COLECCIÓN
CIENCIAS Y HUMANIDADES PARA MÉXICO

Problemas socioambientales en la Cuenca del Alto Atoyac

Diálogos transdisciplinarios

Alfredo Delgado Rodríguez
María Gabriela Garrett Ríos
Javier Hirose López
Fabiola Lara Espinosa
Sandra Ocotlán Meléndez Escobar
Ana Laura Nava Castillo
Federico Luis Pohls Fuentevilla

COORDINADORAS Y COORDINADORES



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

COLECCIÓN
CIENCIAS Y HUMANIDADES PARA MÉXICO

El Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) difunde, a través de la colección Ciencias y Humanidades para México, obras de investigación científica y humanística que aportan conocimientos para el desarrollo y bienestar de nuestro país.

Las personas autoras, tanto nacionales como extranjeras, son profesionales y académicas altamente capacitadas en la investigación humanística y científica, dedicadas a la atención de las principales temáticas y los problemas prioritarios de México, así como del contexto latinoamericano.

Con la publicación de estos trabajos se conforma un corpus valioso, accesible para estudiantes de educación superior, así como profesionales especializados y no especializados. De igual forma, el público general podrá completar o enriquecer su formación mediante la lectura y el estudio de sus páginas.

Los libros de esta colección abordan cuestiones fundamentales y de interés, como salud, movilidad, soberanía alimentaria, migración, cambio climático, transición energética, educación, artes y literatura, y contribuyen al diálogo e intercambio de ideas sobre temas actuales que remiten a nuestras realidades.

De esta manera, el Conahcyt y el Fondo de Cultura Económica han unido esfuerzos para hacer de esta colección una muestra significativa de las visiones y los conocimientos que las y los expertos tienen respecto de algunos temas sobresalientes que hoy se debaten en México y América Latina.

Problemas socioambientales en la Cuenca del Alto Atoyac:

diálogos transdisciplinarios

COLECCIÓN
CIENCIAS Y HUMANIDADES PARA MÉXICO

Problemas socioambientales en la Cuenca del Alto Atoyac:

diálogos transdisciplinarios

Alfredo Delgado Rodríguez
María Gabriela Garrett Ríos
Javier Hirose López
Fabiola Lara Espinosa
Sandra Ocotlán Meléndez Escobar
Ana Laura Nava Castillo
Federico Luis Pohls Fuentevilla

COORDINADORAS Y COORDINADORES

CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

Instituto Mora

Primera edición, 2024

Problemas socioambientales en la Cuenca del Alto Atoyac. Diálogos transdisciplinarios / coord. de Alfredo Delgado Rodríguez ...[et al.] ; pref. de María Gabriela Garrett Ríos ; introd. de Javier Hirose López. – México : Conahcyt, Instituto Mora, 2024

604 p. : ilus., fots., maps., gráfs., cuadros, figuras, tablas ; 23 x 16.5 cm – (Colec. Ciencias y Humanidades para México)

ISBN en formato impreso: 978-607-8273-87-4
ISBN en formato digital: en trámite

1. Agua – Contaminación – Cuenca del Alto Atoyac (México) 2. Cuencas hidrográficas - Contaminación - Cuenca del Alto Atoyac (México) 3. Contaminación - Aspectos ambientales - Cuenca del Alto Atoyac (México) 4. Toxicología ambiental – Cuenca del Alto Atoyac (México) 5. Protección ambiental – Participación ciudadana 6. Políticas ambientales – México I. Delgado Rodríguez, Alfredo, coord. II. Garrett Ríos, María Gabriela, pref. III. Hirose López, Javier, introd. IV. Ser.

LC TD427 Dewey 574.526 323
P668

Distribución nacional



CONAHCYT
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

© Alfredo Delgado Rodríguez, María Gabriela Garrett Ríos, Javier Hirose López, Fabiola Lara Espinosa, Sandra Ocotlán Meléndez Escobar, Ana Laura Nava Castillo, Federico Luis Pohls Fuentevilla (coordinadoras y coordinadores)

© Ilustración: Ana Isabel Luján Ruiz

D.R. © Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
Av. Insurgentes 1582, col. Crédito Constructor, Benito Juárez, Ciudad de México, CP 03940

D. R. © Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
Calle Plaza Valentín Gómez Farías 12, San Juan Mixcoac, 03730, Ciudad de México.

Todos los Derechos Reservados. Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, la fotocopia o la grabación, sin la previa autorización por escrito del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

Esta publicación forma parte del proyecto "Plataformas de difusión científica: narrativas transmedia para México" del Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora, proyecto apoyado por el Conahcyt en el año 2024.

ISBN en formato impreso: 978-607-8273-87-4
ISBN en formato digital: en trámite

Hecho en México

Prefacio

Este texto reúne una serie de trabajos que analizan, desde diversos puntos de vista, la crisis socioambiental en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) y la derivada contaminación urbana, agrícola e industrial que ha sido constante desde los años sesenta del siglo pasado y se ha agravado en las tres últimas décadas. Se trata de una obra colectiva integrada por colaboraciones de la academia y la sociedad civil, que busca no sólo aportar evidencia científica contundente sobre las sustancias que son arrojadas a los ríos (qué se desecha, cómo se desecha y sus consecuencias en los ecosistemas y la salud), sino el testimonio vivo de los afectados ambientales, quienes conviven diariamente con el fantasma de la enfermedad, la muerte, el despojo y la decadencia de sus recursos naturales.

La Cuenca del Alto Atoyac ha sido considerada como región de emergencia sanitaria y ambiental (RESA), de acuerdo al convenio interinstitucional entre el Conahcyt, la Secretaría de Salud y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales firmado en 2021, lo que implicaría el impulso de políticas en materia de vigilancia y cumplimiento de la normativa ambiental y de salud. Sin embargo, en la realidad se ha avanzado muy poco en materia de política pública, principalmente en lo que concierne a las acciones de remediación, restauración, regulación de las sustancias que son arrojadas al ambiente y reparación del daño a las y los afectados.

El Conahcyt, desde el ámbito de su competencia, ha impulsado Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii), en el marco de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) Agua, Salud, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes y Soberanía Alimentaria,

a fin de establecer una red de investigadores que permita ampliar la comprensión del problema y vincularse con la población para llevar a cabo acciones de incidencia. Lo anterior ha sido posible gracias al acompañamiento de la sociedad civil y las comunidades, quienes llevan décadas en lucha para que las autoridades reconozcan la complejidad del problema y actúen para frenar la crisis socioambiental.

Cabe destacar que la mancuerna academia-sociedad civil no es nueva; sin embargo, esta articulación virtuosa mediante los Pronaii, la Dirección Regional 04 Sur Oriente del Conahcyt y organizaciones como el Centro Fray Julián Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. y la Coordinadora por un Atoyac con Vida ha favorecido la visibilización del problema y el diseño de acciones de divulgación de amplia envergadura. De este modo, en 2022 y 2023 se organizaron dos foros regionales "Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación de la Cuenca del Alto Atoyac", que promovieron el diálogo crítico e informado entre actores para intercambiar experiencias y favorecer la construcción de políticas públicas que realmente puedan atender la situación en el corto, mediano y largo plazo.

A raíz del primer foro, las y los coordinadores decidimos integrar este volumen con investigaciones, reflexiones, experiencias y análisis que contextualizan al lector sobre la crisis ambiental, sanitaria y de derechos humanos, que se extiende en un área aproximada de 4000 km² y con casi cuatro millones de habitantes. Consideramos la importancia de que las contribuciones provinieran de distintas disciplinas como ciencias ambientales, sociología, economía, biología, medicina, ciencias de la salud, toxicología, historia, antropología, geología, administración pública, agroecología, entre otros, y además de las valiosas voces de las comunidades, quienes conocen mejor que nadie las problemáticas asociadas a la contaminación y la violación a sus derechos humanos.

Asimismo, se consideró una línea de tiempo amplia para exponer los orígenes de la crisis socioambiental y describir cómo se fue agravando con las políticas neoliberales hasta el momento actual, en que

son inocultables las afectaciones en la salud humana y los ecosistemas. También se contempla la perspectiva hacia el futuro, donde, a pesar de la gravedad del desastre y el temor que enfrentan las comunidades ante un *nearshoring* desregulado, se dibuja un rayo de esperanza a través de la acción organizada.

María Gabriela Garrett Ríos
Dirección Regional 04 Sur Oriente
Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías

Introducción

Javier Hirose López

La extrema desatención por parte de las últimas administraciones del gobierno federal hacia la grave problemática socioambiental en México y sus consecuencias, en particular sobre la salud humana, llevó a que desde sus inicios el Conahcyt planteara la implementación de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces). Éstos constituyen una estrategia de atención a problemas críticos de escala nacional como la contaminación ambiental, el acceso al agua en cantidad y calidad y como derecho humano, enfermedades crónicas no transmisibles (cáncer, insuficiencia renal, diabetes, entre otras), así como a asuntos de corte social poco o nunca antes atendidos ni considerados como temas de investigación, como las violencias estructurales, la migración y el patrimonio biocultural.

Paralelamente, y vinculada con el Pronace de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, en el mes de diciembre del 2019 se organizó la llamada "Caravana Toxitour", la cual recorrió seis sitios con condiciones de contaminación extrema: la cuenca del río Santiago en Jalisco, la cuenca del río La Laja o cuenca de la Independencia en Guanajuato, las cuencas de los ríos Tula y Salado en el sur del estado de Hidalgo y norte del Estado de México, la Cuenca del Alto Atoyac en Puebla y Tlaxcala y el río Coatzacoalcos, en el Istmo veracruzano. A estos sitios, en un principio denominados Regiones de Emergencia Ambiental, dada su evidente asociación con enfermedades ligadas a contaminantes como la insuficiencia

renal y la leucemia linfoblástica aguda, entre otras, se les amplió la denominación, y se convirtieron en regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA).

En los estados de Tlaxcala y Puebla la RESA se ubica en la red hidrológica del sistema Zahuapan-Atoyac, la cual padece grandes impactos al recibir la descarga de aguas residuales de origen industrial, municipal y agrícola. De las más de 26 000 empresas establecidas en la denominada Cuenca del Alto Atoyac, alrededor de 5% son consideradas potencialmente contaminantes –de acuerdo con la lista de clases de actividad obligadas a declarar emisiones y transferencia de contaminantes al Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)–, por emplear en sus procesos sustancias consideradas peligrosas: corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (Lara Espinoza, s/f), y otras que pueden dañar al ser humano u otros seres vivos en caso de exposición.

Las sustancias de este tipo son liberadas en el suelo, aire, ríos y barrancas de la cuenca, pero la movilidad de estos contaminantes entre un compartimento ambiental y otro (como las infiltraciones del suelo a los mantos acuíferos) ha sido poco estudiada. Sin embargo, la contaminación ha generado severos problemas de salud entre la población, y "ha impactado en el tejido comunitario, la alimentación, la seguridad social, la educación, los derechos laborales y la violencia hacia las mujeres, entre otros aspectos" (Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo local A.C., 2002, p.18).

En este contexto, las comunidades afectadas de Tlaxcala han hecho honor a su espíritu ancestral de lucha y, en colaboración con académicas, académicos y organizaciones sociales comprometidas, lograron la publicación por parte de la Comisión Nacional de Derechos Humanos, de la Recomendación 10/2017, la cual visibiliza el problema y responsabiliza a actores gubernamentales por negligencia y omisión ante el desastre ambiental. A la par, las comunidades afectadas, las organizaciones sociales que habitan la cuenca y los científicos y científicas

comprometidos, mediante un extenso trabajo participativo, elaboraron una propuesta comunitaria para la atención del problema, la cual lleva por título: "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades", que sintetiza los ejes de acción que deben ser atendidos para restaurar el ambiente, la salud y garantizar la no repetición de la violación del derecho humano a la salud y a un medio ambiente sano.

En respuesta a la Recomendación 10/2017 de la CNDH, los gobiernos de Puebla y de Tlaxcala han llevado a cabo algunas acciones de atención y se han desarrollado investigaciones científicas por parte de académicos y académicas de diversas instituciones; sin embargo, a seis años de la recomendación, no ha habido avances significativos, por lo que es necesario emprender acciones urgentes, consensuadas con las comunidades, tendientes a una verdadera y eficaz atención del problema.

En el mes de julio de 2021, a cuatro años de la recomendación de la CNDH, el Conahcyt, la Secretaría de Salud y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) firmaron un convenio para impulsar políticas de restauración ecológica, con participación comunitaria. Definieron siete regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA), y contemplaron la Cuenca del Alto Atoyac como una región de atención prioritaria.

El objetivo central de este instrumento fue impulsar políticas en materia de vigilancia y cumplimiento de la normativa ambiental y de salud que facilitaran la atención oportuna de situaciones de emergencia ambiental y sanitaria en estas regiones.

Para efectos de alcanzar este objetivo, las tres dependencias firmantes del convenio crearon el Grupo de Coordinación Intersectorial (GCI), cuya función era la de facilitar el diálogo e intercambio de información entre las y los involucrados, y garantizar la ejecución de actividades operativas y el seguimiento de acuerdos (Conahcyt, 2021). Si bien la práctica el GCI no logró totalmente los objetivos de coordinación para los que fue creado, el Conahcyt por su parte emprendió acciones de investigación

aplicada mediante los Proyectos de Investigación e Incidencia (Pronaii), que son la instancia de implementación de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces). De este modo, desde el año 2020, en la Cuenca del Alto Atoyac se han venido desarrollando proyectos en diversas temáticas relacionadas con la problemática derivada de la contaminación ambiental de la cuenca, principalmente en los temas de toxicidad, salud y agua.

Numerosas investigaciones, tanto de los Pronaii como de un buen número de estudios realizados por instituciones de investigación y universidades, públicas y privadas, han aportado evidencias científicas que revelan la existencia de riesgos inminentes y daños en la salud de las y los habitantes de la Cuenca del Alto Atoyac por la exposición prolongada a contaminantes, entre los que resaltan los carcinogénicos. Hay también evidencia de daños genotóxicos en poblaciones cercanas a los ríos. De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en 2008 más de dos millones de personas que habitan en la cuenca tienen un alto potencial de exposición a los tóxicos por residir en un rango de 2 km del río Atoyac. A partir de datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi) se evidencia que entre el 2002 y el 2016 hubo en el estado de Tlaxcala 25 737 muertes por cáncer, 4 379 por insuficiencia renal crónica y 906 abortos.

Recientemente, los Pronaii de salud han aportado datos relevantes sobre las elevadas tasas de leucemia linfoblástica aguda y enfermedad renal crónica en la cuenca, así como la propensión a desarrollar enfermedades crónico-degenerativas a edades tempranas en la cuenca. La UNAM, por su parte, a través del Pronaii Creación de un Sistema de Vigilancia y Monitoreo Ambiental para la Depuración Integral del Ambiente en la Cuenca Atoyac-Zahuapan que Garantiza los Derechos Socioculturales, Económicos y de Salud de la Población Residente, ha desarrollado estudios en genotoxicidad a través de biomarcadores en pobladores que están expuestos a la contaminación del río.

