vertidos urbanos, agrícolas e industriales, y las especies invasoras.

» Río de la Plata y su cuenca: Argentina, Uruguay, Brasil, Paraguay y Bolivia.

Más que un río convencional, el Río de la Plata es un gran estuario que recibe las aguas de una extensa cuenca hidrográfica sudamericana. Sus problemas ambientales están relacionados con los contaminantes transportados por sus principales tributarios, las descargas urbanas e industriales, los residuos sólidos y la escorrentía agrícola con fertilizantes y pesticidas. La magnitud de la cuenca hace que su problemática tenga un marcado carácter regional y transfronterizo.

Oceanía:

» Sistema Murray-Darling: Australia.

La cuenca Murray-Darling constituye el principal sistema fluvial de Australia y enfrenta un proceso complejo de deterioro, relacionado con la extracción intensiva de agua para la agricultura, la alteración de los caudales naturales, las sequías, el aumento de las temperaturas, la salinización, la proliferación de algas y de especies invasoras. Estas presiones han contribuido a la disminución de las poblaciones de peces nativos y a la degradación de los ecosistemas acuáticos.

La huella hídrica y ecológica en los casos citados de ríos contaminados se debe a seis factores de degradación interconectados: descargas industriales tóxicas, aguas

residuales urbanas, aguas contaminadas con fertilizantes, sobreexplotación de los mantos acuíferos, alteraciones hidromorfológicas y el cambio climático. Para ilustrar los aspectos en su conjunto, los agrupamos en ocho categorías.

Tabla 7. Contaminantes en los ríos

Categoría	Contaminantes identificados
Metales y metaloides	Metales pesados, cromo y arsénico.
Contaminantes químicos	Azufre, químicos tóxicos, compuestos orgánicos, PCB (bifenilos policlorados) e hidrocarburos.
Contaminantes agrícolas	Agroquímicos, pesticidas, herbicidas y fertilizantes.
Residuos sólidos	Plásticos, microplásticos, vidrio, residuos domésticos e industriales.
Descargas líquidas	Aguas residuales y aguas residuales industriales.
Contaminantes biológicos	Materia fecal, bacterias y residuos orgánicos.
Residuos extractivos y atmosféricos	Residuos mineros y gases tóxicos.
Alteraciones fisicoquímicas	Exceso de nutrientes, salinidad, sedimentos y turbidez.

Fuente: elaboración propia.

La huella hídrica se relaciona directamente con la huella ecológica: al aumentar la contaminación hídrica, disminuye el agua azul (extraída de los mantos acuíferos), lo que afecta la capacidad de los ecosistemas para autorregenerarse. Las categorías de contaminantes de la tabla, por ejemplo, los metales, metaloides y químicos, están relacionadas con la huella hídrica gris (volumen de agua dulce necesario para diluir los contaminantes). Esto deteriora la condición del río, incrementa la contaminación de los suelos y afecta aún más la biodiversidad. Todo ello contribuye al aumento de la huella ecológica: a mayor consumo de agua y contaminación, mayor degradación de los ecosistemas y menor biocapacidad, lo que incrementa el déficit ecológico en general. La huella ecológica aumenta por dos razones: la situación de la huella hídrica y el incremento del consumo de recursos naturales. De este modo, la huella ecológica se ve afectada en un conjunto de aspectos.

» Aumento en la demanda de recursos naturales. Con el aumento de actividades primarias, secundarias y terciarias, la demanda de agua para satisfacer las necesidades económicas y sociales es mayor. A su vez, con el aumento de la contaminación del agua, su capacidad para autorreproducirse o conservarse disminuye; los caudales de los ríos se transforman en terrenos físicos donde se instala más infraestructura industrial y se alberga el crecimiento urbano. Es un círculo de degradación de los ríos.

- Degradación ambiental. El deterioro del medioambiente daña y altera los ecosistemas, lo que reduce la biocapacidad de los humedales y de los suelos. La capacidad de retención del agua disminuye, lo que aumenta la desertificación y, a su vez, provoca enfermedades y la extinción de especies.
- Aumento del consumo energético. El uso intensivo de los recursos tecnológicos utilizados en la extracción del agua, los transportes y el mantenimiento de tratadoras de agua, etc., genera emisiones contaminantes y aumenta la huella de carbono.
- Desequilibrio físico y químico. Al desechar en el río los químicos utilizados en las actividades agrícolas, aumentan los niveles de nutrientes, lo que altera el funcionamiento natural del cauce. Además, con el aumento de los contaminantes, se reduce la capacidad de oxigenación.

Los ríos y los lagos del mundo están contaminados; son los ecosistemas más deteriorados; sus cauces se reducen o tienden a desaparecer. El agua dulce es ahora un recurso natural escaso y está en riesgo debido a la contaminación y al calentamiento global. El agua dulce en el planeta representa apenas el 2,5 % del agua total de la Tierra; en el último siglo se perdió el 70 % del agua dulce. Los ríos no solo disminuyen su cauce, sino que están desapareciendo; tres dinámicas están detrás de la desaparición de los ríos:

- La contaminación y la sobreexplotación. Se agota el caudal del río como consecuencia de la degradación provocada por los contaminantes y por los desmedidos flujos de extracción.
- Consecuencia del calentamiento global. El aumento de las temperaturas provoca el incremento de la evaporación del agua, la alteración de las lluvias, las sequías prolongadas, la pérdida de oxígeno y el deshielo.
- Piratería fluvial. Se refiere al desvío del cauce de los ríos; se presenta de dos formas: como fenómeno natural, debido al calentamiento global o a los movimientos de la Tierra; y como necesidad humana, que implica el desvío artificial del agua sin consentimiento oficial; por ejemplo, en actividades agrícolas suele darse el desvío de los canales de agua.

Existen casos de ríos que han desaparecido debido a una o a las tres dinámicas mencionadas. Esto se ha presentado en distintas partes del mundo; la huella hídrica y ecológica no solo se observa en países donde opera la externalidad económica. Hay potencias mundiales cuyos ríos pierden significativamente caudal, se secan o desaparecen. En cada caso, las consecuencias de esta crisis hídrica son extremas. Mencionamos algunos casos emblemáticos:

Tabla 8. La crisis hídrica del agua dulce

Río o sistema hídrico	Ubicación	Periodo y velocidad del proceso	Tipo de alteración	Causas y mecanismos	Consecuencias socioambientales principales
Slims	Territorio del Yukón, Canadá.	Mayo de 2016. La reorganización del drenaje ocurrió aproximadamente en cuatro días.	Captura o piratería fluvial inducida por el cambio climático.	El retroceso del glaciar Kaskawulsh, relacionado con el calentamiento climático, modificó la dirección de sus aguas de deshielo. El caudal que anteriormente alimentaba al río Slims y fluía hacia el norte fue desviado hacia el río Kaskawulsh-Alsek, con salida al océano Pacífico.	El Slims perdió la mayor parte de su caudal y su lecho quedó ampliamente expuesto. La acumulación de sedimentos secos favoreció tormentas de polvo; se modificó el transporte de agua y sedimentos, comenzó la colonización vegetal del antiguo cauce y aumentó considerablemente el caudal del sistema receptor. El caso demuestra que el cambio climático puede reorganizar una red fluvial en pocos días (Shugar *et al*., 2017).
Atoyac	Región montañosa central de Veracruz, México.	Marzo de 2016. Un tramo perdió casi por completo su flujo superficial en menos de 48 horas.	Infiltración súbita del caudal por fractura o socavón.	La formación de una abertura de aproximadamente 30 metros en el lecho permitió que una parte sustancial del agua se infiltrara en el subsuelo. Aunque inicialmente se atribuyó a una falla geológica, resulta más prudente describirla como una fractura o conducto de infiltración sujeto a investigación geológica.	El tramo afectado quedó reducido a lodo, charcos y rocas expuestas. Se puso en riesgo el abastecimiento de más de 10 000 familias, además de las actividades agrícolas, ganaderas y domésticas de varios municipios. La reducción del flujo disminuyó la capacidad de dilución y transporte de aguas residuales, incrementando los riesgos sanitarios y ecológicos (Sun, 2016).

Río o sistema hídrico	Ubicación	Periodo y velocidad del proceso	Tipo de alteración	Causas y mecanismos	Consecuencias socioambientales principales
Amu Darya y Syr Darya – mar de Aral	Asia Central: principalmente Kazajistán, Uzbekistán, Turkmenistán, Kirguistán y Tayikistán.	Desde la década de 1960, proceso acumulativo de varias décadas.	Desvío antropogénico y desecación progresiva del sistema terminal.	La Unión Soviética desvió grandes volúmenes de ambos ríos mediante canales e infraestructura de riego para expandir la producción de algodón y otros cultivos. Los ríos no desaparecieron completamente, pero sus aportaciones al mar de Aral disminuyeron drásticamente.	El mar de Aral se fragmentó y quedó reducido aproximadamente al 10 % de su superficie histórica, aunque existen diferencias espaciales y temporales entre sus cuencas. Aumentaron la salinidad, la desertificación y las tormentas de polvo contaminado; colapsaron las pesquerías y se degradaron los ecosistemas. También se produjeron situaciones de desempleo, migración, afectaciones a la salud y conflictos por la distribución del agua (World Meteorological Organization, 2016).

Fuente: elaboración propia con base en Shugar *et al.*, 2017; Sun, 2016; World Meteorological Organization, 2016.

El riesgo de que desaparezcan los ríos va en aumento; por ello, en distintos países se emprenden acciones para su recuperación. El Estado, la sociedad y los partidos políticos han demostrado que, cuando se tiene la voluntad de resarcir los daños provocados por el capitalismo, es posible recuperar los ríos. Existen distintas experiencias internacionales que han tenido éxito, ya sea en ríos grandes o pequeños, independientemente del grado de deterioro. Presentamos tres casos de ríos restaurados y mostramos que el trabajo de recuperación tiene ya un tiempo de recorrido considerable (Bouqueuniaux, 2025).

Río Támesis (Reino Unido). Inicio de recuperación en 1957.

- 1957: el río fue oficialmente declarado "biológicamente muerto" debido a niveles críticos de contaminación y falta de oxígeno. A partir de este año, se iniciaron grandes inversiones en el tratamiento de aguas y en regulaciones más estrictas para revivirlo.
- 2021: se consolida su recuperación biológica al documentarse la presencia de 115 especies de peces, así como de animales como focas, caballitos de mar y pequeños tiburones.

Río Rin (Europa). Inicio de recuperación en 1987.

- Década de 1960: el río alcanza su nivel más alto de degradación y es apodado la "cloaca de Europa".
- 1987: se lanzó a nivel multinacional el Programa de Acción del Rin, que impulsa una inversión superior a 80 000 millones de euros en saneamiento.
- 2012: se registra un hito clave de recuperación con el desove de casi 7000 salmones del Atlántico en sus aguas limpias.

Río Elwha (EE. UU.). Inicio de recuperación en 2011.

- 2011-2014: se ejecuta el mayor proyecto de remoción de represas de la historia para liberar su cauce.
- Primer año (aproximadamente 2012): más de 4000 salmones Chinook logran desovar por encima de los antiguos embalses después de un siglo.
- 2014: se registra el nacimiento de 32 000 alevines de salmón Coho en áreas previamente enterradas bajo el lodo de las presas.

Estos casos son relevantes porque presentaban un mayor grado de contaminación. Por ejemplo, el río Rin era considerado la cloaca de Europa; el río Elwha, encapsulado, estaba agotado; y el río Támesis estaba biológicamente muerto. Esto se muestra en la siguiente infografía:

Figura 5. Restauración de tres ríos

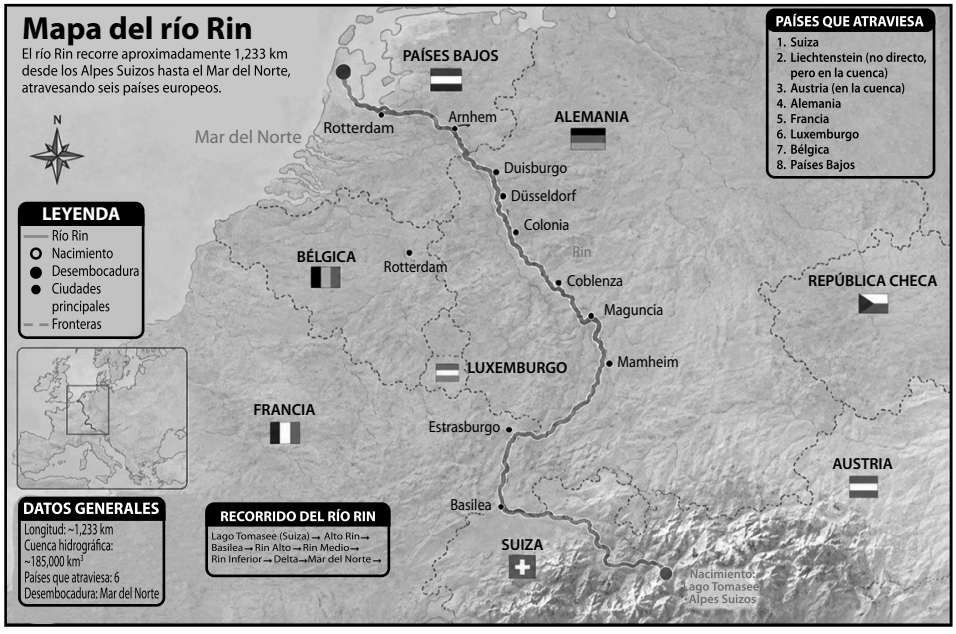


Fuente: diseñada con IA de Gemini Notebook, con base en Shugar *et al.,* 2017; Sun, 2016; World Meteorological Organization, 2016.

