

La brecha entre la normativa ambiental y la realidad social: El caso del arsénico en el Río Lerma

The gap between environmental regulations and social reality:
The case of arsenic in the Lerma River

Claudia Yolanda Albarrán Olvera

Universidad Autónoma del Estado de México

cylbarrano@uaemex.mx

Félix Héctor Alcántara Cruz

Universidad Autónoma del Estado de México

fhalcantarac@uaemex.mx

Luis Francisco Alcántara Hernández

Instituto Nacional de México

luislalcantara0508@gmail.com

RESUMEN

El Río Lerma representa uno de los desafíos de sostenibilidad más críticos de México, donde la degradación química del agua converge con altos índices de marginación social. El presente artículo analiza la reciente actualización de la NOM-001-SEMANART-2021, que establece criterios más estrictos sobre los límites permisibles de contaminantes como el arsénico, frente a la vulnerabilidad ambiental urbana de la población asentada a lo largo de la ruta de contaminación. A través de una revisión documental, se explora cómo la presencia de contaminantes en el cuerpo de agua afecta a las poblaciones con menor acceso a servicios de salud y agua potable. Se concluye que, si bien la legislación ambiental se ha reformado para cumplir con estándares internacionales, la falta de infraestructura tecnológica y de supervisión del cumplimiento de la legislación ambiental en municipios vulnerables perpetúa un ciclo de desigualdad ambiental. El estudio enfatiza que el desarrollo social en la cuenca no será posible sin estrategias de remediación que prioricen el acceso al agua para los sectores más vulnerables.

Palabras clave: contaminación, Río Lerma, arsénico, normatividad.

ABSTRACT

The Lerma River represents one of Mexico's most critical sustainability challenges, where chemical water degradation converges with high levels of social marginalization. This article analyzes the recent update of NOM-001-SEMARNAT-2021, which establishes stricter limits on permissible levels

of contaminants such as arsenic, in light of the environmental and urban vulnerability of the population settled along the contamination route. Through a literature review, the study explores how the presence of contaminants in the water body affects populations with the least access to health services and clean drinking water. It concludes that, although environmental legislation has been reformed to meet international standards, the lack of technological infrastructure and oversight of environmental law enforcement in vulnerable municipalities perpetuates a cycle of environmental inequality. The study emphasizes that social development in the basin will not be possible without remediation strategies that prioritize water access for the most vulnerable sectors.

Keywords: pollution, Lerma River, arsenic, regulations.

INTRODUCCIÓN

La gestión de recursos hídricos en México está en una fase de evolución jurídica que requiere infraestructura avanzada, la cual supera la capacidad de las instalaciones municipales, quedando obsoleta para atender estas demandas. El Río Lerma, en el centro del país, atraviesa una región con diversas industrias —motor de la economía regional del Estado de México—, lo que lo convierte en el ejemplo más grave de esta disonancia. Aunque tiene una importancia estratégica relevante, la cuenca enfrenta problemas de degradación química y altos niveles de marginación social. (Tetreault et al., 2019).

La cuenca del Río Lerma presenta contaminación debido a las descargas agrícolas, industriales y urbanas, con efectos adversos en la salud. Varias investigaciones muestran que estos impactos recaen en las zonas de bajos ingresos o con servicios básicos insuficientes. En este sentido, el arsénico es un metaloide presente en este cuerpo de agua, lo cual representa una amenaza para la salud pública. La exposición humana a este elemento ocurre por vía oral, respiratoria o cutánea. Las principales fuentes de exposición son la ingestión de agua, suelo o aires contaminados. La toxicidad para el organismo humano varía según las diferentes formas químicas del arsénico. Los compuestos inorgánicos de arsénico son más tóxicos que los organoarsénicos; el principal compuesto arsenical es la arsenobetaina; el ser humano no puede metabolizarla y se considera de toxicidad insignificante. Sin embargo, se ha demostrado que el arsénico es un agente carcinogénico asociado con cánceres de piel y de pulmón (Hong et al., 2014). Dentro de este marco, la NOM-001-SEMARNAT-2021 entró en vigor y con ello se modificaron los límites permisibles de contaminantes, haciéndolos más estrictos. Esta actualización se alineó con los estándares de la OCDE. Sin embargo, a pesar de que la legislación busca disminuir y castigar a aquellos que rebasen los límites permisibles, hay un incumplimiento sistemático que pone en riesgo la salud de la población. En cuencas como la del Río Lerma, la realidad

