

Territorios fragmentados

Análisis crítico del desarrollo desigual en América Latina

#2
Junio 2024

La otra cara del (no) desarrollo: la Región Tolteca en México como “zona de sacrificio”

Boletín del
Grupo de Trabajo
**Desarrollo y
desigualdades
territoriales:
perspectivas críticas**



Territorios fragmentados: análisis crítico del desarrollo desigual en América Latina no. 2 : la otra cara del -no- desarrollo : la Región Tolteca en México como zona de sacrificio / Carolina García Reyes ... [et al.] ; Coordinación general de Roxana María Viruez Valverde ... [et al.] ; Prólogo de Gonzalo J. Flores Mondragón. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : CLACSO, 2024.

Libro digital, PDF - (Boletines de grupos de trabajo)

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-813-818-3

1. Contaminación Ambiental. 2. Agua Subterránea. 3. Aire. I. García Reyes, Carolina II. Viruez Valverde, Roxana María, coord. III. Flores Mondragón, Gonzalo J., prolog.

CDD 307.14

PLATAFORMAS PARA EL DIÁLOGO SOCIAL



CLACSO

Consejo Latinoamericano
de Ciencias Sociales

Conselho Latino-americano
de Ciências Sociais

Colección Boletines de Grupos de Trabajo

Director de la colección - Pablo Vommaro

CLACSO Secretaría Ejecutiva

Karina Batthyány - Directora Ejecutiva

María Fernanda Pampín - Directora de Publicaciones

Equipo Editorial

Lucas Sablich - Coordinador Editorial

Solange Victory y Marcela Alemandi - Producción Editorial

Equipo

Natalia Gianatelli - Coordinadora

Cecilia Gofman, Marta Paredes, Rodolfo Gómez, Sofía Torres,

Teresa Arteaga y Ulises Rubinschik

© Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales | Queda hecho el depósito que establece la Ley 11723.

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su almacenamiento en un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos, sin el permiso previo del editor.

La responsabilidad por las opiniones expresadas en los libros, artículos, estudios y otras colaboraciones incumbe exclusivamente a los autores firmantes, y su publicación no necesariamente refleja los puntos de vista de la Secretaría Ejecutiva de CLACSO.

CLACSO

Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales - Conselho Latino-americano de Ciências Sociais

Estados Unidos 1168 | C1023AAB Ciudad de Buenos Aires | Argentina.

Tel [54 11] 4304 9145 | Fax [54 11] 4305 0875

<clacso@clacsoinst.edu.ar> | <www.clacso.org>



Coordinadores del Grupo de Trabajo

Roxana María Viruez Valverde

Centro de Estudios Superiores

Universitarios

Universidad Mayor de San Simón

Bolivia

roxa.viruez@umss.edu

Raúl Hernández Mar

Unidad Lerma

Universidad Autónoma Metropolitana

México

r.hernandez@correo.ler.uam.mx

Jorge Leal

Departamento de Ciencias Sociales

Centro Universitario Regional Litoral Norte

Universidad de la República

Uruguay

jorgeleal.uy@gmail.com

Coordinadores del Boletín

Roxana Viruez

Jorge Leal

Brisa Carrasco

Jesús Guerrero Morales

Juan Carlos López García



Contenido

- 5** Presentación
- 7** Prólogo
La complejidad de los procesos contaminantes en la Región Tolteca, México
Gonzalo J. Flores Mondragón
- 18** Acción colectiva por la defensa del territorio en la Región Tolteca
Carolina García Reyes
Josefina Ramírez
Refugio Choreño
- 27** Un recurso invisible
El agua subterránea en la RESA Valle del Mezquital Sur
María Vicenta Esteller Alberich
José Luis Expósito Castillo
Héctor Uriel Zaragoza Contreras
Roxana García Chávez
Neri Díaz Espíritu
Jorge Paredes Tavares
Bárbara del Rosario Almazán Benítez
Celso Rico Firo
- 38** Evaluación de la calidad del aire en la Región de Emergencia Sanitaria Ambiental
Apaxco-Atotonilco de Tula-Atitalaquia
Iván Yassmany Hernández Paniagua
Edgar Josué Arellano Hernández
Noemí Alcantar Labra
Brandon Montiel de la Cruz
Elizabeth Sánchez Martínez
Gema Luz Andraca Ayala
- 50** El sedimento del río Tula
Riesgo potencial para la biota
Edelmira García Nieto
Víctor Alcántara Concepción
Libertad Juárez Santacruz
Arelly Anaya Hernández
Maribel Méndez Tepepa
Cuauhtémoc Morales Cruz
- 62** Degradación socioambiental y la semilla de una alternativa territorial en el Valle del Mezquital
Juan Campos Alanís Campos Alanís
Edel Cadena Vargas
Raquel Hinojosa Reyes
José Emilio Baró Suarez
Brisa Violeta Carrasco Gallegos
Jesús Guerrero Morales

71 Derechos de las personas a un ambiente saludable

Panorama general de la salud en RESA, Valle del Mezquital Sur

Raymundo Ordoñez Sierra
Miguel Ángel Gómez Albores
María Guadalupe Rodríguez Reyes
Víctor Josué Arriaga Núñez
Carlos Roberto Fonseca Ortiz
Joan Fer Zamora Mancio
Cristina Eduardo Soto

87 Política pública e incidencia en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental del Valle del Mezquital

Julieta Martínez Cuero
Cecilia Stephania Vázquez Ortiz





Presentación

El Grupo de Trabajo CLACSO Desarrollo y Desigualdades Territoriales: perspectivas críticas, tiene como objetivo la comprensión de las dinámicas de producción y reproducción de las desigualdades territoriales, en tanto producto de múltiples relaciones de poder en diferentes niveles desde la interseccionalidad. Se busca analizar el papel que juegan los Estados en la producción de dichas desigualdades, en el marco de la globalización neoliberal y su relación con la política de desarrollo y el capital transnacional. Asimismo, se pretende indagar en las posiciones y acciones que diversos actores socio-territoriales presentan ante el modelo hegemónico del desarrollo.

En este sentido, consideramos importante dar lugar a experiencias de nuestra región orientadas al estudio de los impactos que las políticas de desarrollo estatales generan en territorios determinados para esos fines.

En esta oportunidad este número de Boletín lo dedicamos a exponer el trabajo del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia (PronaII) perteneciente al Programa Nacional Estratégico de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes en México.

El Proyecto PronaII 318998 “Evaluación del riesgo para la salud humana por agentes de origen antrópico, como herramienta de empoderamiento social”, tiene como lugar de acción la Zona estratégica ambiental: Norte del Estado de México y zona Tula, Hidalgo. Se desarrolla desde 2022 en los municipios de Atotonilco de Tula, Atitalaquia, Tula de Allende en Hidalgo y Apaxco en el Estado de México.

Remarcamos que una de las peculiaridades de este proyecto es extender la convocatoria a la participación de grupos comunitarios organizados, que luchan para mejorar sus condiciones medioambientales y la salud de la población y el trabajo multi y transdisciplinario de diversas áreas de investigación - como tecnología y ciencias del agua, ciencias de la atmósfera y cambio climático, geografía, genética y ambiente, y políticas públicas - en diálogo y participación con Activistas del Colectivo de Comunidades en Defensa de la Vida y el Territorio en la Región Tolteca, Atitlaqui, Apaxco, Atotonilco de Tula y Tula de Allende.

Los artículos de este Boletín, desde estas distintas disciplinas nos muestran el impacto socioambiental en estas “zonas de sacrificio” desde la contaminación a las cuencas, ríos, aérea, afectación al paisaje y el patrimonio, generando afectaciones graves a la salud y la calidad de vida de los habitantes de este lugar, y cómo el gobierno flexibiliza las leyes permitiendo estas afectaciones, además, evitando reconocer cualquier tipo de responsabilidad.

Este caso nos permite reflexionar sobre el rol de los Estados que a nombre de desarrollo y progreso económico produce desigualdades, sacrifica zonas enteras y la condena a mantenerse en esa condición.

Este número está compuesto por artículos elaborados por invitados del Grupo de Trabajo.



Prólogo

La complejidad de los procesos contaminantes en la Región Tolteca, México

Gonzalo J. Flores Mondragón*

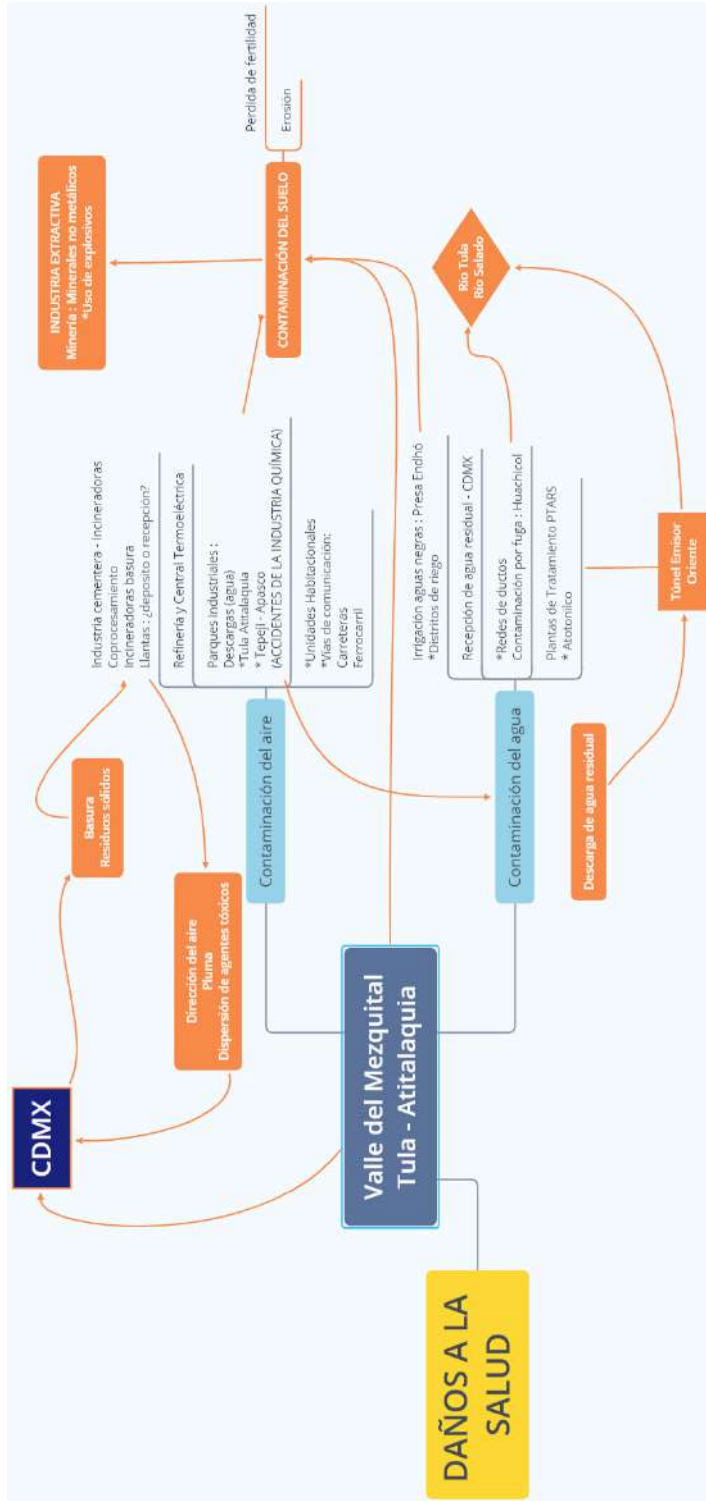
Las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental se caracterizan por una extraordinaria superposición de factores de devastación socioambiental que han sido impuestos a poblaciones y territorios en aras de la obtención de descomunales ganancias a costa de la destrucción de territorios y el avasallamiento de las poblaciones a condiciones de riesgo. Este es el caso de la RESA Valle del Mezquital Sur, Hidalgo, la cual ha sido convertida en una zona de saqueo de recursos naturales y de disposición del espacio como patio de operaciones de la industria cementera, que se presume como punta de lanza de la industria cementera nacional.

La RESA Valle del Mezquital Sur, Hidalgo, se encuentra situada al sur del Estado de Hidalgo y el norte del Estado de México, comprende municipios de Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende, Tepeji del Río, Apaxco, Huehuetoca y Tequixquiac. Esta región opera como enclave de la

* Investigador de la Universidad Pedagógica Nacional, Responsable Técnico del PronaII FORDECYT-PRONACES/298/2020 “Ecosistema nacional informático de agentes tóxicos y procesos contaminantes” CONAHCyT, México.

industria extractiva y manufacturera de la región centro de México, articuladas alrededor de la industria del cemento, liderada por las multinacionales Cemex y Holcim. Al mismo tiempo, opera como polo energético abasteciendo a la industria regional, el cual está articulado alrededor de la Refinería Miguel Hidalgo de Pemex -desarrollando procesos de refinamiento y distribución de energéticos- y de la Central Termoeléctrica de Tula de la CFE. La región también cumple la función de ser centro logístico y articulador de los centros industriales del eje transversal del país. La región también sirve como espacio residual de la ZMVM que vuelca sus externalidades ambientales a esta región, convertida desde hace décadas en el vertedero de las aguas residuales de la Ciudad de México, de los municipios del norte del Estado de México y de la industria que opera en el lugar; así como de espacio para el coprocesamiento de residuos peligrosos que producen el combustible alterno para los hornos de cemento, como es el caso de la empresa Geocycle de Hölcim-Apasco (Carrasco & Vargas, 2015), cerrando el circuito de manejo de residuos generados en la zona metropolitana, aprovechando los materiales acopiados en los centros de acopio emplazados en la región y en los municipios del norte del Estado de México. Todo lo anterior hace de la región un espacio funcional, configurado y usado para satisfacer las necesidades de la industria nacional y extranjera.

Figura 1. Complejidad del metabolismo tóxico de la RESA Valle del Mezquital Sur, Hidalgo



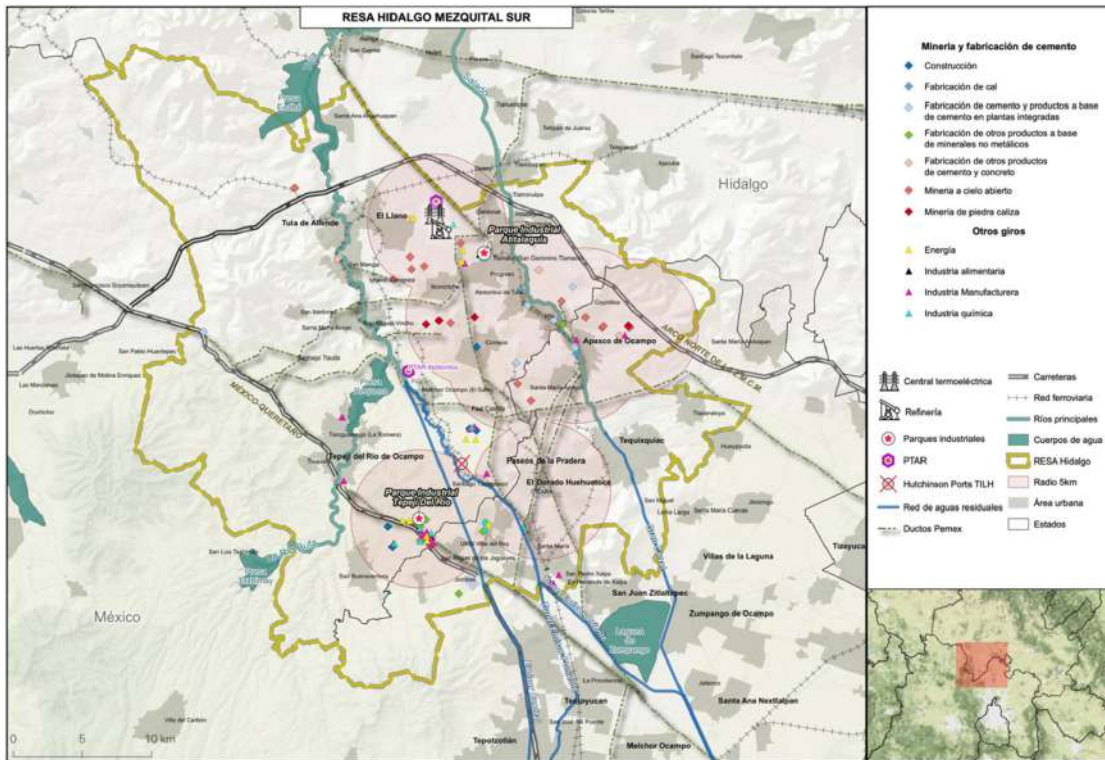
Fuente: González & Domínguez (2021), pág. 302)

Bajo esta lógica funcional, la infraestructura de comunicaciones y servicios desarrollada en la región cumple la tarea de operar como plataforma al servicio de la industria extractiva y manufacturera, siendo utilizada como medio para la movilización de materias primas, recursos energéticos y productos que circulan a través de las redes carreteras, ferroviarias y centros logísticos emplazados en la región. Éstas redes y centros han sido instalados estratégicamente: 1) para servir a la industria, como es el caso de la terminal intermodal logística Hutchinson Ports TILH, operado por la trasnacional Hutchinson Ports, emplazado en la carretera federal Tula-Jorobas, que interconecta la región vía ferroviaria con los puertos de Veracruz, Lázaro Cárdenas y Manzanillo; 2) para articular los centros industriales integrados a la megalópolis, como es el caso de la autopista Arco Norte (Libramiento Norte del Valle de México), que conecta al poniente del Estado de México con la zona industrial de Puebla y Tlaxcala, terminando en el municipio de San Martín Texmelucan, y que -a su vez- se interconecta a las autopistas México-Querétaro, México-Pachuca, México-Tulancingo, México-Puebla y la carretera Texcoco-Apizaco. En el mismo sentido opera la red ferroviaria regional, de la cual forman parte los nodos ferroviarios de Tula y Vito, dos de los principales centros emisores y receptores de los mayores volúmenes de carga, interconectando los centros industriales de la zona con los del resto del país, en cuya operación ocupa un lugar destacado la empresa Kansas City Southern de México (Contreras, 2011).

Esta concentración de núcleos industriales contaminantes hace de la RESA Valle del Mezquital Sur, Hidalgo, da lugar a que en ésta se dé una superposición de dinámicas contaminantes que inciden en la configuración de un metabolismo tóxico regional, en el cual diariamente son desarrollados procesos extractivos y productivos altamente contaminantes, en el que son vertidos miles de metros cúbicos de aguas residuales, y son dispersadas enormes cantidades de polvos y emisiones atmosféricas contaminantes. Por lo que, la población asentada en esta RESA se encuentra expuesta de manera permanente a elevados niveles de contaminación ambiental por agentes contaminantes de alto potencial tóxico,

que se encuentran asociados al desarrollo de enfermedades con elevado índice de letalidad, particularmente al cáncer y a enfermedades respiratorias y cardiovasculares. (Flamand, et al. 2020; SUIVE/DGE/SS 2019).

Mapa 1. Principales fuentes de contaminación ambiental en la RESA Valle del Mezquital Sur, Hidalgo y radio de afectación



Fuente: González & Domínguez (2021, pág. 36).

En primer término la dinámica contaminante que genera la industria del cemento, que actúa como eje articulador de la industria minera con sus procesos de minería a cielo abierto y unidades productivas dedicadas a la trituración, molienda, calcinación y elaboración de productos a base de minerales no metálicos, entre las que destacan Cemex, Hölcim, Fortaleza, Moctezuma, Grupo Calidra, Caleras Bertrán, Adhetec, entre otras, concentradas en los municipios de Atotonilco de Tula, Tula de Allende, Apaxco, Huehuetoca, Tepeji del Río; dinámica contaminante a la que

contribuyen las empresas dedicadas al coprocesamiento de residuos, todas las cuales en su conjunto conforman circuitos industriales de extraordinario impacto ambiental por la generación de polvo (partículas contaminantes) y diversas emisiones que dan lugar a la formación de cócteles tóxicos de alto impacto (SEMARNAT-SEMARNATH, 2015).

En segundo término la dinámica contaminante generada por el polo energético articulado alrededor de la Refinería de Pemex (con su entramado de ductos petrolíferos, de centros de almacenamiento y distribución) y de la Termoeléctrica de la CFE (que proporciona energía eléctrica a los núcleos industriales) que, en conjunto, producen una gran cantidad de emisiones tóxicas (principalmente de dióxido de azufre y óxido de nitrógeno) que envenenan la atmósfera regional, así como de descargas, vertidos tóxicos y residuos peligrosos, que contaminan los suelos y el agua de la región. Esta concentración de puntos de almacenamiento de combustibles destinados a la industria y el consumo doméstico da lugar a que, en municipios como Tepeji del Río, se encuentren emplazadas las principales empresas de distribución de gas LP que abastecen a la zona metropolitana¹ (De la Mora, 2012).

En tercer lugar, la dinámica polucionante producida por el conglomerado industrial que conforma los corredores económicos más contaminantes -en el que convergen las industrias: química, del plástico, metálica, eléctrica y generación de energía, de maquinaria y equipo industrial, textil, papelera e industrias conexas y alimentaria-, que generan una gran cantidad de emisiones, descargas de aguas residuales y residuos industriales altamente tóxicos e inadecuadamente tratados y de los que se carece de registros puntuales y fidedignos (Carrasco & Vargas, 2016, pág. 3-10).

En cuarto lugar, la dinámica contaminante generada por el sistema de desagüe de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México y el norte del área metropolitana del Valle de México, en la que se combinan

¹ Transportes Gas de México, Auto Tanques Nieto, Artech, Combugas, Tragamex, Tomza.

aguas residuales municipales e industriales, que fluyen por toda la región a través del Río Salado, el Río Tula y una extensa red de canales de aguas residuales que corren por toda la región. Las aguas residuales son parcialmente tratadas en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Atotonilco para regar con ellas 80 mil hectáreas en el Valle de Tula. Esta planta acumula sus lodos tóxicos al aire libre junto con la Presa Endhó, que representa el mayor almacenamiento de elementos tóxicos en la región y cuyas aguas también son utilizadas para riego agrícola. Este sistema de drenaje del Valle de México genera emisiones y filtraciones que deterioran el aire de la región y producen afectaciones a los suelos y mantos freáticos subterráneos de la región.