Son varios los ríos que han sido recuperados en el mundo. Trabajamos en uno en particular, el río Rin, porque en su momento fue llamado "la cloaca de Europa", un adjetivo similar al que se usa en "el Lerma es una cloaca". Con sus características distintas, ambos ríos han sido considerados basureros por su contaminación extrema, lo que los conduce a su posible extinción, pues han sido utilizados como vertederos de residuos, presentan tramos de agua anóxica, representan un peligro sanitario y hay una cantidad de denuncias ciudadanas y políticas que no son atendidas para sanarlos.

Abordamos el caso con base en las categorías de análisis: factores sistémicos de la degradación, procesos de gobernanza e intervención, capacidades de transformación y resultados. Nos basamos en los documentos de van Rijssel *et al*. (2024), Raith (1999) y Uehlinger (2009) para el análisis. En estos documentos de carácter profesional y técnico se sistematiza la trayectoria histórica de la degradación, de la gobernanza y de la recuperación morfodinámica del río Rin. Su ubicación se encuentra en el siguiente mapa:

Figura 6. El río Rin



Fuente: diseño realizado con ChatGPT.

Como se observa, es un río que atraviesa seis países. A continuación, presentamos la síntesis de los hallazgos fundamentales encontrados en los documentos y cómo sus lecciones se extrapolan para un análisis de transferencia hacia el Alto Río Lerma.

Factores sistémicos de la degradación:

» Presión socioeconómica e industrial: el Rin drena una cuenca habitada por alrededor de 54 millones de habitantes y alberga el 10 % de la industria química del mundo, así como el distrito de Ruhr, densamente industrializado. Su degradación sistemática se vio acentuada por la escorrentía de una agricultura intensiva (maíz, viticultura, ganadería porcina), el vertido de cloruros procedentes de las minas de potasa de Alsacia y la intensa extracción de arena, grava y arcilla para la industria ladrillera.

» La cloaca de Europa: durante un siglo y medio (del XIX y la mitad del XX) fue considerado uno de los ríos más contaminados; intervenciones como las de Johann Gottfried Tulla redujeron el caudal del Rin superior en un 23 %. Ello, sumado al Gran Canal de Alsacia y a la construcción de 21 represas hidroeléctricas, destruyó los bosques húmedos inundables e interrumpió el corredor biológico fluvial. En la década de 1970, el río fue declarado "ecológicamente muerto" tras letales olas de contaminación por mercurio.

» La catástrofe de Sandoz como catalizador: el 1 de noviembre de 1986 se registró el incendio del almacén de Sandoz en Schweizerhalle (Suiza), que provocó el vertido de entre 20 y 30 toneladas de pesticidas y compuestos organofosforados al Rin, aniquilando la fauna acuática (especialmente anguilas) a lo largo de 400 km. El trauma social y político de este desastre obligó a los industriales y a los gobiernos a pasar de una respuesta paliativa a una regulación ambiental drástica.

Procesos de gobernanza e intervención:

» Gobernanza fluvial e institucionalidad: para coordinar la respuesta transfronteriza entre Suiza, Francia, Alemania, Países Bajos, Luxemburgo y la Unión Europea (UE), se estableció la Comisión Internacional para la Protección del Rin (CIPR). La gobernanza evolucionó desde el Convenio de Berna de 1963, enfocado en el control químico, hasta el Convenio de Berna de 1999, que incorporó metas ecológicas e hidromorfológicas, en estrecha coordinación con la Directiva Marco del Agua de la UE.

» Mecanismos de implementación: tras el desastre de Sandoz, la CIPR diseñó el Programa de Acción del Rin (1987) con el objetivo de reducir en un 50 % los niveles de compuestos prioritarios para 1995, y restaurar especies emblemáticas como el salmón atlántico. Para mitigar los riesgos de derrames, opera el Plan de Alerta y Advertencia Internacional del Rin (IWAP), con centros de monitoreo coordinados, que actualmente se moderniza mediante el proyecto LIFE C-SWIM Rhine (2026-2028) para adaptarse al cambio climático.

» Inversión e involucramiento social: entre los años de 1970 y 1990, los países ribereños invirtieron 38 500 millones de dólares en tecnologías y estructuras para el tratamiento de aguas residuales. A nivel social, el programa fomentó alianzas entre ONG (como WWF), escuelas y universidades. Destacan modelos de ciencia ciudadana como las "Bachpatenschaften" (apadrinamientos de arroyos) en Hamburgo, donde los ciudadanos restauraron dinámicas de grava y criaron huevos de trucha *in situ*.

Capacidades de transformación (resiliencia territorial):

» El paradigma de "Espacio para el Río": tras devastadoras inundaciones en 1993 y 1995, la política pública abandonó la ingeniería hidráulica monofuncional (que aprisionaba al río con diques rígidos, aceleraba la erosión y aislaba las llanuras). El nuevo paradigma busca "ajustar el uso humano al río y no el río al uso humano".
» Estrategias de restauración aplicadas:
  - Conectividad lateral: retirada de diques de verano y desplazamiento de diques de invierno, para reconectar las llanuras aluviales y permitir al río "respirar".
  - Re-meandrización y ensanchamiento: proyectos como Rhesi en el Alpenrhein, que ensancha el cauce de 70 m a un rango de 120-300 m para gestionar avenidas extremas de forma gradual.
  - Aporte de grava (*Gravel Nourishment*): inyección artificial de sedimentos gruesos, aguas abajo de las presas, para contrarrestar la incisión del lecho debida a la retención de sedimentos en los embalses.
  - Pistas y pasos de peces: construcción de pasos masivos (como en Iffezheim y Gambsheim, que costaron más de 6 millones de dólares) para esquivar las centrales hidroeléctricas.

Resultados:

» Evaluación ambiental crítica (la paradoja del salmón): químicamente, el Rin es un éxito rotundo; los compuestos tóxicos se redujeron entre un 70 % y un 100 %, los niveles de oxígeno se normalizaron y se recuperó la riqueza histórica de invertebrados bentónicos y de especies de peces. Sin embargo, el retorno del icónico salmón atlántico ha colapsado drásticamente desde 2010, con un registro de entre 350 y 800 reproductores al año. El análisis en el reporte revela que esto se debe a factores estructurales no resueltos por la restauración química.

- Mortalidad en aguas continentales: el 86 % de los juveniles (*smolts*) y el 94 % de los adultos mueren antes de reproducirse.
- Navegación comercial: el intenso tráfico naval (1900 barcos diarios) succiona físicamente a los peces mediante hélices en periodos de bajo caudal.
- Cambio climático: sequías recurrentes que reducen el caudal y elevan la temperatura por encima del límite de tolerancia del salmón.
- Depredación concentrada: la alteración de los hábitats y la congregación en represas facilitan la depredación por parte de cormoranes y de siluros invasores.

Transferibilidad de la experiencia a la cuenca del Alto Río Lerma:

» Saneamiento previo obligatorio: no se puede realizar restauración biológica o morfológica si no se detiene la fuente de contaminación. El Lerma requiere detener las descargas de sus parques industriales y zonas urbanas mediante inversiones masivas de capital en plantas de tratamiento, emulando el esfuerzo financiero que permitió rescatar al río del fango químico en los años setenta.

» Transición al paradigma de la resiliencia fluvial: las obras en el Lerma deben dejar de canalizar y de rectificar sus cauces con concreto. Se debe aplicar el principio de "Espacio para el Río", liberando llanuras de inundación agrícolas marginales para que actúen como vasos reguladores de crecidas y filtros biológicos naturales para la depuración hídrica.

» Gobernanza vinculante y multijurisdiccional: al igual que la CIPR armonizó las legislaciones de cinco países soberanos y de la UE, el Lerma requiere un organismo de cuenca robusto con facultades vinculantes reales que superen la fragmentación y la falta de coordinación entre la Federación (Conagua), el Estado de México, los municipios y los agentes industriales y agrícolas.

» Ciencia ciudadana y presión sobre la responsabilidad social: la concientización comunitaria y el monitoreo escolar participativo (similar a los apadrinamientos Trout 2010 o al proyecto binacional *Take Care of Our River*) son esenciales para fiscalizar las descargas de las industrias locales de la cuenca Lerense y construir una corresponsabilidad real.

» Restauración integral: se debe asumir, desde el diseño, que mejorar la calidad físico-química del agua del Lerma no bastará si se mantienen alteradas su integridad hidromorfológica y su conectividad ecológica, tanto lateral como longitudinal.

Esta experiencia de restauración hídrica es relevante por los resultados obtenidos, lo que motiva a emprender acciones contundentes y participativas en la restauración de la cuenca del Alto Río Lerma, lo que sumará a las experiencias de México en materia de restauración fluvial y a las estrategias implementadas a nivel local en el Estado de México.

HACIA UNA ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN PARA LA CUENCA DEL ALTO RÍO LERMA

Actualmente se cuenta con diversas estrategias aplicadas a la recuperación fluvial. Esto es importante para diseñar la propuesta de restauración de la cuenca del Alto Río Lerma. Las causas de la contaminación de los ríos son comunes, lo que permite, quizá, replicar algunas acciones, pese a que las características físicas, sociales, económicas, culturales y políticas difieren de un río a otro.

Partimos de lo común: la degradación de los sistemas fluviales constituye un problema socioambiental complejo en el mundo contemporáneo. Los ríos han sido históricamente transformados a partir de las necesidades de abastecimiento de agua: en la agricultura, en la generación de energía, en la urbanización y en el desarrollo industrial. La construcción de presas, la canalización y rectificación de cauces, la ocupación de llanuras de inundación, la extracción de materiales, la eliminación de vegetación ribereña y el vertimiento de aguas residuales urbanas, agrícolas e industriales han alterado profundamente su funcionamiento.

Consideramos que la degradación fluvial no puede interpretarse exclusivamente como un problema ecológico. Se trata de un fenómeno sistémico en el que convergen modelos de producción y urbanización, decisiones institucionales, formas de apropiación territorial, patrones de consumo, tecnologías hidráulicas y relaciones sociales con el agua. Por esta razón, la restauración de los ríos requiere superar las intervenciones aisladas orientadas únicamente al saneamiento, al embellecimiento o al acondicionamiento paisajístico, o, como ocurre en el caso del Lerma, la implementación de soluciones técnicas o económicas únicamente.

Debemos resaltar que hoy la restauración fluvial mantiene una concepción integral del río como sistema socioecológico dinámico, cuya recuperación depende de restablecer, hasta donde sea posible, las relaciones entre el cauce, las riberas, las llanuras de inundación, los acuíferos, los sedimentos, la biodiversidad y las poblaciones humanas que integran la cuenca, y que involucra a los diversos actores de la sociedad, incluso más allá de los límites geográficos cuando los ríos atraviesan más de un Estado o país.

Desde esta perspectiva que asumimos, recuperamos experiencias desarrolladas en distintos países: España, Reino Unido, Estados Unidos, Dinamarca, Francia y Colombia. La finalidad es identificar aprendizajes comparables a partir de cuatro dimensiones de análisis: factores sistémicos de la degradación; procesos de gobernanza e intervención; capacidades de transformación; y resultados ambientales, sociales e institucionales.

Este análisis comparativo permite reconocer, como ya hemos señalado, que no existe un modelo universal de restauración; cada río responde a condiciones hidrogeomorfológicas, ecológicas, territoriales, económicas y políticas específicas. Sin embargo, las experiencias internacionales permiten identificar principios comunes que pueden orientar programas de recuperación de cuencas altamente transformadas.