social (falta de tratamiento de aguas, baja capacidad de infraestructura municipal, pobreza) hace que los límites no se respeten.

El presente estudio se llevó a cabo mediante una revisión documental en la que se analiza cómo la legislación ambiental avanza hacia el cumplimiento de normas internacionales y con el objetivo de reducir la contaminación; no obstante, sigue siendo insuficiente para romper la cadena de la desigualdad ambiental (Tristán Rodríguez, 2019). La justicia ambiental urbana cobra relevancia para explicar la coexistencia entre la desigualdad en la distribución espacial-social y el factor medioambiental.

METODOLOGÍA

La presente investigación tiene como objetivo relacionar la cuestión ambiental —discriminación ambiental y acceso a un ambiente sano— y la legislación ambiental (enfocada a la NOM-001-SEMARNAT-2021 y al elemento arsénico) en la realidad social. Es importante reconocer que la justicia ambiental está ligada a un contexto más amplio de injusticias sociales que enfrenta la población de bajos ingresos, quienes resultan más afectados por la ruta contaminante, en este caso localizada en el río Lerma. Por tanto, la legislación ambiental mexicana busca disminuir las injusticias ambientales, sin embargo, estas no se pueden excluir de un contexto más amplio y es probable que persistan mientras otras formas de desigualdad social sigan existiendo (Mohai et al., 2009)

La metodología empleada corresponde a un enfoque cualitativo y a una investigación jurídica. Los métodos utilizados son analíticos, sistemáticos y hermenéuticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1 La planificación urbana en México

En México, el desarrollo urbano no fue considerado importante en la consolidación del Estado-Nación (Delgadillo, 2015). A lo largo del siglo XX, las ciudades mexicanas se gestionaron como espacios de aglomeración poblacional, en gran medida, derivados de la migración del campo a la ciudad en búsqueda de mejores servicios y oportunidades (Pérez-Campuzano, 2010). La distribución poblacional en el territorio mexicano es desigual y responde a condiciones históricas no equitativas en los procesos de desarrollo económico y social, marcados por una centralización. Esto se refleja en el proceso de despoblamiento de áreas rurales y, en consecuencia, en el crecimiento urbano y, con ello, la urbanización de la pobreza. Las ciudades crecieron, así como las viviendas en las periferias, la contaminación ambiental y el subempleo (Bulmer-Thomas, 1994). De este modo, en la mayor parte del siglo pasado, las ciudades obedecieron a un modelo que, económicamente, políticamente, socialmente y culturalmente, solo se enfocaba en la parte céntrica de la ciudad. Para subsanar este crecimiento metropolitano desordenado, en los años 70 se realizaron reformas constitucionales que establecieron la competencia en materia de asentamientos humanos, aplicable entre los tres órdenes

de gobierno (nacional, estatal y municipal). No obstante, son los municipios a quienes principalmente les corresponde la planificación urbana, y estos deben desarrollar las políticas más cercanas al territorio y a los ciudadanos (Tetreault et al., 2019; Tristán Rodríguez, 2019). En el caso mexicano, son los ayuntamientos a quienes, en concordancia con el artículo 115 constitucional, les corresponde elaborar planes de desarrollo urbano en los que se determina la zonificación primaria (Tristán Rodríguez, 2019).