En conjunto estas dinámicas contaminantes generan numerosos impactos ambientales que han sido documentados por las comunidades afectadas y por investigadores son numerosos y de diversa índole, entre los cuales destacan:

- Pérdida de biodiversidad y disminución de la productividad de suelos agrícolas por la acumulación de partículas contaminantes (polvo) y emisiones de contaminantes altamente peligrosos que dan lugar a la degradación de los suelos manifestada como pérdida de biodiversidad, procesos de erosión, deterioro de los ecosistemas y devastación del territorio por sobreexplotación de los recursos naturales de la región, contaminación de los cuerpos de agua por descarga de aguas residuales en ríos y canales.
- Contaminación de suelos, mantos freáticos, de cuerpos de agua y deterioro de la calidad del agua subterránea, ocasionados por derrames, fugas, perforación clandestina de ductos y accidentes industriales que producen nubes tóxicas de hidrocarburos gasificados.
- Procesos de salinización y degradación de los suelos por el uso de aguas residuales en riego agrícola; contaminación de mantos freáticos y aguas subterráneas por las filtraciones de aguas residuales.

- Deterioro de la calidad del aire por altas concentraciones de contaminantes, los cuales son dispersados por el viento hacia los municipios y alcaldías situados al norte de la ZMVM.

Todo lo anterior prueba que no existe una política ambiental, ni sanitaria, por parte de las autoridades e instancias federales, estatales o municipales, que orienten el desarrollo sustentable de la región, ni que protejan la salud y la vida de la población de la región. Bajo la dinámica neoliberal de competencia por atraer inversiones económicas, principalmente extranjera, el estado de Hidalgo, al igual que los estados del centro-occidente (Querétaro, Guanajuato y Jalisco) y del centro-este (Tlaxcala y Puebla), han promovido el desarrollo de megaproyectos industriales, carreteros, centros logísticos y puertos interiores, desarrollos inmobiliarios, terminales de almacenamiento y distribución, bajo la consigna de convertirse en el principal centro económico de la región, supeditando a las poblaciones y territorios a esta dinámica económica.

No existe una identificación, cuantificación ni comprensión integral de los riesgos y daños que este polo energético representa para el medio ambiente y la salud de las poblaciones de la región que han quedado atrapadas en su entramado, porque no existe un registro integral de los impactos que generan en conjunto las emisiones tóxicas industriales. La cuantificación que se ha hecho en sexenios anteriores de los daños ambientales de la región ha sido inadecuada, dado que las emisiones y daños ambientales son cuantificadas de forma desagregada, sin que exista un seguimiento de los impactos en su conjunto considerando el sistema aire, agua y suelo, ni de un seguimiento epidemiológico puntual de los daños a la salud de las comunidades de la región.

Tampoco se ha realizado por parte de las instancias responsables de la protección ambiental un monitoreo, control y seguimiento puntual e integral de las emisiones contaminantes generadas en los procesos de producción del cemento y de coprocesamiento de residuos utilizados como combustibles alternos (particularmente de dioxinas y furanos), ni

una vigilancia epidemiológica por parte de las instancias responsables de salud, que dé cuenta de los efectos que producen en la salud de la población, ignorando y desatendiendo las evidencias científicas de la asociación existente entre este tipo de empresas y el desarrollo de diferentes tipos de cáncer.

Esta inadecuada atención a la salud de la población ha dado lugar a la falta de una política regulatoria en materia ambiental y sanitaria sustentada en los principios de prevención y precaución establecidos en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y de las responsabilidades que le corresponden al Estado Mexicano como garante del derecho humano a un medio ambiente sano, a la salud y a la protección de la vida, conforme al ordenamiento constitucional y el suscrito por éste en tratados internacionales en la materia. Incluso subestimando y desatendiendo las denuncias comunitarias respecto a los riesgos y daños a la salud, así como los resultados de investigaciones científicas comprometidas con las comunidades, que han dado cuenta de estas afectaciones.

Estas faltas y carencias científico institucionales se han comenzado a atender en este sexenio principalmente de la mano del Conahcyt, a través de sus Programas Nacionales Estratégicos, en colaboración cercana con la actual Secretaría de Salud. El presente número de esta revista expone el trabajo de un Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia (PronaII) perteneciente al Programa Nacional Estratégico de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.

El PronaII 318998 “Evaluación del riesgo para la salud humana por agentes de origen antrópico, como herramienta de empoderamiento social. Zona estratégica ambiental: Norte del Estado de México y zona Tula, Hidalgo,” se desarrolla desde 2022 en los municipios de Atotonilco de Tula, Atitalaquia, Tula de Allende en Hidalgo y Apaxco en el Estado de México. Una de las peculiaridades de estos proyectos es extender la convocatoria a la participación de grupos comunitarios organizados, que luchan para mejorar sus condiciones medioambientales y la salud de la población.

En este sentido el PronaII se ha constituido incorporando a un amplio colectivo de investigadoras e investigadores y activistas comunitarios.

Los trabajos desarrollados se inscriben en el campo de la multi y transdisciplina, a enfrentarse al problema complejo que he descrito y que, para su análisis y propuestas de solución, un solo aparato epistemológico, resulta insuficiente. Los ejes de trabajo son 1) Caracterización de los procesos contaminantes, dimensión de los agentes tóxicos presentes y epidemiología, y; 2) Incidencia social a partir de la educación popular, políticas públicas y capacidad de respuesta social. Las líneas de investigación que han desarrollado son: Análisis de la contaminación de aguas subterráneas, superficiales, sedimentos y atmósfera. Seguimiento epidemiológico de mortalidad y morbilidad y su relación a las fuentes fijas de emisiones contaminantes. Caracterización del riesgo a la vulnerabilidad socioambiental, impactos de la minería, análisis de inundaciones, registro de sitios de valor patrimonial, seguimiento y propuestas de políticas públicas, educación popular y vocaciones científicas tempranas.

El colectivo de trabajo se compone de 60 activistas de los grupos comunitarios organizados en los cuatro municipios, 55 investigadores, 25 colaboradores e investigadores independientes, 22 estudiantes de posgrado, 27 estudiantes de licenciatura y 50 estudiantes de secundaria. Los grupos de trabajo pertenecen a cinco instituciones públicas mexicanas de educación superior y atienden la problemática de 240,000 pobladores que habitan en 600 kilómetros cuadrados del Sur del Valle del Mezquital. Los resultados obtenidos en el marco del PronaII se presentan en este número, esperando sean de interés para los luchadores ambientales y la comunidad científica latinoamericana.

BIBLIOGRAFÍA

- Contreras, José Enrique (2011), *Implicaciones territoriales de la producción industrial en la microregión Tula-Tepeji*. Tesis: Doctor en Urbanismo. México: UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/implicaciones-territoriales-de-la-produccion-industrial-en-la-microrregion-tula-tepeji-97380>
- Carrasco, Brisa & Vargas, Jorge (2015), Incineración de residuos en cementeras como una falsa solución inserta en los mercados de Carbono, *Entretextos*, 6-18.
- Carrasco, Brisa & Vargas, Jorge (2016), El impacto de la industria cementera en el medio ambiente y la salud: caso Holcim-Apaxco. En Carrasco, Brisa & Vargas, Jorge, *No en nuestro patio trasero: Experiencias comunitarias contra la industria del cemento* (pp. 34-38). México: LIDECS.
- De la Mora, Gabriela (2012), Instalación de refinerías en la región de Tula en Hidalgo: análisis desde la modernidad. *Estudios Sociales*, 20-40. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572012000200007
- Flamand, Laura, Moreno, Carlos & Arriaga, Rafael (2020), *Cáncer y desigualdades sociales en México. Diagnóstico de una relación estrecha y compleja*. México: El Colegio de México. <https://desigualdades.colmex.mx/cancer/informe-cancer-desigualdades-2020.pdf>
- González, Leticia & Domínguez, Víctor (2021), *Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes. Primer Informe*. México: Conahcyt.
- SEMARNAT-SEMARNATH (2015), *Programa de Gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Hidalgo. ProAire 2016-2024*. Pachuca: Gobierno del Estado de Hidalgo.
- SUIVE/DGE/SS (2019), Veinte principales causas de enfermedad en Hidalgo, por grupos de edad. Estados Unidos Mexicanos, 2019, Población General. México: SUIVE/DGE/SS. https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2019/principales/estatal_grupo/hgo.pdf





Acción colectiva por la defensa del territorio en la Región Tolteca

Carolina García Reyes
Josefina Ramírez
Refugio Choreño*

Introducción: Los procesos contaminantes en la Región Tolteca

En la región sur del Valle del Mezquital la existencia de grupos comunitarios organizados ha estado presente desde el siglo pasado, principalmente en el aspecto ambiental y sus impactos a la salud ocasionados por más de 350 fuentes contaminantes existentes en el corredor Tula -Atitalaquia-Atotonilco-Apaxco. Aquí se encuentran industrias de las más contaminantes a nivel mundial, como son: Industria del petróleo opera con ácido sulfhídrico, Termoeléctrica opera con combustóleo pesado, con un radio de afectación de 100 km, elimina una gran cantidad de dióxido de azufre en el ambiente, prácticamente al doble de la NOM 016 de la Comisión Reguladora de Energía (2%). Ambas dañan a una población de más de 20 millones de habitantes de la región, Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y Ciudad de México (CDMX).

* Activistas del Colectivo de Comunidades en Defensa de la Vida y el Territorio en la Región Tolteca, Atitalaquia, Apaxco, Atotonilco de Tula y Tula de Allende.

Siete cementeras, que producen el 40% del cemento nacional, con un radio de afectación de 50km a la redonda cada planta. García Pérez y cols. (2015) del instituto de salud Carlos III de España, demuestran que, en un radio de afectación de 50 km, existen 33 tipos de cáncer diferentes y en un radio de 5 km cáncer de colon y recto en ambos sexos. Desde mediados de los 90' en lugar de combustibles fósiles se inició una práctica implementada 20 años atrás en Europa y Estados Unidos que consiste en el uso de Combustible Derivado de Residuos (CDR) como fuente energética para la producción, agravando los impactos a la salud y medio ambiente. Lo anterior por la liberación de compuestos orgánicos persistentes, compuestos orgánicos volátiles, metales pesados, material particulado (PM10 y 2.5), dioxinas, furanos, gases de efecto invernadero, entre otros.

Minería no metálica a cielo abierto, se aprecia modificación del 65% de la superficie de las zonas de extracción, con erosión del suelo, escasa vegetación, desertificación, afectación de la biodiversidad y sistemas hídricos, notorio en el municipio de Atotonilco de Tula Hidalgo y en Apaxco en el estado de México.

Otras fuentes contaminantes: la industria de cal, agroquímicos, Geocycle (Ecoltec), industria de alimentos, fármacos, pinturas y en Apaxco más de 80 industrias dedicadas principalmente a elaborar productos para la construcción hasta hoy no reguladas, liberan al medio ambiente material particulado (PM10 y 2.5). Como lo demuestra un estudio de exposición personal del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2022) de hasta 120 microgramos por m³ y en algunos momentos de exposición extrema, hasta más de 2,000 microgramos por m³.

Con un decreto presidencial de Luis Echeverría en 1975, las aguas residuales orgánicas-domésticas de la ZMVM fueron enviadas hacia las presas Requena y Endho (la cloaca más grande de Latinoamérica) almacena 182 millones de metros cúbicos afecta 21 localidades ribereñas con población de 61,586 habitantes. Estas aguas residuales, al contener materia fecal, que fungieron como un aditivo orgánico, promovieron la

producción agrícola del Valle del Mezquital distrito de riego Tula y Alfajayucan, utilizado para el riego de más de 90 mil hectáreas para la siembra de maíz, alfalfa y hortalizas. Constituye la segunda región en el mundo de mayor uso de aguas residuales para este sector.

Agroquímicos 40% de la superficie agrícola en Hidalgo corresponde a esta región con el uso de fertilizantes, insecticidas, herbicidas, fungicidas además de la presencia de contaminantes emergentes en el agua.

Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), Atotonilco de Tula en 2010 SEMARNAT decide dar un nuevo manejo al agua de la región agrícola. La planta trata 35 a 50 metros cúbicos por segundo y ocasiona un grave problema por los lodos esparcidos a su alrededor y la generación de fauna nociva que afecta a comunidades cercanas. Existe la pretensión incinerar los lodos en los hornos de cemento, lo que no han logrado por la resistencia comunitaria.

Para la operación del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, la dotación de agua en unidades habitacionales cercanas al mismo y la crisis hídrica de la ciudad de México, se perforaron 20 pozos, de los cuales se obtendrán 25 litros por segundo del acuífero del Valle del Mezquital, agravando aún más la situación de la zona de por sí ya considerada región de emergencia sanitaria y ambiental.

En la década de los 70' en Apaxco y Atotonilco, se formó un frente común en contra de la liberación de polvos de la empresa Cementos Apasco y Cementos Tolteca Atotonilco, logrando la colocación de filtros, disminuyendo de forma importante este impacto. Se convino entre los responsables de la empresa y del grupo comunitario, un pago de \$10,000 diarios por 40 días hasta que estos fueran colocados.

El cóctel químico generado por las emisiones de las fuentes contaminantes contiene: Dióxido de carbono, dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, amoníaco, metano, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos aromáticos, material particulado pM 10 y 2.5 metales pesados, dioxinas,

furanos y policlorobifenilos responsables de daños a la salud de forma aguda y crónica los primeros. Irritación faríngea y en ojos, cefalea, irritabilidad, fatiga, mareos, náuseas, exacerbación de infecciones respiratorias, bronquitis y en casos extremos pérdida de la conciencia y muerte. También se presentan manifestaciones crónicas como daños tóxicos, envejecimiento celular acelerado, muertes prematuras, cambios mutagénicos y carcinógenos.

Movimientos sociales en respuesta a los problemas ambientales y de salud

A finales de los años 90' y principios de 2000, Holcim Apaxco inicia la quema de llantas como fuente energética y se rumoraba que construiría una planta (Ecoltec) que elaboraría el Combustible Derivado de Residuos (CDR) para su coprocesamiento en la cementera. Esto motivó la formación de un grupo denominado Jóvenes Emprendedores, quienes se dedicaban a diversas actividades como la plantación de árboles, pero también a la creación de acciones para alertar a la comunidad de Apaxco del impacto ambiental y a la salud que tendría su operación. Con apoyo de Greenpeace México y Centro de Diagnóstico y Alternativas para Afectados por Tóxicos (CEDAAT). Por represión en la mayoría de los integrantes del grupo por parte de la empresa y de la autoridad municipal en turno se desintegró en poco tiempo. Finalmente se construye la planta Ecoltec e inicia su operación en 2003.

Después de un periodo de letargo, el 5 y 6 de mayo de 2009 se presenta una emergencia química por liberación de acrilato en la empresa Ecoltec, donde aproximadamente 2,000 personas se presentaron a las puertas de la empresa reclamando una serie de manifestaciones clínicas agudas. Como respuesta, representantes de la empresa refirieron que no se preocuparan que se encargarían del caso. Sin embargo, al día siguiente se repitió otra fuga de acrilato y como no presentaron solución al problema, la población decide hacer un plantón (cierre de la planta) permanente

a partir del 7 de mayo del 2009 del grupo denominado Movimiento Pro-salud Apaxco Atotonilco, cuya principal demanda era “Fuera Ecoltec.” El movimiento tuvo una gran participación comunitaria de las colonias Vito, El Refugio, del municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo y Apaxco, Estado de México. Cabe recalcar que en varias ocasiones hubo agresiones al movimiento, pero es hasta el 20 de febrero de 2012 cuando fueron desalojados por policías ministeriales, estatales y municipales. Durante este tiempo hubo apoyo de varias organizaciones como Greenpeace México, Greenpeace Internacional, Alianza Global para Alternativas a la Incineración (GAIA), Amigos de la Tierra, Fronteras Comunes, Centro de Análisis y Acción en Tóxicos y sus Alternativas (CAATA), Otros Mundos, Grupo Verde Ecologista de los Estados Unidos de América.

Esta emergencia fue referida en el libro México Tóxico Emergencias Químicas de la Dra. Lilia Albert y la Mtra. Marisa Jacott (2015), como una de las más relevantes que han sucedido en el país. Otro estudio fue presentado en relación a casos de intoxicación aguda por CEDAAT. Se estudiaron 305 personas de las cuales el 86% (262) presentaron alguna manifestación, el 4% (14 personas) manifestaron intoxicación severa con pérdida del conocimiento. Además, esta misma organización, presenta estudio de neurotoxicidad en solo 35 niños de 8 a 11 años, debido a que el gobierno municipal en turno les amenazaba con el retiro de sus programas sociales a las personas que participaran en el estudio. Se evaluaron dos variables atención y memoria. En la primera, el 46% de ellos fueron afectados y en la segunda el 100% y de forma severa un 69% (De León, et al. 2010).

Fue difícil la reorganización del movimiento y gracias al apoyo del activista y biólogo Jorge Tadeo Vargas, quien conocía otros grupos de lucha en contra de la incineración de residuos en México de los Estados de San Luis Potosí, Veracruz, Hidalgo, Puebla y Estado de México, se formó el Frente de Comunidades en Contra de la Incineración (FCCI), convocando el primer encuentro en Atotonilco de Tula, Hidalgo el 29 y 30 noviembre de 2013. A partir de entonces se iniciaron una serie de actividades

impulsadas por el FCCI en contra de la incineración de residuos en hornos de cemento, dificultando avance por el nulo apoyo de los tres niveles de gobierno quienes incondicionalmente están al servicio de la industria cementera. A la fecha se han realizado 4 reuniones, la última en Apaxco el 04 de mayo 2019, donde las principales peticiones han sido i) No más cementeras más en el país; ii) Que las regulaciones para esa industria sean estrictas, y; iii) No incineración de residuos en este ramo industrial.

El 07 de abril del 2013 explota la planta de agroquímicos ATC en el parque industrial Tlamaco en Atitalaquia, Hidalgo, con una afectación de más 30,000 personas expuestas a múltiples tóxicos principalmente dioxinas. La nula información de gobierno de los dos niveles, municipal y estatal tanto para el manejo de la emergencia, como seguimiento del daño a la salud, por este incidente se forma el Movimiento Caminando por la Justicia Atitalaquia cuya principal exigencia es que el gobierno del estado explique las causas, los daños y acciones para la población damnificada, no habiendo respuesta para sus representados.

En 2013, surge Fundación para el Desarrollo Integral Apaztle, en Apaxco estado de México con el objetivo principal de darle continuidad a la lucha contra la incineración de residuos en hornos de cemento. Desde entonces recibimos acompañamiento por universidades como la Universidad Autónoma del Estado de México, por la Facultad de Geografía por la Dra. Brisa Carrasco Gallegos, por organizaciones sociales como Fundación para la Defensa del Ambiente (FUNAM Argentina) dirigida por el Dr. Raúl Montenegro y por Carlos Arribas de Ecologistas en Acción de España; Quienes nos acompañaron mayo de 2016 en un recorrido por el corredor Tula-Atitalaquia-Atotonilco-Apaxco y la denominan Región de Sacrificio.

En octubre de 2017 recibimos en Apaxco al Dr. Paul Connett quien presenta conferencia magistral sobre Basura Cero, en la que refiere que la incineración en plantas de cemento contamina seis veces más que un incinerador convencional.

El 24, 25 y 26 de noviembre se realiza el Tercer Encuentro Internacional contra la Incineración de Residuos en México con sede en Apaxco, con el gran apoyo de dos personalidades, Brisa Carrasco Gallegos y Jorge Tadeo Vargas además la participación de compañeros de lucha de Italia, España, Ecuador, Chile y El Salvador. Durante estos años fueron muchas otras actividades con participación de investigadores mexicanos y extranjeros.

En mayo de 2019 se realizó reunión en la Ciudad de México, el Dr. Andrés Barreda Marín, la Dra. Brisa Carrasco Gallegos, el Biólogo Jorge Tadeo Vargas miembro de Laboratorio de Investigación en Desarrollo Comunitario y Sustentabilidad (LIDECES) y activistas de la Fundación para el Desarrollo Integral Apaztle y del Grupo Ecologista San Jerónimo Tlamanca (Atitalaquia), con el propósito de realizar una caravana en diferentes regiones del país de mayor contaminación y sus impactos en la salud, se acordó la inclusión de grupos organizado de la región sur del Valle del Mezquital.

Del 2 al 11 de diciembre de 2019 se realiza la Caravana Toxitour México con participación de la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales y el Transnacional Institute de Europa con presencia de investigadores de diversas disciplinas nacionales e internacionales, cuyo objetivo es visibilizar los impactos ambientales como consecuencia del Tratado de Libre Comercio de América del norte y Europa. se visitaron 6 regiones consideradas de mayor contaminación ambiental en el país: el Salto Jalisco por la contaminación del Río Santiago, la Cuenca de la Independencia en Dolores Hidalgo Guanajuato, Región sur del Valle del Mezquital, contaminación del Río Atoyac y Zahuapan en Tlaxcala, la industria automotriz y granjas porcinas en Puebla y complejo petroquímico en Veracruz. Cabe destacar que en ese recorrido participó un grupo de SEMARNAT dirigido por el secretario Dr. Víctor Manuel Toledo Manzur, quien posteriormente las denomina como Infiernos Ambientales, a partir de entonces se forma el Colectivo de Comunidades en Defensa de la Vida y el Territorio de la Región Tolteca, integrado por organizaciones de Tula, Atitalaquia, Atotonilco y Apaxco.

Participación actual y perspectivas

A la fecha este colectivo participa con otros grupos de las cinco regiones antes mencionadas (organizaciones sociales maduras) y después de varias reuniones de trabajo participan el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología hoy CONAHCYT, la Secretaría de Salud y SEMARNAT logrando la firma de un convenio marco en julio de 2021 con el compromiso principal es la realizar de acciones en beneficio de estas regiones, en base a cada una de sus competencias y reunir elementos suficientes para realizar programas de restauración ecológica y/o un decreto presidencial de Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESAS) por el ejecutivo federal.

En enero del 2022 surge un conflicto en el municipio de Atitalaquia por la apertura del Centro Regional de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial Atitalaquia, (ESMEX) ubicado en la localidad de cardonal con la llegada de más 500 toneladas diarias procedentes de 9 municipios. Inicia operación sin las características adecuadas, lo que motiva al surgimiento, Movimiento No al Basurero Atitalaquia, las principales acciones fueron marchas, protestas del dentro del municipio, así como cierre al acceso del basurero, hubo amenazas por pseudo agentes ministeriales, el apoderado legal y por autoridades municipales. Las confrontaciones generaron violencia con la nula participación de autoridades de los dos niveles de gobierno al grado de que el 20 de junio del 2022, un compañero del movimiento fue asesinado JESÚS BAÑUELOS ACEVEDO, atrayendo la mirada de observadores nacionales e internacionales que por desgracia a este suceso, se abre una brecha de comunicación principalmente por SEMARNAT.