Partimos por abordar: ¿qué es la restauración ecológica fluvial? El concepto de restauración ecológica ha experimentado una evolución importante. Las primeras formulaciones estuvieron vinculadas a la aspiración de recuperar las condiciones ambientales previas a la perturbación humana. Desde esta perspectiva idealista, restaurar significa aproximar un ecosistema deteriorado a una condición histórica considerada natural o de referencia previa a la perturbación; otra postura es la pragmática: sostiene que restaurar implica una condición mejorada respecto a la original. A partir de estas concepciones, la Sociedad para la Ecología de la Restauración define la restauración como el proceso de recuperación de un sistema fluvial degradado, dañado o destruido. Posteriormente, el contenido de este proceso fue definiéndose en distintos países, hasta la actualidad, que incluye aspectos como (Ardón y Bernhardt, 2009):

- Cuidar la calidad del agua.
- Gestionar de manera óptima la fuente de recursos naturales en las zonas ribereñas.
- Mejorar el hábitat fluvial en las cuencas.
- Asumir un enfoque integrado para la recuperación.
- Recuperar bosques y humedales.
- Controlar las inundaciones.
- Resiliencia para conservar las especies endémicas y no endémicas.

Esto contempla la realización de diversas acciones de restauración, que abarcan desde aspectos estéticos hasta la modificación de los regímenes fluviales. Ardón y Bernhardt (2009) realizan un estudio con base en distintas aportaciones e identifican varias prácticas comunes que son utilizadas, como se muestra a continuación:

Tabla 9. Prácticas comunes de restauración fluvial

Práctica de restauración	Descripción
Estética / Recreación / Educación	Actividades que incrementan el valor que la comunidad atribuye a los ecosistemas fluviales mediante mejoras relacionadas con su uso, apariencia, accesibilidad, seguridad y conocimiento.
Estabilización de riberas	Prácticas diseñadas para reducir o eliminar la erosión y el desprendimiento de materiales de las riberas hacia el cauce del río.
Reconfiguración del cauce	Modificación de la forma en planta o del perfil longitudinal del cauce, así como apertura a cielo abierto de cursos previamente entubados o canalizados (conversión de alcantarillas y tuberías en cauces abiertos). Incluye la restauración de meandros y la instalación de estructuras dentro del cauce que modifican el *talweg* o la línea de máxima profundidad de la corriente.
Eliminación / Adaptación de presas	Eliminación de presas y azudes, o realización de modificaciones y adaptaciones en presas existentes para reducir sus impactos ecológicos negativos.
Paso de peces	Eliminación de barreras que dificultan la migración de peces aguas arriba y aguas abajo. Incluye tanto la retirada física de obstáculos como la construcción de rutas alternativas. También comprende la instalación estratégica de barreras destinadas a impedir que especies no deseadas accedan a zonas situadas aguas arriba.
Reconexión de la llanura de inundación	Prácticas destinadas a incrementar la frecuencia de inundación de las llanuras aluviales o a favorecer el intercambio de organismos y materiales entre el río y las áreas de su llanura de inundación.
Modificación del régimen de caudales	Prácticas que modifican la temporalidad y la cantidad de agua circulante. Generalmente, aunque no necesariamente, están asociadas con liberaciones de agua desde embalses y con reguladores artificiales del flujo.
Mejora del hábitat dentro del cauce	Modificación de la complejidad estructural del cauce para incrementar la disponibilidad y diversidad de hábitats de los organismos objetivo, así como proporcionar espacios de reproducción y refugios frente a perturbaciones y depredadores.

Práctica de restauración	Descripción
Manejo de especies dentro del cauce	Prácticas que modifican directamente la distribución y abundancia de especies acuáticas nativas mediante la introducción (repoblación) o translocación de las distintas especies animales y vegetales.
Adquisición de terrenos	Prácticas orientadas a obtener arrendamientos, títulos de propiedad o servidumbres sobre terrenos ribereños, con el propósito explícito de conservarlos, eliminar agentes que generan impactos y facilitar futuros proyectos de restauración.
Manejo de la vegetación ribereña	Revegetación de la zona ribereña o eliminación de especies exóticas y otros factores de presión, como malezas y ganado.
Gestión de aguas pluviales	Caso particular de modificación del régimen de caudales que comprende la construcción y gestión de estructuras —estanques, humedales y reguladores de flujo— en zonas urbanas, para modificar la descarga de escorrentía pluvial hacia los cuerpos de agua procedente de cuencas con elevada impermeabilización del suelo. Estas prácticas y estructuras buscan, generalmente, reducir los caudales máximos y prolongar la duración de los flujos.
Gestión de la calidad del agua	Prácticas destinadas a proteger la calidad del agua o modificar su composición química o la carga de partículas suspendidas. Incluye la remediación del drenaje ácido de minas y la separación de sistemas de desbordamiento de alcantarillado combinado. Excluye la gestión de la cantidad de escorrentía urbana, incluida en la categoría de gestión de aguas pluviales.

Fuente: Ardón y Bernhardt (2009).

Estas prácticas se emplean de manera distinta según el método de restauración que se aplique. Palmer *et al*. (2014) señalan que existen tres métodos distintos que dominan el escenario de la recuperación fluvial: el morfológico, que propone la reconfiguración del cauce y asume que con esto el río se recuperará; el funcional, que propone recuperar el conjunto de procesos ecológicos, biogeoquímicos e hidrogeomórficos para lograr un río saludable; y el de límites, que propone restaurar al río más allá del cauce y de las barreras disciplinares, para trabajar en conjunto los ecólogos de la restauración.

Estos métodos resultan conceptualmente atractivos; sin embargo, presentan dificultades al aplicarse a sistemas fluviales profundamente modificados. Los ríos atraviesan actualmente ciudades, zonas industriales y regiones agrícolas intensivas; contienen presas, carreteras, infraestructura hidráulica y asentamientos humanos que difícilmente pueden eliminarse. A ello se agrega el impacto del cambio climático, que modifica los regímenes de precipitación, temperatura, escorrentía y

disponibilidad hídrica. La restauración con cualquiera de los métodos es todo un reto. Se ha avanzado con los métodos al desarrollo de indicadores para evaluar la eficacia de las restauraciones hídricas, como se muestra a continuación:

Tabla 10. Criterios para evaluar la efectividad de la restauración fluvial

Dimensión	Criterio de éxito	Aspecto del sistema fluvial	Indicadores principales
Estructura biótica	Recuperación de comunidades similares al ecosistema de referencia.	Vegetación ribereña, macro invertebrados y peces.	Diversidad y riqueza de especies; presencia de especies nativas y sensibles; reducción de especies exóticas.
	Recuperación de grupos funcionales.	Vegetación y fauna acuática.	Grupos funcionales de plantas y macroinvertebrados: especies que estabilizan riberas, procesan materia orgánica o modifican el hábitat.
	Reducción de la contaminación biológica.	Calidad microbiológica del agua.	Concentración de bacterias, virus, protozoarios y otros microorganismos patógenos.
Estructura física	Recuperación de la conectividad del sistema fluvial.	Cuenca, cauce, riberas y llanura de inundación.	Conectividad longitudinal, lateral y vertical; continuidad de la vegetación ribereña; conexión río-llanura de inundación.
	Disponibilidad y diversidad de hábitats.	Morfología y estructura del cauce.	Secuencias poza-rápido, sinuosidad, heterogeneidad del cauce, sedimentos, madera, vegetación acuática y refugios.
	Recuperación de la calidad fisicoquímica del agua.	Agua y sedimentos.	Conductividad, pH, temperatura, oxígeno disuelto, nutrientes, sedimentos y contaminantes químicos.
Funcionamiento hidromorfológico	Recuperación de procesos físicos naturales.	Régimen de caudales y sedimentos.	Magnitud y temporalidad de caudales; transporte y deposición de sedimentos; erosión de riberas; estabilidad del cauce.
Funcionamiento energético	Recuperación de los flujos de energía y materia.	Luz y materia orgánica.	Cobertura del dosel; radiación disponible; aportes de hojarasca y madera; carbono orgánico.

Dimensión	Criterio de éxito	Aspecto del sistema fluvial	Indicadores principales
Funcionamiento biológico	Recuperación de la productividad del ecosistema.	Plantas, macroinvertebrados y peces.	Producción primaria, respiración, crecimiento, supervivencia y estructura poblacional.
Funcionamiento biogeoquímico	Recuperación de los ciclos de nutrientes.	Procesamiento de nitrógeno, fósforo y materia orgánica.	Retención y transformación de nutrientes; desnitrificación; fijación de nitrógeno; almacenamiento y exportación de nutrientes.
Estabilidad y resiliencia	Capacidad de recuperación frente a perturbaciones.	Respuesta ante inundaciones y otros eventos naturales.	Recuperación de la forma del cauce; estabilidad del sustrato; supervivencia de organismos; disponibilidad de refugios.
Autosostenibilidad	Capacidad del ecosistema restaurado para mantenerse y evolucionar con mínima intervención.	Río, ribera y llanura de inundación.	Baja necesidad de mantenimiento; espacio para la dinámica natural del cauce; conectividad; diversidad y redundancia funcional.

Fuente: adaptación de Palmer *et al.* (2014).

La restauración fluvial se considera efectiva cuando recupera simultáneamente el sistema ecológico, los procesos físicos y biológicos, la conectividad, la calidad ambiental y la capacidad del ecosistema para mantenerse y responder a perturbaciones, con la mínima intervención humana y la máxima capacidad autorreguladora. Con esto, la recuperación implica la funcionalidad y la resiliencia de los procesos naturales ecosistémicos fluviales. Un punto importante que debe tenerse en cuenta, con base en estos indicadores, es el logro de la intervención realizada. Se consideran tres niveles de logro: mejora, rehabilitación y restauración.

- La mejora fluvial consiste en actuaciones específicas destinadas a modificar determinadas características del río: limpieza de residuos, acondicionamiento paisajístico, creación de senderos, revegetación puntual o adecuación de espacios recreativos. Estas medidas pueden generar beneficios sociales y ambientales, pero no necesariamente modifican los procesos responsables de la degradación.
- La rehabilitación fluvial es una intervención más profunda; busca recuperar determinadas funciones ecológicas o hidromorfológicas sin pretender restituir integralmente la dinámica natural del sistema.
- La restauración, en cambio, procura recuperar los procesos biofísicos que permiten al río mantener y reproducir su funcionamiento. Esto implica actuar sobre el régimen hidrológico, la dinámica sedimentaria, la

conectividad longitudinal y lateral, las riberas, las llanuras de inundación, los hábitats y las comunidades biológicas.

Esta diferenciación es importante porque algunas intervenciones, denominadas públicamente "restauración", son esencialmente proyectos de embellecimiento urbano. Un cauce limpio, revestido o ajardinado puede resultar visualmente atractivo y, sin embargo, seguir siendo ecológicamente degradado. Esto debe considerarse seriamente para la rehabilitación de la cuenca del Alto Río Lerma: que se gestione como rehabilitación o que solamente alcance algunos de los dos niveles iniciales. Una restauración efectiva debe considerar tres dimensiones inseparables: espacio, función y tiempo.

- El espacio es el territorio necesario para que el río desarrolle sus procesos geomorfológicos. Los cauces no son estructuras estáticas; migran lateralmente, erosionan los márgenes, depositan sedimentos, generan meandros, forman islas y se conectan periódicamente con sus llanuras de inundación.
- La función comprende los procesos hidrológicos, geomorfológicos y ecológicos que mantienen la integridad del ecosistema: transporte de agua y sedimentos, recarga de acuíferos, conectividad biológica, regeneración de la vegetación ribereña y creación de hábitats.
- El tiempo es el periodo durante el cual se produce la recuperación. Un río restaurado no alcanza de inmediato un estado de equilibrio. La recuperación puede requerir años o décadas porque depende de procesos naturales progresivos.

Algo importante sobre el territorio debe comprenderse como el espacio de libertad pluvial, porque tiene que ver con la movilidad del río, acorde con sus procesos, fuerza y dinámica. Se debe considerar reservar suficiente territorio para que el río pueda desplazarse y reorganizarse de acuerdo con su propio movimiento. Es devolver al río su capacidad resiliente para que realice por sí mismo el trabajo de restauración. Cada país implementa el método, las estrategias y las acciones que considera pertinentes. Presentamos algunos casos:

a) España: de la conservación puntual a una estrategia nacional.

España constituye una referencia importante en la institucionalización para la restauración fluvial. La Estrategia Nacional de Restauración de Ríos (ENRR), iniciada en 2006 y posteriormente renovada para el periodo 2022-2030, representa un cambio respecto a las políticas tradicionales de intervención hidráulica.

Su enfoque procura mejorar el estado ecológico de los ríos, recuperar procesos naturales, aumentar la conectividad y favorecer la adaptación al cambio climático.

La estrategia se relaciona, además, con los principios establecidos en la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea.