Entre los resultados tenemos: menor desarrollo hormonal y físico en niños y niñas que viven a menos de siete kilómetros del cauce, altos

índices de estrés oxidante en niñas y niños, con alta predisposición a desarrollar enfermedades como cáncer y trastornos en la fertilidad, anemia, púrpura trombocitopénica y leucemia mieloide, entre otras.

Los resultados de estos trabajos, junto con experiencias comunitarias de lucha por la defensa de su salud y su territorio, fueron presentadas en el primer foro regional: "Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac", celebrado en el mes de octubre del 2022. Este libro reúne las principales investigaciones y experiencias comunitarias presentadas en el foro, junto con una síntesis del informe que conjunta los resultados de siete Pronaii desarrollados en la región, incluida la Cuenca del Alto Atoyac (Conahcyt, 2023). Estos trabajos se presentan organizados en cuatro capítulos de acuerdo a las temáticas abordadas y la naturaleza misma de los proyectos: la caracterización de la Cuenca del Alto Atoyac, investigación e incidencia en la Cuenca del Alto Atoyac, conflicto y derechos humanos/visión de las comunidades y acciones integrales hacia la restauración de la cuenca.

La primera parte tiene como objetivo aportar elementos para una comprensión de la situación que se vive actualmente en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) y considera factores históricos, económicos, sociales y ambientales para que el lector pueda tener un panorama lo más amplio posible de cómo la cuenca llegó a convertirse en una región de emergencia sanitaria y ambiental (RESA).

Iniciamos con el trabajo de Andrés Barreda y Fabiola Lara, titulado "Génesis y estructura de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla". Esta colaboración enfatiza cómo en la región de Puebla-Tlaxcala se vive un estado de guerra social que se corresponde puntualmente con las lógicas capitalistas de despojo y sobreexplotación del trabajo y la naturaleza. El capítulo ilustra cómo se subordinó la burguesía local a los intereses de los capitales extranjeros, particularmente los alemanes y estadounidenses, lo que sentó las bases de la actual configuración territorial de la región Puebla-Tlaxcala.

En el segundo capítulo de esta parte, de Paola Velasco y Hernán Salas, "Historia socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac-Zahuapan", se presenta una reseña histórica de la región, como resultado de cientos de años de una intensa e intrincada interrelación entre la especie humana y el medio ambiente. El hilo principal con el que se ha construido este territorio es indudablemente el agua: sus flujos, condicionados por las relaciones desiguales de poder, han contribuido a entretejer un entramado complejo que nos arroja luz sobre las problemáticas socioambientales que hoy aquejan a la cuenca.

En consonancia con este trabajo, la colaboración de Aurelio Fernández, José Vicente Nolasco y Joel Gutiérrez Arroyo, titulada "Disminución de la disponibilidad del agua en el Alto Atoyac", resalta la ausencia de políticas de atención a la explotación y sobreexplotación de los recursos hídricos del país, especialmente el acuífero del Alto Atoyac. Se señala la inequidad en los otorgamientos de títulos de concesión y el vertiginoso desarrollo de empresas embotelladoras del líquido en la región, extranjeras en su mayoría. La presencia de estos intereses privados en las decisiones de Conagua explica los fenómenos referidos.

En el trabajo de Celia Hernández Cortés, "Importancia y distribución geográfica de las actividades económicas del sector secundario y terciario, en la cuenca del Atoyac-Zahuapan, 2019" se establece una estructura de las actividades industriales en la CAA, asociada a los cambios en los sistemas productivos y los procesos propios de la industria. Nos da un panorama general sobre el proceso de industrialización y cómo paulatinamente el sector secundario y terciario fue desplazando al sector primario.

La colaboración de Laura Méndez y Alicia Lara, "Marco general de la problemática y avance de la 'Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan'", apela a la memoria de sus habitantes para referir cómo era la vida antes del proceso de industrialización en la CAA y cómo esta última generó nuevas dinámicas depredadoras del medio ambiente, lo que detonó un proceso de descomposición social y

de deterioro de la salud de las personas. Resalta la organización comunitaria para la denuncia y la construcción de propuestas por parte de la población y del equipo de investigadoras e investigadores que colaboran con ellas desde el 2003.

Este trabajo se articula muy bien con la aportación de Alejandra Méndez, "La devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac, entre la omisión, los retos y las oportunidades", en donde se resalta la importancia de que la Recomendación 10/2017 de la CNDH reconozca el vínculo entre la calidad del medio ambiente, el saneamiento y el deterioro de la salud humana, y de que exista una armonía entre estos elementos para garantizar el disfrute y ejercicio efectivo de diferentes derechos humanos.

Se señalan críticamente avances, oportunidades y retos que enfrentan en cada nivel de intervención los diferentes actores en su objetivo de concretar medidas de saneamiento integral en la CAA. Además, se hace un llamado a las autoridades y otros actores sociales para colocar el bien común en el centro de sus acciones y como brújula para construir un nuevo sujeto social compuesto de, al menos, las comunidades, los científicos y las autoridades.

La primera parte cierra con el trabajo de Fabiola Lara, "El Grupo de Coordinación Interinstitucional como mecanismo de garantía y atención a las regiones de emergencia sanitaria y ambiental". Resalta el recorrido de la Caravana Toxitour en seis regiones de emergencia ambiental, cuyo objetivo fue visibilizar la grave problemática de contaminación y la lucha de las comunidades afectadas. A raíz de lo anterior, se formó el Grupo de Coordinación Interinstitucional (Semarnat, Secretaría de Salud y Conahcyt), lo que constituyó un esfuerzo gubernamental para articular acciones de saneamiento y atención a la problemática en las regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA).

La segunda parte está dedicada a las investigaciones con incidencia en la cuenca, unas desarrolladas en el marco de los Pronaii apoyados por el Conahcyt, que constituyen la sección uno, y otras independientes que

aportan a la identificación y comprensión de la problemática de la Cuenca del Alto Atoyac, que constituyen la sección dos.

El primer capítulo, "Integración territorial de los procesos de investigación e incidencia: transdisciplinariedad en la atención a la devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac", de Alfredo Delgado, Omar Arellano, Diana Casique y Juan Carlos Núñez, hace un ejercicio de reflexión a partir de las experiencias de diversos Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia apoyados por el Conahcyt sobre salud y ambiente, poniendo como eje articulador del territorio al ciclo socio natural del agua.

El segundo texto, que lleva por título "Incidencia del Pronaii Leucemia Infantil y Nefropatías Agudas en la Cuenca del Alto Atoyac", y cuyos autores son Diana Casique, Juan Carlos Núñez y Rosana Pelayo, trata sobre los avances del Pronaii Leucemia Infantil, proyecto que busca reducir la tasa de mortalidad temprana por leucemia infantil en regiones vulnerables, como la CAA. Uno de los resultados destacados de este Pronaii ha sido el establecimiento y buen funcionamiento del algoritmo denominado "la ruta de la incidencia" orientado a garantizar la monitorización adecuada de la enfermedad de las y los pacientes. Destaca también el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil que ha permitido detectar y caracterizar células leucémicas, proporcionando información crucial para el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad.

También en el tema de salud, el tercer texto, "Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud", es una colaboración colectiva entre investigadores que han desarrollado diversos proyectos pertenecientes al Programa Nacional Estratégico en Salud en la CAA. Gabriela Pérez Castresana, Cuauhtémoc Juárez, Diana Casique y Regina Montero presentan un resumen de los resultados de cinco Pronaii, con área de aplicación en la cuenca, abarcando temas como la leucemia linfoblástica aguda en infantes, enfermedad renal crónica y otras enfermedades crónicas no transmisibles, junto con un análisis espaciotemporal y sociodemográfico de estas enfermedades y una propuesta de creación de un sistema comunitario de vigilancia y monitoreo.

La segunda sección está conformada por otras aportaciones al conocimiento científico de la problemática de la cuenca. Estos trabajos fueron presentados en el Primer Foro Regional y consideramos que enriquecen enormemente el conocimiento de la problemática en la CAA. En primera instancia se presenta la colaboración de Paula Montserrat Crespo, Juan Carlos Mendoza y Amado Enrique Navarro, "Presencia de los contaminantes de los ríos en su atmósfera circundante", la cual hace una interesante aportación al fenómeno del transporte de contaminación de los ríos al aire, que ha sido poco estudiado en México. En este trabajo se presenta una primera aproximación a cómo la contaminación del río Nexapa y un efluente del río Atoyac (eAtoyac) afectan la calidad del aire a sus alrededores.

Un segundo texto, que lleva por título "El cadmio como contaminante regulador del fenotipo tumoral", de Ivonne Ramírez-Díaz y Karla Rubio, nos presenta un panorama del cadmio (Cd) como uno de los contaminantes ambientales con efectos nocivos de amplio rango en la salud humana. La exposición a este contaminante se produce principalmente a través del consumo de agua y alimentos contaminados, por tabaquismo y desechos industriales. En su investigación aplican herramientas bioinformáticas de manera paralela con metaanálisis de datos públicos y validaciones farmacológicas. Sus hallazgos revelan nuevos conocimientos sobre el papel crucial de la regulación epigenética 3D en la aparición y desarrollo del cáncer, causado por la exposición a este metal pesado.

El trabajo de Estefanía Martínez Tavera y su equipo de investigación, titulado "Evaluación socioambiental de las relaciones salud-agua en comunidades piloto de la Cuenca del Alto Atoyac", hace una evaluación de la relación salud-agua a través de la morbilidad sentida y su identificación espacial, para proponer una política pública que permita la restauración de la cuenca.

La tercera parte está dedicada a los conflictos sociales que se han detonado a partir de la problemática de contaminación y la perspectiva de los derechos humanos desde la visión de las comunidades afectadas. Se

profundiza en las experiencias de las y los pobladores quienes día a día, y durante años, han padecido los estragos de la contaminación industrial.

La primera contribución, "Cambios y esperanzas ante la devastación del río Tenexac y sus manantiales", de Inés del Rosario Rojas Martínez y María de los Ángeles Rugerio Rojas, trata del caso de la comunidad de Panzacola, perteneciente al municipio de Papalotla de Xicohténcatl. Las autoras relatan cómo en el pasado el agua que fluía por los ríos y manantiales brindaba calidad de vida a sus pobladores, pero con la llegada de la industrialización, en 1821, producto del sistema capitalista, este entorno se transformó drásticamente. Nos dan a conocer sus luchas y sus esperanzas ante la devastación socioambiental.

El texto de Ivonne Bagnis, "Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial", habla sobre la comunidad de Santa María Atlihuetzían. La autora expone desde una perspectiva histórica la evolución de la relación de la comunidad con la naturaleza. Si bien esta relación en un inicio fue armoniosa y equilibrada, con el tiempo se deterioró al grado de que algunos de sus habitantes fueron perdiendo su sentido de pertenencia y vendieron sus parcelas a grandes empresas inmobiliarias. La autora espera que su escrito contribuya a crear conciencia e incidir en la defensa del territorio, la cuenca y los recursos naturales de la comunidad de Atlihuetzían, en particular el agua.

La tercera contribución, de Melitón Atzatzi, "Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan", refiere a la montaña más emblemática del estado, conocida regionalmente como La Malinche, Malintzi o Matlalcuéyatl. El autor hace una recopilación de información que permite interpretar algunos rasgos de la problemática socioambiental que afecta a este ecosistema de bosque templado –asentamientos humanos (gentrificación), exclusión social, leyes creadas al vapor, malos gobiernos municipales y estatales, apoyo del gobierno a grupos con intereses creados y cambio climático–, que traen consigo problemas de salud como desnutrición, enfisema

pulmonar, obesidad e insuficiencia renal. Si bien el planteamiento nace de la problemática en el municipio de San Francisco Tetlanohcan, se vincula de muchas maneras con todos los procesos de desarrollo social que involucran a los municipios vecinos en la franja de la montaña.

En la cuarta parte, "Acciones integrales hacia la restauración de la cuenca", se abordan propuestas de acción para promover la restauración de la cuenca. Se presentan cuatro contribuciones desde distintas perspectivas. En el trabajo a cargo de Federico Luis Pöhls Fuentevilla y Emilio Muñoz Berruecos, "Propuestas de acción comunitaria como marco organizativo de las diversas propuestas científicas y de políticas. Proceso de intervención en la Cuenca del Alto Atoyac: un caminar de esperanza", se enfatiza al sujeto social comunitario como base y estructura para organizar las propuestas científicas y de políticas públicas para resolver los problemas socioambientales de la región.

En el tema del manejo del agua, la contribución de Jhonatan Méndez Valencia, Eneida Reyes Pérez y Lenin Sánchez Calderón, "Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH)" propone el diseño de un subhumedal superficial para contribuir al tratamiento de las aguas contaminadas en algunos puntos de la región de la CAA.

El texto "Agri-cultura campesina agroecológica: alternativa a la contaminación. La experiencia del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C", presentado por Fernando Cuatecontzi, Judith Montes de Oca, María Virginia González y Claudia Fernández, relata las acciones organizativas en torno a la agri-cultura campesina, que ha sido la base de la producción de alimentos sanos para mejorar la calidad de vida de las y los pobladores.

En consonancia con el trabajo anterior, el último título de esta parte, "La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan", presentado por Pedro Antonio Ortiz Báez, Francisco Castro, Gustavo Casas, Amalia Paredes, María Lilia Medina, María Teresa Cabrera, Laura Montoya y Concepción Ramírez, desarrolla una estrategia que involucra una metodología interdisciplinaria y participativa para el diálogo y acoplamiento de saberes,

para establecer acciones de incidencia orientados a restaurar los humedales del centro y sur de Tlaxcala.

Complementando esta parte se presenta una síntesis del "Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral", documento que integra los resultados de siete Pronaii de los Programas Estratégicos del Conahcyt de Salud, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes y Agua, que durante los últimos tres años se han trabajado en la región.

Como gran cierre de esta obra se presenta un análisis de los obstáculos y posibilidades que la propuesta comunitaria y la propuesta de investigación con incidencia encontrarían en el nuevo escenario que promete el *nearshoring,*[1] junto con una reflexión sobre las acciones emprendidas por los gobiernos estatales que han integrado sólo discursivamente la problemática y las necesidades de las comunidades. Así mismo, se presenta un análisis de la articulación entre los Pronaii del Conahcyt y la sociedad civil que ha permitido profundizar en las acciones del nuevo modelo de hacer ciencia para la incidencia y las experiencias comunitarias en la cuenca del Atoyac.

REFERENCIAS

Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo local A.C. (2022). *Fuego de Esperanza Colectiva, 20 años construyendo el bien común, Informe.* Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2 de septiembre de 2021). *El Conacyt, la Secretaría de Salud y la Semarnat suscriben convenio en favor de la salud y el equilibrio ecológico.*

[1] *Nearshoring,* traducido al español como relocalización, es un fenómeno mediante el cual las empresas transfieren parte de su producción a terceros ubicados en países cercanos "aliados", a fin de reducir costos y facilitar el acceso a la producción.

[Comunicado]. https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/comunicados/Comunicado_239_02092021_FF.pdf

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2023). *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral.* https://toxicologia.conahcyt.mx/resa-atoyac/.