En la actualidad quien ha tenido mayor participación en las regiones afectadas es CONAHCYT, Con Programas Nacionales Estratégicos (PRONACES): Programa Nacional de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, Programa Nacional de Salud Comunitaria y Programa Nacional de Agua; Así un PRONAI de Agentes Tóxicos y de Procesos Contaminantes que

dirige la Dra. Brisa Carrasco con participación de cuatro universidades: Universidad Autónoma del Estado de México, Universidad Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma de Tlaxcala, Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Unidad Lerma, con la participación 70 investigadores de diferentes disciplinas. El PRONAI de Salud Comunitaria que dirige la Dra. Juanita Ochoa enfocado a escuelas: Escuela Primaria Federal 20 de Noviembre en Santa María Apaxco (Estado de México) y Escuela Primaria Miguel Hidalgo de Tezoquipa, Atitalaquia (Estado de Hidalgo); PRONAI de Agua con investigadores de la Universidad de San Luis Potosí dirigida por el Dr. Francisco Peña.

“No son los rebeldes los que crean los problemas del mundo son los problemas del mundo los que crean a los rebeldes”

Ricardo Flores Magón

BIBLIOGRAFÍA

Albert, Lilia & Jacott, Marisa (2015), *México tóxico: Emergencias químicas*, México: Siglo XXI.

De León Rodríguez, Arturo, Hernández Cervantes, Josefina, Alonso, Laura, Casique, Sayda y Caballero, Judith (2010), *Afecciones a la salud de la población de Apaxco-Atotonilco a COP's por industrias que incineran residuos peligrosos y el caso de la fábrica Ecoltec*, México: UNAM, CEDAAT AC.

García-Pérez, Javier, Fernández-Navarro, Pablo, Castelló, Adela, López-Cima,

María Felicitas, Ramis, Rebeca, Boldo, Elena & López-Abente, Gonzalo (2013), La mortalidad por cáncer en ciudades situadas en las proximidades de incineradoras e instalaciones para la recuperación o eliminación de residuos peligrosos, *Environment International*, 51.

INECC (2023), “Determinación de concentraciones ambientales y de exposición personal a PM2.5 en el municipio de Apaxco Estado de México”, conferencia marzo del 2023, Coordinación General de Salud Ambiental, Apaxco: INECC.



Un recurso invisible

El agua subterránea en la RESA Valle del Mezquital Sur

María Vicenta Esteller Alberich
José Luis Expósito Castillo
Héctor Uriel Zaragoza Contreras
Roxana García Chávez
Neri Díaz Espíritu
Jorge Paredes Tavares
Bárbara del Rosario Almazán Benítez
Celso Rico Firo*

Introducción

Las aguas subterráneas son fundamentales para la lucha contra la pobreza, la seguridad alimentaria e hídrica, la creación de empleos dignos y el desarrollo socioeconómico. Por tal motivo, el estudio de su estado cuantitativo y cualitativo es una necesidad para las poblaciones que la consumen, como es el caso de los habitantes de la RESA Valle del Mezquital (VM) Sur.

Como una característica única, el VM, especialmente la región centro-sur donde se ubica la RESA, recibe las aguas residuales del Valle de México desde hace más de ciento veinte años como respuesta a los graves

* Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México. Correo electrónico: mvestellera@uaemex.mx

problemas de inundación en la Ciudad de México y para dar salida al creciente volumen de aguas residuales que se genera. La llegada de estas aguas configuró un espacio agrícola en esta región no apto para esta actividad por sus condiciones geográficas y climáticas. En la actualidad, la mayor parte de esta agua es utilizada por los principales distritos de riego del Estado de Hidalgo, siendo uno de estos el Distrito de Riego de Tula (53,859 ha), donde se localiza la RESA. El problema del uso de estas aguas residuales se acentúa cuando el agua residual urbana utilizada para el riego incluye desechos industriales que contienen sustancias tóxicas procedentes tanto del Valle de México como del propio VM.

Para comprender la importancia que tiene el abastecimiento de aguas residuales para el riego en el VM basta mencionar que la demanda total de agua estimada en el 2017 se calculó en 1,560 Mm³/año, de los cuales 1,314 Mm³/año, corresponden al riego, es decir el 84% (Chamizo, 2018). Peña (2019) estimó un volumen total anual de aguas procedentes del Valle de México de 1,781 Mm³/año correspondiente a 56.5 m³/s para el período 1980-2011.

Por otra parte, los excedentes de riego que se infiltran a través del suelo alimentan el acuífero, cuyas aguas subterráneas son la única fuente de abastecimiento para uso público urbano de los 335,000 habitantes de la RESA. Queda claro, que la vinculación hídrica del VM con la cuenca del Valle de México sea de una estrecha y exacerbada dependencia.

Caracterización de la RESA desde la perspectiva de las aguas subterráneas

La RESA VM Sur incluye los municipios de Atotonilco de Tula, Atitalaquia y Tula de Allende del estado de Hidalgo; y Apaxco del estado de México. Como rasgo general de esta RESA se tiene una alta concentración de industrias con un gran aporte a la contaminación hídrica, atmosférica y de suelos; así como una intensa actividad agrícola relacionada

con el aprovechamiento de las aguas residuales procedentes del Valle de México.

El acuífero del VM, donde se enmarca la RESA en estudio, cuenta con una superficie de 2,129 km². El acuífero está conformado por materiales volcánicos (lavas de basalto, tobas y cenizas) y arcillosos (lacustre y aluvión), que están depositados sobre unas rocas volcánicas impermeables. Estos materiales presentan una permeabilidad media y un espesor de 400 m que permiten la infiltración, almacenamiento y circulación del agua subterránea. Se identifica la presencia de un acuífero superior con materiales detríticos, mientras que el inferior está conformado por rocas volcánicas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento (Lesser-Carrillo et al., 2011; Lesser, 2012, Marín Celestino et al., 2019).

En este acuífero, tiene un papel fundamental la presencia de los ríos y canales de riego. El río principal es el río Tula que nace del río Tepeji y es controlado a través de la Presa Taxhimay. El río Tepeji corre hacia el norte aguas abajo hasta drenar en la Presa Requena (presa que domina gran parte del Distrito de Riego de Tula). La presa es alimentada por el canal El Salto con aportaciones del río que lleva el mismo nombre, y que a su vez tiene aportaciones del emisor poniente que drena el Valle de México (Lesser, 2012). Otros escurrimientos son los ríos Tlautla y Rosas, que aportan caudal por su margen izquierda al río Tula que finalmente descarga en la presa Endhó. El río Salado es otro afluente de importancia que drena también considerables volúmenes provenientes del desagüe del Valle de México (Lesser, 2012). En cuanto a los canales de riego, el sistema de distribución de agua residuales para riego cuenta con una red de canales revestidos de 315 km y con 342 km de canales no revestidos.

El análisis histórico de los niveles de agua subterránea pone de manifiesto una gradual recuperación de los niveles debido a la infiltración por riego. En los noventa se alcanzó la máxima saturación de agua en el subsuelo, forzando su salida a través de manantiales. El manantial más caudaloso (Cerro Colorado) brotó alrededor de 1950 con un caudal de 600 l/s), por

artesianismo en los pozos y por la red de drenaje con una longitud de 218 km Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2004). El nivel estático de acuerdo con la CONAGUA (2012), varía en las dos unidades acuíferas; en la unidad acuífera somera la profundidad oscila de 10 a 40 m cercanos en la presa Endhó, en la zona plana del valle, así como a lo largo del río Salado. Los valores más profundos (60 a 100 m) se localizan en los flancos del valle, al pie de las zonas montañosas.

La alimentación de agua que recibe el acuífero, denominada recarga, y que provoca estos niveles de agua subterránea, ocurre por infiltración de agua de lluvia y desde los ríos, así como de la que proviene de zonas montañosas a través de una recarga por flujo subterráneo. Otro proceso de recarga es la infiltración de los excedentes del riego agrícola, y la que se produce a lo largo de los canales de riego. Otra alimentación menos cuantiosa son las fugas en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado.

Hay que tener en cuenta que, aproximadamente, un 20% del agua aplicada para riego retorna al acuífero en forma de recarga (CONAGUA, 2020). Si el volumen neto de agua aplicado al riego es de 536 hm³/año, de los cuales 507 hm³ corresponden a agua residual de los canales, 4 a agua subterránea y 24 provienen de los manantiales, el volumen por el retorno del riego tendría un valor de 107 hm³/año. La recarga a través de los canales de riego se estima en 217 hm³/año. El volumen de las fugas en la red de distribución de agua potable y alcantarillado que se convierten en recarga es de 19 hm³/año y las entradas por flujo subterráneo es de 122 hm³/año. La alimentación por infiltración de agua de lluvia se ha estimado en 50 hm³/año (CONAGUA; 2020). Si se considera la recarga total, el porcentaje de recarga que procede del agua residual (riego y canales) representa el 63%.

Como salidas del acuífero, se tiene el volumen de agua bombeada que es de 138 hm³/año, de los que 63 hm³ se destinan a uso público urbano, junto 8 hm³ de agua procedente de manantiales. Otras salidas son las

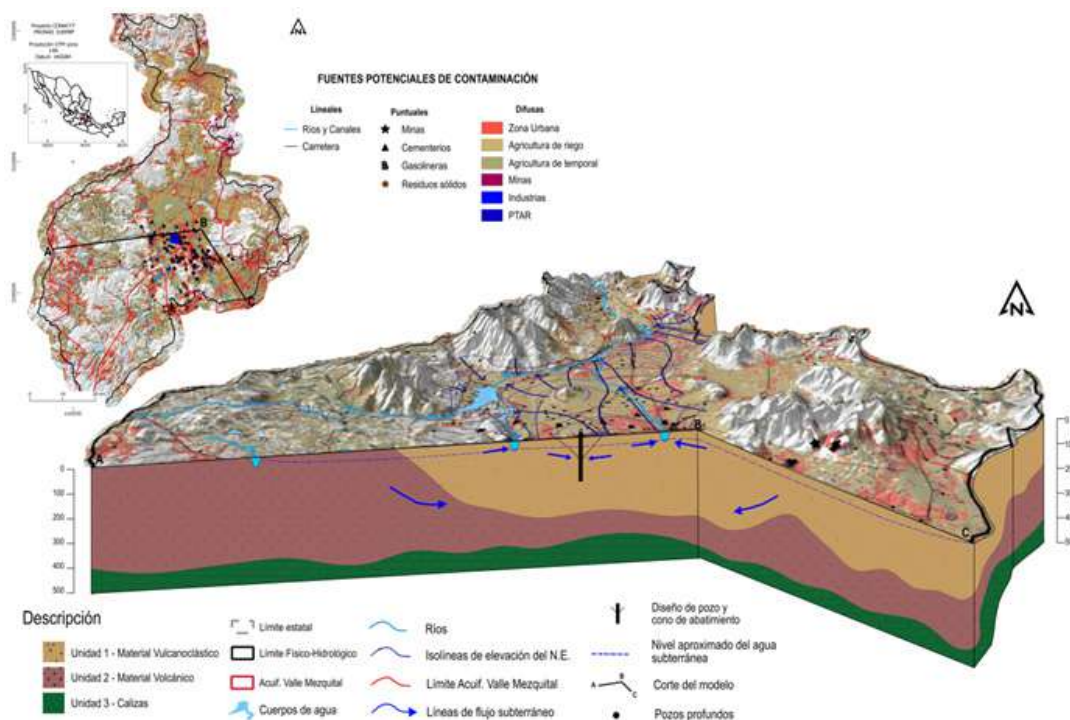
descargas a los ríos, con un volumen de 280 hm³/año y a través de manantiales con un valor de 85 hm³/año.

Estas propiedades físicas del acuífero también inciden en lo que se conoce como vulnerabilidad a la contaminación. La vulnerabilidad se define como la capacidad intrínseca del acuífero y de las capas geológicas y edáficas que lo cubren, para permitir en mayor o menor medida el paso de un contaminante vertido desde la superficie del terreno hacia el agua subterránea. De acuerdo con los resultados, se aprecia un grado de vulnerabilidad medio-alto en el municipio de Apaxco, mientras que en los márgenes de los ríos El Salado y Tula la vulnerabilidad es muy alta, así como en el municipio de Tula de Allende. En la porción central, específicamente en el municipio de Atotonilco de Tula, el grado de vulnerabilidad es medio. Esta información permite señalar que hay una alta probabilidad de que los contaminantes presentes en las aguas residuales puedan llegar al agua subterránea y contaminarla, poniendo por tanto en riesgo a la población por el uso del agua subterránea para cubrir sus necesidades.

Hay que señalar que en el 2017 entra en operación de la planta de tratamiento de Atotonilco que trata aproximadamente el 60 % de las aguas residuales que irrigan a los cultivos del Valle del Mezquital, pero esta planta no resolverá totalmente el problema de contaminación debido a que los tratamientos convencionales no están diseñados para eliminar muchos de los contaminantes presentes en las aguas residuales

Con base en toda esta información se actualizó el esquema tridimensional el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero (Figura 1). El esquema muestra que el flujo principal circula por el acuífero libre con dirección preferente a las corrientes de aguas superficiales de la región, este flujo es interceptado de manera parcial por numerosos pozos de explotación para diferentes usos, aunque fundamentalmente son de uso público urbano. Los pozos de la región son las vías potenciales de exposición de los contaminantes a la población por la presencia de dichos contaminantes en el agua subterránea (Expósito et al., 2023).

Figura 1. Esquema del modelo conceptual de funcionamiento del sistema



Fuente: Expósito *et al.*, 2023.

¿Qué ocurre con la calidad del agua subterránea en la RESA?

La vulnerabilidad del acuífero a la contaminación se refleja en la calidad de las aguas subterráneas. De acuerdo con datos históricos (recopilados en Expósito *et al.*, 2023), los contaminantes prioritarios son los sólidos totales disueltos, sodio, flúor, plomo, arsénico, coliformes totales y fecales por sobrepasar los valores límite de la norma mexicana sobre agua para uso y consumo humano (NOM-127-SSA1). Si hay que reseñar que la calidad del agua subterránea varía desde muy buena en los pozos ubicadas al pie y a lo largo de las zonas montañosas, hasta contaminada bacteriológica y químicamente en la planicie, debido fundamentalmente a la recarga por aguas residuales (CONAGUA, 2004).

Más recientemente, se definió una red de muestreo considerando estos datos históricos, así como las inquietudes de la población donde existe organizaciones comunitarias involucradas en la defensa de la salud y el medio ambiente. Se realizó un muestreo en esta red (Figura 2 a y b) en colaboración con población y responsables de los sistemas de agua potable que permitió llevar a cabo su análisis y evaluación (Expósito *et al.*, 2023).

Se determinó que existen tres contaminantes prioritarios: arsénico, fluoruro y nitrato. El 85% de los puntos de muestreo, representados por 17 pozos, presentan al menos uno de los contaminantes prioritarios. De este grupo, el 55% tiene arsénico (As) y 10 pozos están en una situación de mayor riesgo, al presentar también fluoruro (F⁻). La situación más crítica se presenta en Atitalaquia, de los 6 pozos muestreados, el 100% presenta elementos tóxicos, aunque hay pozos de mayor calidad en Tula de Allende y Apaxco. Sin embargo, en Apaxco, cuatro superan la norma de nitratos (N-NO₃⁻).

Para establecer el posible origen de los contaminantes, se elaboró el mapa de peligro a la contaminación del agua subterránea teniendo como base la interacción entre de la vulnerabilidad del acuífero, y la carga contaminante que se aplica al medio subterráneo como consecuencia de la actividad antrópica. Para ello se realizó un inventario de fuentes de contaminación las cuales fueron clasificadas para asignarles una carga potencial contaminante (reducido, moderado y elevado).

Las fuentes se clasificaron en:

- Fuentes difusas: En este grupo se consideró la agricultura de riego y de temporal, zonas urbanas, depósitos de residuos sólidos y cuerpos de agua con agua residual (presas Requena y Endhó).
- Fuentes puntuales: Como son gasolineras, industrias y cementerios. Si son múltiples pueden equivaler espacialmente a fuentes difusas como serían los parques industriales.

- Fuentes lineales: corresponden a ríos que transportan las aguas residuales (ríos Tula y Salado) y canales de riego con aguas residuales.

Esto permitió jerarquizar el territorio en zonas de peligro de bajo, medio y alto. Debido a que se analizó la presencia de nitratos en los pozos muestreados como indicio de contaminación antropogénica, se realizó la cartografía de peligro de contaminación del agua subterránea por nitratos. De los 4 municipios en estudio, Tula de Allende es el que presenta un mayor peligro de contaminación por nitratos, seguido por Atitalaquia. Atotonilco de Tula y Apaxco que presentan un peligro medio.

En el caso del F- y el As se pudo señalar un origen natural asociado a las condiciones geológicas aunado a la influencia de los procesos geotermales, ya que las aguas termales tienen altos contenidos de estos elementos. Estas aguas termales ascienden desde mayor profundidad y están enriquecidas en estos elementos y al alcanzar el acuífero se mezcla con el agua subterránea almacenada.

Diálogo de saberes sobre el agua subterránea

Para socializar toda esta información obtenida y dar a la población, así como a las entidades no gubernamentales y gubernamentales, las pautas necesarias para la conservación del medio ambiente que los rodea se llevaron a cabo varios talleres y conferencias. Adicionalmente también se trabajó con estudiantes de nivel secundaria (en México niñas y niños de entre 11 y 15 años) y sus profesores en el marco de un programa de “vocaciones tempranas” para incentivar su interés en la investigación (Figura 2c y d).

En este programa de vocaciones tempranas se expusieron temas relacionados con el papel del agua en nuestras vidas y el riesgo potencial a la salud humana por consumo de aguas subterráneas.

Figura 2. a y b) Trabajos de muestreo de aguas subterráneas en la RESA, c y d) talleres y trabajo colaborativo con estudiantes y población de la RESA



a)



b)



c)



d)

Conclusiones

La información obtenida sobre la RESA permitió obtener los insumos para la generación de los esquemas del modelo conceptual de funcionamiento del sistema, estimar la vulnerabilidad a la contaminación del acuífero, así como efectuar la evaluación del peligro. El funcionamiento del acuífero marca la importancia de las aguas residuales en la región ya que su infiltración desde zonas agrícolas y canales del riego representa más de la mitad del agua que recarga el acuífero.

El resultado del estudio de la vulnerabilidad muestra que la mayor parte de la RESA presenta vulnerabilidad de media, alta y muy alta, esta última en los márgenes de los escurrimientos principales (río Tula y río El Salado), y la vulnerabilidad baja a muy baja se identifica en las zonas montañosas. Determinar esta vulnerabilidad es una herramienta muy valiosa que permitirá diseñar e implementar acciones para mitigar y proteger áreas específicas donde la vulnerabilidad sea media, alta y extremadamente alta y así disminuir la vulnerabilidad a la contaminación, que permitirá garantizar la calidad y cantidad del agua subterránea para la población.

En cuanto al peligro, se ha podido identificar, clasificar y categorizar las diferentes fuentes potenciales de contaminación, destacando la agricultura de riego y las zonas urbanas que son difusas y presentan una gran extensión territorial. Así mismo, se identificaron un gran número de industrias, que pueden ser consideradas de tipo puntual, sin embargo, también pueden ser de tipo difusas ya que en conjunto cubren una superficie de afectación considerable. Finalmente, las de tipo lineal están asociadas con los diferentes ríos, redes de canales de distribución de las aguas de riego y carreteras.

Esta vulnerabilidad y peligro que afectan al acuífero, quedo demostrada con los análisis de agua subterránea llevados a cabo. En los resultados sobresalen los valores de nitratos (N-NO₃-), que sobrepasa el límite permisible para agua de consumo humano, quedando claro que la presencia de este ion es de origen antropogénico relacionado con la entrada de aguas residuales al acuífero. Otros dos contaminantes que superan el límite permisible son el arsénico (As) y el flúor (F-) cuyo origen es natural debido a la presencia de aportes de aguas termales que se mezclan con el agua subterránea.

BIBLIOGRAFÍA

- Chamizo, Silvia (2018), *Escenarios de balance hídrico y emisiones de metano en el Valle del Mezquital*. Tesis: Doctora en Ciencias Ambientales. Pachuca: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- CONAGUA (2004), *Comisión Nacional del Agua. Estudio Técnico del Impacto por la Explotación del Agua Subterránea de los Acuíferos: Valle Del Guadiana Estado De Durango, Actopan-Santiago De Anaya y Valle del Mezquital Estado de Hidalgo*. México: Ariel Consultores, S.A.
- CONAGUA (2020), *Comisión Nacional del Agua. Actualización de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle del Mezquital, estado de Hidalgo*. México: CONAGUA.
- Expósito Castillo, José Luis, Esteller Alberich, María Vicenta, Paredes Tavares, Jorge, Almazán Benítez, Bárbara del Rosario, Rico Firo, Celso, Zaragoza Contreras, Héctor Uriel, Díaz Espíritu, Neri, García Chávez, Roxana & Téllez Peña, Lilia (2023), Aguas subterráneas, Resultados Etapa 2. En Carrasco Gallegos, Brisa Violeta, *Informe Técnico Etapa 2 del Proyecto Evaluación de riesgo para la salud humana y ambiental por agentes tóxicos de origen antrópico como herramienta de empoderamiento social. Región Estratégica Ambiental Norte del Estado de México y Zona Tula, Hidalgo, clave 318998*. México: CONAHCyT
- Lesser-Carrillo, Luis E., Lesser-Illades, Juan M., Arellano Islas, Santiago & González Posadas, David (2011), Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle Mezquital, México central. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28-3.
- Lesser y Asociados, S.A. de C.V. (2012), *Estudios técnicos de Geohidrología, calidad del agua, tenencias de la tierra y aspectos sociales en la zona de captación, Sistema Mezquital*. México. México: Autor.
- Marín Celestino, Ana Elizabeth, Ramos Leal, José Alfredo, Martínez Cruz, Diego Armando, Tuxpan Vargas, José, Lara Bashulto, Josué De & Morán Ramírez, Janete (2019), Identification of the Hydrogeochemical Processes and Assessment of Groundwater Quality, Using Multivariate Statistical Approaches and Water Quality Index in a Wastewater Irrigated Region. *Water* 11-8 <https://doi.org/10.3390/w11081702>
- Peña, Salvador (2019), Condiciones hídricas en la cuenca del Valle de México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 10-2. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-02-04.98-127>
-



Evaluación de la calidad del aire en la Región de Emergencia Sanitaria Ambiental

Apaxco-Atotonilco de Tula-Atitalaquia

Iván Yassmany Hernández Paniagua,
Edgar Josué Arellano Hernández,
Noemí Alcantar Labra,
Brandon Montiel de la Cruz,
Elizabeth Sánchez Martínez y
Gema Luz Andraca Ayala*

Introducción

Las actividades diarias de la población generan emisiones de contaminantes que modifican la composición natural del aire. La quema de combustibles fósiles para usos como el transporte y la generación de energía tanto a nivel industrial como doméstico, producen miles de toneladas de contaminantes que diariamente son emitidos a la atmósfera (INECC, 2018). La calidad del aire se refiere al estado de concentración de los diferentes contaminantes atmosféricos en un periodo de tiempo

* Instituto de Ciencias de la Atmosfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

y lugar determinado. La Organización Mundial de la Salud (WHO, 2021) ha documentado que la presencia de contaminantes atmosféricos como las partículas (material particulado PM, por sus siglas en inglés), ozono (O₃), los óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros, están asociados con diferentes daños a la salud humana. La magnitud de sus efectos negativos depende de las concentraciones, la dosis inhalada, el tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta (Falcon-Rodríguez et al., 2016).