Una de las aportaciones relevantes de la experiencia española consiste en combinar proyectos complejos de restauración con numerosas actuaciones de conservación. El Programa de Conservación de Ríos ha permitido desarrollar más de 2300 intervenciones, entre las que se incluyen la eliminación de obstáculos, la retirada de residuos, el tratamiento de la vegetación, la recuperación de las riberas y la mejora de la continuidad fluvial.

A ello se suma el Programa de Voluntariado en Ríos, que aporta una dimensión social particularmente relevante. La restauración deja de ser una actividad exclusiva de las administraciones hidráulicas y comienza a incorporar asociaciones ambientales, comunidades locales, instituciones educativas y ciudadanía.

Entre las intervenciones representativas se encuentran la eliminación de infraestructuras hidráulicas obsoletas, como la presa de La Alberca en Cenicientos, y proyectos dirigidos a recuperar antiguos meandros y a mejorar la dinámica natural de los cauces, como las actuaciones desarrolladas en el río Zapardiel.

El aprendizaje fundamental del caso español radica en que la restauración fluvial puede evolucionar desde proyectos aislados hacia una política pública territorial articulada que vincule la gestión del agua, la biodiversidad del lugar, la adaptación al cambio climático y la participación social.

b) México: experiencias fragmentadas y potencial de gestión adaptativa.

Nuestro país presenta un panorama diferente. Existen experiencias importantes de restauración, saneamiento y recuperación de ríos, pero todavía predomina una estructura institucional fragmentada y una gran diversidad entre los proyectos.

Un caso destacado es el Plan Maestro de Manejo Integral y Aprovechamiento Sustentable de las cuencas de los ríos Magdalena y Eslava, impulsado en la Ciudad de México desde 2007. Su relevancia radica en reconocer simultáneamente las dimensiones ambientales, territoriales, sociales y urbanas de los sistemas fluviales.

Otra experiencia significativa es el río Sedeño, en Xalapa, Veracruz, donde la participación ciudadana ha desempeñado un papel fundamental. La organización social demuestra que la recuperación fluvial puede originarse en procesos comunitarios y no exclusivamente en instituciones gubernamentales. En Morelia, el corredor ripario del arroyo de Tierras constituye otro ejemplo de la incorporación de espacios asociados a los cauces urbanos en los esquemas de protección ambiental.

A nivel nacional, la aplicación de principios de gestión adaptativa promovidos por instituciones ambientales y del agua resulta especialmente relevante. La lógica de "aprender haciendo" implica implementar intervenciones, monitorear sus

resultados, evaluar sus efectos y modificar progresivamente las estrategias. Este enfoque resulta pertinente en sistemas complejos como los ríos Atoyac, Yaqui y Grijalva.

La experiencia en nuestro país muestra los desafíos de la restauración que deben tenerse en cuenta: pasar de intervenciones sectoriales y territorialmente fragmentadas a programas integrales de cuenca capaces de mantenerse durante periodos prolongados, independientemente de los cambios administrativos.

c) Estados Unidos: restauración a gran escala y gestión experimental.

Estados Unidos cuenta con algunos de los proyectos de restauración fluvial de mayor escala. Un ejemplo paradigmático es el río Kissimmee, en Florida. Durante el siglo XX, una parte considerable del río fue canalizada para controlar las inundaciones. La modificación redujo la complejidad del ecosistema, afectó los humedales y alteró los hábitats asociados al sistema fluvial. La restauración emprendida posteriormente representa, en cierta medida, una "ingeniería inversa": se busca revertir parcialmente la canalización y recuperar meandros, humedales y procesos hidrológicos.

Su importancia radica en demostrar que incluso transformaciones hidráulicas de gran magnitud pueden revertirse parcialmente cuando existen continuidad institucional, financiamiento, conocimiento científico y monitoreo.

Otros casos, como los ríos Colorado en el Gran Cañón, Trinity en California y Roanoke en Carolina del Norte, muestran la importancia de los experimentos de flujo. En estos proyectos, la liberación controlada de agua desde presas busca reproducir parcialmente componentes del régimen natural para favorecer la sedimentación, los hábitats y los procesos ecológicos.

Estas experiencias representan claramente el principio de la gestión adaptativa: intervenir, medir, aprender y ajustar.

d) Francia y Dinamarca: devolver el espacio y el hábitat a los ríos.

Francia ha realizado una aportación conceptual particularmente relevante mediante el desarrollo del espacio de libertad fluvial. La idea modifica radicalmente la lógica tradicional de gestión: el objetivo deja de ser fijar permanentemente el río y pasa a garantizar un espacio territorial en el que puedan desarrollarse procesos de erosión, sedimentación y desplazamiento lateral.

Este enfoque incorpora la geomorfología fluvial como elemento central de la planificación territorial y obliga a reconsiderar los usos agrícolas y urbanos, así como la infraestructura próxima a los cauces.

Dinamarca, por su parte, ha desarrollado numerosas intervenciones relacionadas con la rehabilitación de arroyos, la recuperación de hábitats y el mejoramiento de las condiciones para las comunidades piscícolas. Estas experiencias han contribuido al intercambio europeo de conocimientos en restauración y han mostrado la importancia de trabajar de forma simultánea en la morfología, la conectividad y la biodiversidad.

Ambos casos evidencian una transición fundamental: de construir obras dentro del río a gestionar el territorio a su alrededor.

e) Colombia: restauración, ordenamiento territorial y gobernanza judicial.

Colombia ofrece experiencias relevantes debido a la estrecha relación entre la recuperación fluvial, la gobernanza territorial y la intervención judicial. El río Bogotá constituye uno de los casos más representativos. Décadas de contaminación urbana, industrial y doméstica generaron un problema ambiental de escala metropolitana y regional. Las acciones para su recuperación han involucrado el saneamiento, el tratamiento de aguas contaminadas, el ordenamiento de la ronda hídrica, la coordinación institucional y los mecanismos judiciales.

La intervención de los tribunales resulta particularmente significativa porque convierte la restauración del río en una responsabilidad institucional exigible y obliga a coordinar acciones entre múltiples autoridades.

Por su parte, el río Magdalena, debido a la magnitud de su cuenca y a su importancia económica, ambiental y social, plantea un desafío diferente. La actuación de Cormagdalena evidencia la necesidad de desarrollar formas de gobernanza capaces de integrar la navegación, la conservación, el aprovechamiento económico y la gestión territorial.

El caso colombiano evidencia que la restauración no depende exclusivamente de conocimientos ecológicos; requiere instituciones capaces de coordinar entre escalas territoriales, establecer responsabilidades y garantizar la continuidad.

Son ejemplos relevantes, con sus especificidades en cada caso. Aportan elementos significativos para diseñar formas de intervención en un río contaminado. Con fines ilustrativos, sintetizamos estas experiencias en la siguiente tabla:

Tabla 11. Matriz multidimensional comparativa

País / experiencia	Factores sistémicos de degradación	Gobernanza e intervención	Capacidades de transformación	Resultados y aprendizajes
España	Presas, alteración morfológica, ocupación de riberas y contaminación.	Estrategia Nacional de Restauración de Ríos, Directiva Marco del Agua y programas de conservación.	Participación ciudadana, voluntariado y coordinación administrativa.	Recuperación de la conectividad, eliminación de barreras y consolidación de una política nacional.
México	Urbanización, industrialización, aguas residuales, modificación de cauces y fragmentación institucional.	Planes locales, SEMARNAT, IMTA y gestión adaptativa.	Organizaciones ciudadanas, universidades, comunidades y gobiernos locales.	Experiencias relevantes, pero fragmentadas; necesidad de continuidad y evaluación.
Estados Unidos	Canalización, presas, alteración del régimen hidrológico y pérdida de humedales.	Grandes programas públicos, manejo adaptativo y experimentación científica.	Financiamiento, investigación, monitoreo y cooperación institucional.	Recuperación de humedales, flujos y hábitats: evidencia del valor de proyectos de largo plazo.
Francia	Artificialización del cauce y ocupación del espacio fluvial.	Incorporación de criterios geomorfológicos en la planificación.	Conocimiento científico y ordenamiento territorial.	Desarrollo del espacio de libertad fluvial y recuperación de procesos naturales.
Dinamarca	Rectificación de cauces y pérdida de hábitats.	Programas de rehabilitación y restauración ecológica.	Redes técnicas y científicas.	Mejora de hábitats acuáticos y recuperación de condiciones morfológicas.
Colombia	Contaminación urbana e industrial, ocupación de rondas y presión territorial.	Sentencias judiciales, autoridades ambientales y organismos de cuenca.	Participación institucional, ciudadana y mecanismos jurídicos.	Fortalecimiento de responsabilidades institucionales y avance del saneamiento y ordenamiento.

Fuente: elaboración propia con base en Linton (2022), Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (2010), Ole (1997), Pedrozo (2020) y Rodríguez y Osorio (2023).

Esto muestra que existen experiencias a partir de las cuales diseñar la rehabilitación del río Lerma. Son varios puntos para considerar, que incluyen el contexto, los programas, los métodos, las estrategias y las acciones. En todo momento deben considerarse las particularidades y los alcances del tipo de intervención que se busca lograr. Con base en lo anterior, realizamos un acercamiento aplicando las siguientes categorías de análisis comparativo.

Factores sistémicos de la degradación

En el análisis comparativo identificamos cinco factores recurrentes: primero, la desnaturalización hidrológica provocada por presas, canalizaciones y la regulación artificial de los caudales; segundo, la alteración del transporte de sedimentos, que puede provocar erosión, incisión del lecho y pérdida de hábitats; tercero, la ocupación agrícola, industrial y urbana de las llanuras de inundación, que reduce el espacio disponible para la dinámica natural; cuarto, la contaminación proveniente de aguas residuales, actividades industriales y fuentes agrícolas, que continúa siendo un desafío para la recuperación; y, finalmente, la presencia de especies invasoras, que puede alterar las comunidades biológicas incluso cuando las condiciones fisicoquímicas comienzan a mejorar. Estos factores interactúan; por ello, intervenir únicamente en uno de ellos difícilmente permite lograr una restauración integral, por lo que se requiere actuar sobre todos.

Gobernanza y capacidades de transformación

Las experiencias internacionales demuestran que la restauración fluvial es, simultáneamente, un proceso ecológico, político, institucional y social. Los mejores resultados tienen que ver con la estructura de gobernanza capaz de articular distintas escalas: cuenca, subcuenca, municipio y comunidad. Las capacidades de transformación también dependen de la participación social; asociaciones vecinales, organizaciones ambientales, comunidades rurales, universidades, ejidatarios, empresas y grupos de voluntariado pueden aportar conocimiento territorial, vigilancia, continuidad y legitimidad. La ciencia ciudadana adquiere especial relevancia porque permite integrar a la población en tareas de monitoreo de la calidad del agua, la biodiversidad, los residuos, la vegetación y las transformaciones territoriales. De esta manera, la restauración puede convertirse en un proceso de coaprendizaje y de construcción de competencias territoriales.

Resultados, evaluación y límites de la restauración

Uno de los principales problemas de los proyectos de restauración es la insuficiencia del monitoreo posterior. La inauguración de una obra no significa que el río haya sido restaurado.

La recuperación debe evaluarse mediante indicadores hidrológicos, geomorfológicos, fisicoquímicos, biológicos y sociales. Determinadas respuestas ecológicas pueden manifestarse en periodos de cinco a diez años, mientras que transformaciones geomorfológicas y procesos de recolonización pueden requerir plazos aún mayores. Por ello, el éxito debe medirse por la recuperación de los procesos, no solo por la apariencia del paisaje. Existe el riesgo de generar una especie de complacencia social cuando la limpieza, la iluminación, la construcción de parques lineales o el acondicionamiento recreativo generan la percepción de que el río ha sido recuperado, aunque persistan la contaminación, la desconexión hidrológica, la pérdida de biodiversidad o el confinamiento del cauce. La restauración profunda exige superar esta visión estética.

Hacia un modelo integral de restauración fluvial

A partir de las experiencias examinadas, puede proponerse una secuencia analítica general: diagnóstico sistémico de la degradación → recuperación del espacio fluvial → saneamiento y control de las fuentes contaminantes → restauración hidrológica y geomorfológica → recuperación de hábitats y biodiversidad → gobernanza participativa → monitoreo → gestión adaptativa.

Este modelo implica sustituir progresivamente el paradigma tradicional de control del río por otro basado en la recuperación de las condiciones necesarias para que este pueda autorregularse. La infraestructura hidráulica continúa siendo necesaria en determinadas circunstancias, particularmente para proteger poblaciones y servicios esenciales, pero debe combinarse con soluciones asociadas a la naturaleza: la recuperación de llanuras de inundación, la reconexión de humedales, la eliminación de barreras innecesarias y la restauración de la vegetación riparia.