1.2 Discriminación ambiental

La discriminación ambiental en las ciudades es un nexo entre tres dimensiones: la injusticia social, la injusticia económica y la injusticia en la calidad del ambiente (ATTIAS). Este fenómeno ocurre cuando los grupos vulnerables asumen una carga desproporcionada de los efectos de la degradación ambiental debido a las dinámicas económicas y los procesos de exclusión socio-territorial.

Los puntos clave que caracterizan la problemática son:

La planificación urbana: la discriminación comienza cuando las autoridades definen usos de suelo habitacional en zonas con graves problemáticas ambientales, como la cercanía a basureros abiertos, ladrilleras o industrias. Debido a que estas viviendas suelen ser de interés social y su ubicación no es la mejor, están destinadas al sector de bajos recursos, lo que los coloca en situación de vulnerabilidad urbana (Castillo Villanueva, 2009; Gelobter, 1994).

Zonas de sacrificio ambiental: Se generan áreas con una alta concentración de actividades que son agresivas con el ambiente y que, a su vez, afectan a estas poblaciones pobres. Quienes habitan aquí deben convivir con la contaminación del aire y del agua, los depósitos de desechos tóxicos y la falta de suministro de agua, entre otros (Castillo Villanueva, 2009).

Segregación espacial y acceso desigual: Los grupos vulnerables viven en entornos insalubres y carecen de áreas verdes, mientras que las élites sociales habitan en “periferias privilegiadas” (Gelobter, 1994). Estas zonas residenciales privatizan los espacios públicos y aseguran el acceso exclusivo a bienes ambientales y a servicios urbanos de calidad.

La planificación como herramienta de exclusión: El desarrollo urbano se utiliza comúnmente como una herramienta que legitima la construcción de fraccionamientos de bajo coste en sitios contaminados (Kuehn, 2000). Esto vulnera múltiples derechos, entre ellos el derecho a un ambiente sano, a la salud y a una vivienda digna (Mohai et al., 2009).

La discriminación ambiental es producto de una complicidad de la autoridad pública que permite que la urbanización se extienda a sitios contaminados por la lógica del mercado inmobiliario, sin garantizar el bienestar de los grupos desfavorecidos.

1.3 NOM-001-SEMARNAT y la legislación ambiental mexicana

Esta norma juega un papel importante en la legislación ambiental urbana en México, ya que regula la descarga de aguas residuales, algo fundamental para la salud pública y ambiental en zonas

urbanas. La norma fue creada en 1996 y ha sido actualizada desde entonces; la última, en 2021. A pesar de los 25 años entre ambas versiones, no hay diferencias significativas en la norma de 2021, donde se reduce la permisividad en todos los casos (Domínguez-Montero et al., 2024). Para las descargas en ríos, la última actualización duplicó los límites permisivos de contaminantes altamente tóxicos como el arsénico, cadmio, cobre y mercurio respecto a la norma de 1996. La norma vigente sigue siendo muy similar a la anterior, lo que indica que no se han implementado cambios significativos para proteger el medio ambiente (Qian et al., 2016). Un aspecto positivo es la inclusión del parámetro de toxicidad aguda mediante bioensayos, aunque no se añadieron nuevos metales pesados o sustancias tóxicas. Las normas mexicanas que constituyen la legislación ambiental son mucho más permisivas que las de países desarrollados como Canadá, Estados Unidos y la Unión Europea (Cole, 2004). La normativa mexicana solo es comparable en límites de permisividad con la norma de Brasil, lo cual tiene como explicación el nivel de desarrollo económico similar entre ambas. Al analizar 25 plantas de tratamiento en una zona metropolitana, se halló que el 100% de las plantas cumple con los límites de coliformes fecales, con concentraciones de estos 45,000 veces mayores a lo establecido en la NOM-003 (Zurita et al., 2012). Parámetros cruciales como mercurio, arsénico, níquel y cianuros no son analizados ni existe una determinación de concentraciones por parte de las autoridades competentes de las distintas plantas, lo cual representa una incertidumbre en la calidad del agua tratada (Domínguez-Montero et al., 2024). Las tecnologías convencionales empleadas no logran remover metales pesados de forma efectiva, lo que puede provocar daños a la salud humana y al ecosistema. La laxitud de estas normas deja que las industrias contaminen los cuerpos de agua nacionales bajo el amparo de la ley, por lo que se recomienda revisar la NOM-001-SEMARNAT-2021 y actualizar las subsecuentes para reducir los riesgos a la salud, además de ser más severos en las sanciones a aquellos que superen los límites permisibles y pongan en riesgo la salud de la población y el ambiente.