Los contaminantes de mayor relevancia en la actualidad para las ciudades son las partículas finas y el ozono, debido a los efectos negativos que causan en la salud de sus habitantes. Las partículas son una mezcla compleja de sustancias suspendidas en el aire, que pueden tener partes líquidas-sólidas, y que son importantes por su tamaño y fuente emisión. De hecho, la característica de su tamaño les permite permanecer por periodos prolongados en la atmósfera, y que sean removidas por la lluvia, o que sean fácilmente respirables por los humanos. El grado de toxicidad de estas partículas finas se relaciona con su composición química y sus fuentes de emisión (WHO, 2003). Por ejemplo, se ha observado que las partículas más grandes están compuestas de polen, esporas, partes de plantas, y polvo proveniente de tierra suelta de los caminos, los procesos de minería o agricultura, o de pisos sin pavimentar. En contraste, las partículas finas provienen principalmente de reacciones entre gases con otros compuestos en la atmósfera, y es en estas donde las emisiones de automóviles juegan un papel importante. Las partículas finas son más susceptibles de ingresar al cuerpo humano debido a su tamaño y pueden causar efectos como infartos no mortales, latidos irregulares, agravamiento de asma, reducción en la función pulmonar, afecciones al sistema respiratorio y hasta muerte prematura en el peor de los casos. Los diversos efectos negativos señalados resaltan que es importante conocer que partículas respiran los habitantes de las ciudades, su composición y cuáles son las principales fuentes para controlar sus emisiones.

Por otro lado, el ozono troposférico es un contaminante prioritario que no se emite como tal, sino que se produce en la atmósfera mediante reacciones de compuestos llamados precursores, y en presencia de radiación solar (ProAire, 2021). De acuerdo con García-Reynoso, et al. (2009), la formación de ozono es favorecida en condiciones meteorológicas cuando la temperatura y la radiación solar es alta y la velocidad de viento baja. Los compuestos que son precursores del ozono troposférico son los compuestos orgánicos volátiles y los óxidos de nitrógeno. Ambos tipos de compuestos tipos tienen fuentes en común como son las industrias y las emisiones vehiculares, sin embargo, las proporciones en las cuales son emitidas son muy diferentes. Por ejemplo, en las ciudades el 85% de las emisiones de óxidos de nitrógeno provienen de los vehículos automotores, pero solo alrededor del 25% de compuestos orgánicos volátiles son emitidos los mismos. La generación de ozono no es un proceso simple, a pesar de que se reúnan todos los elementos necesarios para favorecer su formación, la reacción de sus precursores no es lineal lo que implica que, reducciones de alguno de ellos no necesariamente resulta en una disminución de los niveles de ozono. Este comportamiento resalta la necesidad de conocer cuál de los precursores es dominante, ya que las condiciones de formación de ozono son variables de ciudad a ciudad. Estas características de producción introducen una complejidad adicional lo que dificulta el desarrollo de estrategias de control y mitigación de sus niveles en las ciudades.

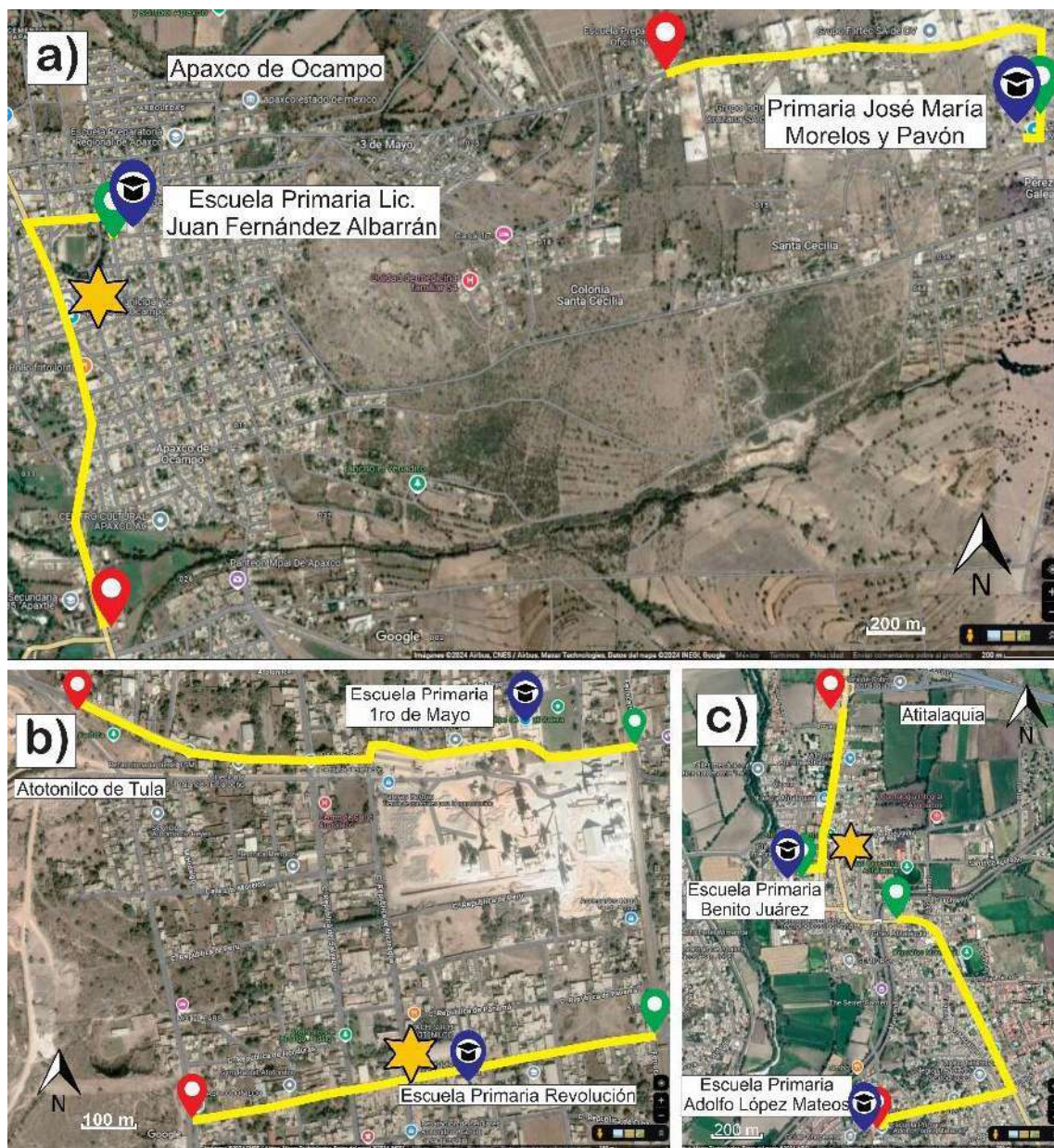
Este artículo presenta los resultados de la evaluación de la calidad del aire, con énfasis en los niveles de partículas finas y ozono troposférico obtenidos durante dos campañas de medición llevadas a cabo en temporadas caliente y fría, en la Región de Emergencia Sanitaria (RESA) del Valle del Mezquital Sur durante el año 2023. En el corredor Tula-Vito-Apaxco comprendido en la RESA, se ubican fuentes potenciales de contaminantes que incluyen una refinería, dos plantas de generación eléctrica, industrias productoras de cal y cemento, entre otras actividades industriales (Martínez-Carrillo, et al., 2010). Las mediciones de los niveles de contaminantes se realizaron en los municipios de Apaxco en el Estado

de México, Atotonilco de Tula y Atitalaquia pertenecientes al estado de Hidalgo (Fig. 1). Se realizaron también mediciones de exposición personal a partículas finas con la finalidad de conocer los niveles de partículas respiran las personas en la RESA cuando realizan actividades cotidianas.

Las campañas de medición de contaminantes

La región centro de México se caracteriza por presentar tres distintas temporadas que rigen las condiciones meteorológicas: i) la temporada seca-caliente (febrero a junio), ii) la temporada de lluvias (julio a octubre) y, iii) la temporada seca-fría (noviembre a febrero) (ProAire, 2021). La prevalencia de altas concentraciones de ozono es favorecida durante la temporada seca-caliente, debido a alta radiación solar y baja velocidad de viento, esta última condición propicia que las emisiones de precursores no se dispersen, con el consecuente aumento de las concentraciones de ozono. Por el contrario, en la temporada de lluvias los niveles de precursores son muy bajos debido a que estas disuelven los gases resultando en niveles de ozono bajos, mientras que en la temporada seca fría la radiación solar es relativamente menor que en otras temporadas lo cual también resulta en la producción de menores niveles de ozono. De forma similar al ozono, las partículas finas tienden a tener bajas concentraciones durante la temporada de lluvias, no obstante, sus niveles son mayores en la temporada seca-fría debido a la acumulación de emisiones y baja dispersión de estas a nivel de superficie por la presencia de recurrente de fenómenos de inversión térmica. Se realizaron dos campañas de medición de contaminantes durante el año 2023. La primera campaña se llevó a cabo durante la temporada seca-caliente (29 de mayo al 16 de junio) y la segunda en la temporada seca-fría (del 13 de noviembre al 8 de diciembre).

Figura 1. Rutas de muestreo seleccionadas en los distintos municipios para partículas finas, y sitios de muestreo de ozono con una estrella



¿Cómo se miden las concentraciones de contaminantes?

La medición de las concentraciones troposféricas de ozono se realizó utilizando dispositivos pasivos (Ogawa & Co., 2001; Lee, 2004). Estos son desplegados en sitios de muestreo que son representativos de las concentraciones de ozono en la zona de estudio, una vez desplegados en cada municipio, se dejaron por periodos de una semana para realizar la captura de ozono. Al término de los periodos de muestreo, fueron recolectados y llevados a un laboratorio de análisis de cromatografía, en donde fue determinada la cantidad de ozono a que estuvieron expuestos.

Las partículas finas que respira la población se cuantificaron utilizando equipos de monitoreo personal. A diferencia del ozono que no varía a nivel de ciudad debido a sus procesos de formación, las concentraciones de partículas finas sí varían considerablemente dentro de las ciudades, e incluso entre calles y colonias sobre todo en regiones próximas a fuentes de emisión significativas como avenidas con alto flujo de vehículos pesados, industrias de procesamiento de materiales y cerca de vialidades sin pavimentar. Por esta razón, se seleccionaron rutas representativas actividades típicas que realiza la población en la zona de estudio (Fig. 1), particularmente cuando la población más susceptible a estos contaminantes como infantes realiza sus recorridos diarios a centros escolares.

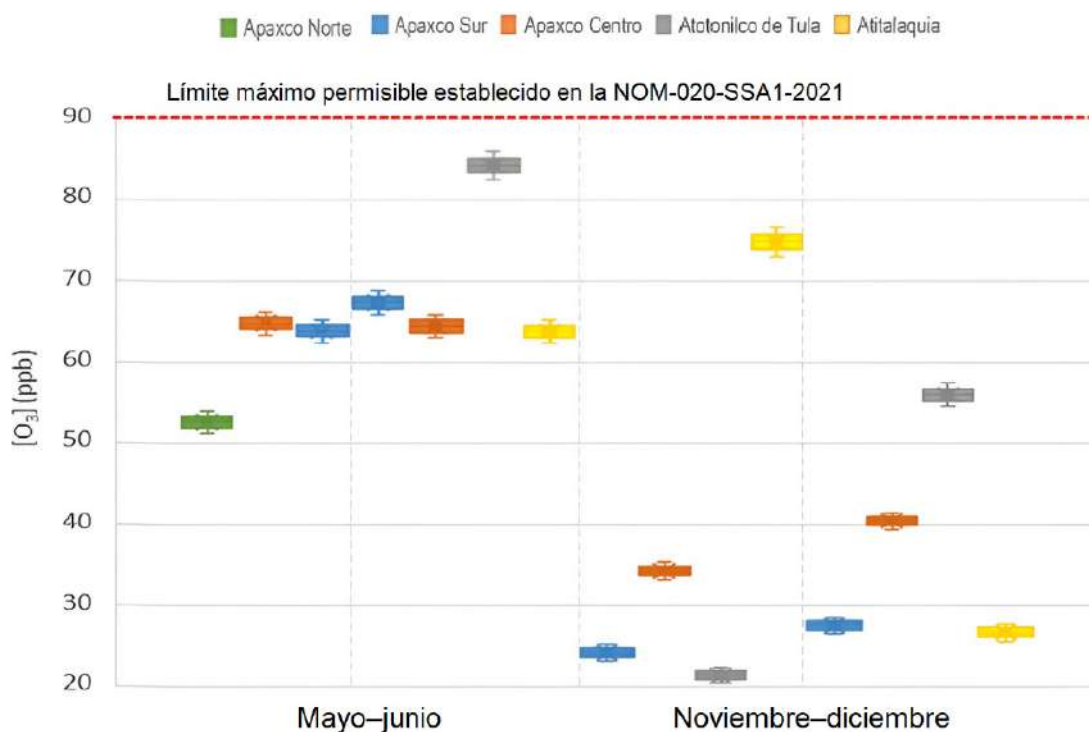
Los niveles de ozono en la RESA

En el periodo de muestreo en los meses mayo-junio de 2023, se desplegaron dispositivos de muestreo en el municipio de Apaxco de Ocampo, mientras que en el mes de junio los dispositivos se desplegaron en todos los municipios comprendidos en la RESA. Los niveles de ozono determinados no superaron los límites máximos permisibles establecidos en las Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021 (DOF, 2021b) que corresponde ozono de 90 ppbv (partes por billón volumen). Sin embargo,

existió una marcada diferencia en los niveles de ozono entre la zona norte de Apaxco (52.5 ppbv; Fig. 2) y el resto de los sitios siendo considerablemente menores en esta región. Este comportamiento se puede asociar a la presencia del alto tráfico vehicular a diésel que interactúa con el ozono destruyéndolo. Cuando se comparan los niveles de ozono en todos los sitios de muestro en la RESA, las mayores concentraciones de ozono se cuantificaron para Atotonilco de Tula (84.2 ppbv) y fueron relativamente similares en el resto de la región. Estos resultados indican que en Atotonilco de Tula pueden existir procesos que inciden directamente en la formación de ozono en comparación con los otros municipios en que se realizaron muestreos.

Se realizaron muestreos de ozono durante la temporada seca-fría de 2023 desplegando dispositivos pasivos en los mismos sitios que durante la temporada seca-caliente. La Figura 2 muestra que los mayores niveles de ozono se obtuvieron en Atitalaquia (74.8 ppbv), superando algunas concentraciones observadas en los meses de mayo y junio, pero menor que el máximo observado durante dicha temporada. Aunque globalmente, las concentraciones de ozono en toda la región durante la temporada seca-fría son menores que en la época seca-caliente. Es de resaltar, que las mediciones observadas de ozono en Atotonilco de Tula en dicho periodo fueron las menores de todos los muestreos, lo que se debe probablemente a una combinación de menores precursores y menor radiación solar.

Figura 2. Concentraciones de ozono determinadas en los diversos sitios de muestreo en la RESA durante las dos temporadas de muestreo en el año 2023



¿Cuántas partículas respiran habitantes e infantes en la RESA?

Los resultados obtenidos de la exposición a partículas finas (PM2.5) muestran que la temporada de mayo-junio (mediana de 152 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) es donde la población respira una mayor cantidad de estas (Fig. 3a), en comparación con los meses de noviembre-diciembre (mediana 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Cuando las concentraciones de exposición en los municipios de la RESA se compararon, las tres ciudades exhiben variabilidad en las concentraciones, las cuales en promedio superan el límite de 24 h permisible estipulado en la NOM-025-SSA1-2021 (DOF, 2021a) para partículas finas. Las concentraciones medidas en las ciudades de la RESA concuerdan con el Informe de Calidad del Aire del 2017 del INECC donde se establece

que Atotonilco y Atitalaquia son ciudades en las que se exceden los valores permisibles de partículas finas de forma diaria.

Figura 3. a) Comparación de las concentraciones de exposición a partículas finas durante las dos temporadas de medición en 2023 en la RESA. b) Comparación de los niveles globales de exposición a partículas finas en las ciudades en que se realizaron mediciones

Las rutas en calle realizadas para evaluar la exposición personal a partículas finas comprenden zonas del centro de las ciudades y sus alrededores, así regiones cercanas a escuelas y zonas donde se pudiera presentar altas exposiciones debido a las actividades industriales y de comercio que se realizan. En Apaxco, la ruta 1 recorre parte de la zona centro, la ruta 2 atravesó algunas industrias antes de llegar a la escuela de ese recorrido (Fig.1). Atitalaquia y Atotonilco de Tula presentan en la ruta 3 mayor exposición a partículas finas en las rutas que no corresponden a los centros de las ciudades, mientras que en Atitalaquia es en el centro en donde se observa la mayor exposición. Esta alta exposición es probablemente debida a un alto flujo vehicular de camiones a diésel de transporte y de carga, los cuales son reconocidos como fuentes notables de partículas finas.

Figura 4. Concentraciones de partículas finas (PM_{2.5}) a lo largo de las rutas seleccionadas representativas de actividades de la población durante el año 2023

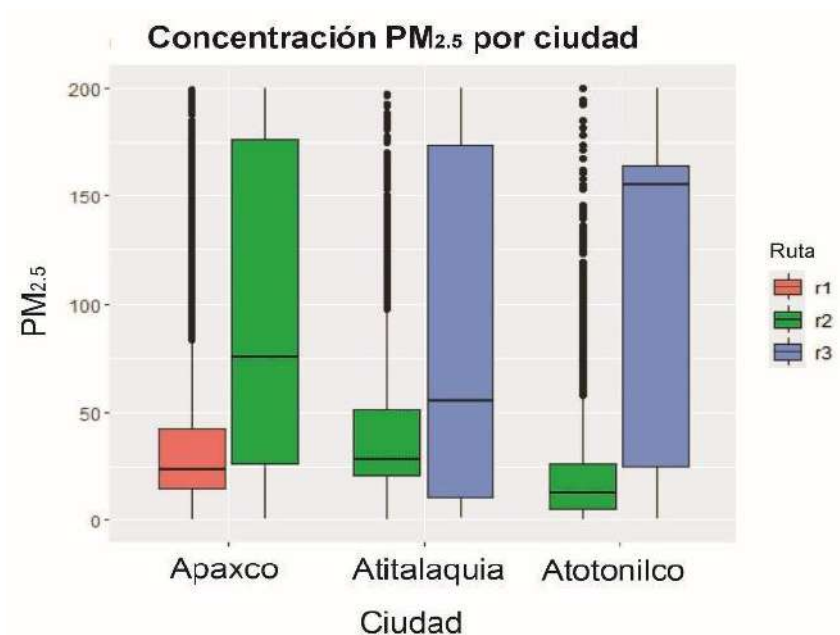


Figura 4. Concentración de PM_{2.5} medida en las rutas realizadas en cada ciudad durante las campañas de muestreo en el año 2023.

Conclusiones

Los resultados obtenidos durante los muestreos del año 2023 revelan comportamientos diferentes durante las temporadas seca-caliente y seca-fría en la RESA. También resalta el hecho que cada ciudad presenta particularidades para cada uno de los contaminantes estudiados cuando se compara con las otras ciudades en la RESA e incluso dentro de la misma ciudad. Las concentraciones de ozono no superaron los límites establecidos en la legislación aplicable vigente durante los periodos de estudio. Por el contrario, las partículas finas sí superan en ambos periodos los límites máximos permisibles. En particular, las partículas finas y sus concentraciones se observan que son dependientes de fuentes próximas de emisiones las cuales incluyen industria de procesamiento de minerales para la industria de la construcción, tráfico a diésel e industrias.

Es deseable se continúe realizando monitoreo con la finalidad de tener más información sobre las variaciones de contaminantes que afectan a la salud y que la información obtenida en campo pueda ser empleada para la generación de políticas públicas que estén encaminadas a proteger la salud de los habitantes de la RESA.

BIBLIOGRAFÍA

- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2021a). NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación. México: Autor. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5357042&fecha=20/08/2014.
- DOF (2021b). Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O3) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. México: Secretaría de Salud. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356801&fecha=19/08/2014
- Falcon-Rodríguez, Carlos Iván, Osornio-Vargas, Álvaro R., Sada-Ovalle, Isabel & Segura-Medina, Patricia (2016). Aeroparticles, composition, and lung diseases, *Frontiers in Immunology*, 7, 159625.
- García-Reynoso, Agustín, Jacilevich, A., Ruíz-Suárez, L.G., Torres-Jardón, R., Suárez Lastra, M. and Reséndiz Juárez, N. A. (2009). Ozone weekend effect analysis in México City, *Atmósfera*, 22-3.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) (2018). *Informe nacional de calidad del aire 2017*, México: Autor. <https://sinaica.inecc.gob.mx/archivo/informes/Informe2017.pdf>
- Martínez-Carrillo, Miguel Ángel, Solís, C., Andrade, E., Beltrán-Hernández, R.I., Isaac-Olivé, K., Lucho-Constantino, C.A., López Reyes, M.C., & Longoria, L.C. (2011). Atmospheric Pollution in the Tula Industrial Corridor studied using a biomonitor and nuclear analytical techniques. *Revista Mexicana de Física*, 57-1.
- ProAire (2023). Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (ProAire ZMVM 2021- 2030). México: SEDEMA, SMAGEM, SEMARNATH y SEMARNAT.

Lee, Kiyong, Parkhurst William J., Xue, Jianping, Özkaynak A. Haluk, Neuberger, Donna & Spengler, John D. (2004). Outdoor/Indoor/Personal Ozone Exposures of Children in Nashville, Tennessee, *Journal Air & Waste Manage. Assoc.* 54.

Ogawa & Co. (Febrero de 2001). Protocol for Ozone Measurement Using the Ozone Passive Sampler Badge. <http://ogawausa.com/wp-content/uploads/2014/04/proozone.pdf>

World Health Organization (2003). *Health aspects of air pollution with Particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Report*, Bonn, Alemania: Autor.

World Health Organization (2021). *Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary*, Génova, Italia: Autor.





El sedimento del río Tula

Riesgo potencial para la biota

Edelmira García Nieto,
Víctor Alcántara Concepción,
Libertad Juárez Santacruz,
Arely Anaya Hernández,
Maribel Méndez Tepepa y
Cuauhtémoc Morales Cruz*

Introducción

La problemática socioambiental en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) del sur del Valle del Mezquital, Hidalgo, presenta una dinámica de contaminación de alta complejidad y representa un riesgo potencial para la salud de los seres vivos que habitan sobre la ribereña del río Tula y sus afluentes por la exposición al agua y sedimento de este sistema hidrológico.