Lecciones para retomar en el caso de la cuenca del Alto Río Lerma

La comparación internacional demuestra que la restauración fluvial ha evolucionado desde una visión centrada en la reconstrucción de estados ecológicos históricos hacia una perspectiva funcional, territorial y adaptativa. El objetivo contemporáneo consiste fundamentalmente en recuperar los procesos, la conectividad, la biodiversidad, la capacidad de autorregulación y la resiliencia.

Como hemos mencionado, España muestra la importancia de institucionalizar la restauración mediante estrategias nacionales y participación social; Estados Unidos demuestra las posibilidades de revertir parcialmente grandes transformaciones hidráulicas mediante proyectos de largo plazo y monitoreo científico; Francia aporta el principio estratégico de devolver espacio al río; Dinamarca evidencia la relevancia de recuperar hábitats y morfología; Colombia muestra el peso que pueden

adquirir los mecanismos jurídicos y la gobernanza multiescalar; y México ofrece experiencias valiosas de gestión adaptativa, intervención urbana y participación ciudadana, aunque enfrenta el reto de lograr mayor integración y continuidad.

La idea principal es que un río no se restaura únicamente limpiando sus aguas o modificando su cauce; la recuperación sostenible exige actuar sobre las causas estructurales de la degradación y reconstruir simultáneamente las relaciones ecológicas, territoriales e institucionales.

En este sentido, la restauración fluvial puede entenderse como un proceso de transformación socioecológica en la cuenca del Alto Río Lerma. Su finalidad no es reconstruir artificialmente un paisaje idealizado, sino generar las condiciones necesarias para que el sistema fluvial recupere su funcionalidad, su resiliencia y su capacidad de adaptación.

El principio rector puede sintetizarse en una idea: devolver al río espacio, funciones y tiempo para que la naturaleza participe activamente en su propia recuperación. Esta perspectiva ofrece una base especialmente sólida para aplicarla en la cuenca del Lerma, que ha estado sometida a fuertes presiones urbanas, agrícolas e industriales, y para diseñar la estrategia de restauración que integre el ambiente, la sociedad, el conocimiento científico y la gobernanza territorial.

Con las aportaciones mencionadas, estamos en condiciones de dar el paso para elaborar una propuesta de restauración de la cuenca del Alto Río Lerma. Consideramos puntos esenciales en el diseño de la propuesta: integral, multifactorial, colectiva, dinámica, participativa, abierta y sistémica, con apoyo económico, técnico y político, que incluya distintas voluntades institucionales y acciones sociales promovidas por la ciencia ciudadana. Hacia una restauración del Lerma, no hacia un mejoramiento ni una recuperación.

Planteamiento de la propuesta

La restauración de la cuenca del Alto Río Lerma representa uno de los desafíos socioambientales más complejos del centro de México. No se trata únicamente de sanear un cauce contaminado ni de incrementar la capacidad en las plantas de tratamiento de aguas contaminadas. El problema, acumulado durante décadas, comprende simultáneamente el deterioro de la calidad del agua, la pérdida y fragmentación de humedales, la transformación de las riberas, la alteración del régimen hidrológico, la disminución de la biodiversidad, la expansión urbana e industrial, la sobreexplotación de los recursos hídricos y una débil articulación entre las instituciones públicas, las empresas y la sociedad.

Partimos, por ello, de una premisa fundamental: la cuenca del Alto Río Lerma debe restaurarse como sistema socioecológico y no solo como cuerpo de agua.

Esto significa intervenir simultáneamente en el río, los humedales, las riberas, las llanuras de inundación, los acuíferos, la biodiversidad, los asentamientos humanos, los espacios industriales y agrícolas, y las instituciones responsables de su gestión.

El diagnóstico desarrollado muestra que el Alto Lerma ha experimentado un proceso histórico de transformación asociado a la industrialización y la urbanización en el contexto del capitalismo externalista. La concentración de actividades productivas en el corredor Toluca-Lerma modificó los usos del suelo, incrementó la demanda de agua limpia y se multiplicaron las fuentes potenciales de contaminación. En la actualidad, el documento identifica 53 desarrollos industriales distribuidos en diez municipios de la cuenca, con una importante concentración en el corredor Toluca-Lerma. Este proceso se relaciona con cambios en el uso del suelo, contaminación, urbanización desordenada, producción de residuos y descargas de aguas contaminadas.

Reconocemos, asimismo, que la cuenca posee un extraordinario valor hidrológico, ambiental, económico y cultural. En ella nace el río Lerma y se encuentran las Ciénegas del Lerma, reservorio ecológico planetario; abastece actividades agrícolas, productivas y sociales, y mantiene una relación histórica con las comunidades mazahuas, otomíes, nahuas y matlatzincas. La importancia de sus humedales y de las especies asociadas a ellos convierte la restauración de estos en un asunto que trasciende la mera recuperación paisajística.

Por esta razón, proponemos el Modelo Integral de Restauración Fluvial de la Cuenca del Alto Río Lerma (MIRFL), cuyo objetivo general consiste en:

Recuperar progresivamente la funcionalidad socioecológica de la cuenca del Alto Río Lerma mediante la reducción de las presiones sistémicas que la degradan, la construcción de una gobernanza fluvial colaborativa, el fortalecimiento de la resiliencia territorial y la restauración ambiental, social e institucional mediante una gestión adaptativa a largo plazo.

El modelo lo estructuramos en cuatro componentes interdependientes:

- Factores sistémicos de la degradación: reducir la huella ecológica del capitalismo planetario mediante una regulación institucional eficaz y la responsabilidad empresarial y social.
- Procesos de gobernanza e intervención: construir una gobernanza fluvial colaborativa entre el Estado, la academia, las empresas y la sociedad, incorporando la ciencia ciudadana.
- Capacidades de transformación: fortalecer la resiliencia territorial mediante la restauración ecológica, la innovación tecnológica y la participación social.

» Resultados: alcanzar una restauración ambiental, social e institucional sostenible mediante una gestión adaptativa y de largo plazo.

Estos componentes no constituyen etapas aisladas; forman un sistema circular de intervención en el que el diagnóstico conduce a la acción, la acción al monitoreo, el monitoreo a la evaluación y esta última a la modificación de las estrategias aplicadas. La restauración se concibe, por tanto, como un proceso permanente de aprendizaje socioecológico.

Principios rectores: devolver al río espacio, funciones y tiempo

Adoptamos como principio general una idea derivada de las experiencias internacionales analizadas: devolver al río espacio, funciones y tiempo. La restauración contemporánea no pretende reproducir artificialmente un paisaje histórico imposible de reconstruir en su totalidad, sino recuperar las condiciones que permitan que los procesos naturales vuelvan a operar y que el sistema incremente progresivamente su capacidad de autorregulación.

El espacio significa reconocer que el río no puede continuar tratándose exclusivamente como un canal destinado a transportar agua y residuos. El río requiere territorio para desplazarse, erosionar y tratar sedimentos, mantener la vegetación ribereña, relacionarse con sus humedales (que son reserva de la biosfera planetaria) y conectarse periódicamente con las llanuras de inundación. En este sentido, resulta pertinente adaptar el principio francés del espacio de libertad fluvial a las condiciones del Alto Lerma.

Planteamos delimitar un territorio de movilidad fluvial del Alto Lerma, entendido como el espacio mínimo indispensable para conservar y recuperar las funciones geomorfológicas, hidrológicas y ecológicas del río. Su delimitación deberá realizarse de manera científica, considerando el cauce actual e histórico, las zonas inundables, los humedales, la vegetación ribereña, la infraestructura, los asentamientos, la propiedad del suelo y los escenarios asociados al cambio climático.

La función consiste en recuperar procesos y no solo formas. Un río puede parecer limpio y seguir siendo ecológicamente degradado. La limpieza de residuos, la construcción de parques lineales, la iluminación, los senderos o el embellecimiento de las riberas pueden mejorar la percepción social del espacio, pero no necesariamente restauran los procesos responsables de su funcionamiento. La restauración de la cuenca debe recuperar, en la medida de lo posible, el régimen del río, el transporte de los sedimentos, la conectividad longitudinal y lateral, la calidad fisicoquímica del agua, los hábitats, la vegetación ribereña y las comunidades biológicas.

El tiempo implica aceptar que seis décadas de degradación no pueden revertirse mediante un programa sexenal. Los procesos ecológicos tienen temporalidades distintas a los periodos político-administrativos. La recuperación de una comunidad biológica, de un humedal, de un bosque ribereño o de la dinámica geomorfológica del cauce puede requerir años o décadas.

Por esta razón, proponemos establecer un horizonte mínimo de restauración de 25 años, dividido en ciclos quinquenales de gestión adaptativa. Cada cinco años deberá efectuarse una evaluación integral que determine qué acciones funcionan, cuáles deben modificarse y qué nuevas presiones han surgido.

La experiencia comparada confirma la importancia de esta perspectiva. Estados Unidos aporta la experiencia de programas públicos de largo plazo, acompañados de investigación y monitoreo; Francia, la recuperación del espacio fluvial; Dinamarca, la recuperación morfológica y de hábitats; Colombia, la importancia de la gobernanza multiescalar y de los mecanismos jurídicos; y España, la institucionalización de políticas nacionales de restauración y de la participación ciudadana.

Primer componente: transformación de los factores sistémicos de degradación

El primer componente constituye la diferencia fundamental entre una política convencional de saneamiento y el modelo integral propuesto. La contaminación del Alto Lerma no se explica solo por la presencia de sustancias químicas en el agua. Las sustancias son la expresión visible de procesos económicos, territoriales, industriales, urbanos y culturales que generan contaminación.

En consecuencia, limpiar el río sin modificar las fuentes que provocan la degradación continua generaría un círculo de restauración, contaminación y restauración. El modelo debe intervenir en todas las causas.

- Responsabilidad empresarial vinculante.

La responsabilidad empresarial debe transformarse de un principio voluntario en un mecanismo verificable de corresponsabilidad ambiental. Las empresas que utilizan agua, generan aguas residuales o producen residuos potencialmente contaminantes dentro de la cuenca deberán formar parte institucional del proceso de restauración.

Se propone crear un Sistema Integral de Responsabilidad Hídrica Empresarial del Alto Lerma, sustentado en cinco obligaciones:

Primera: medición. Las empresas deberán registrar el volumen de agua extraído, consumido, tratado, reutilizado y descargado.

Segunda: trazabilidad. Las descargas deberán ser identificables desde su origen hasta el punto final de vertimiento o de tratamiento.

Tercera: transparencia. Los principales indicadores ambientales deberán incorporarse en una plataforma pública de información.

Cuarta: reparación. Quien genere daños ambientales deberá participar económica y materialmente en su restauración, y ser sancionado jurídica, civil y penalmente.

Quinta: transición tecnológica. Las empresas deberán establecer metas progresivas para reducir el consumo de agua, la reutilización, el tratamiento y la disminución de los contaminantes.

Esto permitiría pasar de una responsabilidad empresarial declarativa a una responsabilidad ambiental demostrable.

- Monitoreo permanente de las descargas limpias.

Una dificultad central de la regulación tradicional es que las inspecciones periódicas ofrecen fotografías estáticas de las descargas. Una empresa puede encontrarse dentro de los parámetros permitidos durante una inspección y modificarlos posteriormente.

Se propone instalar progresivamente sistemas de monitoreo continuo y digital de descargas limpias en las instalaciones consideradas de mayor riesgo ambiental. Los datos deberán transmitirse a un sistema central de vigilancia y generar alertas cuando determinados parámetros superen los límites establecidos.

El monitoreo debe priorizar corredores industriales, puntos críticos de descarga limpia y tramos en los que el diagnóstico identifique contaminación recurrente.

La tecnología no sustituiría las inspecciones físicas; las fortalecería. La inspección tradicional verificaría las instalaciones y los procesos, mientras que el monitoreo digital aportaría información continua en tiempo real.

- Transición hacia una producción hídrica circular.

La restauración requiere reducir tanto la extracción de agua como la generación de aguas residuales industriales. Para ello, se propone impulsar una transición hacia esquemas de circularidad hídrica industrial mediante la recirculación, la reutilización de aguas tratadas, la captación de aguas pluviales, procesos productivos de menor consumo y la sustitución progresiva de sustancias altamente contaminantes cuando existan alternativas tecnológicas y ambientalmente viables.

La meta a largo plazo debe consistir en desacoplar progresivamente el crecimiento económico regional del aumento del consumo y de la contaminación del agua.

- Regulación territorial de la expansión industrial y urbana.

El territorio de la cuenca tiene límites ecológicos. Por ello, no debería autorizarse indefinidamente la instalación de actividades productivas y de desarrollo urbano sin considerar la capacidad hídrica y ambiental disponible.