Lara Espinoza, F. (s.f). "La contaminación ambiental y la situación de la salud en la Cuenca del Alto Atoyac". Documento de trabajo. Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, Conahcyt.

Velasco Santos, P. (2020). El Ciclo Hidropolítico en Tlahuapan, Puebla: reflexiones en el Capitaloceno. *Collectivus, Revista de Ciencias Sociales, 7*(2), 51-72.

Primera parte

CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC

1.1 Génesis y estructura actual de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla

Andrés Barreda Marín
Fabiola Lara Espinosa

A la memoria de Leti Osorio
entrañable acompañante
de las luchas del pueblo de México

INTRODUCCIÓN

¿Por qué hoy resulta urgente pensar la economía política, así como la geoeconomía y geopolítica de los desastres ambientales? Porque en el capitalismo neoliberal la densificación de la contaminación y la devastación ambiental ya provocó que este tipo de problemas no sólo ocasionen pérdidas y ganancias fundamentales para las empresas privadas y los Estados, sino también profundos problemas sociales e históricos, cada vez más complejamente contradictorios e inciertos en el futuro de toda la sociedad. Problemas que no sólo se refieren al monto estratosférico que hoy implicaría atender con seriedad los desastres sanitarios y la restauración de los ecosistemas regionales y nacionales que originan los procesos contaminantes y sus agentes tóxicos.

El desarrollo de nuevas formas de despojo de los bienes comunes, de los recursos naturales estratégicos, de los espacios poco poblados y los

aneucuménicos (como los territorios polares y espacios marítimos, de los códigos genéticos, etc.) no ha hecho sino empeorar los procesos contaminantes, pues desplaza o extermina a actores sociales que suelen resguardar y enriquecer bienes comunes ambientales. Dicha contaminación se convierte en una promotora inesperada de nuevas y mayores formas de conflictos y despojos sociales al desplazar población o al detonar crisis masivas de salud; al arrebatar años de vida de comunidades y estratos de población que no tienen la posibilidad ni el deseo de huir de los espacios contaminados; al promover la mercantilización de los servicios ambientales, los mecanismos de desarrollo limpio; al introducir especulativamente tecnologías altamente nocivas como la ingeniería genética, la geoingeniería, los biocombustibles, etcétera.

Estos procesos contaminantes y el deterioro de la salud que le es consustancial redefinen el costo de la vida de las personas y, a partir de ahí, el valor de la fuerza de trabajo, así como las modernas modalidades de superexplotación del trabajo, de marginalidad y de pobreza general de la población.

Finalmente, como saben los economistas, estos procesos de destrucción ambiental ilustran lo que Schumpeter denominó "destrucción creativa": toda destrucción que revoluciona la estructura económica desde dentro, destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos (Schumpeter, 1971, p.121). Destrucción que, viciosamente, es aprovechada por el capital para estimular recambios en la división técnica del trabajo, mediante la promoción neoliberal de nuevos mercados basados en la comercialización de los servicios ambientales: los llamados "mecanismos de desarrollo limpio", el tráfico internacional de los bonos de $CO_{2,}$ los nuevos negocios de la floreciente economía circular, la promoción de las llamadas tecnologías verdes, la presente producción industrial de autos eléctricos, etc. Esto garantiza el desarrollo de nuevas actividades económicas que ayudan a expandir la medida general del capital y el crecimiento económico general, pero, sobre todo, contrarresta la caída tendencial de la tasa media de ganancia.

Por ello, resultan poco útiles para el pensamiento científico crítico las frívolas y supuestamente pragmáticas aproximaciones de la teoría económica a los problemas ambientales, que por sus mezquinos y elegantes intereses de clase, o por la cobardía intelectual que se ha apoderado del pensamiento académico, consideran inapropiado hablar con sencillez y claridad de los problemas de la pobreza, la explotación, el despojo, el saqueo, la corrupción, la economía criminal, la crisis y las catástrofes. La necesidad de descifrar el cada vez más denso carácter contradictorio de los problemas ambientales es lo que obliga a que sea la crítica de la economía política quien deba ocuparse de denunciar, afrontar y descifrar la génesis histórica, la estructura funcional y espacial, así como las tendencias históricas que revisten este tipo de catástrofes contemporáneas.

Entre diversos historiadores de la región Puebla-Tlaxcala existe una tradición de reconstruir cómo fue que se desarrollaron los procesos de industrialización, la conformación de los grupos de poder y muy especialmente los grupos de diversos empresarios locales o inmigrados, pero que se asentaron en la región, procedentes de España, Francia, Italia y el Líbano, etc. Curiosamente, no reconstruyen los perfiles de los dos grupos de poder externo que desde hace 60 años dominan el trasfondo de todo lo que ocurre en la región: los empresarios de los Estados Unidos y Alemania.

También se ha estudiado con menos enjundia, pero de forma importante, el desarrollo de algunos de los procesos de proletarización, de lucha de clases y de intervención estatal. De igual manera han prosperado durante los últimos 30 años estudios económicos y sociológicos sobre el modo reciente o neoliberal en que se han estado transformando los dos principales procesos productivos de la región (textil y automotriz), lo cual ayuda a comprender parte del modo en que se han desarrollado localmente los procesos de subsunción real del trabajo bajo el capital.

No obstante, en todos los estudios mencionados es permanente el descuido por el modo en que los empresarios y las élites de poder, así

como los mismos procesos de modernización industrial y agroindustrial transformaron material, catastrófica e irreversiblemente la relación con el agua, los bosques, los ecosistemas y la cultura comunitaria original de cuidado de la naturaleza. El presente ensayo se suma a quienes, antes de nosotros, han llamado la atención sobre la necesidad de laborar en una historia critica de la devastación ambiental.

Como revisaremos más adelante, el hecho de que esta devastación socioambiental ejemplar –dentro de la cual se incluyen las paradigmáticas actividades criminales del huachicol y el tráfico sexual proxeneta de niñas y mujeres– haya ocurrido en un centro de la gran región industrial automotriz altamente automatizada y globalizada de Puebla-Tlaxcala, nos obliga a indagar dentro de esta forma abigarradamente contradictoria. En ella es que se ha organizado ya no sólo el sometimiento general del proceso de trabajo adentro de las fábricas tradicionales, sino también en los grandes parques industriales o los corredores urbano-industriales, así como en los espacios maquiladores domésticos.

Esto también se acompaña del sometimiento general de los procesos de reproducción, que incluye el control de los espacios políticos caciquiles, municipales y estatales, encargados de disciplinar la vida general de las ciudades, los pueblos, las cuencas, los espacios rurales, etc., así como el sometimiento de los espacios domésticos de la reproducción social de todas las personas, incluso las que la economía considera improductivas o las que todavía no son o ya dejaron de ser trabajadoras.

El neoliberalismo desde los años 90 se obsesiona por imponer dentro de las plantas industriales de Volkswagen México (VWM) y de otras muchas empresas una disciplina extrema del trabajo, mediante la modelación e hiperracionalización microscópica del tiempo de trabajo en el piso de fábrica, aplicando los llamados programas de mejora continua (PMC2). Además se desarrolla la transformación general de los procesos de automatización, que a su vez requieren de la reorganización de una nueva división técnica del trabajo singular, particular y general (dentro y fuera del piso de fábrica), mediante el establecimiento de las nuevas

relaciones técnicas conocidas como OEM (*original equipment manufacturer*),[1] ODM (*original design manufacturer*),[2] los EMS (*electronics manufacturing services*),[3] SRM (*supplier relationship management* o gestión de las relaciones con los proveedores), y QRQC (*quick response quality control*), etc. Llama la atención cómo esta transformación histórica, que se ufana del carácter general y cultural de estos sofisticados cambios, ha podido convivir tan confortablemente, desde hace 20 o 30 años, con un entorno social y ambiental tan brutalmente degradado y devastado.

Dentro de la complejidad de lo que ocurre en la región Puebla-Tlaxcala hay hechos brutales y condenables, pero que en realidad no llaman

[1] Los fabricantes de equipamiento original (*original equipment manufacturer* u OEM) son empresas fabricantes de productos originales que manufacturan productos que son comprados por otra empresa y vendidos al por menor, bajo la marca de la empresa compradora (a veces conocida como empresa reenvasadora). Sus productos se caracterizan por no venir en los envoltorios o cajas propios de la venta al público, sino con los de distribución a minoristas, y tener un precio más barato. También se aplica el nombre de OEM al proceso de subcontratación de la fabricación de los productos de una empresa. Método de producción cada vez más frecuente en las grandes multinacionales que dejan de producir sus equipos o bienes y los encargan a terceros. Las empresas OEM fabrican sus productos para diferentes marcas, e incluso para la competencia, fenómeno cada vez más extendido en la producción de equipos industriales, textiles, informáticos, automóviles, etc. En países como México, la cadena de suministro de autopartes es muy complicada, controlada y altamente exigente. Los proveedores se organizan en función de su distancia con el OEM responsable de poner el producto en el mercado. A los proveedores directos de las OEM los llaman Tier 1, a quienes suministran a estos últimos los llaman Tier 2, y así sucesivamente.

[2] Un *original design manufacturer* (ODM), o fabricante de diseño original, es una compañía que diseña y fabrica productos que son comercializados por otras marcas. Estas compañías permiten a las marcas producir sin tener que involucrarse en la organización o el funcionamiento de una fábrica. Las odm son lo suficientemente grandes para manejar la producción de varios clientes, proporcionando la producción total o una parte. Una característica de este negocio es que los odm poseen los diseños de los productos comercializados por otras marcas, en contraste con las *contract manufacturer* (cm). El modelo es utilizado en el comercio internacional, donde un odm local es usado para producir bienes para una empresa extranjera que ve algunas ventajas en la transacción como salarios más bajos, vías de comunicación o la proximidad a los mercados. Por ejemplo, en 2011 el 94% de todos los portátiles fueron hechos por odm taiwaneses.

[3] Los servicios de producción electrónica, o *electronics manufacturing services* (EMS), designan a las compañías que diseñan, testean, fabrican, distribuyen y ofrecen servicios de reparación y garantía de componentes y productos electrónicos para fabricantes de equipos originales (*original equipment manufacturer*, OEM). Algunas EMS ofrecen un servicio de diseño y manufactura completo, de principio a fin, para que las empresas marcas sólo se encarguen de sus actividades en ventas, mercadeo y operaciones administrativas. Las EMS usan máquinas con sensores que reciben información e incrementan la eficiencia y reducen costos.

mucho la atención, pues se trata de la actuación tradicional, constitutiva o esencial del capital. Nos referimos al modo desarrollado en Japón con que el capital procedió a hiperracionalizar los múltiples desperdicios de tiempo que ocurren no sólo en la línea de producción, sino en todos los procesos de circulación, de administración, de reproducción y de toma de decisiones en las empresas y en las nuevas relaciones técnicas en las cadenas de suministro entre los nuevos sistemas de fábricas automáticamente entrelazadas –para lo cual impuso desde el crisol de la fábrica la llamada manufactura "esbelta" (*lean manufacturing*)– y, a partir de ello, la racionalización de las actividades de compra y de las operaciones de circulación propias de las cadenas de suministro, para obtener a precios más asequibles y realistas de las materias primas y bienes intermedios de los proveedores, etcétera.

No sorprende, entonces, que en los tiempos de expansión internacional de los modernos procesos de automatización y de explotación del trabajo el capital haya compaginado sus esfuerzos de racionalización del proceso de reproducción general, con la destrucción de todos y cada uno de los derechos laborales y el control del nuevo trabajador social cada vez más complejo. Gracias a esto el capital puede súper explotar más minuciosamente a un nuevo sujeto laboral altamente socializado y mundialmente complejo. Este proceso que verificamos en la región Puebla-Tlaxcala ilustra cómo la *reproducción técnica del capital* se corresponde necesariamente con la precarización y el saqueo de la *reproducción social de los trabajadores y de su entorno social.*

Sin embargo, existe otro plano en las contradicciones regionales de Puebla-Tlaxcala que requiere de una explicación histórica y científica más compleja. Nos referimos a la forma en que la reproducción técnica del capital procede a depredar la reproducción natural de sus propias condiciones materiales y ambientales de producción. Cuando dicho saqueo, aunque en el corto plazo permite obtener determinadas ganancias extraordinarias, en realidad no conforma un proceso de producción de

plusvalor como el de los procesos productivos.[4] Por lo que, en el mediano plazo, si el capital necesita mantener el uso de la región en que se ubica, termina por generar gastos de reposición extremadamente altos y contraproducentes para el propio capital. De ahí que múltiples regiones metropolitanas de la acumulación mundial del capital, durante ciertos periodos de prosperidad, se vean obligadas a tomar medidas jurídicas y políticas encaminadas a mitigar o para evitar francamente tal depredación de la naturaleza.

Por ello, la presente investigación indaga en las raíces nacionales y sobre todo regionales que permiten entender el origen de la profunda tradición predatoria del trabajo, el agua, la naturaleza y de la propia maquinaria, que durante los últimos 150 años ha prevalecido entre las elites poblanas y tlaxcaltecas. Sólo así se puede explicar el modo específico en que todas estas sistematizaciones y esfuerzos racionalizadores de las empresas globalizadas han convergido coyunturalmente con la cultura nacional y local de saqueo de la naturaleza.

De modo que ello terminó conformando una escandalosa situación en la que los capitales transnacionales, cada vez más poderosamente concentrados, centralizados y entrelazados mediante redes de suministro mutuo, terminaron en Puebla-Tlaxcala. Se acomodaron y sacaron provecho del uso cada vez más despilfarrador, insensato, arrogante, sucio, irreversible, absurdo, y catastrófico no sólo del cuerpo individual y colectivo de las y los trabajadores, sino también del cuerpo general de la sociedad, de las mujeres de la región y de la rica naturaleza local, sea del agua, el aire, los suelos, la biodiversidad, el germoplasma o los alimentos.

Durante los últimos 20 años se ha hablado de un nuevo esfuerzo empresarial para mitigar las irracionalidades ambientales, extendiendo los

[4] Sobre el efecto del trabajo extraordinariamente productivo sobre las ganancias extraordinarias: "La productividad particular del trabajo en una esfera particular o en un negocio en especial en dicha esfera sólo interesa a los capitalistas directamente participantes en ellos, en tanto posibilite el logro de una ganancia extraordinaria a esa esfera particular con respecto al capital global o al capitalista individual con respecto a su esfera" (Marx, 1976, p. 250).

sofisticados modelos de racionalización valorizadora, redirigiéndolos hacia el comercio internacional de bonos de CO_2, el pago de servicios ambientales, la creación de "mecanismos de desarrollo limpio" (MDL) o hacia la llamada economía circular. Pero en la coyuntura internacional de crisis de la hegemonía estadounidense y occidental y en el México de hoy en día –ciegamente entusiasmado con la inversión extranjera directa (IED) del llamado *nearshoring,* a pesar de los cambios sociales y políticos auténticos que en otros terrenos ha emprendido la Cuarta Transformación (4T)– en realidad existen muy pocos elementos que nos permitan considerar que las empresas y los políticos que se sujetan incondicionalmente a ellas tengan la más mínima voluntad histórica de llevar a cabo una regulación efectiva que termine con el sobreuso empresarial de la naturaleza y el asedio a las comunidades y los grupos de la sociedad que se han comprometido a defenderla.