El río Tula recibe las aguas residuales municipales e industriales provenientes del sistema de drenaje de la Ciudad de México, que incluye el norte de la zona metropolitana del Valle de México (ZMVM), a través de dos afluentes: El Salto y El Salado. El primero recibe los afluentes artificiales del emisor central y los emisores poniente y oriente a la altura del municipio de Atotonilco de Tula. Posteriormente, el caudal se dirige a la planta tratadora de aguas residuales (PTAR) del municipio; una parte del

* Centro de Investigación en Genética y Ambiente, Universidad Autónoma de Tlaxcala. mirosgn@gmail.com

agua tratada es desviada para el riego de cultivos en la zona, y la otra es liberada a la corriente principal del río Tula. Durante su trayecto, y hasta la confluencia con la presa Endhó, el río Tula y sus afluentes (El Salto, el Coscomate y el Rosas) recogen las aguas residuales de origen urbano-industrial de los municipios de Atotonilco de Tula y Tula de Allende (CNA, 2010; CNA, 2015).

Por su parte, el río El Salado es receptor de las aguas residuales provenientes del norte de la ZMVM a través de los túneles de Tequixquiac y del gran canal de desagüe. En su travesía por los municipios de Apaxco, Atotonilco de Tula y Atitalaquia, sigue acumulando descargas de aguas residuales de origen urbano e industrial, hasta su confluencia con el río Tula.

Los municipios de Atotonilco de Tula, Tula de Allende y Atitalaquia, incluidos en la RESA, se encuentran dentro de los 17 municipios que conforman el Distrito de Riego 003 Tula, localizado en la región del Valle del Mezquital. La superficie beneficiada con el riego en todo el distrito es de 50 mil hectáreas, donde las fuentes de abastecimiento las constituyen las aguas residuales de la ZMVM que se aprovechan mediante el Emisor Central, los ríos El Salado y El Salto, y las presas Taxhimay, Requena y Endhó (CNA, 2010). Los agricultores refieren que el agua beneficia sus cosechas e incluso la prefieren al agua de pozo, sin tomar en cuenta los riesgos a la salud por el consumo de los productos agrícolas. Al mismo tiempo, los agroquímicos aplicados en los campos agrícolas se incorporan a los ríos por escorrentía contribuyendo a la carga total de sustancias tóxicas en estos ecosistemas acuáticos. En este complejo escenario hay un intercambio de sustancias potencialmente peligrosas incorporándose en la cadena trófica.

Esta problemática se ha percibido y descrito como una consecuencia de las descargas de aguas residuales sin tratar, provenientes de actividades industriales, agropecuarias y urbanas. Esto se debe al incumplimiento del marco regulatorio para la calidad del agua residual, a la corrupción, a la obsolescencia de leyes y normas, y al crecimiento de los asentamientos

humanos en la región. La legislación ambiental mexicana, a través de la NOM-001-ECOL-1996, regula los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, sin embargo, no contempla la calidad del sedimento ni existen niveles que indiquen si el sedimento de un río o cuerpo de agua está contaminado.

Por ello, una de las primeras acciones para abordar esta problemática es obtener evidencia científica a escala regional, con el fin de conocer las características, el potencial tóxico y los niveles de contaminación del sedimento, teniendo una visión actual del impacto existente en sitios como el río Tula. Los primeros esfuerzos se dirigieron a identificar plaguicidas organoclorados (POC), plaguicidas organofosforados (POF), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y ftalatos (FT) en muestras de sedimento superficial recolectadas en el río Tula y su afluente, el río El Salado.

Contar con un diagnóstico actualizado de la problemática socioambiental de la RESA, basado en un análisis ambiental, permitirá identificar los sitios de mayor contaminación y exposición tanto para la población humana como para la biota doméstica y silvestre. Esto facilitará la priorización de las zonas de riesgo y establecerá las bases para la implementación de un programa de monitoreo ambiental y de salud destinado a la población circundante.

Objetivo

Evaluar la calidad del sedimento a través de la cuantificación de sustancias tóxicas provenientes de actividades antrópicas para conocer el riesgo potencial que representa esta matriz ambiental para la salud humana y la biota.

Contaminación del sedimento

La calidad de un ecosistema es un concepto relativo a los servicios ecosistémicos que proporciona a la sociedad, mejorando así la calidad de vida de las personas. Los ecosistemas dulceacuícolas, formados por recursos acuáticos lóticos como manantiales, arroyos y ríos, son de gran importancia debido a los numerosos servicios que ofrecen. Estos ecosistemas regulan el clima, participan en el reciclaje de nutrientes, mantienen la biodiversidad al proporcionar hábitat para la biota acuática, y son fuente de alimento y agua para muchas especies terrestres, incluyendo al ser humano, además, estos recursos se utilizan en una amplia variedad de actividades agropecuarias e industriales.

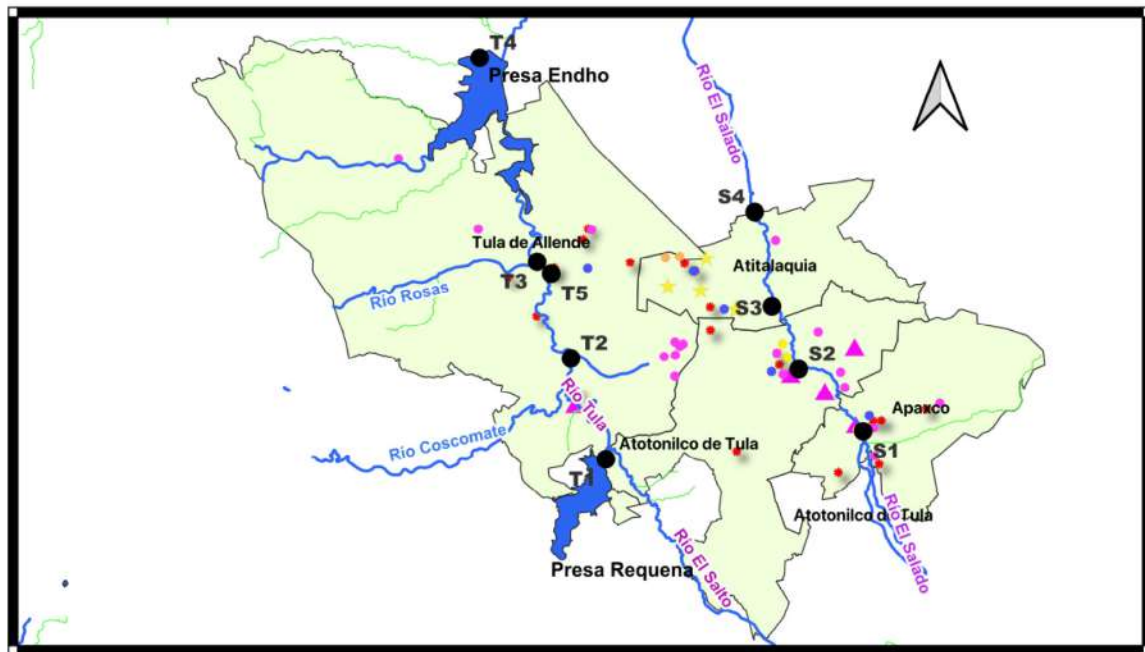
Sin embargo, la presión antrópica derivada de la intensa actividad agrícola, la urbanización y la presencia industrial ha tenido un impacto negativo significativo sobre las riberas de los ríos y su funcionalidad. Los ríos se han convertido en reservorios de desechos que superan su capacidad de resiliencia. El sedimento, en particular, juega un papel importante al acumular compuestos insolubles en agua, convirtiéndose en una matriz ambiental potencialmente peligrosa para los receptores ecológicos y humanos (Remilekun Gbadamosi Muideen, 2023; Umar Shah Zeshan, 2023; Navarrete-Rodríguez Gabycarmen, 2020).

En general, la composición del sedimento resulta de un componente inorgánico, originado por la acumulación de materiales detríticos provenientes de la erosión de rocas, y un componente orgánico, influenciado por actividades antrópicas que incluyen, las descargas de aguas residuales de origen urbano e industrial, así como la escorrentía de los suelos durante lluvias torrenciales. Esto es especialmente relevante en suelos agrícolas, donde los residuos de agroquímicos aplicados durante la siembra son arrastrados a los ríos.

La salud ambiental de un río refleja la calidad de la estructura y el funcionamiento del ecosistema asociado al agua y al sedimento superficial.

Esta salud puede diagnosticarse mediante diversos indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos, los cuales se relacionan con las condiciones naturales y la ausencia de presiones antrópicas. En particular, el análisis del sedimento se ha utilizado como un indicador ambiental para evaluar la magnitud de la contaminación en un sistema acuático, debido a su interacción con la fase líquida y al hecho de que el proceso de sedimentación permite acumular diferentes sustancias químicas tóxicas, afectando así la calidad del agua de los ríos y proporcionando información sobre las zonas críticas del sistema acuático.

Figura 1. Sitios de muestreo de sedimento del río Tula y su tributario el río El Salado en la RESA del Sur del Valle del Mezquital



Simbología

- | | |
|---------------------------------|--|
| Presas | Papel y plásticos |
| Ríos | Refinería y fabricación de productos de petróleo |
| Ríos intermitentes | Fabricación de cemento y concreto |
| Minería no metálica | Industria química |
| Generación de energía eléctrica | |
| Fabricación de cal | |

Como parte del diagnóstico preliminar de los ríos ubicados en la región sur del Valle del Mezquital, se recolectaron muestras de sedimento superficial en ocho estaciones de la ribereña en noviembre de 2022. Cuatro de estas muestras provienen del río Tula (T1 - T4) y las restantes de El Salado (S1 - S4). Además, en enero de 2023, se obtuvo una muestra de sedimento expuesto a la orilla del cauce del río Tula, proveniente de un proceso de desazolve (T5), tal como se indica en la Figura 1.

En cada una de las muestras se analizaron, por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, 17 Plaguicidas organoclorados (POC; hexaclorobenceno, alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH, delta-HCH, aldrín, dieldrín, endrín, endrín aldehído, heptacloro, heptacloro epóxido, alfa endosulfán, meta endosulfán, p,p'-DDT, p,p'-DDD, mirex, p,p'-metoxicloro), 13 Plaguicidas organofosforados (POF; paratión, malatión, etión, cumafós, dimetoato, monocrotofós, sulfotep, clorfenvinfos, diclorvos, EPN, ometoato, tribufos, clorpirifós), 15 Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP; naftaleno, acenaftileno, fluoreno, antraceno, fenantreno, fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, pireno, criseno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(a)antraceno, dibenzo(a,h)antraceno, indeno(1,2,3-cd)pireno, benzo(g,h,i)perileno) y 6 Ftalatos (FT; dietil ftalato, dimetil ftalato, di-n-butilftalato (DBP), butil bencilftalato (BBP), di-n-ocetilftalato, Di(2 etilhexyl) ftalato (DEHP).

Los resultados se presentan en la Tabla 1. Entre los POC, el dieldrín, el alfa-HCH y el p,p'-DDT mostraron las mayores concentraciones, alcanzando la sumatoria de los 17 POC (Σ POC) valores superiores a 2,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en dos de los sitios del río El Salado (S1 y S4). En cuanto a la sumatoria de plaguicidas organofosforados (Σ POF), las concentraciones más altas de 30,000 y 50,000 $\mu\text{g}/\text{kg}$, se encontraron en los sitios del río El Salado (S1, S3 y S4), donde más del 95 % del total de POF correspondió al plaguicida diclorvos.

Dentro del grupo de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), los compuestos que destacaron fueron el naftaleno y el criseno; la

concentración del naftaleno representó más del 90 % del total de HAP analizados, con los valores más altos registrados en las muestras del río El Salado (S1, S3 y S5), particularmente en el sitio S1, que mostró una concentración de 5,000 µg/kg. Finalmente, tres de los seis ftalatos analizados presentaron las concentraciones más altas en las muestras de sedimento, siendo el dimetilftalato el más representativo en la muestra T5 con una concentración de 259 µg/kg y el di-n-butilftalato con un valor de 140 µg/kg en la muestra del río Tula (T2).

En la misma Tabla 1 se indican los sitios de muestreo donde las concentraciones superaron los valores de referencia internacionales establecidos por el Departamento de Protección Ambiental de Nueva Jersey- Criterios de Evaluación Ecológica (NJDEP-ESC, por sus siglas en inglés) para sedimento con el fin de proteger la vida acuática (LEL, Nivel de Efecto Más Bajo, por sus siglas en inglés) y para suelo con el fin de proteger la flora y fauna silvestre (WPRG, Objetivo Preliminar de Remediación para la Vida Silvestre, por sus siglas en inglés), cabe mencionar que se considera la normativa del suelo debido a su participación en la composición del sedimento, especialmente del sedimento superficial. Las muestras del río El Salado, ubicadas en los municipios de Atitalaquia y Apaxco, presentaron valores de POC y HAP que superan dicha normativa, mientras que los ftalatos se encontraron por debajo de los niveles LEL y WPRG. Cabe destacar los valores tan altos de diclorvos, sin embargo, no existen normativas internacionales que indiquen el riesgo que representan estas concentraciones en sedimento.

Tabla 1. Niveles de compuestos orgánicos en sedimento del río Tula y su tributario el río El Salado en la RESA del Sur del Valle del Mezquital

Sustancia	Niveles de compuestos orgánicos (µg/kg)										NJDEP-ESC		Concentración (µg/kg)
	T1	T2	T3	T4	T5	S1	S2	S3	S4	Sedimento LEL (µg/kg)	Suelo WPRG (µg/kg)		
Dieldrin	[Green]										1.9	2.38	
alfa-HCH	[Green]										6.0	99.4	
p,p' DDT	[Green]										4.16	3.5	
ΣPOC	[Green]										-	-	
Diclorvos	[Green]										-	-	
EPN (Asantox)	[Green]										-	-	
ΣPOF	[Green]										-	-	
Naftaleno	[Green]										176	99.4	
Criseno	[Green]										166	4,730	
ΣHAP	[Green]										4,000	-	
Di-n-butilftalato (DBP)	[Green]										1,114	150	
Dimetilftalato	[Green]										-	-	
Butil bencilftalato (BBP)	[Green]										1,970	239	
ΣFT	[Green]										-	-	

ΣPOC, sumatoria de plaguicidas organoclorados; ΣPOF, sumatoria de plaguicidas organofosforados; ΣHAP, sumatoria de hidrocarburos aromáticos policíclicos; ΣFT, sumatoria de ftalatos. NJDEP-ESC, New Jersey Department of Environmental Protection/Ecological Screening Criteria; LEL, Lowest Efect Level; WPRG, Wildlife Preliminar Remediation Goal.

Para estimar el riesgo en la población humana por la exposición a una sustancia tóxica o mezcla de ellas en un sitio determinado, es necesario identificar la sustancia y conocer su concentración en el ambiente para calcular la dosis del tóxico que pudiera entrar al organismo (dosis de exposición) y después obtener el cociente de riesgo (CR). Para ello, se aplican ecuaciones matemáticas donde se emplea la información generada sobre los niveles de sustancias tóxicas en matrices ambientales, los datos sobre el peso corporal del individuo y la tasa de ingesta de la matriz ambiental analizada, en este estudio se consideró solo el sedimento y como vía de exposición la oral. En humanos se emplea la dosis de referencia (RfD por sus siglas en inglés) elaboradas por la Agencia de Protección Ambiental de lo Estados Unidos (USEPA, por sus siglas en inglés) que se refiere a la dosis ingerida de una sustancia peligrosa que probablemente

no producirá efectos no cancerígenos en la salud, y el nivel de riesgo mínimo (MRL por sus siglas en inglés) establecido por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés) que se define como los niveles de exposición a una sustancia peligrosa que empieza a provocar efectos apreciables en la salud humana, no considera efectos cancerígenos (Torres *et al.*, 2005; SEMARNAT, 2006).

Del total de sustancias identificadas en este trabajo, el 70.6 % reporta un valor de referencia (MRL o RfD) con los cuales se estimó la dosis de exposición oral y se obtuvo el cociente de riesgo no cancerígeno para la población infantil. En la Tabla 2 se enlistan solo las sustancias cuya concentración representa un riesgo, es decir, aquéllas cuya concentración en sedimento se estima que alcanzarán una dosis en el organismo superior a las dosis de referencia (valores del CR mayores a 1 representan riesgo). Los plaguicidas organofosforados son los contaminantes críticos en el río El Salado, sin embargo, es importante destacar que solo se consideró la vía de exposición oral. Muchos de los compuestos identificados son volátiles y/o semivolátiles, por lo que es probable que estén presentes en el aire en mayor concentración que en el sedimento, el plaguicida diclorvos tiene poca tendencia de adsorberse en el sedimento (EPA, 2024). Sería importante medir estos compuestos en el aire, ya que la inhalación podría ser una vía de exposición significativa.

Tabla 2. Cocientes de riesgo infantil no cancerígeno por exposición a sedimento del río Tula y su tributario el río El Salado en la RESA del Sur del Valle del Mezquital

Matriz ambiental	Sustancia	RFD-EPA (mg/kg/d)	Efecto no cancerígeno	T1	T2	T3	T4	T5	S1	S2	S3	S4
Sedimento	Diclorvos	0.0005	Neurológico	0.72	0.64	-	-	-	3.59	-	3.29	2.40
	EPN (Asantox)	0.00001	Neurológico	-	-	0.14	0.13	8.61	1.46	0.65	0.35	0.36

En general, los organofosforados son utilizados como insecticidas para el control de plagas domésticas, y de insectos en los productos almacenados. La exposición humana a diclorvos y al asantox se ha asociado con efectos neurológicos por inhibición de la enzima acetilcolinesterasa.

Además, estudios en animales reportan que el diclorvos presenta alteraciones en los sistemas reproductivo e inmunológico, la Agencia Internacional de Investigación sobre Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) lo clasifica como B2, posible carcinógeno para humanos (EPA, 2024).

Conclusiones

Entre las causas de la problemática ambiental en la zona de estudio se encuentran el incumplimiento del marco regulatorio para la calidad de agua residual, leyes y normas obsoletas, aunado al crecimiento desorganizado y ausencia de regulación de las actividades económicas y urbanas, potenciadas por el desconocimiento para detectar el riesgo por exposición a la contaminación local en la población y la ausencia de evidencia científica del tipo y magnitud de los contaminantes. Demostrar que sustancias están presentes y en que concentraciones, priorizar zonas de riesgo por tipo, concentración y toxicidad de las sustancias, darán los elementos para atender parte de la problemática planteada.

Las sustancias tóxicas presentes en el sedimento de los ríos siguen diferentes rutas de exposición humana, las cuales dependen de las características fisicoquímicas de la matriz ambiental, de factores climáticos y, por supuesto, de las propiedades intrínsecas del agente tóxico. Las propiedades fisicoquímicas del sedimento analizadas en este trabajo (datos no presentados) revelan una textura arenosa y un bajo contenido de materia orgánica, lo cual favorece la movilidad de sustancias y su biodisponibilidad tanto para receptores ecológicos como para humanos.

La inspección en los sitios de estudio durante la recolección de muestras ambientales ha permitido identificar rutas de exposición muy evidentes, como el transporte eólico de sustancias volátiles que llegan a la población, principalmente a la que habita en las riberas. Estas sustancias pueden ser inhaladas, lo que subraya la importancia de monitorear los compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles no solo en el sedimento, sino también en el aire.

Otra posible ruta de exposición es la transferencia trófica de sustancias que se bioacumulan y biomagnifican, como los POC y los FT. Esto incluye el consumo de cultivos regados con agua directa del río, el enriquecimiento de los campos agrícolas con lodos provenientes de la PTAR de Atotonilco y el consumo de productos de animales domésticos (carne, leche y huevo) que pastorean cerca del río. Por ello, es importante analizar los suelos agrícolas y cuantificar las sustancias tóxicas en alimentos agrícolas y en la biota doméstica.

Durante el recorrido se identificaron puntos de exposición humana y de biota doméstica en contacto directo con el sedimento de los ríos. Conocer la magnitud y distribución de los sitios contaminados permitirá tomar medidas para evitar la exposición directa a esta matriz ambiental. Además, el riesgo potencial se extiende a la biota silvestre que se identificó en diferentes sitios de muestreo, donde se observaron ranas, roedores, ardillas, tortugas, aves y murciélagos, entre otros. Por ello, la evaluación del riesgo ecotoxicológico es un aspecto crucial que no debe ignorarse.

El incremento en las brechas sociales debido a la marginación que sufren las personas que habitan estos sitios contaminados está relacionado con la pobreza y la enfermedad. Estos indicadores epidemiológicos son factores de riesgo que inician o exacerbaban las enfermedades medioambientales, violentando su derecho constitucional a la salud y al suministro de agua limpia. La contaminación de los ríos reduce la disponibilidad de agua y aumenta la explotación de los mantos acuíferos, lo que genera un déficit en el suministro de este recurso a los sectores más pobres de la población, afectando negativamente la salud humana y la biota que depende de estos ecosistemas para su desarrollo.

Se recomienda la implementación de un programa de monitoreo ambiental que incluya el análisis del sedimento, así como un programa de biomonitoreo para evaluar la exposición en la biota y en la población humana. Además, se deben establecer programas de salud medioambiental para la población circundante a este ecosistema acuático.