La planeación territorial deberá incorporar criterios de capacidad de carga, disponibilidad de agua, vulnerabilidad de los acuíferos, proximidad a humedales, conectividad ecológica y riesgo de inundación.

En zonas ecológicamente críticas deberán establecerse restricciones a nuevos desarrollos industriales y urbanos; el ordenamiento territorial dejaría de actuar de esta manera tras la degradación para convertirse en un instrumento preventivo.

- Responsabilidad compartida del sector urbano y agrícola.

La industria constituye una fuente fundamental de presión, pero no la única; las aguas residuales municipales, los residuos sólidos, los fertilizantes y los plaguicidas agrícolas también contribuyen al deterioro.

Por ello, el principio de responsabilidad debe extenderse a los municipios, a los productores agrícolas y a los consumidores urbanos. Las políticas deberán impulsar el tratamiento eficaz de las aguas contaminadas municipales, la separación y el manejo de residuos, la reducción de las descargas clandestinas, la agricultura con menor carga química y el uso eficiente del agua.

La transformación sistémica exige pasar de la pregunta "¿quién contamina el río?" a otra más amplia: "¿qué sistema territorial produce la degradación y cómo se transforma?".

Segundo componente: gobernanza fluvial colaborativa

La restauración del Alto Lerma no puede depender exclusivamente de una institución gubernamental. La cuenca atraviesa múltiples municipios y abarca competencias federales, estatales y municipales, así como actores productivos, universidades, comunidades rurales, pueblos originarios y organizaciones sociales.

La fragmentación institucional puede generar programas paralelos, información dispersa, duplicidad de funciones y discontinuidad administrativa. Frente a ello, proponemos construir una gobernanza fluvial colaborativa del Alto Lerma**.**

- Consejo de Restauración de la Cuenca del Alto Río Lerma.

Se propone constituir un Consejo de Restauración de la Cuenca del Alto Río Lerma, concebido como un espacio permanente de coordinación, planeación, evaluación y participación.

Su integración debe ser multisectorial: dependencias federales relacionadas con el agua y el ambiente; Gobierno del Estado de México; gobiernos municipales de la cuenca; universidades y centros de investigación; representación empresarial; comunidades y ejidos; pueblos originarios; organizaciones ambientales; organizaciones ciudadanas y especialistas independientes.

El Consejo no debería limitarse a una función consultiva. Necesita capacidad para aprobar programas quinquenales, conocer los resultados del monitoreo, evaluar las metas, formular recomendaciones públicas y dar seguimiento a los compromisos institucionales.

- Gestión por unidades territoriales.

La magnitud de la cuenca hace inviable gestionarla como un territorio homogéneo. El documento identifica 33 municipios distribuidos en los cursos alto, medio y bajo de la cuenca; por tanto, proponemos establecer unidades territoriales de restauración correspondientes a subcuencas y tramos prioritarios.

Cada unidad tendría un diagnóstico específico de contaminación, biodiversidad, infraestructura, usos del suelo, actores sociales y riesgos; las acciones se diseñarían según esas condiciones.

Esto permitiría aplicar el principio: una cuenca, una estrategia común; distintos territorios, intervenciones diferenciadas.

- Ciencia ciudadana.

La ciencia ciudadana debe constituirse en uno de los pilares distintivos del modelo. Las experiencias internacionales examinadas muestran que las comunidades pueden participar en monitorizar la calidad del agua, la biodiversidad, los residuos y la vegetación, lo que genera aprendizaje colectivo y fortalece las capacidades territoriales.

Se propone crear la Red Ciudadana de Observación del Alto Lerma, integrada por escuelas, universidades, comunidades, organizaciones sociales, agricultores, pescadores, habitantes ribereños y voluntarios.

La red podría participar en:

» Observación y registro de residuos.
» Identificación de descargas visibles.
» Monitoreo simplificado de parámetros de agua.
» Registro fotográfico georreferenciado.
» Observación de fauna y flora.
» Seguimiento de especies invasoras.

- » Identificación de cambios en humedales.
- » Vigilancia de reforestaciones.
- » Reporte de ocupaciones de riberas.
- » Seguimiento de los olores, la coloración y otros cambios perceptibles en el agua.

La información ciudadana deberá complementarse con análisis científicos certificados. No se propone sustituir el conocimiento especializado, sino construir un sistema de coproducción del conocimiento.

- Universidad y conocimiento científico.

Las universidades deberán tener una función permanente, no circunstancial. Se propone constituir un Consorcio Científico para la Restauración del Alto Lerma, responsable de coordinar la investigación interdisciplinaria en hidrología, ecología, toxicología, salud (física y mental), ingeniería ambiental, geomorfología, ciencias sociales, economía, derecho, participación social y tecnologías de tratamiento.

Este consorcio podría establecer una línea de base científica y repetir periódicamente las mediciones para evaluar los cambios.

- Plataforma pública del Alto Lerma.

La gobernanza colaborativa requiere transparencia. Se propone desarrollar una plataforma digital abierta denominada Observatorio del Alto Lerma, que concentre mapas, calidad del agua, descargas registradas, funcionamiento de las plantas de tratamiento, proyectos de restauración, biodiversidad, inversión pública, compromisos empresariales y resultados del monitoreo ciudadano y científico.

El principio debe ser sencillo: lo que ocurre en el ámbito ambiental de la cuenca debe ser visible para el público.

Tercer componente: construcción de resiliencia territorial

La resiliencia territorial es la capacidad de la cuenca y de las comunidades que la habitan para resistir perturbaciones, recuperarse y adaptarse sin perder sus funciones fundamentales.

En el Alto Lerma, la resiliencia no puede reducirse a la capacidad natural del río. Décadas de transformación han disminuido esa capacidad. Es necesario reconstruirla mediante la restauración ecológica, la recuperación territorial, la innovación tecnológica y la organización social.

- Saneamiento como condición inicial, no como meta final.

El saneamiento continúa siendo indispensable. No es posible la restauración ecológica mientras se mantengan descargas de alta toxicidad.

Se propone modernizar y ampliar las plantas de tratamiento existentes, revisar su eficiencia real, incorporar tratamiento avanzado cuando la composición de los efluentes lo requiera y favorecer la reutilización de las aguas tratadas.

Pero debe evitarse confundir el saneamiento con la restauración. El agua químicamente mejorada constituye una condición necesaria, pero un río ecológicamente funcional requiere también conectividad, hábitats, sedimentos, vegetación y biodiversidad.

- Recuperación de las Ciénegas del Lerma.

La restauración de las ciénegas debe convertirse en un proyecto prioritario y emblemático. Los humedales cumplen funciones de filtración, almacenamiento de agua, regulación de inundaciones, captura de carbono, hábitat para especies y conectividad ecológica.

Se propone desarrollar un programa especial de restauración de las ciénegas del Lerma que incluya la recuperación de la superficie inundable, el control de descargas, la restauración de la vegetación nativa, el control de las especies invasoras, la protección de áreas de reproducción, la vigilancia del cambio de uso del suelo y la recuperación de las conexiones hidrológicas.

La recuperación de los humedales no debe concebirse como un proyecto separado del río. Río y ciénegas constituyen un mismo sistema funcional.

- Territorio de movilidad fluvial.

Una de las transformaciones más importantes consistiría en devolver espacio al río. El modelo propone delimitar zonas en las que sea posible recuperar progresivamente la conectividad entre el cauce y su llanura de inundación.

No se plantea eliminar indiscriminadamente infraestructura o asentamientos existentes; se propone diferenciar áreas en las que la movilidad fluvial puede recuperarse, zonas en las que son necesarias obras de protección y sitios en los que podrían adquirirse terrenos, establecer servidumbres ecológicas o desarrollar acuerdos voluntarios de conservación.

En áreas estratégicas se podrán retirar barreras innecesarias, recuperar brazos secundarios, reconectar humedales y permitir inundaciones controladas.

- Restauración de riberas.

Las riberas deben dejar de considerarse espacios residuales. Constituyen interfaces ecológicas esenciales entre ecosistemas acuáticos y terrestres.

Se propone recuperar corredores continuos de vegetación nativa, controlar la erosión mediante bioingeniería, eliminar progresivamente las especies invasoras, evitar nuevas ocupaciones y establecer franjas de amortiguamiento frente a actividades industriales, agrícolas y urbanas.

La continuidad de la vegetación ribereña permitirá mejorar los hábitats, aportar sombra, disminuir la temperatura del agua, retener sedimentos, filtrar contaminantes y crear corredores biológicos.

- Recuperación de hábitats y biodiversidad.

La biodiversidad debe convertirse en un indicador central del éxito. Un río no está restaurado únicamente porque disminuyan determinados contaminantes; debe recuperar la capacidad de albergar comunidades biológicas funcionales.

La estrategia deberá identificar especies nativas prioritarias, especies amenazadas, especies indicadoras y especies invasoras. Particular importancia deberá concederse a los organismos asociados a los humedales del Alto Lerma.

Se propone establecer zonas de refugio y de recuperación de vegetación acuática, rehabilitar áreas de reproducción, mejorar hábitats para peces y macroinvertebrados, y crear programas específicos para especies endémicas.

La reintroducción de especies deberá realizarse únicamente cuando las condiciones del hábitat y de la calidad del agua hayan mejorado previamente. Introducir organismos en ambientes que siguen degradados no constituye restauración.

- Soluciones basadas en la naturaleza.

El modelo propone complementar la infraestructura gris convencional con soluciones basadas en la naturaleza: humedales construidos, jardines de lluvia, franjas filtrantes, restauración de humedales naturales, corredores verdes, superficies permeables y zonas temporales de almacenamiento de escorrentía.

En áreas urbanizadas, estas soluciones disminuyen el volumen y la velocidad del flujo del agua de lluvias que llega al río, retienen contaminantes y aumentan la infiltración.

- Innovación tecnológica.

La innovación tecnológica debe ponerse al servicio de la restauración y no sustituirla. Se propone utilizar sensores de calidad del agua, estaciones automáticas,

imágenes satelitales, sistemas de información geográfica, drones en áreas permitidas, inteligencia artificial para la identificación de patrones anómalos y plataformas de ciencia ciudadana.

Un Sistema de Alerta Ambiental del Alto Lerma podría integrar estos datos y detectar variaciones súbitas en la calidad del agua, descargas extraordinarias, cambios en la cobertura vegetal o acumulaciones de residuos.

Cuarto componente: restauración ambiental, social e institucional

El éxito del modelo deberá medirse mediante tres resultados interrelacionados: restauración ambiental, restauración social e institucional.

- Restauración ambiental.

La restauración ambiental consiste en recuperar progresivamente la funcionalidad ecológica. Sus resultados deberán observarse en:

  - » Mejora sostenida de la calidad fisicoquímica del agua.
  - » Incremento del oxígeno disuelto.
  - » Disminución de contaminantes prioritarios
  - » Reducción de residuos sólidos.
  - » Recuperación de humedales.
  - » Incremento de vegetación ribereña nativa.
  - » Mayor conectividad ecológica.
  - » Recuperación de hábitats.
  - » Incremento de especies nativas.
  - » Disminución de especies invasoras.
  - » Recuperación progresiva de los procesos hidrológicos y geomorfológicos.

La evaluación debe utilizar una línea base previa. Sin una línea base, no será posible determinar objetivamente el cambio producido.

- Restauración social.

El río es también un territorio social. La degradación ha afectado las actividades productivas, la calidad del paisaje, la percepción de la seguridad ambiental, las relaciones culturales y las formas comunitarias de apropiación del agua.

La restauración social deberá buscar recuperar la relación entre la población y el río; esto implica educación ambiental, participación comunitaria, recuperación de conocimientos locales, fortalecimiento de actividades productivas asociadas con

la conservación y la creación de espacios de interacción con el ecosistema que no alteren sus funciones.

Un indicador especialmente importante será la transformación de la percepción colectiva: pasar de considerar el Lerma como drenaje, cloaca o espacio residual a reconocerlo como patrimonio natural y como un sistema vivo.

- Restauración institucional.

Existe restauración institucional cuando las organizaciones responsables desarrollan una capacidad sostenida para prevenir la degradación y no solo reaccionar ante ella. La restauración institucional resulta fundamental porque, sin instituciones capaces de proteger los avances obtenidos, la recuperación ecológica puede revertirse.

Los indicadores deberán incluir: coordinación interinstitucional, continuidad presupuestaria, cumplimiento de compromisos, transparencia, sanciones efectivas, participación ciudadana, disponibilidad pública de la información y permanencia de los programas más allá de los cambios de gobierno.

Evaluación integral del modelo

El monitoreo constituye el mecanismo que permite distinguir entre una intervención aparente y una restauración efectiva. Como se ha señalado, la inauguración de una obra no significa que el río haya sido restaurado, y determinadas respuestas ecológicas pueden requerir entre cinco y diez años o periodos aún mayores.