Agradecemos la invaluable información directa que diversas organizaciones sociales y comunitarias de la región, yendo más allá de la cultura sectaria imperante, han tenido la confianza de compartir colectivamente a lo largo de casi 30 años en variadas y continuadas jornadas de resistencia y lucha en contra de megaproyectos y especulaciones (corredor Veracruz-Acapulco, Plan Puebla Panamá, Libramiento Norte de la Ciudad de Puebla, Incinerador de Arco de Plasma, gasoducto, etc.), despojos efectivos, violencia, explotación, marginalización, fabricación de delitos, intimidaciones, encarcelamientos, falta de acceso a la justicia, asesinatos, etc.[5] También agradecemos las invaluables enseñanzas y

[5] Fray Julián Garcés, Por un Atoyac con Vida y las decenas de pueblos y comunidades articuladas gracias a la labor de ellos, organización de mujeres de Cuetzalan, comunidades de Tepeaca, San Andrés Azumiatla, San Francisco Ocotlán (maestra Berta), Santa Ana Xalmimilulco, Chichicuautla, Izúcar de Matamoros (contra Dragón), CNUC, FZLN, la Unión de Vendedores Ambulantes 28 de octubre, CNPA ML, la caravana ambiental de Morelos, Estado de México, Puebla y Tlaxcala de 2008, Gildardo Espinosa y las cajas de ahorro del Plan Puebla, Eduardo Morales, la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales, los pueblos en resistencia al arco norte, a Colibrí, las organizaciones y comunidades participantes en las audiencias de carreteras y de medio ambiente del Capítulo México del Tribunal Permanente de los Pueblos y a las comunidades participantes en la Caravana Toxitour.

conocimientos compartidos por diversos compañeros investigadores y colegas comprometidos con las causas populares.[6]

LA GÉNESIS HISTÓRICA DE LA DEVASTACIÓN AMBIENTAL ACTUAL

Hoy la devastación ambiental de la región Puebla-Tlaxcala ha crecido de tal forma que resulta sencillamente inocultable. Pero, aunque cada vez más ciudadanos piensen que el evidente desastre es abrumador, no deja de sorprender cómo las actitudes cínicas de los empresarios, los burócratas y la academia frente a la contaminación se mantienen casi intactas. Nunca faltan las autoridades que de forma pugnaz aprovechan la masividad de los procesos de contaminación para simular ingenio argumentativo, sosteniendo con lujo de mala fe que a ciencia cierta no se puede saber quiénes son los contaminadores singulares de tal o cual agente tóxico, o de tal o cual región. Mucho menos posible resultaría poder determinar qué sustancias o qué empresas guardan responsabilidad sobre tales o cuales grupos de enfermos dentro de la región, lo cual lleva a la idea de que no resulta posible aplicar acciones correctivas.

La irresponsabilidad con la que este tipo de actores ven, perciben, piensan, respiran y sienten la realidad que los rodea tiene como premisa la fragmentación con que la afrontan, así como el olvido con el que reiteradamente confrontan lo que ocurre. Justifican el arco reflejo pasivo con el que las autoridades gubernamentales responden a las protestas de la población, señalando que dichos males son sacrificios justificables —sacrificios de salud de la población y sacrificios del medio ambiente—

[6] Colegas de la Facultad de Economía de la BUAP, Ibero Puebla, especialmente a la doctora Gabriela Pérez Castresana, a las redes del doctor Julio Glockner, Aurelio Fernández y Argelia Arriaga (Cupreder), Huberto Juárez, a los participantes en los primer y segundo foros Diálogo entre Comunidades, Academia y Gobierno sobre la Problemática Multidimensional de Contaminación de la Cuenca del Alto Atoyac, realizados en 2022 y 2023, a los periodistas de *La Jornada de Oriente*, Tania Damián y Jaime López del periódico Ángulo 7.

cuando los gobernantes se ocupan de la tarea de mantener en alto el desarrollo y crecimiento económicos.

Como estos empresarios y políticos saben que son casi nulas las ocasiones en que resulta posible determinar la responsabilidad puntual de una u otra empresa, semejantes salidas buscan "marear la perdiz", creyendo que tales formas de argumentar obvian la necesidad de estudiar y de regular la participación colectiva de múltiples contaminadores. De manera que la indiferencia así recreada permite mantener en pie la vigencia de los paquetes desregulatorios que deliberadamente han sido aplicados, con el fin de incentivar el crecimiento empresarial salvaje y las cuotas de ganancias obscenas de algunas empresas globales.

El propósito de este ensayo es reconstruir y recordar el origen y el desarrollo de los procesos contaminantes (industriales, agroindustriales, extractivos o urbanos), así como de los agentes tóxicos que les son propios. Para ello, proponemos recordar cuáles han sido los procesos de desarrollo económico y social que impusieron dinámicas generales (regionales, nacionales e internacionales) de tecnificación, de industrialización, de urbanización y de acumulación de capital que provocaron la acumulación de sustancias tóxicas y los procesos destructivos en la región.

Recordamos cómo dichos procesos respondieron a múltiples esfuerzos institucionales que, a lo largo del tiempo, definieron políticas públicas no sólo de crecimiento económico, sino también de desatención del medio ambiente, de ausencia de vigilancia, de falta de prevención y atención de la salud, de falta de educación e investigación científica, etc. Durante el desarrollo capitalista, durante la posguerra, pero sobre todo en tiempos del neoliberalismo, se aplicaron políticas que fomentaron sistemáticamente saqueos, abusos y devastaciones, así como todo tipo de desorganización colectiva y encubrimientos *ad hoc*, lo cual salía mejor a los perpetradores si las instituciones y las leyes miraban hacia a otro sitio.

De ahí la importancia que tiene en el presente estudio comenzar a reconstruir una historia crítica regional del medio ambiente, desde la perspectiva de la crítica de la economía política. Con ello pretendemos

invitar a las y los lectores a considerar la forma en que los grupos regionales y foráneos, así como los grupos dominantes y dominados, se enfrascaron estableciendo patrones de acumulación y escenificaciones en los que se establecieron acuerdos políticos y económicos, mediante los cuales creyeron darle una "forma de movimiento" inmediata a sus contradicciones, sin reparar o a sabiendas de que dichas formas de proceder acumulaban desastres sanitarios y ambientales.

EL LARGO DESPEGUE Y SUS VICIOS ESTRUCTURALES: LA SUPEREXPLOTACIÓN DEL TRABAJO Y EL SOBREUSO DE LA MAQUINARIA INDUSTRIAL Y LA NATURALEZA

En la cuenca del río Orizaba, procedente del gigantesco Citlaltépetl (Pico de Orizaba), así como en la subcuenca del Alto Atoyac de Puebla y Tlaxcala (procedente de las montañas de Tlaxco, los volcanes Tláloc, Iztaccíhuatl, Popocatépetl y Matlalcuéyetl), entre 1835 y 1845 se formó una de las primeras regiones de la industria textil de México, aprovechando la abundancia natural de las aguas, así como la fuerza cinética de las mismas. Estos centros industriales tienen su origen remoto en los obrajes coloniales destinados a la producción de paños, que también aprovecharon la cultura prehispánica de la producción de algodón y la elaboración de sus tejidos.

Aunque hay datos de la producción algodonera en varias regiones de México (como Oaxaca, Querétaro, la Ciudad de México, etc.), Puebla-Tlaxcala destacó porque lo propio de esta región fue la importación temprana de una industria mecánica que requirió proletarizar laboral y culturalmente la mano de obra indígena. Allí se valorizó industrialmente tanto el trabajo obrero como la abundancia regional de bosques y fuentes de agua y, por ahí, la concentrada morfología volcánica y las cualidades climáticas (templadas y pluviales) de la región.

Esto llevó consigo el complejo uso combinado del altiplano mexicano que aprovecha los abundantes manantiales y riachuelos que nacen en

múltiples pies de monte de numerosos y enormes volcanes, pero también la cercanía con las fértiles tierras algodoneras del centro de Veracruz. Dicha posibilidad fue articulada económicamente mediante el empleo de las nuevas tecnologías industriales que empresarios pioneros comenzaron a importar desde Inglaterra, Francia y los Estados Unidos. A partir de ellas se inventó el nuevo uso hidrológico moderno de la región, transformando las pendientes de los ríos en una abundante energía eléctrica al servicio de la maquinaria textil, aunque también se la aprovechó como una materia auxiliar para las tareas de lavado, coloración y estampado de las telas.[7]

Dadas estas raíces de las artes e industrias textiles, desde el siglo XIX Puebla figuró dentro de México como "una ciudad industrial por excelencia" (Bazant, 1977). Por su parte, Tlaxcala, dado que a partir de la conquista se desempeñaba como una república de indios –pues inicialmente de forma *sui generis* convive "autónomamente" con la vecina república de los españoles de Puebla–, después de tres siglos de dominio colonial es sometida bajo el poder de Puebla, convirtiéndola en su territorio de reserva de mano de obra y recursos naturales. A partir del siglo XIX esta ventaja retroalimentará su industria textil, permitiéndole descollar frente a otras regiones industriales de México (González, 2008).

A partir de entonces la evolución de la región refleja no sólo los contratiempos y el atribulado destino económico que sufre México a partir de sus guerras de independencia (Tutino, 2009), pues también expresa, desde mediados de dicho siglo, la difusión mundial de la revolución industrial, los procesos de subordinación social y material del proceso

[7] La totalidad social-natural y técnica que define las ventajas comparativas que destacan textilmente a las regiones hidrológicas de Orizaba, Puebla y Tlaxcala sobresale cuando se la compara con otras cuencas hidrológicas y ecológicamente semejantes en el Alto Lerma o en el estado de Morelos. Dichas regiones, aunque resultaban ricas en aguas, no se ubicaban sobre el cordón umbilical que desde el siglo XVI une a las regiones del Altiplano mexicano con la "economía mundo" del puerto de Veracruz que permitía tanto importar fácilmente las diversas y cambiantes máquinas industriales y sus refacciones como exportar las telas producidas, y sobre el cual el proceso modernizador construye la primera línea ferroviaria del país.

de trabajo bajo el capital, así como los mecanismos de subordinación imperial que imponen los florecientes centros industriales y financieros. Es notoria la dominación industrial textil sobre la región que, a pesar de las profundas modificaciones, deformidades y relegamientos que 200 años después impuso el neoliberalismo, todavía el día de hoy persisten dentro del territorio y su medio ambiente.

Los hacendados coloniales y la cultura del rentismo, como en el resto mundo, es la matriz que prepara y al mismo tiempo obstruye el desarrollo de una nueva cultura industrial burguesa. Prepara porque despoja a las comunidades de su vinculación umbilical con la tierra, pero obstruye porque aprovecha y usa la riqueza espontánea y parcialmente viva de la tierra y de las fuerzas productivas naturales, pero no apuesta por el desarrollo de la productividad del trabajo basado en la revolución permanente de los medios de producción y el desarrollo de las técnicas y ciencias.

Wil Pansters vuelve evidente esta contradicción en sus tres estudios sobre Puebla (Pansters, 1990, 1998 y 2009) cuando observa la inestable forma en que evolucionan los sucesivos grupos de empresarios textiles que dominan los procesos de industrialización (Pansters, 1990, 1998 y 2009). El grupo empresarial inicial (cobijado bajo el proyecto económico de Lucas Alamán), desde 1835, importa maquinaria y emprende una industrialización que requiere medidas proteccionistas de parte del Estado mexicano para sobrellevar la presión de los industriales europeos que dominan el mercado mexicano, así como la destotalización de un territorio que carece de vías de comunicación favorables.

El grupo industrial pionero choca entonces con comerciantes que en México se dedican a la importación de telas, pues, en virtud de las prohibiciones proteccionistas, de la noche a la mañana, estos últimos se convierten en contrabandistas. Cuando en 1853 se deroga esta política prohibitiva se facilita la ruina de la primera generación industrial, que termina transfiriendo sus fábricas textiles de Puebla a los comerciantes veracruzanos triunfadores.

Entre tanto, el Estado federal construye entre 1850 y 1872 una primera línea de ferrocarril destinada a interconectar la Ciudad de México y el Puerto de Veracruz, para facilitar la importación de cientos o miles de telares mecánicos destinados a la fabricación textil de la región, así como la venta comercial de telas que abastecen a la ciudad de México o al resto del mercado nacional o internacional. Como se trata del periodo de confrontaciones entre los grupos que disienten nacionalmente sobre la manera de insertar al país en la modernidad capitalista,[8] a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX prevalece la segunda generación de industriales, entre los que domina a profundidad la visión parasitaria o arrendataria sobre la propiedad de las fábricas. Dichas élites poseen industrias entre muchas otras propiedades fundiarias, comerciales y financieras. De ahí el descuido sistemático para con el desarrollo técnico de su maquinaria (Pansters, 1998).

Después del inestable periodo histórico que padece México a lo largo del siglo XIX —en que el país pierde la mitad de su territorio y está a punto de perder definitivamente la independencia nacional—, el Estado mexicano, durante el porfiriato, apuesta por atraer una inversión extranjera

[8] En 1855 los liberales toman el poder y ello permite que por primera vez un poblano, Ignacio Comonfort, llegue a la presidencia de la República. Lo que vuelve posible la Ley Juárez (antifueros religiosos y militares) y la Ley Lerdo (contra la concentración de la propiedad de la tierra religiosa y la propiedad comunal indígena). Sin dilación, en el mismo año, 1855, la derecha poblana se subleva en contra Comonfort. Éste responde iniciando en Puebla lo que luego se conocerá en el resto del país como la expropiación de los bienes de la iglesia. En 1857 se desata una reacción conservadora. Para 1858 la mayor parte de Puebla se encuentra bajo el control de los conservadores y estalla la resistencia liberal en la Sierra Norte de Puebla. En 1861 finalizan las guerras de reforma y llega a la presidencia Benito Juárez. En 1862 Napoleón III invade México, y aunque el 5 de mayo de ese año se derrota a las tropas francesas, la población de la zona central del estado no participa activamente en la lucha contra los invasores. En 1863 los conservadores regresan a sitiar Puebla y cuando cae ello se convierte en pieza clave para la victoria de los franceses, que terminan imponiendo a Maximiliano hasta 1867. El triunfo final de los liberales reforzará la influencia de los liberales serranos dentro del estado de Puebla. Pero, aunque en 1870 se reporta el emplazamiento de nuevas industrias en los municipios de Panzacola, Santo Toribio Xicohtzinco, Santa Cruz Tlaxcala, Amaxac de Guerrero, Santa Ana Chiautempan y Tetla-Apizaco (creándose el primer corredor industrial que va de Tlaxcala a Puebla al margen del río Zahuapan y el río Atoyac), con la presencia de 2 003 telares con 67 120 husos en 1878, en realidad se mantiene en pie contradictoriamente el espíritu rentista de esta atrasada burguesía.

como forma de promover la acumulación del capital. El Estado mexicano durante el gobierno porfirista se propone romper el anquilosamiento industrial que se ha asentado en la región durante la segunda mitad del siglo XIX.