BIBLIOGRAFÍA

- ATSDR (2023). Agency for Toxic Substances and Disease registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiledocs/>
- CNA (2010). Compendio del agua, región hidrológico-administrativa XIII. Lo que se debe saber del organismo de cuenca aguas del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. www.conagua.gob.mx
- CNA (2015). Programa hídrico regional 2014-2018 de la región hidrológico-administrativa XIII. Aguas del Valle de México. Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. www.gob.mx/conagua.
- EPA (2024). Environmental Protection Agency. <https://comptox.epa.gov/dashboard/chemical-lists/iris>
- Navarrete-Rodríguez, Gabycarmen, Castañeda-Chávez, María Del Refugio & Lango-Reynoso, Fabiola (2020). Geoaccumulation of Heavy Metals in Sediment of the Fluvial-Lagoon-Deltaic System of the Palizada River, Campeche, Mexico. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17-3. doi: 10.3390/ijerph17030969.
- Remilekun, Gbadamosi, Muideen, Lawrence, Ogunneye, Adeyemi, Olaoluwa, Jegede, David, Abou-Elwafa, Abdallah, Mohamed & Harrad, Stuart (2023). Occurrence, source apportionment, and ecological risk assessment of organophosphate esters in surface sediment from the Ogun and Osun Rivers, Southwest Nigeria. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30-59. doi: 10.1007/s11356-023-31125-z.
- SEMARNAT (2006). *Guía técnica para orientar la elaboración de estudios de evaluación de riesgo ambiental en sitios contaminados*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://www.semarnat.gob.mx>
- Torres, Arturo, Espinosa-Reyes, Guillermo, Ilizaliturri, César, González, Donaji, Razo, Israel, Mejía, Jesús & Díaz-Barriga, Fernando (2005). *Diseño y aplicación de una metodología para la evaluación integrada de riesgos ambientales en sitios peligrosos de México*. Reporte para Instituto Nacional de Ecología.
- Umar Shah, Zeshan & Parveen, Saltanat (2023). Distribution and risk assessment of pesticide residues in sediment samples from river Ganga, India. *PLoS One*, 2, 18-2. doi: 10.1371/journal.pone.0279993





Degradación socioambiental y la semilla de una alternativa territorial en el Valle del Mezquital

Juan Campos Alanís
Edel Cadena Vargas
Raquel Hinojosa Reyes
José Emilio Baró Suarez
Brisa Violeta Carrasco Gallegos
Jesús Guerrero Morales
Oscar Rafael Yaxi Corona
Patricia Flores Olvera
Edisson Manuel Chávez Lancheros*

Introducción

Las condiciones sociales y ambientales registradas en la Región Tolteca ubicada en el sur del Valle del Mezquital, México, son tales que le han conferido la categoría de zona de sacrificio. La mala calidad del aire por minas y la industria pesada y el contacto permanente con aguas residuales impacta la salud de los pobladores de forma permanente. Al respecto, se desarrolló un trabajo multidisciplinario en los municipios de Atotonilco de Tula, Tula de Allende y Atitalaquia, Hidalgo y Apaxco, Estado de México con el fin de registrar los impactos ambientales y poner la semilla

Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México

de alternativas de empoderamiento social. En el presente artículo, presentamos los trabajos que realizamos en el marco del PronaII 318998, en la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México y que corresponden a diferentes grupos de investigación abordando las siguientes temáticas: Extracción minera y cambio del paisaje, modelado de inundación y riesgo, vulnerabilidad socioambiental y como alternativa ciudadana sitios de valor patrimonial.

En este sentido, a continuación, se ahonda en la explotación minera que sirve como materia prima para la producción de cemento y cal realizando estimaciones de volumen; de igual manera se modeló la inundación del Río Tula en fechas recientes con sistemas de información geográfica; aunado a lo antes mencionado fue necesario identificar las condiciones socioambientales de los pobladores a partir de indicadores de vulnerabilidad; como alternativa ciudadana a la degradación socioambiental se puso la semilla de un proyecto de apropiación territorial donde los habitantes puedan decidir desde lo simbólico de sitios de valor patrimonial y resistir al desarrollismo tóxico que les aqueja.

Extracción minera y el cambio de uso de suelo

Para el análisis del cambio de paisaje, se plantearon tres etapas: primero, se realizó un análisis multitemporal que permitió estimar de manera cuantitativa y cualitativa los volúmenes de extracción y los cambios en la topografía de las principales zonas mineras identificadas en el periodo 2003-2013; en la segunda etapa, se está construyendo un inventario de minas en estado de abandono para evaluar sus cambios y el estado actual; y, finalmente, en la tercera etapa, se desarrollarán propuestas de recuperación y restauración de estos espacios. Las etapas 2 y 3 se encuentran actualmente en proceso de ejecución.

En la etapa 1, el objetivo de esta etapa fue realizar un análisis multitemporal de las zonas mineras de la región priorizada mediante técnicas de

teledetección, describiendo cuantitativamente el volumen de material extraído en el periodo 2003-2013, a partir de la generación de Modelos Digitales de Terreno (MDT) con pares de imágenes estereoscópicas satelitales del Sistema Para la Observación de la Tierra (SPOT). En concordancia con Cantón, (2020) se identificaron varios impactos ambientales asociados con la minería a cielo abierto y los procesos extractivos de materiales, que incluyen cambios acelerados y significativos en la morfología del terreno, como altitud, pendiente, topografía, depresiones y formaciones rocosas.

Los resultados obtenidos indican que los municipios de Atotonilco, Apaxco y Tula de Allende fueron los municipios con mayor extracción de material, representando respectivamente el 51%, 26% y 23% del volumen total extraído. Se observó una correlación directa entre el área de explotación y el volumen extraído, indicando que, a mayor volumen de extracción, mayor extensión de las áreas intervenidas. Además, las empresas multinacionales Cemex y Holcim contribuyeron con el 45% del volumen total extraído, destacando su capacidad de producción superior. En la figura 1 se observa el trabajo de campo.

Figura 1 Trabajo de campo para la identificación de minas

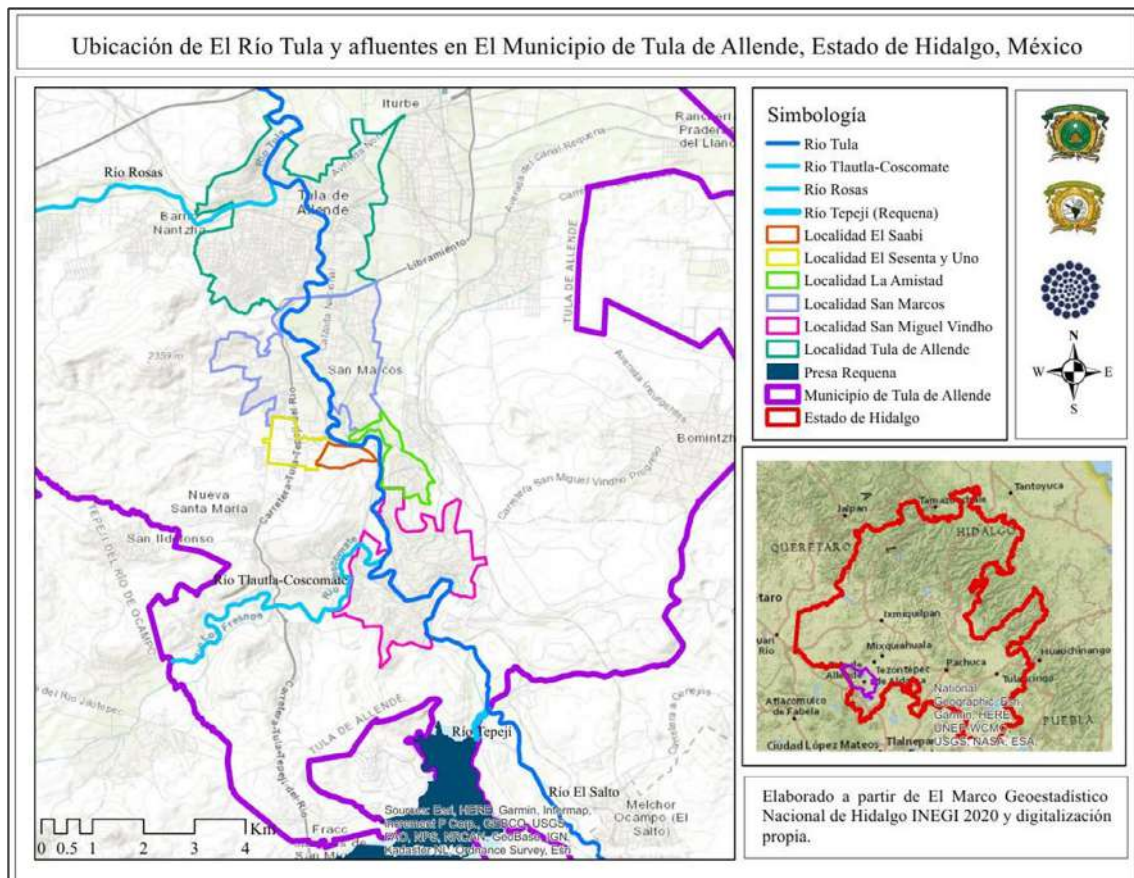


Análisis de Inundaciones como herramienta de gestión del riesgo local

Se analizan las inundaciones sucedidas por el desbordamiento del Río Tula el 6 y 7 de septiembre de 2021 en el Municipio de Tula de Allende provocadas por el volumen de aguas residuales y pluviales provenientes de la Ciudad de México, asociado a eventos hidrometeorológicos. Se implementan modelos hidráulicos hidrológicos desarrollados en el software HEC-RAS, diseñado para la simulación de escenarios de inundaciones. Los resultados destacan que los afluentes del Río Tula contribuyeron

al desbordamiento fueron aquellos afectados por caudales regulados, es decir, el flujo del Río Tula está a merced de los túneles profundos de drenaje de la Ciudad de México, la modelación con el software permitió identificar esta relación a partir del uso de los hidrogramas que se estructuran a partir de la información y bases de datos hidrológicos. Sin embargo, es necesario complementar la modelación dado que el Sistema de Información Hidrológica de la CONAGUA no tiene suficientes estaciones hidrométricas de los afluentes del Río Tula. El uso de herramientas geotecnológicas permiten la construcción de escenarios de inundaciones a partir de información histórica de los caudales máximos en el río principal y en sus afluentes (figura 2).

Figura 2. Ubicación del Río Tula y afluentes



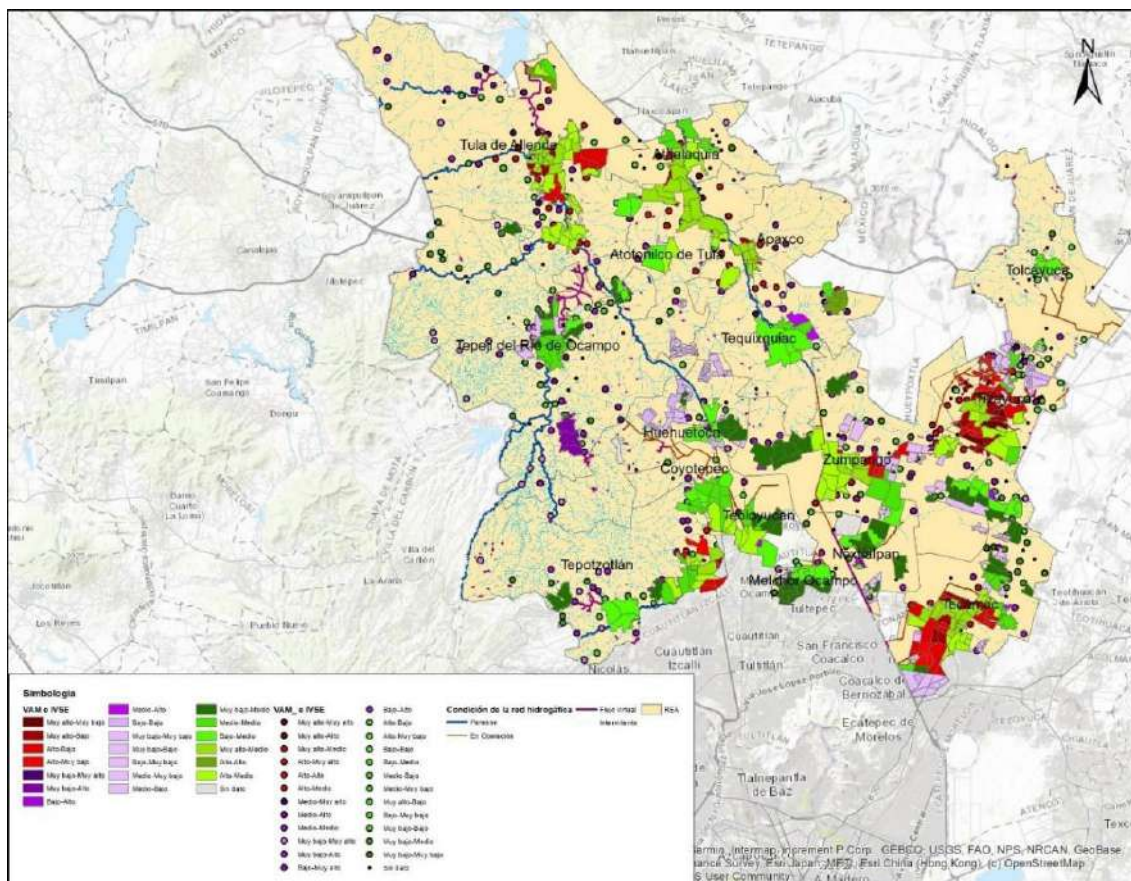
Vulnerabilidad Socioambiental

Ante la situación de emergencia sanitaria de la región, se estimó un indicador de vulnerabilidad en localidades y áreas geoestadísticas urbanas (AGEB) a partir de la metodología de Álvarez y Cadena (2006), adicionalmente a este indicador se agregó otro relacionado con la proximidad a fuentes potencialmente dañinas a la salud humana como fueron: la proximidad a las cementeras, industria química, generación de energía, industria del petróleo y sus derivados, así como la cercanía a los cauces de ríos por su nivel de contaminación. Los hallazgos revelan que las condiciones de vulnerabilidad social se reducen significativamente en las zonas más urbanas por las ventajas que tiene en radicar en ellas, mientras que los entornos rurales presentan la mayor vulnerabilidad, sin embargo, el indicador de proximidad a fuentes potencialmente dañinas es lo inverso, dado que las industrias se localizan precisamente en los entornos urbanos, además de que estos son atravesados por los principales ríos de la región. En este sentido, 1 de cada 4 habitantes de la zona se encuentra en la intersección de ambos indicadores en condición de media, alta y muy alta vulnerabilidad (cuadro 1 y figura 3).

Cuadro 1. Población según condición de vulnerabilidad y proximidad a fuentes potencialmente dañinas a la salud

Socioeconómico/Exposición	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Población total
Muy alto	130	213	398	333	3,627	4,701
Alto	86	13,364	6,860	6,620	20,914	47,844
Medio	137,059	238,954	162,717	168,359	228,067	935,156
Bajo	79,012	163,968	147,154	67,730	141,598	599,462
Muy bajo	26,246	79,835	37,312	51,145	64,515	259,053
REA	242,533	496,334	354,441	294,187	458,721	1,846,216
Socioeconómico/Exposición	Muy alto	Alto	Medio	Bajo	Muy bajo	Población total
Muy alto	0.01	0.01	0.02	0.02	0.20	0.25
Alto	0.00	0.72	0.37	0.36	1.13	2.59
Medio	7.42	12.94	8.81	9.12	12.35	50.65
Bajo	4.28	8.88	7.97	3.67	7.67	32.47
Muy bajo	1.42	4.32	2.02	2.77	3.49	14.03
REA	13.14	26.88	19.20	15.93	24.85	100.00
Fuente: Elaboración propia.						

Figura 3. Nivel de vulnerabilidad socioambiental de la Región de emergencia Sanitaria y Ambiental del Valle del Mezquital



Sitios de valor patrimonial

Se realizó una investigación sobre sitios de valor patrimonial para conocer los lugares construidos o espacios naturales que tienen una significación patrimonial, ligada a la memoria y al presente de las personas que habitan la región. La importancia del estudio radica en que, en el contexto de contaminación y degradación del paisaje predominante en la región, es fundamental el rescate de los elementos de arraigo comunes a la población y establecer estrategias de reapropiación del territorio. El estudio se enmarcó en los conceptos de Zonas de Sacrificio (Juskus, 2023) y Patrimonio Común (Calvo-Mendieta y cols., 2017). Se aplicaron

entrevistas para tener un listado de sitios, que posteriormente fueron mapeados en campo. Se identificaron 136 elementos en los cuatro municipios, que fueron clasificados en seis tipos: Urbano Arquitectónico, Histórico, Paisaje, Medioambiental, Religioso y Recreativo. Los resultados muestran que para la población es notorio el proceso de deterioro ambiental, que implica despojo y pérdida. Ante ello la comunidad se organiza para dar respuesta desde la autogestión y gestión de espacios comunitarios y movimientos ambientalistas que promueven la defensa del territorio. Los resultados de investigación permiten brindar un catálogo de sitios que pueden transformarse en zonas de conservación, manejo recreativo o aprovechamiento sustentable.

Reflexiones finales

A partir del volumen estimado de extracción y de la identificación de las principales industrias es posible afirmar que los pasivos ambientales como son el polvo suspendido aunado a las emisiones de los camiones a Diesel, tienen una afectación directa a los pobladores que impacta en las vías respiratorias principalmente y a pesar del valor económico que representa los beneficios no son fáciles de identificar. La degradación del paisaje es un aspecto importante a mencionar debido a la cantidad de minas a cielo abierto generando en los pobladores un descontento permanente ya que la superficie vegetal queda totalmente anulada. En relación a la inundación del Río Tula las herramientas geo informáticas aplicadas dan un mejor entendimiento de los que vivieron los pobladores en el 2021 y que debido a la variabilidad climática el riesgo puede ser mayor si no se cuenta con mayor infraestructura de monitoreo climático. En relación a la vulnerabilidad socioambiental es importante resaltar que la región cuenta con población rural que es la más vulnerable y a ellos deber ser prioritaria la atención por parte del Estado mexicano. La semilla aportada como alternativa desde el proyecto Pronaii 318998 en compañía de los pobladores fue crear una lista de sitios de valor patrimonial donde el criterio de selección fue el arraigo geográfico que expresaron

los habitantes de la Región Tolteca y posibilita la construcción de un proyecto que les permita reapropiarse del espacio habitado y sea posible que ellos decidan sobre su entorno, recordando que esto último es lo que no les permite el desarrollo industrial.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Ayuso, I., & Cadena Vargas, E. (2006). Índice de Vulnerabilidad Social en los países de la OCDE. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, 8(2), 248-274.
- Calvo-Mendieta, Iratxe, Petit, Olivier y Franck-Dominique, Vivien (2017). Common Patrimony: A Concept to Analyze Collective Natural Resource Management. The Case of Water Management in France. *Ecological Economics* 137 (17). pp. 126-132. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.02.028>
- Cantón, (2020). Saskab, grava y piedra: implicaciones socioambientales de la recuperación de minas de caliza en Yucatán. Universidad de Sherbrooke & Colegio de la Frontera Sur. México. [fecha de Consulta 9 de noviembre de 2022]. Disponible en: https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/2152/1/60689_Documento.pdf
- HEC-RAS. (2024). Manual de usuario del mapeador HEC-RAS. Recuperado de: <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/rmum/latest>
- Juskus, Ryan (2023). Sacrifice Zones. A Genealogy and Analysis of an Environmental Justice Concept. *Environmental Humanities*, 15: 1. Recuperado de: <https://doi.org/10.1215/22011919-10216129>



Derechos de las personas a un ambiente saludable

Panorama general de la salud en RESA, Valle del Mezquital Sur

Raymundo Ordoñez Sierra
Miguel Ángel Gómez Albores
María Guadalupe Rodríguez Reyes
Víctor Josué Arriaga Núñez
Carlos Roberto Fonseca Ortiz
Joan Fer Zamora Mancio
Cristina Eduardo Soto*

Introducción

La preocupación por conservar al medio ambiente reside de la conciencia que se ha generado a nivel internacional por los impactos de las actividades humanas en el entorno y biodiversidad, en este contexto, el derecho a un medio ambiente saludable es un pilar que busca alentar la participación en el cuidado del medio ambiente (Pérez-Vaquero, 2011).

* Instituto Interamericano de Tecnología y Ciencias del Agua, Universidad Autónoma del Estado de México, Equipo de Seguimiento Epidemiológico del PronaII 318998. rordonezs@uaemex.mx; magomez@uaemex.mx; mrodriguezr940@alumno.uaemex.mx; varriagan334@alumno.uaemex.mx; rfonsecao@uaemex.mx; jzamoram652@alumno.uaemex.mx; ceduardos001@alumno.uaemex.mx

El derecho a un medio ambiente sano es reconocido en diversos instrumentos internacionales, así como en el artículo 4 de la constitución política de los Estados Unidos Mexicanos, este derecho se basa en que las personas merecen vivir en un entorno que les permita desarrollarse sin ser afectados por la contaminación del aire y agua (Mesa-García, 2017; ONU, 2022). Por su parte, “el derecho a la salud es un derecho social y económico fundamental”, de conformidad con lo previsto en el artículo 12 del Pacto Internacional de los Derechos Económicos Sociales y Culturales, de las Naciones Unidas.

La interacción entre el medio ambiente y la salud es un tema estrechamente relacionado, debido a que el entorno desempeña un papel importante en la salud humana y la calidad de vida (OPS, 2024). Desde el campo de la epidemiología ambiental se pueden analizar factores de riesgo y características ambientales existentes en el medio ambiente y el entorno laboral que generan un impacto en la salud humana (OPS, 2022; Ávila, 2007; Nieuwenhuijsen, 2015). Un seguimiento epidemiológico, ayuda a identificar una asociación de la mortalidad y morbilidad con diferentes factores de riesgo en una zona de estudio contribuyendo en la evaluación de la ruta de exposición para el emprendimiento de actividades de prevención contra la presencia de enfermedades y evitar múltiples consecuencias.

El Valle del Mezquital, ubicado en el estado de Hidalgo, es un área de importancia ambiental, histórica, social, cultural y económica debido a su potencial de recursos naturales y su ubicación estratégica (Aguilar-Sánchez & González-Vizcarra, 2019). Sin embargo, la región enfrenta desafíos significativos relacionados con la contaminación del aire, suelo y agua (Cornejo-Oviedo et al., 2012; Domínguez-Narváez, et al., 2023).

La exposición de la población a diferentes contaminantes a largo plazo, debida principalmente a la intensa actividad industrial, así como a los desechos de aguas domésticas, generan una combinación de contaminantes tóxicos (Lesser-Carrillo, et al., 2011; Lara-Viveros, et al., 2015). Por

ejemplo, Cifuentes (1994) expone el impacto a la exposición de aguas residuales de los distritos de riego, y la prevalencia de infecciones intestinales. En tanto, Lara-Figueroa & García-Salazar (2019) relacionan las enfermedades cancerígenas, enfermedades gastrointestinales y cutáneas con la presencia de metales pesados, sustancias químicas y coliformes fecales. Martínez-Jiménez (2018) realizó un estudio en el que argumenta que los metales pesados generan enfermedades cancerígenas, cardiovasculares, respiratorias, gastrointestinales, enfermedades motoras y de la piel.

En relación con la contaminación del aire, los estudios siguen siendo limitados, sin embargo, SEMARNAT en conjunto con el INECC y la Comisión Ambiental de la Megalópolis realizaron un estudio en el que delimitaron la cuenca atmosférica de Tula, la cual está integrada por 12 municipios (Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Chilcuautla, Mixquiahuala de Juárez, Progreso de Obregón, Tepeji del Río de Ocampo, Tepetitlán, Tetepango, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Tula de Allende) en el que identificaron contaminantes importantes como el SO₂, NO_x, PM₁₀ y PM_{2.5}, siendo la PM_{2.5}, PM₁₀ y el ozono los contaminantes que superan los límites permisibles (SEMARNAT, et al., 2020).