CONCLUSIONES

En conclusión, dentro del material revisado, el artículo "Ciudades mexicanas y discriminación ambiental: los retos de la justicia ambiental urbana" de M. Rodríguez explica que el modelo de desarrollo urbano en México discrimina al medio ambiente y, por tanto, castiga a la población de bajos recursos. La segregación socioespacial viene junto con el crecimiento metropolitano, con zonas exclusivas para personas con mayores ingresos y las periferias destinadas a la pobreza, sin acceso a servicios y con mayores riesgos ambientales. La población de bajos recursos suele ubicarse, muchas veces por decisión gubernamental, en áreas cercanas a basureros, industrias peligrosas, contaminación del aire, suelo y agua, lo que trae como consecuencia un menor acceso a agua potable, aire limpio, áreas verdes y espacios públicos adecuados. Muchas viviendas cerca del Río Lerma son de interés social, ya que suelen ser más baratas por su ubicación; a estos grupos pobres se les

denomina "zonas de sacrificio ambiental". Los planes de desarrollo urbano y la zonificación municipal se utilizan para permitir viviendas en sitios con alta contaminación, haciendo legítima la discriminación ambiental; el desarrollo urbano se acopla al mercado inmobiliario: periferias "buenas" para la élite, con todos los bienes ambientales disponibles; y periferias "malas" para gente pobre, todo esto cerca de riesgos. La justicia ambiental urbana exige una distribución equitativa de riesgos y beneficios ambientales, reconocimiento a los grupos vulnerables y participación ciudadana real en decisiones sobre el uso del suelo.

Con base en investigaciones, se puede observar que la cuenca Lerma-Chapala-Santiago es uno de los sistemas hídricos más contaminados de México (Bundschuh et al., 2021). Estudios recientes caracterizan qué contaminantes predominan y cómo afectan al ecosistema y a la salud humana (Bundschuh et al., 2021).

Las descargas industriales y urbanas en lo alto del Lerma, con 51 descargas mayores (domésticas, municipales e industriales), convierten al río en el principal almacenamiento de aguas residuales, con oxígeno casi agotado, alta demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos disueltos, además de toxicidad significativa en la mayor parte de los sitios de muestreo (Bundschuh et al., 2021). En este cuerpo de agua se han registrado cadmio, níquel, zinc, plomo, mercurio y otros metales pesados (Bundschuh et al., 2021), así como miles de compuestos orgánicos tóxicos sin límites normativos. Estas descargas no cumplen con la NOM-001-SEMARNAT-2021; por lo tanto, las rutas contaminantes pasan por asentamientos humanos, exponiendo a la población a efectos adversos en la salud, mientras que las industrias "operan con base en la normatividad vigente", aunque en la práctica esto no sea así. La NOM-0001, desde 1996, nació para controlar las descargas municipales e industriales; sin embargo, a pesar de que se ha actualizado, aún no logra regular compuestos problemáticos, aunque endurece límites clave como N, P, SST, entre otros, al mismo tiempo elimina parámetros microbiológicos importantes como coliformes fecales (Hernández Acosta et al., 2025).