Desde 1880 se promueve una política focalizada en atraer industrias mediante apoyos gubernamentales y condiciones preferenciales, lo que se acompaña con la importación masiva de telares mecánicos, husos, motores y todo tipo de mecanismos de transmisión y maquinaria complementaria, una adaptación de antiguos molinos para instalar máquinas cardadoras e hiladoras, una capacitación y educación técnica dirigida al mantenimiento de la maquinaria.

Para el periodo entre 1892 y 1902 se organiza un paquete de reformas político económicas dirigido a ampliar y unificar el sistema nacional de transporte, a crearon una política fiscal favorable, una red de instituciones de crédito, a generalizar una red regional de energía eléctrica y un autoritario orden laboral basado en un salario estable y bajo. Esto permite que en dicho periodo se funden 20 nuevas fábricas textiles importantes en Puebla y siete fábricas textiles dentro de Tlaxcala, en su mayor parte a orillas del río Zahuapan.

Darío González Gutiérrez (2008) ha explicado que el proceso de acumulación de capital poblano —de alguna manera apuntalado por el saqueo de la reserva laboral y de la naturaleza de Tlaxcala— era tan exitoso durante la vuelta de siglo que la región supera en producción industrial a la Ciudad de México. En consonancia, durante 1906 los aupados empresarios textiles españoles crean en Puebla uno de los organismos empresariales más poderosos del México porfirista, el Centro Industrial Mexicano (CIM), con el propósito de sujetar implacablemente el ascenso de las inquietudes obreras contra las jornadas laborales de 14 horas o el trabajo infantil. Con el paso del tiempo dicho centro se convertirá en el vocero del nuevo grupo de capitales que conforma la tercera generación de la burguesía de Puebla.

Historiadores como Enrique Rajchemberg han caracterizado la intensidad del proceso de industrialización y explotación regional ocurrido

durante el porfiriato en Orizaba, nombrándolo como el "Manchester mexicano" (Rajchemberg, 1995). Efectivamente se trata de un periodo de euforia modernizadora que lleva al capital francés a invertir en la construcción del gran centro textil en la localidad de Río Blanco, Veracruz, en su momento reconocido como la industria textil más grande de América Latina.[9]

Entre 1876 y 1911 la industria poblana había rebasado la poderosa industria veracruzana, pues había multiplicado vertiginosamente sus ventas en casi en cinco veces (4.7), a diferencia de Veracruz que sólo había podido duplicar sus ventas. Como Veracruz vive un crecimiento muy fuerte en su agricultura (de café, caña y tabaco) y Puebla sólo tiene un crecimiento agrícola moderado, es durante este periodo que la posición geográfica intermediadora de Puebla –colocada en medio de la producción y oferta procedentes de Veracruz y el consumo de la ciudad de México y del resto del país– consolida su excepcional vocación industrial.

Entre 1906 y 1929 emergió la tercera generación de industriales poblanos, con el cerrado grupo de seis familias españolas que concentran el control de la mayor parte de las industrias de la región, pero siempre en combinación con otras propiedades hacendarias y bancarias. En 1913, existían 51 fábricas textiles en Puebla con 8600 telares, moviendo mecánicamente a 225000 husos, mientras había siete fábricas textiles en el estado de Tlaxcala que movían 1615 telares con 36434 husos. Durante el mismo año se habían importado a Puebla por medio del ferrocarril unas 15000 máquinas, en forma de telares de carda mixta, de carda de erizos, de carda e hiladoras, peinadoras de tambor, máquinas estiradoras, selfactinas, calderas y batientes.

Si en 1893 laboraban en Veracruz 2970 obreros textiles, para 1910 ya había 7200, mientras que para la industria textil de Puebla en 1910 labo-

[9] Como huella indeleble de la súper explotación aplicada contra miles de nuevos proletarios mexicanos, quedó el saldo que dejó la respuesta capitalista a los reclamos obreros de la legendaria huelga de 1907, cuando Porfirio Díaz, para proteger los intereses del capital francés, reprime sanguinariamente las protestas de los trabajadores con una masacre que deja cientos de trabajadores y familiares muertos.

raban 8 100 trabajadores y en 1913 ya eran 8 783 asalariados, a lo que se debían añadir los 1 863 trabajadores textiles de Tlaxcala. De modo que la conciencia de clase y las organizaciones obreras se contagiaba entre estos 18 000 trabajadores, que antes y durante el periodo revolucionario difundieron intensamente sus ideas de resistencia y lucha entre la región de Río Blanco y el altiplano de Puebla y Tlaxcala.

Aunque la Revolución mexicana defiende derechos laborales fundamentales dentro de la Constitución que restringen las jornadas de 14 horas, lo cierto es que no se transforma automáticamente el conjunto de todas las condiciones regionales de superexplotación laboral. A partir de la reestructuración y oportunidades que abrió la crisis de 1929, las fábricas poblanas trabajarán durante los años 30 y 40 a toda su capacidad, durante los tres turnos, nuevamente sobreutilizando los recursos naturales y la maquinaria adquirida desde el porfiriato.

A pesar de la violencia, la inseguridad social y el caos monetario y en los transportes que produjo la Revolución mexicana entre 1913 y 1916, nunca se paraliza plenamente el crecimiento industrial de Veracruz, Puebla y Tlaxcala. Más bien, en el mediano plazo los cambios sociales y políticos no detuvieron el crecimiento del mercado interno, que fortalece la relación entre este complejo industrial textil con el creciente mercado nacional de telas, prendas de vestir, etc. De modo que, fuera del inevitable reflujo que ocasionó la crisis norteamericana de 1929, el alejamiento del *hegemón* estadounidense de nuestra dinámica de crecimiento interno permite que, al hasta el fin de la Segunda Guerra Mundial (1945), o incluso hasta el fin de la guerra de Corea (1953), esta industria textil se mantenga creciendo formalmente.

De ahí que, más allá de la acumulación originaria de capital, así como la concentración y centralización capitalista de riqueza, el principal legado histórico que esta industria textil deja a la región de Puebla-Tlaxcala es el disciplinamiento secular de la población laboral bajo el régimen de superexplotación, el disciplinamiento de la sociedad y el Estado en la

sobreutilización de los recursos naturales (principalmente hídricos) bajo un régimen forzado de ganancias extraordinarias.

En suma, la acumulación de capital en la región, doblemente sometida al capital externo, así como a sus propias pautas rentistas, financieristas y especulativas, normaliza durante el siglo XIX, durante el porfiriato y la evolución posterior de la llamada "sustitución de importaciones" una cultura burguesa local de uso de la superexplotación del trabajo, de sobreuso irreversible y gratuito de la naturaleza, pero también de promoción reiterada del sobreuso salvaje de la maquinaria industrial que ocasionalmente importa.

EL GIRO IMPERIAL DE LA POSGUERRA

Al final de la Segunda Guerra Mundial, después de un periodo de debilitamiento de la economía norteamericana (entre la crisis de 1929 y la Segunda Guerra Mundial de 1939-1945), ésta necesitó retomar sus funciones hegemónicas, confrontando con fuerza los procesos de desarrollo económico nacional y autónomo que, entre tanto, se despertó en los países latinoamericanos. Por ello los EE. UU. emprendieron una serie de golpes de Estado, asesinatos políticos estratégicos, intimidaciones, intrigas y corruptelas que apenas encubre bajo la coartada de la llamada Guerra Fría.

No obstante, en México, después de los despojos de territorio perpetrados en el siglo XIX, después de la Revolución mexicana y de la conformación mayoritariamente nacionalista de una nueva clase de políticos, no les resulta viable a los EE. UU. aplicar estrategias militares directas para la dominación de su traspatio. El *hegemón* prefiere dar un rodeo reclutando y empoderando a un nuevo grupo de empresarios mexicanos prestanombres, acompañados de un núcleo de gobernantes seleccionados de entre la élite política "revolucionaria" para recibir un seductor proceso de convencimiento ideológico, político y económico.

Durante la subordinación de posguerra identificamos, por lo menos, dos periodos:

El primero, de transición (1945-1982) en el cual se busca la coordinación creciente entre algunos representantes del poder económico y político de los EE.UU. con los nuevos grupos gobernantes mexicanos no nacionalistas, que dejó a su vez, aislados a los políticos auténticamente nacionalistas, pues sólo así resultará posible un paulatino desvío de cada uno de los intereses estratégicos de la nación.

El segundo periodo es el de consumación del proceso de subordinación de los intereses de México a los de Estados Unidos (1982-2018), en este periodo se alcanza la dominación plena de la élite política y empresarial del país, pues ya han sido doctrinalmente educadas con la teoría económica de las mejores universidades norteamericanas, lo que implica que no sólo han sido confundidas, sino además corrompidas en el ejercicio de toda suerte de privilegios al momento de ejercer las funciones públicas.

Como la consumación de la segunda fase requiere de mucho tiempo, desde el sexenio de Miguel Alemán se avanza pragmáticamente con un proceso de corrupción política nunca antes visto entre la clase política mexicana, manipulación que se complementa con la creación de la Dirección Federal de Seguridad, cuidadosamente adiestrada por los principales cuerpos de seguridad estadounidense (CIA, FBI, etc.), siendo tarea de esta institución la protección personal de este presidente (Servín, 2016; Gómez, 1996).[10] La meta fundamental del periodo es la ocupación

[10] *"El alemanismo significó una gran reorganización de la corrupción pública hasta convertirla en parte orgánica integrante del régimen político. En realidad, el Estado corrupto, tal como lo hemos conocido, parte del periodo presidencial de Miguel Alemán, quien debe ser considerado como su fundador. Existe una gran diferencia entre la corrupción, aun como fenómeno creciente, y el Estado corrupto, es decir, la organización del poder y las instituciones públicas alrededor del "peculado, el tráfico de influencias y la extorsión. Junto a estos fenómenos, el patrimonialismo de los gobernantes adquirió dimensiones mucho mayores, de tal manera que los recursos públicos en su conjunto formaban parte del aparato partidista, incluyendo la actividad de los empleados y funcionarios gubernamentales en todos los niveles"* (Gómez, 1996). Para darse una idea de lo que entraña el periodo es clave recordar que durante éste se crea la CIA (1947), se crea la Escuela de las Américas (1944), se da el reclutamiento dentro del ejército colombiano haciéndolo partícipe de la guerra de Corea (1950-1953) y se organiza la autodepuración institucional del gobierno de los EE. UU. realizando la ominosa cacería de brujas que entrañó el macarthysmo (1950-1956). Si a alguien le resulta desmedida la presente articulación de las acciones de dominio imperial,

encubierta de capitales estadounidenses, adquiriendo posiciones económicas clave dentro de la nueva industria mexicana, lo que, dadas las leyes económicas imperantes, requiere de la creación de un grupo de empresarios prestanombres (Ceceña, 1994).

Como se trata de un proceso de transición, durante el periodo se socavan paulatinamente las convicciones políticas de funcionarios e intelectuales, promoviendo pragmatismos ricos en ambigüedades e incoherencias políticas. Entre 1958 y 1976 México tiene tres presidentes de la república que gobernaron "nacionalistamente" al país, habiendo sido reclutados por la Agencia Central de Inteligencia de los Estados Unidos (Morley, 2008). Por ello, más allá de las intrigas y disputas palaciegas de los funcionarios públicos, lo trascendente del periodo está en la forma en que se dirime el desarrollo económico nacional. ¿Una sustitución de importaciones proteccionistas apuntalada por poderosas empresas públicas estratégicas?, o ¿apertura creciente de toda la economía a las grandes empresas estadounidenses?

El periodo, aunque no logra involucionar políticamente al país hacia la restauración de la reelección presidencial, tampoco logra desmantelar la naciente sustitución de importaciones y el desarrollo de poderosas empresas públicas. Como, sin embargo, se trata de un periodo de gran crecimiento económico, la prosperidad empresarial ayuda a encubrir el modo en que los EE. UU. han comenzado a suplantar legal o furtivamente a los empresarios mexicanos mediante capitales estadounidenses invisibles.

---

tan solo debería de recordar la valoración histórico-estratégica realizada por el senador R. Lansing en 1921 en torno a los tratados de Bucareli: "México es un país extraordinario, fácil de dominar, porque basta con controlar a un solo hombre: el presidente. Tenemos que abandonar la idea de poner en la presidencia a un ciudadano americano, ya que esto llevaría otra vez a la guerra. La solución necesita más tiempo: debemos abrir a los jóvenes mexicanos ambiciosos las puertas de nuestras universidades y hacer el esfuerzo de educarlos en el modo de vida americano, en nuestros valores y el respeto al liderazgo de los Estados Unidos. Con el tiempo, esos jóvenes llegarán a ocupar cargos importantes y finalmente se adueñarán de la presidencia; entonces, sin necesidad de que los Estados Unidos gaste un centavo o dispare un tiro, harán lo que queramos. Y lo harán mejor y más radicalmente que nosotros". (Cockcroft, 2010, p. 77).

Las tareas estratégicas primordiales de la guerra norteamericana en contra del capitalismo mexicano habrán de girar en torno a dos ejes: primero, acorralar al modelo de la sustitución de importaciones dentro de un desequilibrio reproductivo imposible de sostener; en segundo lugar, procurar desmantelar las más exitosas empresas industriales desarrolladas por el Estado mexicano vía la liberalización comercial a través de la entrada de México al Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio (GATT por sus siglas en inglés) en 1986:

> De 1980 a 1985 los funcionarios mexicanos trataron de lograr un acuerdo sobre la 'prueba de daño' que no implicara eliminar los subsidios a la exportación ni modificar los programas sectoriales. Sin embargo, la oposición inflexible de las autoridades comerciales estadounidenses, unida al fuerte imperativo del país de obtener acceso abierto al mercado estadounidense para sus exportaciones después de la crisis de la deuda, dejó a los negociadores comerciales mexicanos sin otro recurso que aceptar las condiciones de los Estados Unidos.
>
> Así, el 22 de abril de 1985 bajo la presión de la crisis de la balanza de pagos y después de un proceso largo y costoso para los exportadores mexicanos … se firmó un Entendimiento entre los EE.UU. y México sobre subsidios y derechos compensatorios en el que México se comprometió a aplicar tres medidas" entre las que se incluía "eliminar en el plazo de dos años la provisión de programas de financiamiento de pre exportación y exportación, adhiriéndose a los lineamientos para los créditos para la exportación oficialmente apoyadas por la OCDE, y estableciendo el último rendimiento de los CETES a noventa días como la tasa de interés de referencia para este tipo de crédito… la aceleración de las reformas se extendió a tal grado que 64.1% de las importaciones quedó exento de permisos previos a la importación… el decreto de liberación comercial de julio de 1985, junto con la firma del entendimiento bilateral sobre derechos compensatorios con los Estados Unidos, cambió radicalmente la estrategia de la política comercial del país.