Tendencias de la mortalidad

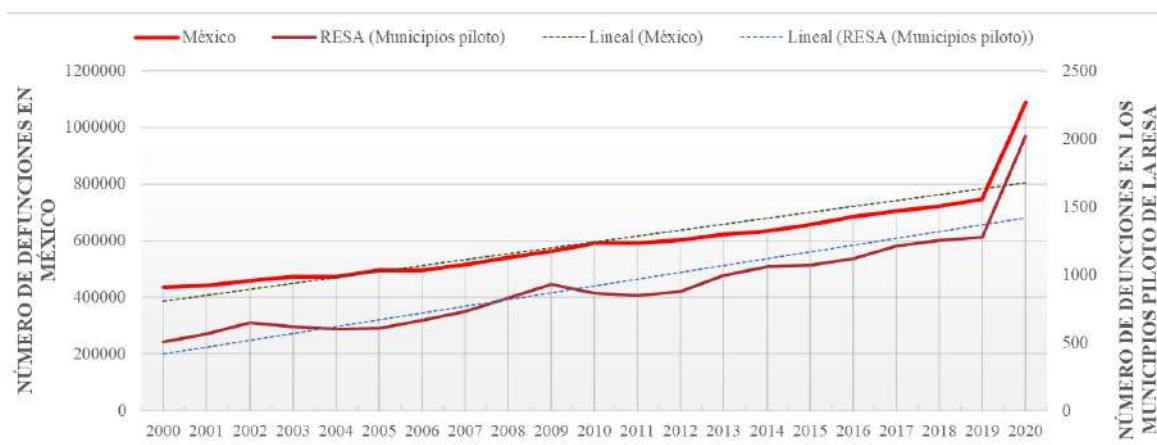
Las condiciones de contaminación atmosférica e hídrica en la región son evidentes, debido a que existe una contaminación del río Tula y Salado con aguas residuales provenientes del Valle de México, en combinación con los desechos de los diferentes sectores industriales, como una de las refinerías de mayor importancia a nivel nacional, termoeléctrica, y un conjunto de cementeras y grupos textiles que, a largo plazo dejan un impacto en la salud humana por la cercanía y tiempo de exposición.

Para analizar el comportamiento y presencia de enfermedades, se utilizaron las bases de datos de mortalidad para un periodo de 21 años

(2000-2020) de la Dirección General de información en Salud (<http://www.dgis.salud.gob.mx>) a nivel nacional, estructurando la información de forma anual, por municipio y para el total de casos de mortalidad de acuerdo a la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10-11).

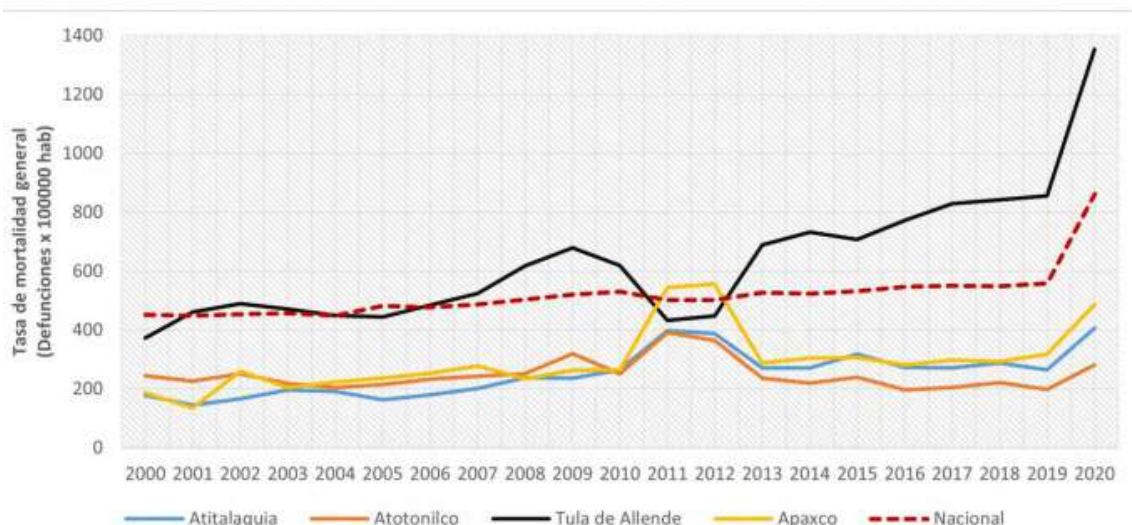
Como parte de un primer análisis exploratorio, se muestra el comportamiento temporal de las defunciones acumuladas para los municipios de la región de estudio y para México. En la figura 1, se puede observar que la línea de tendencia de la RESA presenta mayor pendiente que la nacional, lo que refleja un incremento más acelerado en el total de defunciones en los municipios de la RESA Valle del Mezquital Sur.

Figura 1. Defunciones anuales por RESA Valle del Mezquital Sur vs Nacional



Se calculó la Tasa de Mortalidad General (TMG) (Número de defunciones entre población por cada 100,000 habitantes), en la figura 2 se puede observar que el municipio de Tula de Allende presenta TMG por encima de la nacional en 17 de los 21 años analizados, con una marcada disminución en los años 2011 y 2012 pero que se compensa con el resto de los municipios y que se puede explicar por la dinámica laboral de los habitantes de la región.

Figura 2. Tasa de mortalidad general por municipio de la RESA Valle del Mezquital Sur versus la Nacional

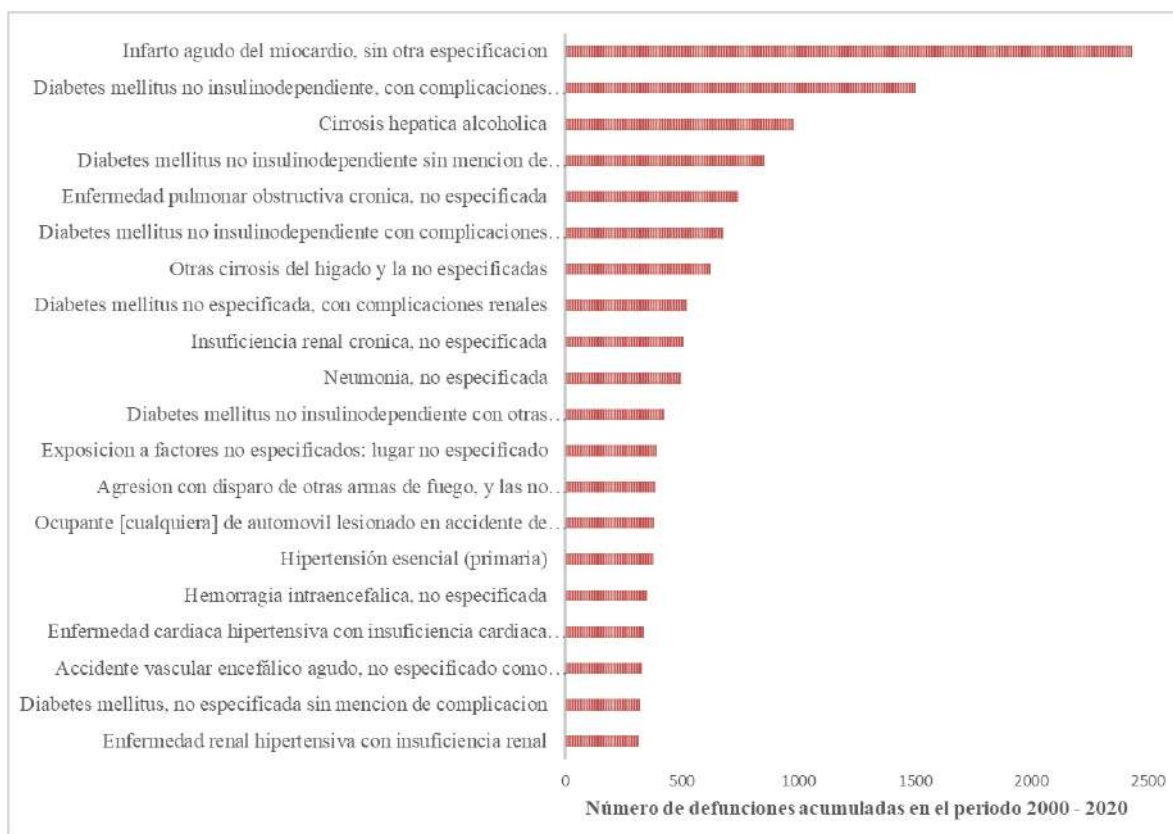


Identificación de las principales causas de mortalidad en la RESA Mezquital Sur

Durante el periodo de estudio analizado (2000-2020) se identificaron alrededor 1,160 causas de mortalidad en la región, de las cuáles, año con año se presentan entre 270 a 500 diferentes causas. Como resultado se obtuvieron 20 causas con el mayor número de defunciones presentadas en los 4 municipios de la RESA del Mezquital Sur, en su mayoría las causas se relacionan a un factor ambiental por agente tóxico existente en la zona de estudio (Figura 3).

Las enfermedades como infarto agudo al miocardio (2,435 defunciones), algunas variantes de diabetes, EPOC (742), neumonía (499) y enfermedad renal hipertensiva con insuficiencia renal con 320 casos respectivamente.

Figura 3. Principales causas de defunción



Comparación de la razón de tasa de mortalidad vs media nacional

El análisis anterior se realizó con base en un valor absoluto, un conteo de defunciones, sin embargo, para comparar el comportamiento de la mortalidad entre diferentes tamaños de población, se calculó la Razón de Tasas de Mortalidad (RTM) por causa (tasa de mortalidad específica en la RESA / Tasas de mortalidad específica nacional), con la finalidad de identificar todas aquellas causas que se encuentren con un $RTM > 1$ con mayor frecuencia, superando la media nacional.

En la tabla 1 se presentan las 20 causas con mayor frecuencia, asimismo son las que presentan el mayor $RTM > 1$, siendo la neumoconiosis no

especificada, la del valor más alto (RTM 3.7) presentándose en 14 de los 21 años de análisis. Esta enfermedad se relaciona con inhalación de polvo de carbón y cemento, es asintomática, y puede complicar el estado del humano por convertirse en fibrosis masiva con reducción de la función pulmonar.

Otra de las causas de importancia en este análisis es el mesotelioma con un RTM de 2.3 y una frecuencia de 11 años, esta enfermedad es un tipo de cáncer que se produce en la capa delgada del tejido que recubre la mayoría de los órganos internos, es causada por la exposición al asbesto, la cual también puede llevar a desarrollar cáncer de pulmón, laringe, ovario y asbestosis (fibrosis pulmonar) (WHO, 2012; Zurbriggen, et al., 2019).

Asimismo, la cardiopatía isquémica es otra de las causas que muestra un comportamiento relevante con un RTM de 3.1, y una frecuencia de 10 años. Esta enfermedad se encuentra muy asociada a la contaminación atmosférica por el tamaño de partículas finas que penetran al cuerpo humano (EPA, 2023; OMS, 2024).

Los habitantes de esta región muestran interés en resolver la problemática que les afecta directamente en la salud considerando que la contaminación ambiental es la principal responsable por el tiempo de exposición a contaminantes de origen industrial.

Tabla 1. RTM y su Frecuencia por causa de mortalidad en la RESA Valle del Mezquital Sur

CIE-10	Descripción	Frecuencia en años	RTM
J64X	Neumoconiosis, no especificada	14	3.7
C459	Mesotelioma, de sitio no especificado	11	2.3
E122	Diabetes mellitus asociada con desnutrición con complicaciones renales	11	2.8
I255	Cardiomiopatía isquémica	10	3.1
C437	Melanoma maligno del miembro inferior, incluida la cadera	9	8.5
P249	Síndrome de aspiración neonatal, sin otra especificación	9	4.0
I443	Otros tipos de bloqueo auriculoventricular y los no especificados	9	3.6
G710	Dismorfia muscular	9	3.6
W176	Otras caídas de un nivel a otro: área industrial y de la construcción	8	5.9
C765	Tumor maligno de miembro inferior	8	6.1
W848	Obstrucciones no especificadas de la respiración: otro lugar especificado	8	9.0
G938	Otros trastornos especificados del encéfalo	8	5.4
J069	Infección aguda de las vías respiratorias superiores, no especificada	8	5.7
C248	Lesión de sitios contiguos de las vías biliares	7	14.3
E120	Diabetes mellitus asociada con desnutrición con coma	7	11.6
E790	Hiperuricemia sin signos de artritis inflamatoria y enfermedad tofácea	7	4.7
C450	Mesotelioma de pleura	7	5.0
J029	Faringitis aguda, no especificada	7	5.9

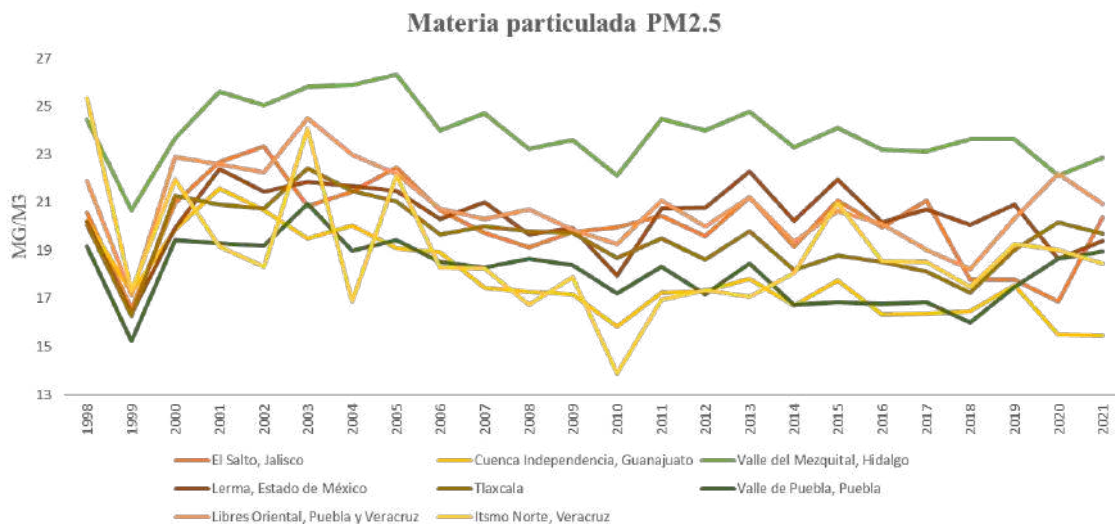
Materia particulada

La mala calidad del aire es uno de los factores de contaminación más visibles en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) del Valle del Mezquital Sur, las partículas suspendidas en el aire igual o menores a 10 µm (PM 10) y 2.5 µm (PM 2.5) representan un riesgo para la salud humana, como enfermedades coronarias, respiratorias, muerte prematura y cáncer de pulmón (EPA, 2024; SEMARNAT, 2021).

Para evaluar el comportamiento espaciotemporal temporal de esta variable, se utilizaron estimaciones de materia particulada 2.5 a nivel mensual y anual durante el periodo de 1998-2021 del producto satelital Surface PM2.5 (<https://sites.wustl.edu/acag/datasets/surface-pm2-5/>) a una resolución 0.01° x 0.01°.

El primer análisis consistió en obtener las concentraciones de PM2.5 en 8 Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental identificadas en la zona centro del país (Figura 4), consideradas como RESA por contar con una densidad importante de industrias contaminantes. El análisis anterior permitió identificar que las concentraciones de materia particulada en la RESA Valle del Mezquital Sur sobresale con concentraciones superiores a los 22 µg/m3 en prácticamente toda la serie de tiempo.

Figura 4. Concentraciones de materia particulada por RESA Valle del Mezquital.



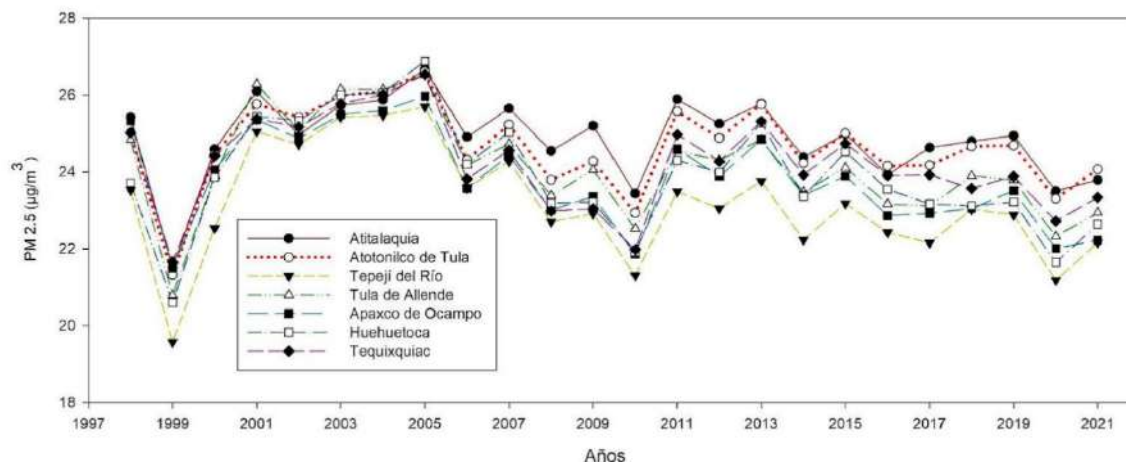
En la tabla 2 se muestran los 10 municipios con las concentraciones anuales más altas de PM2.5. Se observa que los 6 de los 7 municipios que conforman el Valle del Mezquital se encuentran en los primeros lugares, siendo Atitalaquia el más afectado (Figura 5). La exposición crónica

a PM2.5 contribuye al riesgo de desarrollar a corto y largo plazo enfermedades cardiovasculares, respiratorios; y efectos neurológicos y cáncer.

Tabla 2 Concentraciones más altas de PM2.5 por municipios

Orden	Estado	Municipio	RESA	Nombre RESA	PM 2.5 Promedio Anual
1	Hidalgo	Atitalaquia	3	Valle del Mezquital	24.86
2	Hidalgo	Atotonilco de Tula	3	Valle del Mezquital	24.66
3	Estado de México	Tequixquiac	3	Valle del Mezquital	24.21
4	Hidalgo	Tula de Allende	3	Valle del Mezquital	24.13
5	Estado de México	Huehuetoca	3	Valle del Mezquital	23.93
6	Estado de México	Apaxco	3	Valle del Mezquital	23.82
7	Jalisco	Guadalajara	1	Salto Jalisco	23.57
8	Hidalgo	Tepeji del Río de Ocampo	3	Valle del Mezquital	23.18
9	Jalisco	San Pedro Tlaquepaque	1	Salto Jalisco	23.07
10	Estado de México	Otzolotepec	4	Lerma	22.84

Figura 5. Materia particulada 2.5 en municipios de las RESA del Valle del Mezquital



Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas son herramientas que establecen las características y parámetros que deben reunir los servicios y procesos para que no representen un riesgo para la salud humana y el ambiente, en este sentido, en materia de calidad del aire se encuentran la NOM-025-SSA1-2021 que regula los criterios para evaluar la calidad del aire con respecto a partículas menores a 10 micras, en la cual se apunta que una exposición crónica a concentraciones mayores a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ puede desarrollar muerte prematura por enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Petróleos Mexicanos, 2021a).

NOM-020-SSA1-2021 establece los valores permisibles para la concentración de ozono en el aire, la cual menciona que el valor máximo de concentración de 8 horas es de $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la exposición a ozono se asocia con enfermedades como displasia, hiperplasia, estrés oxidante, estrechamiento bronquial, función respiratoria, el valor máximo de concentración de 8 horas es de $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Subsecretaría de Hidrocarburos y de contaminación, 2021).

La NOM-022-SSA1-2010 establece los criterios que se utilizan para evaluar la calidad del aire con respecto al dióxido de azufre (SO₂), y menciona que este tipo de contaminante impacta en el sistema respiratorio y cardiovascular, así como cáncer de pulmón, los valores máximos de la concentración promedio de 24 horas es de 288 µg/m³ (Secretaría de Salud, 2010).

En tanto, la NOM-021-SSA1-2021 habla sobre los criterios para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO), en la que se menciona que las concentraciones de CO no deben rebasar el valor permisible de 11.00 ppm (12,598 g/m³), las enfermedades asociadas a este contaminante es el incremento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Secretaría de Salud, 2021).

La NOM-023-SSA1-2021 establece los límites permisibles (concentración promedio de 1 hora es de 0.21 ppm (395.1 g/m³) con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂), relaciona las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y diabetes mellitus (Petróleos Mexicanos, 2021b).

En materia de recursos hídricos, se encuentra la NOM-127-SSA1-2022 “Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2022 que establece los límites permisibles a nivel microbiológico, químico y físico químicas y físicas para evaluar la calidad del agua, a partir de estos parámetros se miden los límites permisibles de turbiedad, pH, color verdadero, dureza, sólidos disueltos totales, algunos metales (hierro, aluminio, plomo, etc.), coliformes termotolerantes, entre otros parámetros (Secretaría de Salud, 2022).

Por su parte, la NOM-179-SSA1-2020 “Agua para uso y consumo humano, control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua”, la establece la frecuencia con la que se debe llevar a cabo un monitoreo, a partir del total de población abastecida, las muestras por número de habitantes y la frecuencia (Secretaría de salud, 2020).

Conclusiones

Los resultados permitieron identificar las causas más asociadas a factores de contaminación que se encuentran presentes en la RESA Valle del Mezquital Sur y relacionarlas con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales mencionan la exposición a la mala calidad del aire con el desarrollo de enfermedades a corto y largo plazo.

Las concentraciones de PM_{2.5} se contrastaron con lo que establece la NOM-025-SSA1-2021 encontrando que hay una relación con las enfermedades que se identificaron en la RESA Valle del Mezquital Sur, las cuales fueron atribuibles a factores de riesgo industriales que emiten sustancias dañinas para la salud. Las enfermedades que tuvieron mayor relación son la neumoconiosis, mesotelioma y cardiomiopatía isquémica, al tener mayor frecuencia durante el periodo de estudio y presentar valores de RTM >1; la población al exponerse en un ambiente de contaminación a largo plazo puede presentar en mayor medida estas enfermedades.

De acuerdo con el análisis realizado, la contaminación atmosférica rebasa los límites permisibles establecidos por la norma oficial, sí a esto se suma la nula existencia de estaciones de monitoreo, se vuelve una zona inhabitable para los seres vivos debido a la contaminación del aire y cuerpos de agua, imposibilitando su derecho a vivir en un ambiente saludable. Los efectos de las partículas suspendidas en el ambiente (finas y ultrafinas) están directamente relacionados con un riesgo a la salud y este dependerá de la concentración y composición de las partículas predominantes en el aire, el tiempo y frecuencia de exposición.