Se propone establecer un Índice Integral de Restauración del Alto Lerma**,** organizado en seis dimensiones:

Tabla 12. Dimensiones e indicadores de restauración del Lerma

Dimensión	Indicadores centrales
Calidad del agua	Oxígeno disuelto, pH, nutrientes, metales, contaminantes orgánicos y carga microbiológica.
Integridad ecológica	Especies nativas, macroinvertebrados, peces, vegetación acuática y ribereña.
Hidromorfología	Conectividad, régimen de caudales, sedimentos, erosión y relación río-llanura.
Territorio	Superficie de humedales, vegetación ribereña, suelo permeable y ocupación de zonas inundables.
Gobernanza	Participación, transparencia, coordinación, cumplimiento institucional y empresarial.
Resiliencia social	Ciencia ciudadana, educación ambiental, organización comunitaria y apropiación social del río.

Fuente: elaboración propia.

El índice no deberá emitir únicamente una calificación global; cada dimensión deberá evaluarse individualmente para evitar que los avances en un componente oculten retrocesos en otro.

Fases de implementación

La restauración deberá organizarse en cinco etapas:

Fase I. Diagnóstico integral y línea de base (años 1-2). Cartografía de fuentes contaminantes, calidad del agua, biodiversidad, humedales, infraestructura, descargas, usos del suelo, actores y riesgos. Constitución del Consejo de Restauración y del Observatorio del Alto Lerma.

Fase II. Contención de la degradación (años 2-5). Control prioritario de descargas, modernización del tratamiento, eliminación de tiraderos críticos, protección inmediata de humedales, delimitación del territorio fluvial y establecimiento del monitoreo digital.

Fase III. Restauración ecológica territorial (años 5-10). Reconexión de humedales, restauración de riberas, recuperación de vegetación, soluciones basadas en la naturaleza, recuperación de hábitats y establecimiento de corredores ecológicos.

Fase IV. Consolidación de la resiliencia (años 10-20). Ampliación de áreas restauradas, recuperación de procesos geomorfológicos donde sea posible, fortalecimiento de la biodiversidad, circularidad hídrica industrial y consolidación de redes ciudadanas.

Fase V. Autosostenibilidad y gestión adaptativa (años 20-25 y posteriores). Evaluación integral, mantenimiento selectivo, ajuste de políticas, protección de zonas recuperadas y disminución progresiva de las intervenciones intensivas donde el río haya recuperado su capacidad de autorregulación.

Financiamiento y corresponsabilidad

La restauración no puede depender exclusivamente del presupuesto público. La magnitud histórica de la degradación exige un mecanismo financiero permanente.

Se propone constituir un Fondo para la Restauración del Alto Lerma, integrado por recursos federales, estatales y municipales; aportaciones empresariales vinculadas a su impacto y consumo hídrico; fondos ambientales nacionales e internacionales; compensaciones ambientales; recursos derivados de sanciones y de convenios de colaboración científica y social.

Una proporción de los recursos deberá asignarse obligatoriamente al monitoreo. Financiar obras sin financiar su evaluación reproduce uno de los problemas históricos de la política ambiental.

La distribución del gasto deberá ser pública y georreferenciada; la ciudadanía deberá poder conocer cuánto se invierte, dónde se invierte, quién ejecuta los proyectos, qué metas se establecieron y cuáles fueron los resultados.

Del saneamiento a la restauración socioecológica

La principal aportación del modelo consiste en modificar el paradigma desde el cual se interviene en la cuenca.

El paradigma convencional podría sintetizarse como:

Contaminación → obra hidráulica → saneamiento → mantenimiento.

El modelo propuesto plantea una secuencia más amplia:

Diagnóstico sistémico → contención de las causas → responsabilidad empresarial → saneamiento → recuperación del espacio fluvial → restauración hidrológica y geomorfológica → restauración de humedales y riberas → recuperación de la biodiversidad → participación social → ciencia ciudadana → monitoreo → evaluación → gestión adaptativa.

Esta secuencia coincide con el aprendizaje central derivado de las experiencias internacionales estudiadas: recuperar un río requiere actuar simultáneamente sobre las causas de la degradación y sobre los aspectos ecológicos, territoriales e institucionales que permiten su funcionamiento.

La diferencia es sustantiva. En el primer paradigma, el río constituye el objeto sobre el cual se ejecutan obras. En el segundo, la cuenca constituye un sistema socioecológico, y la tarea de la política pública es crear las condiciones para recuperar su capacidad de autorregulación.

De forma sintetizada, todo lo anterior se muestra a continuación:

Tabla 13. Síntesis operativa del modelo integral de restauración fluvial

Componente	Objetivo estratégico	Principales acciones	Resultado esperado
Factores sistémicos de degradación	Reducir la huella ecológica de las actividades industriales, urbanas y agrícolas.	Regulación efectiva, monitoreo continuo de descargas, trazabilidad, circularidad hídrica, ordenamiento territorial y responsabilidad empresarial.	Reducción sostenida de las presiones que originan la degradación.
Gobernanza e intervención	Construir una gestión colaborativa de cuenca.	Consejo de Restauración, unidades territoriales, Observatorio del Alto Lerma, ciencia ciudadana y coordinación interinstitucional.	Gobernanza multiactor, transparente y territorial.

Componente	Objetivo estratégico	Principales acciones	Resultado esperado
Capacidades de transformación	Incrementar la resiliencia socioecológica.	Restauración de ciénegas, territorio de movilidad fluvial, riberas, biodiversidad, soluciones basadas en la naturaleza e innovación tecnológica.	Recuperación progresiva de funciones ecológicas y capacidad adaptativa.
Resultados ambientales	Recuperar la funcionalidad ecológica.	Calidad del agua, conectividad, hábitats, especies nativas y humedales.	Un ecosistema fluvial funcional y resiliente.
Resultados sociales	Reconstruir la relación sociedad-río.	Educación, participación, ciencia ciudadana, recuperación cultural y territorial.	Apropiación social y corresponsabilidad ambiental.
Resultados institucionales	Garantizar la continuidad y el cumplimiento.	Evaluación, transparencia, financiamiento estable y responsabilidades vinculantes.	Política de restauración permanente y adaptable.
Gestión adaptativa	Aprender y corregir durante el proceso.	Línea base, indicadores, evaluaciones quinquenales y actualización de metas.	Restauración a largo plazo basada en la evidencia.

Fuente: elaboración propia.

CONSIDERACIONES FINALES: RESTAURAR EL RÍO Y LA RELACIÓN SOCIEDAD-NATURALEZA

La restauración de la cuenca del Alto Río Lerma exige reconocer que la degradación acumulada durante décadas no podrá revertirse con acciones fragmentadas. Tampoco será suficiente limpiar los residuos, desazolvar determinados tramos, plantar árboles o incrementar aisladamente el tratamiento de las aguas contaminadas. Todas estas acciones pueden ser necesarias, pero solo adquieren sentido restaurador cuando forman parte de una estrategia orientada a recuperar la funcionalidad del sistema fluvial.

La experiencia internacional muestra precisamente este cambio de paradigma. La restauración ha evolucionado desde intervenciones localizadas hacia enfoques funcionales, territoriales y adaptativos. El documento sintetiza este aprendizaje, señalando que la recuperación sostenible requiere actuar sobre las causas estructurales de la degradación y reconstruir simultáneamente las relaciones ecológicas, territoriales e institucionales.

Para el Alto Lerma, esto significa comenzar por detener las fuerzas que continúan causando degradación. No tiene sentido restaurar un humedal mientras continúan llegando contaminantes; reforestar una ribera que posteriormente será ocupada; recuperar especies mientras sus hábitats permanecen degradados; o construir infraestructura de tratamiento sin garantizar su funcionamiento ni su evaluación. Por esto deben aplicarse los siguientes principios:

- El primer principio de la restauración debe ser, por tanto, dejar de producir degradación.
- El segundo consiste en devolver el territorio al sistema fluvial. El río necesita espacio para desempeñar sus funciones; esto exige recuperar las riberas, proteger los humedales, reconectar las áreas inundables y establecer un territorio de movilidad fluvial compatible con las condiciones sociales y urbanas existentes.
- El tercero consiste en recuperar procesos antes que imágenes. Un río restaurado no necesariamente es un río ajardinado; su éxito debe observarse en la calidad del agua, la biodiversidad, los caudales, los sedimentos, la conectividad, los humedales y su capacidad para responder a las perturbaciones.
- El cuarto consiste en socializar la restauración. El Alto Lerma no podrá recuperarse exclusivamente a través de las oficinas gubernamentales. La población debe participar en la vigilancia, la producción de conocimiento, la educación, la recuperación de espacios y la evaluación de las políticas. La ciencia ciudadana representa, en este sentido, una herramienta científica y, simultáneamente, democrática.
- El quinto principio consiste en responsabilizar a quienes generan las presiones ambientales. La restauración no puede socializar los costos mientras privatiza los beneficios derivados del uso intensivo de los recursos naturales. La responsabilidad empresarial debe traducirse en prevención, tratamiento, transparencia, reparación, innovación y financiamiento.
- El sexto principio consiste en dar tiempo al río. La naturaleza posee capacidad de regeneración, pero necesita condiciones que le permitan expresarla. La función de la restauración no consiste en fabricar artificialmente un río nuevo, sino en retirar o disminuir progresivamente los obstáculos que impiden que sus procesos vuelvan a operar.

Por ello, el modelo integral de restauración fluvial de la cuenca del Alto Río Lerma puede sintetizarse mediante una relación:

Reducir la presión + recuperar el espacio + restaurar las funciones + corresponsabilizar a los actores + monitorear los cambios + aprender y adaptarse = incrementar la resiliencia socioecológica de la cuenca.

La meta final no es regresar mecánicamente al río existente previo a la industrialización y urbanización del Valle de Toluca. Tal objetivo sería difícil de alcanzar, dadas las profundas transformaciones territoriales ocurridas. La meta consiste en construir una nueva relación sociedad-naturaleza capaz de hacer compatibles las necesidades humanas con los límites ecológicos del sistema fluvial.

Esto implica transitar de un río utilizado como receptor de externalidades hacia un río reconocido como infraestructura ecológica fundamental; de una política centrada en reaccionar ante la contaminación hacia una política preventiva; de la fragmentación administrativa hacia la gobernanza de cuenca; de la responsabilidad ambiental voluntaria hacia la corresponsabilidad verificable; de la intervención exclusivamente técnica hacia la participación social; y de proyectos sexenales hacia una política de Estado de largo plazo.

En última instancia, restaurar el Alto Lerma significa restaurar la relación entre el río y la sociedad que habita en su cuenca y las metrópolis vinculadas. Si el modelo logra reducir las fuentes de contaminación, recuperar humedales y riberas, devolver espacio al río, reconstruir hábitats, fortalecer la biodiversidad, hacer corresponsables a las empresas, coordinar a las instituciones y convertir a la ciudadanía en participante permanente de la recuperación, la cuenca podrá iniciar un proceso progresivo de resiliencia.

La restauración no debe prometer el regreso inmediato a un pasado ecológico idealizado; debe garantizar algo más realista y, al mismo tiempo, profundamente transformador: crear las condiciones para que el Alto Río Lerma vuelva a funcionar como río.

De esta manera, el principio central del modelo puede expresarse, finalmente, en cuatro palabras que sintetizan su orientación socioecológica: espacio, función, tiempo y corresponsabilidad. Dar espacio para que el río recupere su dinámica territorial; restaurar sus funciones hidrológicas, geomorfológicas, biológicas y sociales; conceder tiempo para que los procesos naturales desarrollen su capacidad regenerativa; y construir corresponsabilidad para que el Estado, las empresas, la academia y la sociedad protejan conjuntamente los avances alcanzados.

La restauración del Alto Lerma dejaría de ser un conjunto de obras para convertirse en un proyecto territorial de largo plazo orientado a reconstruir la resiliencia socioecológica de la cuenca ante el capitalismo planetario, a vivir a pesar de la Catástrofe sociambiental que provoca la acumulación capitalista.