> En consecuencia, México formalizó su acceso al GATT el 24 de julio de 1986. (Romero, 2000, pp. 11-17).[11]

La sustitución de importaciones facilitada por el vacío imperial entre 1929 y 1953 favoreció el desarrollo de los sectores textil, alimentario, siderúrgico, petrolero, electrodoméstico, etc. De ahí que entre 1929 y 1945 la burguesía textil de Puebla capte nichos del mercado internacional de telas. Mientras gobierna el general poblano Manuel Ávila Camacho (1940-1946), la industria textil en Puebla-Tlaxcala pasa por su mejor momento histórico, pues la ausencia de competencia en el mercado mundial hasta el fin de la guerra de Corea (1953) permite el crecimiento de sus ventas, exportaciones y salarios textiles, que se reflejan en el crecimiento de la demanda interna de telas. Las industrias regionales establecen tres turnos laborales y la efervescencia que también favorece a las industrias de zapatos, alimentos, medicamentos, cosméticos, etc.; tales eran las señales que ponen de manifiesto la fuerza que trae consigo la sustitución de importaciones.

Lo que no cuadra con ésta propicia coyuntura industrial de la historia regional es la forma en que la burguesía textil española de Puebla se resiste a reinvertir sus excepcionales ganancias en la renovación de su industria. Durante 1942, el 75% de la maquinaria que trabaja de día y noche, sin recambio alguno, en realidad procedía del porfiriato. Esta inconsistencia comienza a manifestarse en 1955, año en que la industria textil de Puebla-Tlaxcala llega a su cima; de contratar a 55000 obreros en dicho año (Pansters, 1990), para 1961 ha perdido entre 15000 y 20000 empleos.

Esta crisis marca un parteaguas en la historia económica de la región, no sólo porque exige un recambio cultural en el tipo de burguesía que

[11] Si bien, como veremos más adelante, la concreción de esta última tarea requerirá desmantelar leyes, instituciones económicas y políticas públicas y, con el paso del tiempo, la destrucción de los tejidos sociales de México.

impera, sino también por la manera en que ello conecta con el fondo del debate en el Estado mexicano sobre cómo organizar el desarrollo nacional: ¿se debe fortalecer aún más la industria textil de la región? ¿Se debe favorecer el desarrollo de nuevos ramos industriales con capacidad de arrastre dentro de la región? ¿Los nuevos ramos deben anclarse en el capital nacional o en la inversión extranjera? ¿Ello podría apoyar procesos de transferencia tecnológica?

Por lo pronto, en el periodo de Ruiz Cortinez se realiza una inversión pública masiva de más de 1 000 millones de pesos en la renovación de la desgastada maquinaria textil. Pero, adicionalmente, se instauran las bases para un desarrollo de la petroquímica nacional, anclada como una nueva ramificación de Pemex.[12] El gobierno del periodo alienta las inversiones mediante exenciones de impuestos de acuerdo con la Ley de Fomento de Industrias Nuevas, con la idea de ampliar y modernizar la totalidad de la industria nacional. Para 1953 se instalan sociedades dedicadas a la industria de la construcción, con inversiones sumamente elevadas.[13]

También se dan importantes estímulos al desarrollo de la industria mediana y pequeña. Gracias a ello, después de la guerra de Corea (1955, 56 y 57) las inversiones en la rama textil vuelven a crecer. En 1957 se emite la Ley de Fomento Industrial. Finalmente, en 1957-1963 se crean más leyes para impulsar la industria mediante la exención del pago de impuestos estatales, municipales y prediales.

Como en los años cincuenta se pone la primera piedra de un nuevo programa de recepción regulada de la Inversión Extranjera Directa (IED), durante los años sesenta, más allá de las operaciones ilegales y

[12] Aunque será hasta el periodo de Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970) que la gran industria química y petroquímica se instaure de forma compleja dentro de la región de Puebla-Tlaxcala.

[13] Entre 1953 y 1958 se fundan tres de las más poderosas empresas de construcción de la región: Constructora y Operadora de Inmuebles S.A (1953); Jardines de San Manuel (1957) e Inversiones Reforma S.A. (1958) propiedad de Gabriel Alarcón Chargoy, uno de los industriales más poderosos del periodo, con 70 millones de pesos. En este mismo periodo por primera vez resulta evidente la pérdida de importancia del sector agropecuario.

encubiertas de introducción de empresas norteamericanas, se avanza en la aceptación oficial de capitales extranjeros. Dentro de este marco legal ocurre el arribo al país de VWM durante los años cincuenta y su crecimiento en la región Puebla-Tlaxcala en los años sesenta. Por ello, este tipo de inversiones originalmente exige de una coinversión con capitales mexicanos, que supuestamente habrá de facilitar una transferencia tecnológica que apuntala del desarrollo nacional.

Durante los años sesenta ocurre el reemplazo de los viejos industriales textiles poblanos de origen español que se han resistido a renovar sus viejas máquinas textiles, gracias a la emergencia de una nueva generación de empresarios locales. El capital libanés, que desde los años treinta había comenzado a invertir en el sector, dispone de la mentalidad apropiada para invertir en el recambio de la maquinaria textil.[14]

La crisis de 1955 abre oportunidades a este grupo, que se atreve a hacer negocios gestionando la innovación técnica y relativizando los anteriores métodos de prolongar e intensificar la jornada de trabajo y castigar el pago de la fuerza de trabajo por debajo de su valor. Esto no sorprende dentro del desarrollo capitalista, pero en el caso de Puebla es un verdadero parteaguas histórico.

Paradójicamente, mientras el país y la región se debaten procurando desterrar la cultura de una burguesía rentista y especuladora –que se resiste a adoptar un nuevo *ethos* ascético, ahorrador, promotor de la productividad, etc., para con ello afirmar y enriquecer el programa de la sustitución de importaciones–, al mismo tiempo ocurre que a los intereses imperiales, aunque representan formas de desarrollo más avanzadas, en realidad les conviene readaptar la vieja cultura rentista como una nueva

[14] Adicionalmente hay que señalar que en este periodo converge la capacidad empresarial de la burguesía libanesa de innovar técnicamente a la industria textil, no sólo con la voluntad estatal de llevar hasta sus últimas consecuencias la sustitución de importaciones y complejizar en consecuencia una nueva DTT dentro de la región. Pues todo ello también converge con el proceso de subordinación estadounidense de simular mediante prestanombres los procesos locales de acumulación de capital.

cultura de prestanombres. Gracias a esto resulta posible construir en el corazón de la economía y el Estado mexicanos un caballo de Troya que permita desmantelar los sueños de industrializar el país.

El capital estadounidense no sólo corrompe políticos y empresarios de México que le faciliten ubicarse dentro de la nueva economía, pues, más allá de todo tipo de presiones políticas, diplomáticas, comerciales y criminales, el *hegemón* dispone de una nueva fuerza que, a diferencia de las referidas, es ciega, anónima o automática, pero excepcionalmente poderosa y efectiva.

A partir de la posguerra, los EE.UU. introdujo a México una senda inédita de consumismo y despilfarro, no sólo referido al mercado de bienes suntuarios de la burguesía, sino al mercado de la miríada de los nuevos valores de uso americanizados para el "bienestar" de una nueva clase media urbana. Durante los años cincuenta madura con intensidad un proceso nacional de sometimiento material a nuevas formas de consumo que resultarán nocivas para la ecología y la salud humana, e incluso, para la industria nacional. En este periodo se masificó el consumo urbano de automóviles, electrodomésticos, nuevos alimentos y bebidas procesadas atractivas pero nocivas, nuevos tipos de ropa de tejidos sintéticos como el nylon, fincados como "modas", y otros enseres domésticos, etc.

Con la masificación del radio, la televisión y el cine, se masificaron también los mensajes promotores del consumo de bienes de obsolescencia programada, así como de alimentos azucarados, procesados, adictivos, enlatados, etc., o también de detergentes, jabones, perfumes, cosméticos, medicamentos, aceites de cocina, juguetes y enseres hechos de plástico, etc., así como la andanada de espectáculos de una nueva industria cultural, nuevas modas musicales, educativas, generacionales, etc. Las empresas vendedoras de estas inquietantes mercancías se concentran en cazar los deseos de bienestar de mujeres y hombres adultos, así como de niñas, niños y las jóvenes generaciones.

Esta masificación del consumo de bienes que si bien "facilitan la vida" como los electrodomésticos, sin embargo, esclaviza a los consumidores a

tener que lidiar con todo tipo de objetos construidos con obsolescencia programada o que resultan sistemáticamente nocivos o contraproducentes, tal como ha sido exhaustivamente demostrado a lo largo de las últimas seis décadas por investigadores de la talla de Ralph Nader (1965, 1973 1981), Russell Mokhiber[15] (1988, 1999, 2005), Michaels (2008 y 2020) o Block y Scarpitti (1985).

Tras el fin de la Segunda Guerra Mundial, esta andanada del *american way of life,* –más allá de la burguesía corrupta que se presta a desbaratar a las jóvenes industrias mexicanas– comienza la construcción dentro de México de un segundo gran aliado histórico con el capital estadounidense: las nuevas clases medias, progresivamente seducidas por la modernidad estadounidense. Es gracias al pujante consumismo de éstas que el país comienza a desesperar por la lentitud y falta de *glamour* con que ocurre nuestro ingreso a la modernidad. Sin esta proclividad consumista nunca habría ocurrido en los años setenta el catastrófico desempate entre las capacidades productivas del país y las nuevas necesidades de consumo, que no sólo empujan a un endeudamiento estructural creciente, sino a declarar oficialmente el fracaso del llamado modelo de la sustitución de importaciones.

Este proceso nacional se vivió intensivamente en la región Puebla-Tlaxcala, que desde el siglo XIX concentró variados procesos de industrialización, proletarización y profundos cambios culturales, por lo que fue el terreno propicio sobre el cual en posguerra se sumaron a los viejos industriales textiles franceses, españoles y libaneses, los nuevos industriales norteamericanos y alemanes, así como con los nuevos burgueses

[15] En este sentido, una larga tradición de pensadores sociales han iniciado una reflexión de las implicancias fisiológicas, sanitarias, ambientales psicológicas y culturales, del exacerbado consumo de bienes promovidos por los *mass media* (Sombart, 1905) (Kozlik, 1966) (Veblen, 2014) (Marcuse, 2021) (Packard, 1983) e incluso, de cómo el *american way of life* expresa no sólo fenómenos de hiper consumismo sino de cómo éste es funcional a la expansión de la industria norteamericana, tanto de bienes de consumo personal como industrial y en última instancia, como expresan un desarrollo histórico de la degradación de la calidad de estos bienes para contrarrestar la caída de la tasa de ganancia y la apertura de nuevas ramas de producción (Veraza, 2008).

mexicanos prestanombres,[16] y con los anquilosados empresarios rentistas y especuladores.

Ello refleja el modo en que la región comienza a recibir una novedosa gran industria automotriz, metalmecánica, siderúrgica, química, al mismo tiempo que nuevas formas de consumo y de reproducción social, lo cual también se acompaña de nuevos procesos de despojo de tierras, de reorganización social de las élites políticas, de manipulación política de la población, de resistencia y lucha campesina, obrera, estudiantil y ciudadana, así como de una reagrupación ejemplar de la derecha regional. Todo esto propina vuelcos profundos en la identidad cultural de la región, que desembocan en una destrucción progresiva pero inédita de los paisajes, que paulatinamente conducirá hacia una degradación ambiental y sanitaria sin precedentes.

A mediados de los años sesenta, periodo de la presidencia Gustavo Díaz Ordaz (1964-1970), nuevamente un poblano que en este caso fue prohijado por el general y exgobernador Maximino Ávila Camacho (hermano mayor del expresidente ya señalado), la norteamericanización de México y el mundo se abren paso a gran velocidad. Durante esta nueva fase finalmente se logra reemplazar la maquinaria del sector textil, gracias a lo cual esta industria inicia el empleo de fibras sintéticas. La modernización de la industria alimentaria introduce por su parte el uso de empacados, bolsas, botellas y otros recipientes de plástico.[17]

En un importante recuento del modo en que Volkswagen (VW) se asienta en México, Gerhard Schreiber, Hermann Schnelle y Eduardo Sotomayor en su obra *Una historia sin fin* (1998) narran cómo los directivos de esta firma

[16] Nos referimos al hecho de que, hasta antes de la entrada en vigor del TLCAN, la inversión extranjera en México debía cumplir con la condición de consolidar capitales nacionales, tal como se establecía, por ejemplo, en el Decreto que "prohíbe la importación de motores para automóviles y camiones, así como de conjuntos mecánicos armados para su uso o ensamblaje a partir del 1 de septiembre de 1964" Diario Oficial de la Federación, 8 de agosto de 1962.

[17] Lo cual obliga a que el desarrollo de la industria petrolera nacional desarrolle una industria de sustancias petroquímicas, que en el caso de Puebla se comienzan a emplazar en 1969 en San Martín Texmelucan, si bien será hasta 1985 que se termina de construir el Complejo Petroquímico Independencia.

consideraban durante el sexenio de Ruíz Cortines sumamente incierto el desarrollo exitoso de un mercado mexicano de automóviles compactos. De ahí que sólo 10 años después de constatar el modo en que se está transformando la cultura consumista de México (entre 1964 y 1966) esta empresa se atreve a transitar de la importación de miles de autos completamente manufacturados en Alemania a la producción íntegra de cientos de miles de autos en suelo mexicano. Gustavo Díaz Ordaz es el entusiasta promotor del emplazamiento de este estratégico y emblemático ramo industrial del siglo XX en Puebla.

Lo anterior se rearticula con el arribo y el crecimiento de nuevas e importantes industrias químicas de origen norteamericano y alemán a la región, dedicadas a la producción de pinturas automotrices, plásticos, poliuretanos, precursores de plásticos y solventes, así como medicamentos y cosméticos.

La industria automotriz alemana durante los años sesenta selecciona cuidadosamente su emplazamiento industrial, ubicándose en contigüidad con lo que durante miles de años fueron las ciénegas de Nativitas, sobre las cuales florecieron ricas culturas prehispánicas. Durante los años sesenta y setenta instituciones culturales alemanas promueven un gran estudio antropológico y etnocultural muy cuidadoso acerca de todo lo que se sabe acerca de la región (promovido y coordinado inicialmente por Paul Kirchhoff), pues se trata de un área que se habrá de explotar hidrológica y laboralmente con mucha intensidad.

VWM edifica entonces una planta industrial enfocada a la producción automotriz, en un inicio destinada únicamente a abastecer el mercado nacional. De modo que para los años setenta este centro productivo ya se había convertido en la principal fuente de empleo, en el centro de una moderna cultura de proletarización y calificación profesional, en torno del cual se desarrolla no sólo una intensa actividad sindical sino también la modernización estadounidense de la cultura regional, lo que pasa por una erosión o permanente disminución relativa (nunca absoluta) de la importancia de la previa cultura industrial y proletaria textil.