La contaminación por aire podría contribuir en la contaminación de los cuerpos de agua, debido a que estos agentes químicos tóxicos (Ar, Cd, Hg, Pb, Hg, NO₂, SO₂, PM_{2.5}, Asbesto, HAPs y COVs) Cambra, et al., (2010), entre otros; pueden llegar por diferentes vías de exposición como aire, agua y suelo (ASTDR, 2020), ya que como se observó en algunos recorridos de trabajo de campo, la contaminación del río Tula es evidente y

puede afectar a la población, que vive cerca del cauce, además de considerar, que este río atraviesa la región de estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar-Sánchez, Genaro & González-Vizcarra, Reynol (2019), Zonas con Potencial para el Pago de Servicios Ambientales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, *Revista de Estudios Andaluces*, 38. <https://doi.org/10.12795/rea.2019.i38.09>
- Ávila Hernández, Mauricio (Ed.). (2007). *Epidemiología, diseño y análisis de estudios*. Ed. Médica Panamericana.
- ATSDR (2022). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). <https://www.atsdr.cdc.gov/es/index.html>
- Cadena Roa, Jorge, Aguilar Robledo, Miguel & Vázquez Salguero, David Eduardo (coords.) (2018). *Las ciencias sociales y la agenda nacional. Reflexiones y propuestas desde las Ciencias Sociales*. México: COMECESO.
- Cambra, Koldo, Martínez-Rueda, Teresa, Alonso-Fustel, Eva, Cirarda, Francisco, Ibanez, Borja, Esnaola, Sebastián, Calvo, María, Aldasoro, Elena & Montoya, Imanol (2010). Mortality in small geographical areas and proximity to air polluting industries in the Basque Country (Spain). *Occupational and Environmental Medicine*, 62-2.
- Cifuentes, Enrique, Blumenthal, Úrsula, Ruiz-Palacios, Guillermo, Bennett, Stephen & Peasey, Anne (1994). Escenario epidemiológico del uso agrícola del agua residual: El Valle del Mezquital, México, *Salud Pública Mexicana*, 36.
- Cornejo-Oviedo, Flora María, López-Herrera, Maritza, Beltrán-Hernández, Rosa Isela, Acevedo-Sandoval, Otilio, Lucho-Constantino, Carlos Alexander & Reyes-Santamaría, María Isabel (2012). Degradación del suelo en el Distrito de riego 003 Tula, Valle del Mezquital, Hidalgo, México, *Revista Científica USO Agrícola*, 12-4.
- Domínguez-Narváez, Joel, Guevara-Rosales, Citlali, Daniel-Ibarra, Navor & Maldonado-Cabrera, Dimpna (2023). Impact of wastewater use in the Mezquital Valley, *XAHNI Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No.6*, 1-1.
- EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) (2023). *La contaminación del aire y las enfermedades del corazón. Efectos en la Salud*. <https://espanol.epa.gov/espanol/la-contaminacion-del-aire-y-las-enfermedades-del-corazon>

- Lara-Figueroa, Hugo Nathanael, & García-Salazar, Edith Miriam (2019). Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital. *Experiencias: Diálogos En La Sociedad Del Conocimiento*, 7-21. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.21.69636>
- Lara-Viveros, Francisco Marcelo, Ventura-Maza, Alejandro, Ehsan, Muhammad, Rodríguez-Ortega, Alejandro, Vargas-Monter, Jorge & Landero-Valenzuela, Nadia (2015). Contenido de Cd y Pb en suelo y plantas de diferentes cultivos irrigados con aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México, *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31-2.
- Lesser-Carrillo, Luis, Lesser-Illades, Juan, Arellano-Islas, Santiago & González-Posadas, David (2011). Balance hídrico y calidad del agua subterránea en el acuífero del Valle del Mezquital, México central, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 28-3.
- Mesa-García, Luis Guillermo (2017). El derecho a un medio ambiente sano como derecho humano sus principios rectores y constitucionalización, *Ratio Juris*, 1-3. <https://doi.org/10.24142/raju.v1n3a4>
- Nieuwenhuijsen, Mark (Ed.). (2015). *Exposure assessment in environmental epidemiology*, Oxford: Oxford University Press.
- ONU (2022). El acceso a un medio ambiente limpio y saludable es un derecho humano universal. Naciones Unidas. <https://news.un.org/es/story/2022/07/1512242>
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2024). Nueve de cada diez personas de todo el mundo respiran aire contaminado. <https://www.who.int/es/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action#:~:text=La%20OMS%20reconoce%20que%20la,de%20las%20muertes%20por%20neumopat%C3%ADa>
- OPS (2022, March 9). Segundo webinar: El rol de la epidemiología ambiental en las políticas públicas basadas en evidencias, Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/eventos/segundo-webinario-rol-epidemiologia-ambiental-politicas-publicas-basadas-evidencias>
- OPS (2024). Determinantes ambientales de salud. Organización Panamericana de La Salud. <https://www.paho.org/es/temas/determinantes-ambientales-salud>
- Pérez-Vaquero, Carlos (2011). La preocupación legal por el medio ambiente. *Páginas de Información Ambiental*, 36.
- Petróleos Mexicanos (2021a). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 Y PM2.5 en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población prefacio, México: Autor.
- Petróleos Mexicanos (2021b). Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud

ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población prefacio, México: Autor.

Secretaría de Salud (2010). Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de azufre (SO₂). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. México: Autor.

Secretaría de Salud (2020). NORMA Oficial Mexicana NOM-179-SSA1-2020, Agua para uso y consumo humano. Control de la calidad del agua distribuida por los sistemas de abastecimiento de agua. México: Autor.

Secretaría de Salud (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población. México: Autor.

Secretaría de Salud (2022). Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-2021, Agua para

uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Estados Unidos Mexicanos. México: Autor.

SEMARNAT, INECC & CAME (2020). Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula. México: Autor. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/571616/Calidad_del_Aire_Cuenca_Atm_de_Tula-FINAL.pdf

Subsecretaría de Hidrocarburos y de Contaminación (2021). Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O₃). Valores normados para la concentración de Ozono (O₃) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población prefacio. . México: Autor.

World Health Organization. (2012). National Programmes for Elimination of Asbestos-related. Diseases: Review and Assessment. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/108610/WHO-EURO-2012-8614-48386-71832-eng.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Zurbriggen, Rita, Scarinci, Mirta, Werbach, Andrea, Pendito, Raquel, Naval, Norma, Usanaras, Marcela, Pedernera, Analía, Bagnes, Claudia & Domínguez, Cristina (2019). Exposición al asbesto en casos de mesotelioma pleural en la República Argentina. *Revista americana de medicina respiratoria*, 19-4.





Política pública e incidencia en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental del Valle del Mezquital

Julieta Martínez Cuero
Cecilia Stephania Vázquez Ortiz*

Introducción

En el ámbito de las políticas públicas, el objetivo principal planteado en esta investigación fue el de promover mejoras en las condiciones medioambientales y de salud en la región mediante la apropiación social del conocimiento derivado del análisis y diseño de las acciones gubernamentales y de los instrumentos legales aplicables a la remediación o contención de las problemáticas socioambientales. Para lograr esto, se realizó inicialmente un diagnóstico del estado actual de la normatividad y de las políticas públicas ambientales y de protección a la salud vigentes en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) (Martínez, *et. al*, 2023; García, *et al.*, 2023). Paralelamente, se desarrolló una metodología orientada a potenciar la capacidad de las organizaciones comunitarias y a la disseminación efectiva de los resultados obtenidos. En la segunda etapa del proyecto, la investigación se enfocó en la generación de información proveniente de la comunidad, con el objetivo de contribuir a un diagnóstico participativo que permitiera proponer modificaciones en las normativas ambientales basadas en las necesidades locales. Este proceso

* Políticas Públicas, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma, México.

se llevó a cabo a través de talleres colaborativos con actores clave de las comunidades, representantes de organizaciones, luchadores sociales, representantes del gobierno, entre otras personas.

A manera de preámbulo, es importante destacar que, debido a que la región de estudio se conforma por varios municipios de dos entidades distintas, las problemáticas que aquejan a la población exceden los límites territoriales y político-administrativos, municipales y estatales, abarcando múltiples unidades político-administrativas. Esto dificulta la coordinación y obligatoriedad de acuerdos necesarios para una gestión integral y coordinada de la región.

Entre los principales hallazgos de la investigación destaca la falta de coordinación entre los diferentes niveles de gobierno y la ausencia de un marco legal y normas ambientales eficaces que faciliten la implementación de acciones conjuntas y obligatorias para todos los actores: empresas, gobierno y población en general. Además, se observa la necesidad de implementar políticas públicas basadas en evidencia científica y diagnósticos participativos, considerando las especificidades de cada municipio y la participación activa de la población en las comunidades afectadas. En términos de acciones concretas, se recomienda el diseño e implementación de planes de remediación específicos para cada una de las fuentes de contaminación, priorizando las áreas más afectadas. Es urgente revisar y actualizar los marcos normativos para asegurar su aplicabilidad en la región. Más allá de la alineación de la normatividad nacional con la internacional, es importante que los tres niveles de gobierno ejecuten un sistema de monitoreo continuo que sea accesible y comprensible para toda la población. Con ello, se busca fortalecer las capacidades locales tanto de autoridades como de organizaciones sociales, que al involucrarse en distintos niveles pueden participar activamente en la remediación de la situación. Finalmente, la colaboración entre investigadores, gobiernos, empresas y comunidades es crucial para enfrentar eficazmente los desafíos ambientales y de salud en las RESA. Este escrito se conforma de

dos grandes apartados conformados por los resultados de las dos fases de investigación.

El Marco Jurídico en los municipios núcleo de la RESA

En un primer momento se buscó conocer el contexto de la situación jurídica dentro de la región, es decir, se indagaron las leyes, reglamentos y Normas Oficiales Mexicanas, haciendo énfasis en temas de relevancia para la RESA. Se subrayaron los procesos de vigilancia, cuidado, protección y restauración del medio ambiente y la salud, así como los actores responsables o con capacidad de gestión y/o participación en distintos procesos considerados de importancia. El análisis abarcó las responsabilidades, funciones y obligaciones de todos los órdenes de gobierno.

La búsqueda de programas a través de la plataforma de Transparencia Presupuestaria arrojó la existencia de 33 programas de medio ambiente y recursos naturales dentro de la región, enfocados principalmente a la protección al ambiente y mejora de la calidad del aire. Sin embargo, al realizar una revisión de los Planes de Desarrollo Municipales, se identificó que solo el *Municipio de Apaxco* tenía vigente un convenio con la Secretaría del Medio Ambiente, a través del Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de México (PROAIRE 2018-2030). Mientras que los demás municipios no referían algún programa ambiental específico. De esta forma, una de las primeras conclusiones a las que se llegó fue que desde un punto de vista estratégico y de planeación no existen acciones por parte de los gobiernos municipales dirigidas a atender las problemáticas ambientales de la región.

A nivel estatal, se constató el incumplimiento de la Ley de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial del Estado de Hidalgo. Los municipios núcleo de la RESA carecían de una zonificación de su territorio que determinara las zonas de riesgo y de desarrollo

controlado debido a la presencia de la industria, de explotación minera y cementeras. Además, no contaban con un diagnóstico de las áreas naturales susceptibles de alteración y daño constante por la actividad industrial. Estos elementos correspondían a las funciones y actividades de los municipios en coordinación con la Secretaría de Obras Públicas y Ordenamiento Territorial, de acuerdo con lo establecido en los artículos 54 y 130. Esta situación se ha dado a pesar de las denuncias por parte de la ciudadanía respecto a las afectaciones al medio ambiente y daños a la salud por parte de quebradoras, cementeras, mineras y la refinería Miguel Hidalgo de petróleos mexicanos PEMEX.

En esta primera etapa de la investigación se realizó un mapeo del estado actual de la normatividad y de las políticas públicas ambientales y de protección a la salud vigentes en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA); centrando nuestra atención en los municipios de: Atotonilco de Tula, Atitalaquia y Tula de Allende, pertenecientes al estado de Hidalgo; y Apaxco en el Estado de México. Para ello, se realizaron las siguientes actividades: *i*) análisis de la legislación ambiental y de salud, *ii*) identificación de las instituciones encargadas de la legislación ambiental y de salud, *iii*) sistematización de las Normas Mexicanas, *iv*) revisión de los instrumentos de planeación a distintos niveles de gobierno, *v*) participación activa en distintos foros en los que integrantes de las comunidades y académicos exponen las problemáticas ambientales y de salud que les afecta. Los resultados obtenidos en esta etapa contribuyeron a establecer una ruta de acción que permitiera evaluar la situación actual de la región y su vinculación o desvinculación con el marco normativo. Se logró identificar huecos normativos que hay que subsanar y las posibles vías de intervención y participación de las personas interesadas en los distintos municipios que componen la región.

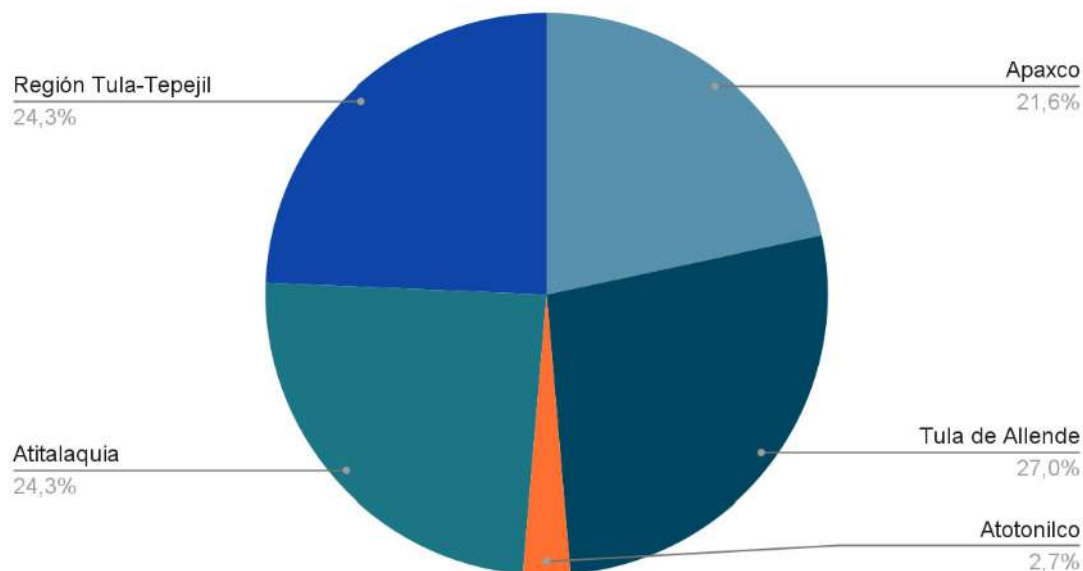
A través del análisis del marco normativo, de los programas y políticas públicas en materia de salud y medio ambientales se logró observar que existe un tratamiento no regional de los problemas. Con estas actividades se llegó a la conclusión de que el problema en México no radica en la

ausencia de reglas, sino en su aplicabilidad y en la falta de sanciones por su incumplimiento.

Respecto a los objetivos de incidencia se trabajó en el reconocimiento de las potencialidades de las organizaciones comunitarias a través de la impartición de dos talleres en el que se identificó y caracterizó a las organizaciones comunitarias y al mismo tiempo se compartieron los resultados del mapeo normativo. Para ello, se diseñó una matriz, en la que se agrupaba cada una de las normas por rama industrial, que fue presentada a las organizaciones de la sociedad civil y activistas de los municipios núcleo con la finalidad de dar a conocer los mecanismos de participación y de denuncia, así como de reparación de daños al ambiente y la salud existentes en el marco jurídico de la zona. Dicha información permitió a las organizaciones contar con herramientas para la presentación de propuestas de atención ambiental, resguardo de áreas naturales protegidas, así como de acceso a la información y para el seguimiento de denuncias por incumplimiento, irregularidades y evaluación de los municipios.

Como complemento se realizó un seguimiento de notas periodísticas en línea, así como de notas periodísticas difundidas a través de Facebook y Twitter, con la finalidad de identificar las denuncias realizadas por la ciudadanía y el tipo de respuesta que habían recibido por parte de las autoridades de los municipios núcleo. Dicha revisión se acotó del 6 de mayo de 2019 al 25 de febrero de 2023 y se identificaron un total de 37 notas relacionadas con algún conflicto socioambiental y de gestión pública en los municipios (ver Gráfica 1).

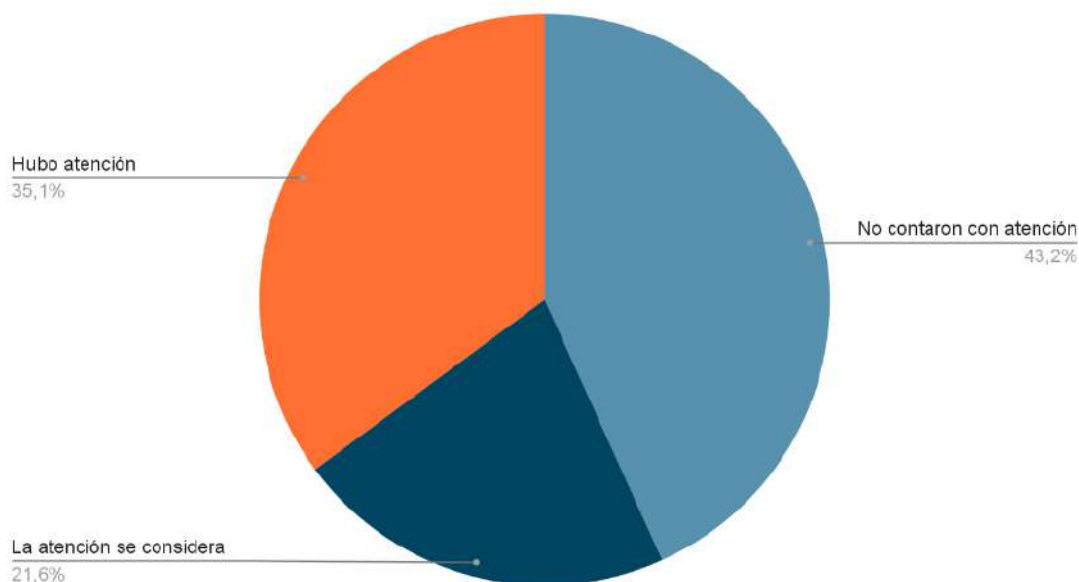
Gráfica 1. Distribución de notas periodísticas por municipio



Fuente. Martínez, et al. (2023)

De todos los municipios analizados, Tula de Allende y Atitalaquia destacan por tener el mayor número de notas reunidas, con un 27% y un 24.3% respectivamente. En el caso del municipio de Atotonilco, los conflictos registrados estaban relacionados con la región de Tula-Tepeji, por lo que se incluyeron dentro de esa categoría específica. Este análisis resalta la concentración de conflictos en estos municipios, señalando la necesidad de un enfoque particular en estas áreas para entender y abordar las causas subyacentes. En la mayoría de los casos, el 43.2%, no se contó con acciones o propuestas alternativas por parte de las autoridades de los diferentes niveles de gobierno (ver Gráfica 2).

Gráfica 2. Atención brindada por instituciones de gobierno



Fuente. Martínez, *et al.* (2023)

Un caso destacado es el de Tula de Allende, donde se registraron numerosas denuncias por la falta de entrega de apoyos a las familias damnificadas por las inundaciones ocurridas el 7 de septiembre de 2021. Los apoyos monetarios, de aproximadamente 10 mil pesos, y materiales, como colchones y despensas, tardaron cerca de tres meses en llegar. Además, la entrega de colchones por parte de las autoridades municipales se realizó en mal estado, con denuncias de colchones rellenos de espuma podrida y basura. También se reportó el desvío de fondos de apoyo recibidos a nivel estatal (Chávez, 2021)

Reflexiones finales

En el diseño y atención de políticas públicas encaminadas a atender las problemáticas que aquejan a la población es muy importante considerar y valorar la voz de la población, que en reiteradas veces han señalado que “se trata de problemas que va más allá de un límite de municipio, el aire

y el agua, nos afectan a todos y van más allá de si somos de un municipio u otro”. Se requieren de acciones de coordinación entre los tres niveles de gobierno e intermunicipales, que cuenten con una consulta y participación de la población, las organizaciones de la sociedad civil y la academia tanto en el diseño, como la implementación y evaluación de estas.

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez Cuero, Julieta, De León Calderón, Alma Patricia, Dávila Jaimes, Maribel, Lara Caballero, Manuel, Hernández Mar, Raúl, Cecilia Cota, Elsa, Sosa Jaurico, Mónica, López García, Juan Carlos, Reyes Allende, Luis Alberto & Vásquez Ortiz, Cecilia Stepanía (2023). Políticas Públicas, Resultados Etapa 2, en: Carrasco Gallegos, Brisa Violeta, (Coord.) *Informe Técnico Etapa 2 Fase intermedia del Proyecto Evaluación de riesgo para la salud humana y ambiental por agentes tóxicos de origen antrópico como herramienta de empoderamiento social. Región Estratégica Ambiental Norte del Estado de México y Zona Tula, Hidalgo*, clave 318998, México: CONAHCyT.
- García Nieto, Edelmira, Juárez Santacruz Libertad, Anaya Hernández, Arely, Luis Baltazar, Enoch, Acosta Tlapalamatl, Miriam, Morales Tepecuacho, Dianet, Juárez Santacruz, Circe Samara, Hernández Pérez, Nicolas Emmanuel, Méndez Tepepa, Maribel, Morales Cruz, Cuauhtémoc y Luna Zendejas, Héctor Santos (2022). Aguas superficiales y sedimentos, resultados etapa 1, en: Carrasco Gallegos, Brisa Violeta y Martínez Jiménez, Eber, (Coords.) *Informe Técnico Etapa 1 Fase inicial del Proyecto Evaluación de riesgo para la salud humana y ambiental por agentes tóxicos de origen antrópico como herramienta de empoderamiento social. Región Estratégica Ambiental Norte del Estado de México y Zona Tula, Hidalgo*, clave 318998, México: CONAHCYT.
- Diario Oficial Federación (2022/10/18). NORMA Oficial Mexicana NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente. Secretaría de Gobernación. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=751988&fecha=18/10/2002#gsc.tab=0
- Chávez, Alex. (17/11/2021). Habitantes de Tula reprochan al gobierno por inundarlos a ellos para salvar la CDMX. *PROCESO*. Disponible en: <https://www.proceso.com.mx/nacional/2021/11/17/habitantes-de-tula-reprochan-al-gobierno-por-inundar>

los-ellos-para-salvar-la-cdmx-275990.html
(Consultado el 25 de marzo de 2023).

PROAIRE (2018) Programa de Gestión para
Mejorar la Calidad del Aire del Estado de
México (PROAIRE 2018-2030). Disponible

en: https://proaire.edomex.gob.mx/proaire_edomex#:~:text=El%20ProAire%20Estado%20de%20M%C3%A9xico,para%20la%20salud%20de%20la





Boletín del Grupo de Trabajo
Desarrollo y desigualdades territoriales: perspectivas críticas

Número 2 · Junio 2024