REFERENCIAS

Abarca, E. (2022). La contaminación del medio ambiente y sus implicaciones negativas en la salud mental y en la calidad de vida. *Revista Contexto Humano*, *1*(1), 17-26. https://doi.org/10.36677/contextohumano.v1i1.20420

AccuWeather. (2026). *Calidad del aire*. Plume Labs. https://www.accuweather.com/es/mx/lerma-de-villada/3575275/air-quality-index/3575275

Ahumada, I. (2021, 11 de enero). Provoca enfermedades la contaminación del Río Lerma. *Primero Editores*. https://primeroeditores.com.mx/estado/provoca-enfermedades-contaminacion-de-rio-lerma/

Ardón, M., y Bernhardt, E. (2009). Restoring rivers and streams. *Encyclopedia of Life Sciences*. John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020148

Barragán, M., y Figueroa, E. (2014). *Riesgos a la salud humana relacionados con la expansión urbana en zonas susceptibles a inundación: Caso de estudio Guadalupe La Ciénega, Lerma* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio. http://hdl.handle.net/20.500.11799/49282

Béligand, N. (2013). Topos y cosmogonía: Las deidades lacustres de la cuenca del Alto Lerma. *Historia, 86*, 23-26. https://revistas.inah.gob.mx/index.php/historias/article/view/512

Berger, G., Labastida, A., Sanromán, L., Rodríguez-Garavito, C., Silvano, O., y García, G. (2026). *Desde el umbral*. UNAM.

Bouqueuniaux, Ch. (2025). *Global river conservation and biodiversity restoration efforts*. Gentian. https://gentian.io/blog/river-conservation-biodiversity-restoration-and-global-efforts

Carhuachuco, E., Arenales, R., Oseda, D., Olivera, G., y Vela, G. (2024). Promoviendo la educación sobre sustancias químicas y su impacto en el ambiente: Un enfoque para la salud humana. *Revista Colombiana de Química, 5*(1), 21-28. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v53n1.114765

Cheang, B., y Lim, H. (2023). Institutional diversity and state-led development: Singapore as a unique variety of capitalism. *Structural Change and Economic Dynamics, 67*, 182-192. https://doi.org/10.106/j.strueco.2023.07.007

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2026). *Biodiversidad Mexicana*. CONABIO. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/rhp_065.html

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

Corona, M. A. (2026). México, política económica 2019-2024: ¿Capitalismo con progreso social y regional? *Aportes Nueva Época, 2*(4), 1-25. https://doi.org/10.32399/AportesNE.febuap.30618053.2026.2.4.399

Escalante, F. (2020). *Senderos que se bifurcan: Reflexiones sobre el neoliberalismo y la democracia*. Instituto Nacional Electoral.

Fideicomiso para el Desarrollo de Parques y Zonas Industriales del Estado de México (FIDEPAR). (2026). *Desarrollos industriales*. FIDEPAR. https://fidepar.edomex.gob.mx/desarrollos_industriales

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental. (2026). *Los 10 ríos más contaminados del mundo*. https://agua.org.mx/los-10-rios-mas-contaminados-del-mundo/

García, G. (2024). Naturaleza fin. En G. Berger, A. Labastida, L. Sanromán, C. Rodríguez-Garavito, O. Silvano y G. García (Eds.), *Desde el umbral*. UNAM.

Garza, G. (1988). La política de parques y ciudades industriales en México: Etapa experimental, 1953-1979. *Estudios Demográficos, 7*(1), 39-55. https://doi.org/10.24201/edu.v3i1.668

Garza, G. (1989). *Una década de planeación urbano-regional en México, 1978-1988*. El Colegio de México. https://muse.jhu.edu/book/74837

González, L. (2023). De la crisis de la década de 1970 a la de 2020. *Viento Sur*. https://vientosur.info/de-la-crisis-de-la-decada-de-1970-a-la-de-2020/

Guevara, S., Arellano, O., y Frincke, J. (2014). *Ríos tóxicos: Lerma y Atoyac. La historia de negligencia continúa*. Greenpeace. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/02/Rios-toxicos-Lerma-y-Atoyac_Greenpeace.pdf

Hayek, F. (1947). *Declaración de objetivos de la Sociedad de Mont-Pèlerin*. MPS. https://montpelerin.org/statement-of-aims/

James, A., y O'Shaughnessy, K. (2023). Environmental chemical exposures and mental health outcomes in children: A narrative review of recent literature. *Toxicol, 5*, 1-13. https://doi.org/10.3389/ftox.2023.1290119

Jameson, F. (2003). Ciudad del futuro, *New Left Review*, *21*, 65-79. https://doi.org/10.64590/dwk

Kaiser, V. (2010). El neomercantilismo como modelo de mercado en Latinoamérica. *Revista Pléyade, 5*, 210-229. https://www.revistapleyade.cl/index.php/OJS/article/view/268

Linton, J. (2022). Political ecology and river restoration. En B. Morandi, M. Cottet y H. Pégay, *River restoration: Political, social, and economic perspectives* (pp. 89-115). John Wiley & Sons.

Liu, N., y Zhang, S. (2026). China: ¿Capitalista o socialista? *Science & Society, 9*0(1), 116-123. https://doi.org/10.1177/00368237251396340

Majón, N. (2026). Los ríos más contaminados del mundo. *Ecología Verde*. https://ecologiaverde.elperiodico.com/los-rios-mas-contaminados-del-mundo-2070.html

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2010). *Restauración de ríos: Bases de la estrategia nacional de restauración de ríos*. Gobierno de España.

Novoa, K., y Zarza, H. (2022). Las ciénegas del Lerma: Importancia de este cuerpo de agua y los efectos de la contaminación. *Universitaria, 5*(36), 34-36. https://revistauniversitaria.uaemex.mx/article/view/17626

Ole, H. (1997). *Restauración de ríos y arroyos: Experiencias y ejemplos de Dinamarca*. Ministerio del Medio Ambiente.

Palmer, M., Hondula, K., y Koch, B. (2014). Ecological restoration of streams and rivers: Shifting strategies and shifting goals. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 45*, 247-269. https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-120213-091935

Pedrozo, A. (2020). *Restauración de ríos, un paso hacia la sostenibilidad hídrica*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Prado, B. (2025, 13 de julio). Río Lerma continúa con contaminación crónica: Estudio. *La Jornada*. https://lajornadaestadodemexico.com/rio-lerma-continua-con-contaminacion-cronica-estudio/

Raith, S. (1999). The Rhine Action Program: Restoring value to the Rhine River. *Restoration and Reclamation Review, 4*(2), 1-9. https://conservancy.umn.edu/server/api/core/bitstreams/5c74218e-aadc-4c2c-8ed5-c10c91decd08/content

Rivera, J., y Herrera, S. (2024). Efectos de la contaminación ambiental sobre la salud mental: Revisión crítica desde la perspectiva de género. *Revista Electrónica de*

Psicología de la FES Zaragoza-UNAM, 14(28), 11-22. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/2022/Publicaciones/revistas/Rev_Elec_Psico/Vol_14_No_28/REP14(28)-art2.pdf

Rodríguez, A., y Blázquez, L. (2024). Análisis socioespacial de las Ciénegas del Lerma: Caracterización para el diseño de políticas ambientales. *Revista Cartográfica, 109*, 99-119. https://doi.org/10.35424/rcarto.i109.5727

Rodríguez, H., y Osorio, L. (2023). El papel de los ríos en la política y la economía nacional: Retrospectiva y evolución. En H. M. Rodríguez Ruiz y L. H. Osorio Dussán (Eds.), *Colombia potencia fluvial: Una mirada a la riqueza del Tercer Mar* (pp. 93-143). Sello Editorial ESDEG. https://doi.org/10.25062/9786287602403.03

Salazar, A. (2017). Río Lerma es una cloaca; está biológicamente muerto. *Milenio*. https://www.milenio.com/estados/rio-lerma-es-una-cloaca-esta-biologicamente-muerto

Sánchez, C. (2026, 17 de febrero). Fin de una época: El capitalismo de Estado está de vuelta en Europa (y en el mundo). *El Confidencial*. https://www.elconfidencial.com/economia/2026-02-17/capitalismo-de-estado-subvenciones-comercio-gasto-publico_4304280/

Shugar, D., Clague, J., Best, J., Schoof, C., Willis, M., Copland, L., y Roe, G. (2017). River piracy and drainage-basin reorganization led by climate-driven glacier retreat. *Nature Geoscience, 10*, 370-376. https://doi.org/10.1038/NGEO2932

Srnicek, N. (2023). *Capitalismo de plataformas*. Caja Negra Editora.

Stiglitz, J. (2026, 28 de junio). El capitalismo antiestadounidense de Trump. *La Jornada*. https://www.jornada.com.mx/noticia/2026/06/28/opinion/el-capitalismo-antiestadunidense-de-trump

Sugiura, Y., Álvarez, J., y Zepeda, E. (2016). *La cuenca del Alto Lerma: Ayer y hoy: Su historia y su etnografía*. Fondo Editorial del Estado de México y El Colegio Mexiquense.

Sun. (2016, 3 de marzo). Geólogos revisan grieta en el río Atoyac, Veracruz. Informador. *https://www.informador.mx/Mexico/Geologos-revisan-grieta-en-*rio-Atoyac-Veracruz-20160303-0026.html

Svampa, M., y Viale, E. (2021). *El colapso ecológico ya llegó: Una brújula para salir del (mal) desarrollo*. Grupo Editorial Siglo Veintiuno.

Torres, L. (2014). *Sistema Lerma: Una visión política en la gestión pública del agua, ¿solución estatal o federal?* IAPEM. https://iapem.edomex.gob.mx/editorial/revistas/2014LSLUVPGPASEFBIENAL2014.pdf

Uehlinger, U., Wantzen, K., Leuven, R., y Arndt, H. (2009). The Rhine River Basin. En K. Tockner, U. Uehlinger y C. Robinson (Eds.), *Rivers of Europe* (pp. 199-245). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-369449-2.00006-0

van Rijssel, J., Breukelaar, A., de Leeuw, J., van Puijenbroek, M., Schilder, K., Schrimpf, A., Vriese, F., y Winter, H. (2024). Reintroducing Atlantic salmon

in the river Rhine for decades: Why did it not result in the return of a viable population? *River Research and Applications, 40*, 1164-1182. https://doi.org/10.1002/rra.4284

Varoufakis, Y. (2026). *Tecnofeudalismo: El sigiloso sucesor del capitalismo*. Ediciones Culturales Paidós.

World Meteorological Organization. (2016). *The future of the Aral Sea lies in transboundary co-operation*. https://wmo.int/resources/bulletin/vol-63-1-2014/future-of-aral-sea-lies-transboundary-co-operation

Yourcenar, M. (1987). Si todavía queremos tratar de salvar la Tierra. *Le Magazine, 53*, 4-6.

Zambrano, L. (2003). La restauración de ríos y lagos. *Ciencias, 72*, 37-43. https://www.revistacienciasunam.com/images/stories/Articles/72/CNS07205.pdf

Este libro fue compuesto en caracteres
Minion a 11 puntos en Bogotá, Colombia.

RESTAURACIÓN DEL RÍO LERMA ANTE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL CAPITALISMO PLANETARIO

Restauración del río Lerma ante la huella ecológica del capitalismo planetario surge ante la creciente degradación socioambiental del río Lerma, marcada por décadas de industrialización y urbanización, así como por la contaminación del agua, la pérdida de biodiversidad y el deterioro territorial. El libro analiza esta problemática desde la relación entre naturaleza, sociedad y economía; aborda la huella ecológica del capitalismo planetario y la necesidad de restauración ambiental, social e institucional del río Lerma.

La obra presenta un análisis integral organizado en cuatro capítulos: la geografía de una cuenca contaminada; la huella del capitalismo planetario en el Lerma; las experiencias internacionales de restauración fluvial; y una estrategia de restauración para la cuenca del Lerma. El estudio emplea el método comparativo y propone una gobernanza fluvial con la participación de diversos actores de la sociedad para impulsar la resiliencia territorial, la ciencia ciudadana y la gestión adaptativa.

Está dirigida a estudiantes y docentes de ciencias sociales, educación, geografía, sociología, economía, ciencias ambientales, ingeniería ambiental, gestión del agua y políticas públicas. También resulta pertinente para investigadores, profesionales, servidores públicos, organizaciones sociales y actores comunitarios vinculados a la restauración ecológica, la gestión hídrica, la gobernanza territorial, el desarrollo humano y las problemáticas socioambientales actuales.

Área 1: Conservación del medioambiente.
Área 2: Ecología aplicada.

ECOE EDICIONES

e-ISBN 978-628-504-145-7(PDF)

Incluye

- Una lectura sistémica del deterioro del Lerma y las causas estructurales.
- Experiencias de restauración fluvial y aprendizajes aplicables.
- Un modelo integral con gobernanza colaborativa, ciencia ciudadana y resiliencia territorial.
- Acciones concretas: recuperar humedales, devolver espacio al río y establecer un monitoreo adaptativo.

Biografía del autor

René Pedroza Flores, doctor en Ciencias Sociales; **Guadalupe Villalobos Monroy**, doctora en Pedagogía; y **Ana María Reyes Fabela**, doctora en Ciencias Sociales. Son integrantes del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. En equipo desarrollan estudios sobre educación, desarrollo humano y problemáticas socioambientales. Han publicado libros, capítulos y artículos científicos