Así pues, desde la segunda posguerra se potenció, redefinió y maduró: *1*) la escala y complejidad de la nueva división técnica y social del trabajo asentada en la región Puebla-Tlaxcala; *2*) el ensanchamiento constante de la masa de trabajadores y la profundización de la cultura de superexplotación de los mismos; *3*) la transformación vertiginosa de los patrones de consumo, comandada por las arrolladoras pautas de despilfarro que marca la modernidad americana; *4*) la ampliación del espectro de los recursos naturales sobreutilizados, agotados y contaminados por los capitales productivos (aguas ya no sólo de los ríos, sino de los acuíferos, terrenos, recursos agropecuarios, biota y minerales, etc.); finalmente, *5*) el progresivo desbordamiento urbano-industrial-extractivo de las capacidades metabólicas y de reproducción del medio ambiente de la región.

Durante los inestables años setenta, mientras transcurre la crisis del dólar —en la cual se rompe la paridad del dólar con el oro, en 1971—, la crisis petrolera (1973 y 1978), la recesión internacional de la industria automotriz (1974-75) y la derrota militar de los EE. UU. en Vietnam (1975), el *hegemón* asegura enérgicamente su traspatio perpetrando brutales golpes de Estado en Bolivia (1971), Chile (1973), Uruguay (1973), Argentina (1976) y la Operación Condor —en donde a partir de 1975 se coordinan las dictaduras militares antedichas, más las de Brasil y Paraguay—.

Durante el mismo periodo, México era gobernado por Luis Echeverría Álvarez (1970-1976) y José López Portillo, (1976-1982), quienes bajo una retórica nacionalista llevaron al país hacia un endeudamiento catastrófico que desembocó en la crisis final del modelo de la sustitución de importaciones. De ahí el doble lenguaje esquizofrénico: nacionalista-regulador por un lado y, al mismo tiempo, despilfarrante y estratégicamente entreguista o complaciente para con las propuestas del imperio. Ambigüedad dentro de la cual se lleva al límite la industrialización de base petrolífera, sus perniciosas formas de contaminación y el endeudamiento financiero internacional, a partir del cual, desde 1982, los EE. UU. dispararán progresivamente un control económico, financiero, político y militar del país.

Sin tener en cuenta dicho caos no se puede comprender la forma en que se preparó y legitimó el posterior desarrollo del neoliberalismo en la región. Como veremos a continuación, este avance neoliberal, una vez más, no hizo sino reiterar, complejizar y profundizar el viejo legado textil de la superexplotación del trabajo y del sobreuso de los recursos hídricos, forestales y biodiversos de la región de esta burguesía entreguista.

MADURACIÓN DE LA COMPLEJIDAD INDUSTRIAL EN EL NEOLIBERALISMO

El uso intensivo del agua que históricamente llevan a cabo la mayor parte de las industrias de la región Puebla-Tlaxcala salta a la vista cuando se observa cartográficamente cómo ha ocurrido el emplazamiento sistemático de todo tipo de industrias –gigantescas y globales, grandes, intermedias, pequeñas, pymes o talleres domésticos maquiladores y mipymes– en los márgenes de los ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca, e incluso se ha ido extendiendo hacia algunos de los ríos y arroyos tributarios e intermitentes.

Esto pone en evidencia que la principal riqueza natural de la zona siempre ha sido el agua y, tras ella, las condiciones climáticas, morfológicas, forestales y geológicas que la generan o facilitan su almacenamiento y movilidad en el subsuelo. Tanto la industria textil, que lidera la primera fase de industrialización entre 1835 y 1975, como la industria automotriz, que organiza y cohesiona una pesada industrialización desde los años sesenta hasta la actualidad, tienen en común un gigantesco y excepcional consumo industrial de agua.

La industria textil ocasiona un elevado consumo de agua en cada uno de sus procesos: dimensionamiento, desencolado, mercerización, limpieza, decoloración, impresión y acabado. La industria automotriz también ha utilizado el agua en diversos momentos de su proceso productivo: en la fabricación de piezas de metal, la limpieza de componentes y motores, o el enfriamiento y lubricación de maquinaria y equipos.

En ambos casos se genera una contaminación intensiva y directa de las aguas, aunque difiere mucho la cantidad y calidad de los agentes tóxicos generados en las aguas, los aires y los suelos de cada una de estas dos industrias. También ha sido muy grande la variación en el consumo de agua que ha ocurrido en la industria automotriz y otros sectores afines durante los últimos 50 años. Las industrias mencionadas recurrieron durante el siglo XX al uso de procesos químicos, que en determinadas regiones introdujeron el emplazamiento y el tipo de contaminación grave que trajeron consigo.

Así pues, la dispersión geográfica que se observa en la totalidad de las manchas y conglomerados industriales que actualmente reporta el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (Inegi) se corresponde con la ubicación de las principales rutas hidrológicas, en donde de una manera o de otra se explotan industrialmente los múltiples escurrimientos procedentes de las montañas del norte de Tlaxcala, la vertiente este del Iztaccíhuatl y el volcán Tláloc, y en las tres cuartas partes de la circunferencia donde escurren las aguas del volcán La Malinche.

Por otro lado, gracias a la útil reconstrucción histórica que realiza Josué Mario Villavicencio Rojas (2014), sabemos cómo desde los años veinte y treinta del siglo XX, junto a la industria textil se asentó en esta misma región una industria de la alimentación dirigida al mercado local, que hasta 1965 se mantuvo como la segunda rama más importante de esta zona. Durante los años cuarenta comenzaron a prosperar los empresarios dedicados a la elaboración de bebidas y la industria del calzado; también las compañías constructoras, urbanizadoras, inmobiliarias y fraccionadoras y, tras ellas, las empresas de la extracción y manufactura de minerales no metálicos (cemento, cal, yeso, ladrillos y tabiques, vidrio, tejas, asbesto, etc.). Estas industrias, en función del crecimiento urbano exponencial de la región que ocurrirá durante las siguientes ocho décadas, nunca perderán su gran importancia.

A mediados de los años cincuenta, a tono con la modernización estadounidense de la posguerra, comienza a despuntar la versión moderna de la industria petroquímica. Sin embargo, es en los años sesenta cuando el Estado mexicano, a partir del emplazamiento de la gran industria transnacional automotriz Volkswagen de México, comienza a sofisticar y articular el emplazamiento regional de la industria de la reconstrucción y reparación de equipo y material de transporte, y con ello otros rubros complementarios de esta gran industria.

Esto ocurre, ya no sólo en el ramo de la fabricación química de pinturas, plásticos, hules, fibras químicas artificiales y sintéticas, colorantes, pigmentos, pegamentos, medicamentos, cosméticos, etc., sino también en las industrias metálicas básicas (fundición, aleación, maquinado de metales, maquinaria, etc.); en la fabricación de productos metálicos (tornillos y tuercas de acero, productos metálicos para alumbrado, beneficio del alambre, muebles metálicos y tubulares, construcciones metálicas, etc.); en la fabricación, ensamble y reparación de maquinaria (maquinaria e implementos agrícolas, refacciones textiles de madera y plástico, refacciones industriales, rodillos y baleros, etc.), excepto la eléctrica; y en la maquinaria, aparatos, accesorios y artículos eléctricos y electrónicos (focos para autos y autopartes electrónicos, etcétera).

Si tenemos en cuenta la útil base de datos ofrecida por Villavicencio (2014), observamos que durante la etapa 1940-1975 dominaron las actividades de la rama productora de medios de subsistencia, con empresas textileras como Comercial y Textil de México, Hilos Superfinos de Puebla, Textiles Miguel, Sintéticos y Algodones, S.A., Textiles el Centenario, S.A. etc. También empresas del ramo de las prendas de vestir y el calzado como Enríquez López y Cía., S.M. en N.C., Joaquín Enmelhainz y Cía., S.M. y Saénz y Cía., S.M. en N.C. Junto a ellas florecieron empresas alimentarias como Harinas El Paraíso, S.A., Galletera de Puebla, S.A., Industrial Aceitera El Paraíso, S.A., etcétera.

Siguiendo la pauta de que a partir de la posguerra marcan las empresas norteamericanas Coca-Cola y Pepsi-Cola, se desarrollan las empresas

poblanas Embotelladora de Oriente, S.A., Embotelladora de Jugos El Naranjo, S.A., Embotelladora Orange Crush Ocejo, S.A., Refrescos Okey, S.A. y Embotelladora Hidalgo, S.A.

Es a partir de los años sesenta cuando prosperan las primeras grandes empresas del sector automotriz y de maquinaria agrícola, como la alemana Volkwagen de México, S.A. (VWM) y la mexicana Rivera S.A. También llega a la región la transnacional norteamericana Federal Mogul de México, S.A. de C.V. (productora de baleros, accesorios de retenes para aceite y grasa, etc.), así como Industrias de Baleros Intercontinental, S.A. de C.V. (IBISA) y la Compañía Intercontinental de Desarrollo, S.A. (fabricación, ensamble y reparación de maquinaria). Además, inicia el desarrollo de empresas como Chargoy y Cabrera Sociedad Mercantil, Polacril, S.A., Acrimex, S.A. y Agroquímica Olmeca, S.A. en el campo de una nueva industria química nacional.

Para la siderurgia arriban a la región poderosas empresas procedentes del norte del país como la Compañía Metalúrgica México, S.A., la Fundidora Monterrey, HYLSA de México S.A., y Fierro Esponja, S.A. O las compañías Alumex, S.A. (creada por la empresa Compañía Impulsora de Empresas Eléctricas, S.A.) y Norton de México, S.A. de C.V. —ejemplo paradigmático de cómo las firmas estadounidenses del momento, representadas por "empresarios" prestanombres, aparecían como empresas mexicanas—.

En el ramo de la construcción las cinco sociedades que destacaron como las más importantes fueron: la poderosa sociedad Inversiones Reforma, S.A. —que tenía inversiones en la banca y muy especialmente en Bancomer, en el periódico *El Heraldo*, en la controladora de cines La Cadena de Oro, S.A. y en la Compañía Operadora de Teatros— la Constructora y Operadora de Inmuebles, S.A.; Amatitlán, S.A; Jardines de San Manuel, S.A. e Inmobiliaria Angelopolitana, S.A. En torno a estos negocios también prosperaron las empresas dedicadas a la extracción y procesamiento de materiales de construcción como las empresas Mosaicos de Puebla, S. de R.L.; la compañía Mexicana de

Cementos Hércules, S.A.; La Unidad Industrial El Riego, S.A. y Tabiques de México, S.A.

El destino industrial de la región se redefine radicalmente entre 1970 y 1975, cuando la industria VWM, seguida de otras corporaciones nacionales y extranjeras que le eran afines (Luk México, Napsa, Duroplast, Elastromenos Falcon, Nacobre, Proveedora de Aleaciones, Industrias Arra, Vidrio Plano, Federal Mogul, Sandvick, Dürr, Hoesch Sasa Bosch, Basf, Siemens, etc.) desplazan en Puebla el dominio regional de las antes poderosas industrias textiles y alimentarias. Gracias a lo anterior la influencia de las empresas automotrices ya se deja sentir en estos años incluso en el estado Tlaxcala, donde se desarrolla la forja de acero de la empresa mixta (y estadounidense) Spicer.

Estos cambios del periodo eran el tenue anticipo de una nueva división internacional del trabajo, que apenas comenzaba a abrirse paso dentro de la región. Humberto Juárez Núñez y colaboradores (2005) han explicado detalladamente cómo, durante los primeros años neoliberales de los años ochenta correspondientes al sexenio de Miguel de la Madrid, la empresa VWM, para contrarrestar la crisis que desde 1983 abatió la venta de autos en México, inicia un proceso de reconversión tecnológica dirigido a producir motores y partes para exportación. Esto le lleva a la construcción de una nueva nave industrial dentro de la planta destinada a la producción de motores enfriados por agua, así como a la transformación continua del régimen laboral y, a partir de acá, del tipo general de todos sus medios de producción y la estructura interna de su división técnica del trabajo.

Darío González Gutiérrez (2008), en correspondencia con lo anterior, ha dado un seguimiento muy ilustrativo al modo en que desde 1980 la empresa Carso ya abastecía desde Tlaxcala a VW con la producción de arneses, mientras Auto Seat producía para la misma automotriz estructuras metálicas y acojinados para asientos. En 1982 VW se apoyó en la producción de baterías para automóvil con la empresa Ca-Le y se surtía de autopartes con la empresa Inerauto; para 1985 la producción de lamina-

dos de acero la adquiría la empresa Cosica, mientras la elaboración de fundas de plástico para arneses la adquiría Empaques y Suministros Industriales.

Manteniendo en el centro de la atención los procesos de exportación, a mediados de los años noventa comienza el uso intensivo de robots, de sistemas de control numérico y de los nuevos métodos toyotistas de control del proceso de trabajo, que implican la flexibilización del trabajo, la masificación de contratos de trabajo individuales temporales, la ocupación del territorio con criterios de optimización logística, la multiplicación de empresas intermediarias que articulan al resto, el establecimiento de productos estandarizados, así como la revolución intermodal, la maduración de las redes globales electroinformáticas multimodales y las dinámicas *just-in-time* (JIT), mediante las cuales se evita acumular *stock* y se produce sólo lo que se demanda en cada lote.

En este contexto, González (2008) y Juárez (et al, 2005) nos explican cómo VW termina transformando radicalmente la naturaleza de sus cadenas de suministro. Bajo las nuevas condiciones, a VW le estorban los abastecedores nacionales pues son propietarios intelectuales de procesos industriales productores de diversos productos, y adicionalmente venden sus productos a múltiples clientes nacionales.

Gracias a las nuevas reglas del juego que impone el NAFTA (o TLCAN), la automotriz teutona fomenta la transformación hacia un nuevo tipo de proveedores —sin propiedad intelectual alguna de lo que hacen—, aportadores de una oferta restringida, mucho más sofisticada y dependiente tecnológicamente de la industria líder alemana, una oferta casi exclusivamente comprometida con VW.

Finalmente, queda organizada a manera de módulos que importan todas sus materias primas y partes semielaboradas, y le suministran a la empresa líder productos sofisticados o incluso sistemas de valores de uso articulados (como el acero laminado, los productos químicos, los plásticos, las partes metálicas, las partes eléctricas y electrónicas, los arneses, las puertas, los tableros, los sistemas eléctricos y electrónicos, etc.). Todo esto se expresa territorialmente en la creación del paradigmático parque

industrial de FINSA, donde comienzan a emplazarse los nuevos y más importantes tipos de suministradores *just-in-time* (JIT), para, a partir de ahí, comenzar a ocupar cada vez más posiciones industriales dentro del tablero regional.

Como una expresión de lo anterior, desde 1992 muchas de las tareas de VW se sofisticaron y se transfirieron a diferentes regiones de Tlaxcala. Es el caso de la producción de poliuretanos por Dow Chemical, en el Parque Industrial Xicoténcatl II (a 70 km de distancia de VWM), empresa tras la cual también se transfirió en 1993 al norte de Tlaxcala la producción de autopartes de láminas de acero y el troquelado de carrocerías a la empresa Industria Automotriz, así como la producción de autopartes termoplásticas y revestimientos que pasan a manos de Eugen Wexler.

En 1995 la elaboración de accesorios pequeños de acero para autopartes se confirió a Pymtec; en 1996 la producción de autopartes con inyección de plástico y poliuretano, pintura, floqueado y confección de piel se asignó a Dagro; en 1997 la elaboración de autopartes de plástico quedó en manos de Sorg Plastik y Haas Automotive; en el año 2000 la producción de piezas metálicas para la industria se asigna a Somatics y la producción de autopartes de poliuretano forradas con piel o vinil se dejaron en manos de Grammer Automotive.