Todos estos puntos convergen en que la legislación ambiental tiene la intención de mejorar la calidad de vida de la población y del medio ambiente; sin embargo, no lo logra, ya que las industrias y los bandos municipales no aplican con rigor la normatividad y permiten que las descargas de aguas industriales y municipales superen los límites permitidos. No hay una observancia debida. Los factores vulnerables se ven más afectados y sufren las consecuencias, y las soportan debido a la falta de vivienda digna. Se recomienda analizar más a fondo los límites de los contaminantes y realizar reportes constantes para medir la contaminación de la cuenca. Con base en las mediciones reales analizadas, se podría actualizar la norma, disminuir el límite permisivo y aumentar las sanciones a quienes lo sobrepasen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bulmer-Thomas, V. (s/f). *La historia económica de América Latina desde la Independencia*.
- Bundschuh, J., Armienta, M. A., Morales-Simfors, N., Alam, M. A., López, D. L., Delgado Quezada, V., Dietrich, S., Schneider, J., Tapia, J., Sracek, O., Castillo, E., Marco Parra, L.-M., Altamirano Espinoza, M., Guimarães Guilherme, L. R., Sosa, N. N., Niazi, N. K., Tomaszewska, B., Lizama Allende, K., Bieger, K., ... Ahmad, A. (2021). Arsenic in Latin America: New findings on source, mobilization and mobility in human environments in 20 countries based on decadal research 2010-2020. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 51(16), 1727–1865. <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1770527>
- Castillo Villanueva, L. (2009). *Urbanización, problemas ambientales y calidad de vida urbana* (1. ed). Plaza y Valdés.
- Cole, M. A. (2004). US environmental load displacement: Examining consumption, regulations and the role of NAFTA. *Ecological Economics*, 48(4), 439–450. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.10.016>
- Delgadillo, V. (2015). Teorías urbanas latinoamericanas: El legado de una gran generación. *Economía Sociedad y Territorio*, 261. <https://doi.org/10.22136/est002015562>
- Domínguez-Montero, L. E., Poggi-Varaldo, H. M., Cañizares-Villanueva, R. O., Padilla Viveros, A. A., Rinderknecht-Seijas, N., Caffarel-Méndez, S., & De La Cruz-Burelo, E. (2024). 'Regulaciones para la descarga de aguas residuales de México: Comparacion con otros países y su cumplimiento en plantas de tratamiento seleccionadas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40. <https://doi.org/10.20937/RICA.54362>
- Gelobter, M. (1994). *The Meaning of Urban Environmental Justice*.
- Hernández Acosta, E., Vega Argüello, L., & García Gallegos, E. (2025). Impact of Point Sources on the Water Quality of the Camalote River, Oaxaca, Mexico. *Agro Productividad*. <https://doi.org/10.32854/agrop.v18i2.3055>
- Kuehn, R. R. (2000). *A Taxonomy of Environmental Justice*.
- Mohai, P., Pellow, D., & Roberts, J. T. (2009). Environmental Justice. *Annual Review of Environment and Resources*, 34(1), 405–430. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-082508-094348>
- Pérez-Campuzano, E. (2010). Segregación socioespacial en ciudades turísticas, el caso de Puerto Vallarta, México. *región y sociedad*, 22(49). <https://doi.org/10.22198/rys.2010.49.a425>

- Qian, L., Wang, S., Xu, D., Guo, Y., Tang, X., & Wang, L. (2016). Treatment of municipal sewage sludge in supercritical water: A review. *Water Research*, 89, 118–131. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.11.047>
- Tetreault, D. V., McCulligh, C., & Lucio, C. (Eds.). (2019). *Despojo, conflictos socioambientales y alternativas en México* (Primera edición). Universidad Autónoma de Zacatecas.
- Tristán Rodríguez, M. S. (2019). Ciudades mexicanas y discriminación ambiental: Los retos de la justicia ambiental urbana. *Derecho y Ciencias Sociales*, (21), 130–144. <https://doi.org/10.24215/18522971e059>
- Zurita, F., Roy, E. D., & White, J. R. (2012). Municipal wastewater treatment in Mexico: Current status and opportunities for employing ecological treatment systems. *Environmental Technology*, 33(10), 1151–1158. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.610364>