Como Dow se vuelve el *hub* de múltiples suministradoras de VW, resulta emblemático respecto del peligro de estas cadenas de suministro recordar el modo en que en 2005 esta empresa sufrió un descomunal incendio de sus bodegas de almacenamiento de poliuretano.[18]

[18] El riesgo fue tan alto que se evacuaron más de 7500 trabajadores de 32 empresas del parque industrial y tomó más de ocho horas extinguir el incendio, en cuya labor tuvieron que participar los equipos de bomberos y de protección civil tanto de Puebla como de Tlaxcala. De acuerdo con el reporte del secretario de salud del estado "la sustancia que se quemó fue isocianato" (*La Jornada*, 2005). El riesgo de esta conglomeración industrial se evidencia en este tipo de situaciones: "Por separado, Jhohan Huerta, responsable de la brigada de seguridad de la empresa Vetrotex, explicó que en la zona no sólo había poliuretano y otros productos químicos, sino también tanques de grasas y aceites que hubieran dificultado las maniobras. "Cerca había 12 esferas y cuatro salchichas de gas, cada una con capacidad para 19000 litros, que ya se estaban calentando. Afortunadamente llegamos a tiempo y

Desde los años noventa del siglo XX, el neoliberalismo, gracias a la permanente revolución electroinformática de los procesos de automatización industrial y del desarrollo de las redes de comunicaciones y transportes, maduró su interconexión global del proceso productivo y distributivo, conformando cadenas de suministro y redes locales e internacionales de todo tipo de industrias. Para la región Puebla-Tlaxcala la misma transformación creó una compleja pirámide de cadenas de suministro, ordenada en sucesivas filas o escalones, que son articuladas digitalmente (OEM/ODM) y ordenadas ("polarizadas") al modo de un clúster que gira entorno de la gran empresa ensambladora VW.

Los cambios promovidos por la revolución técnica y global del gigante automotriz VW complejizó entonces la división técnica y social del trabajo de Puebla-Tlaxcala, al disparar la presencia de numerosas y sofisticadas empresas. Dentro de éstas destacan cientos de firmas industriales alemanas que participan directa o indirectamente en las mencionadas cadenas de suministro de bienes o servicios.[19]

logramos enfriarlas, pues de lo contrario, con una que hubiera estallado, el impacto habría causado daños en por lo menos siete kilómetros a la redonda" (*La Jornada*, 2005).

[19] Aksys, Alcoa Fujikura, Autopartes euwe, Autopartes Lunkomex, Bakelit, BASF, Bayer, Benteler de México, Bohler Thyssen Soldaduras, Bralemex, Brose Puebla, Brummer Seal de México, Bos Automotive Products, Dagra, Drago de Puebla, Draexmaier, DBW (con marcas como Bicomat, Biosil, Powerfil), Eisentech México, Euwe Eugen Wexler de México, Eissmann Automotive, FER Fahrzeugelektrik Gmbh o FER Mexicana, FFT México, Fischer Mexicana, Flender de México, FTE de Mexico, Globlal Flock de México, Grammer Automotive de Puebla, Grimm de México, Grupo HKR Haas GMBH+Co, Grupo Sorg, Haas Automotive, Hella Front End, Ideal Automotive, Inmobiliaria Braleme, Inmobiliaria Dosger, Jugla de México, Karmann Ghia de México, Kathrein Automotive, Kautex Textron de Mexico, Kayser AutomotIve Systems, Kayser México, Kiekert de México, Kirchhoff Mexicana, Kunststoff Kg, Kunststoff Technik Trier de México, Lagermex, Luk Puebla, Machinen Fabrik, Mahle Sistemas de Filtración, Mercedes Benz, Meritor Mexicana, Peguform México, Pelikan, Pelzer de México, Plásticos, Maquilas y Autopartes, Polytech Netting Industries, REIS GMBH and Co., Saint Govain Sekurit Mexico (alianza 50% Francia 50% Alemania), Schaffler, Schelmmer, SE Bordnetze, Schlemmer International, Siegling de Mexico, Sorg Plastik, Stanley Bostitch, Sud Chemie, Termo Plásticos Técnicos de México, ThyssenKrupp, Thyssenkrupp Metalúrgica de México, Thyssenkrupp Prest de México,Tico Mex, T. Systems, TTB Thermoplast Tchnik Beteiligungs-AG, Termo Plastic Térmicos de México, Veritas Automotive de México, Wiamec, entre muchas otras empresas. Los municipios con mayor presencia de empresas con capital alemán son Puebla, Cuautlancingo, Amozoc, San Andrés Cholula. Huejotzingo, San Pedro Cholula y Tehuacán.

Destacan dentro del nuevo perfil de la división del trabajo en la industria automotriz están los nuevos ramos de la fabricación de autopartes, los sistemas de transmisión para vehículos, la fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos, los arneses, las carrocerías y remolques, la fabricación de mangueras para automóviles, la productos de fibra y metal de alta calidad para la industria automotriz, la fabricación de maquinaria, la producción de herramientas, la maquinaria para construcción y minería, la industria química y petroquímica dedicada a la producción de polímeros y plásticos (muy especialmente poliuretano), los servicios profesionales científicos, la edificación de naves y plantas industriales, el diseño de sistemas de cómputo, los servicios de comunicación, etc.

En este panorama, VWM articula directa o indirectamente en la región no sólo a empresas alemanas, dado que también participan dentro de dicho entramado numerosas empresas estadounidenses y algunas mexicanas, francesas, españolas, italianas y algunas otras.

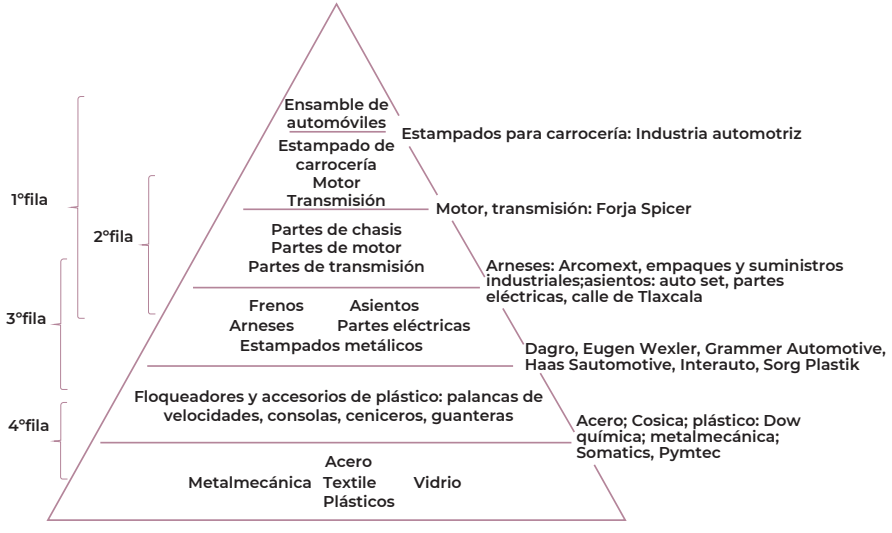
En este contexto, numerosas empresas alemanas pequeñas, medianas y grandes participan privilegiadamente dentro del juego de las cadenas de suministro, tomando una clara delantera sobre las empresas estadounidenses, y no se diga sobre las mexicanas. En el caso de las empresas alemanas, Aksys le suministra a VW accesorios para el sistema eléctrico; Benteler de México, por su parte, suministra partes de chasis y defensas; F.E.R Mexicana suministra partes plásticas; Grammer Automotive aporta cabeceras y descansabrazos; Kiekert de México elabora cerraduras de puertas; Termo Plastic Técnicos de México produce inyección y ensamble de piezas plásticas para VW, mientras las legendarias empresas teutonas Thyssenkrupp realizan ensamble de autopartes.

No obstante, empresas norteamericanas, entre otras, también llegan a participar de forma significativa dentro de las nuevas cadenas de suministro, caso de la mencionada empresa estadounidenses Dow, o bien Findlay Industries que elabora Paneles de puertas, sombrereras y toldos, la empresa Johnson Controls que suministra asientos, Lear Corporation que fabrica asientos, mientras que Meritor Mexicana produce partes para puertas.

En 2008 el investigador Darío González Gutiérrez, aprovechando como base explicativa la pirámide de cadenas de suministro elaborada desde 1998 por el estratégico asesor empresarial de inversiones Felipe Ochoa, investiga la ubicación de alrededor de 30 empresas suministradoras que operan en Tlaxcala dentro de la mencionada pirámide. Desentraña gráficamente cómo cada fila es complejamente suministrada a su vez por otras filas más básicas, y reconstruye en un segundo diagrama la compleja expresión geográfica que tienen estas secuencias emblemáticas de suministro en la planta de VWM; esto permite esclarecer la compleja relación que cada firma transnacional desarrolla en variados niveles de suministro.

Aunque el estudio coordinado por el doctor Juárez Núñez y colaboradores (2005) es significativamente pionero, más general y complejo, nos parece útil mostrar en este punto los diagramas del mencionado doctor González Gutiérrez por la manera en que permiten visualizar la forma en que VWM termina organizando el uso general del territorio de Puebla-Tlaxcala.

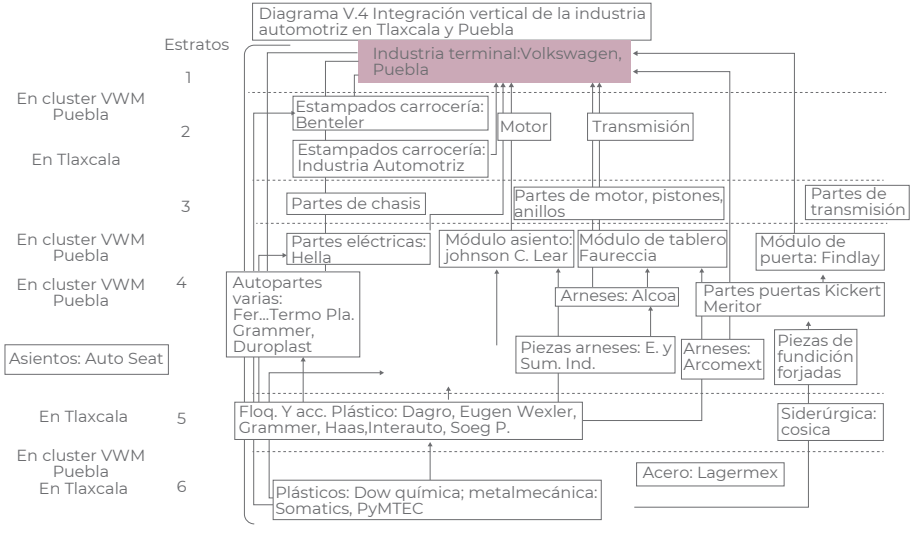
Figura 1. Estructura piramidal de la cadena de suministro automotriz en Tlaxcala



Fuente: González (2008).

Las figuras 1 y 2 en su conjunto permiten explicar no sólo la integración lógica-operativa del sector automotriz, sino su integración territorial en la región Puebla-Tlaxcala.

Figura 2. Integración de la industria automotriz en Tlaxcala



Fuente: González (2008).

Como se ve, las empresas han ocupado las dos entidades para consolidar una compleja red de articulada de producción para la exportación.

El desarrollo de la división del trabajo en la región Puebla-Tlaxcala ha recorrido dos etapas. Una primera en la cual, a lo largo de los últimos 100 años, hubo una división técnica del trabajo con 11 ramos importantes, originalmente encabezados por la industria textil, pero que a partir de 1975 comenzó a ser liderada por la nueva y pujante industria automotriz. En ambos momentos de esta primera etapa el Estado mexicano (sea en su versión porfirista o en su versión revolucionaria, de un Estado promotor de la sustitución de importaciones) acompañó, cuidó y promovió

la inversión (nacional y extranjera), procurando estimular la diferenciación y el desarrollo de dicha división del trabajo.

Durante la segunda etapa, el Estado neoliberal renuncia a sus funciones promotoras y deja de articular la división técnica del trabajo; deja que el liderazgo técnico y comercial de las decenas de los nuevos ramos industriales de inversionistas que acuden a la región lo tome la empresa global VW (y otras firmas que en otros ramos desempeñaron un liderazgo análogo, por ejemplo Dow y Bayer), pues mediante el diseño y el control digital piramidal VW articula, organiza y saca provecho de la mayor parte del trabajo industrial de la región. Ello, sin importar mucho que durante los años noventa la industria textil mexicana y regional, tal y como había ocurrido en décadas previas, haya podido gozar pasajeramente de un cierto auge exportador.

De modo que el liderazgo regional no cae mecánicamente en las manos de la gerencia regional de la planta de VWM, pues ésta, como señala el doctor Huberto Juárez, debe compartir con las múltiples empresas suministradoras una suerte de "cooperación" intrafirma. Las dinámicas de sujeción que mencionamos acá están referidas a un capital de escala mundial que incluso supedita a la propia empresa VW, determinando las tendencias más profundas y anónimas de las que depende el diseño de los mecanismos globales de carácter estratégico en los planos tecnológico y financiero, pues es desde ahí que se establecen las pirámides de subsunción que se observan dentro de la región.

En todo caso, es gracias al vacío voluntario de rectoría de parte del Estado federal y los gobiernos estatales y municipales (condicionado por los grandes organismos internacionales del capital) presente en la región Puebla-Tlaxcala que se puede comprender el modo en que VWM logra una ampliación progresiva en el radio de su dominio sobre el territorio. Esta firma no sólo compra gigantescos terrenos, sino que además organiza parques industriales, construye naves industriales, posee todo tipo de equipos, traslada continuamente maquinarias, construye redes tecnológicas y se beneficia del uso de fondos públicos del Estado para la

construcción de rutas de abastecimiento y transporte de trabajadores, pues realiza un uso exclusivo de estas infraestructuras (puentes, áreas pavimentadas, segundo piso de la carretera México-Veracruz, etcétera) para su sistemas industriales JIT.

Gracias a ello, VW, entre otras cosas, transfiere de forma permanente a sus complejas cadenas de suministradores una parte del sobreuso que previamente hacía de los recursos hídricos, así como otra parte de sus procesos contaminantes efectuados mediante el vertido, la emisión o el depósito de agentes tóxicos. Esto implica que también se ha transferido económicamente una parte de sus pasivos ambientales hacia los entornos suministradores. Transferencias tanto más perversas por la manera en que VW, a pesar de exigir en las primeras filas de suministro el cumplimiento de altas normas de calidad alemanas, en realidad se desentiende de la totalidad de la pirámide que originan sus descomunales ganancias basadas en las cadenas de suministro y del modo en que dentro de las mismas pirámides VW se ha ocupado que quienes laboran bajo sus dominios no tengan la posibilidad de desarrollar autónomamente soluciones tecnológicas propias.

De ahí que los procesos de dispersión de externalidades no deban malentenderse como un proceso de fragmentación desarticulante, pues más bien el movimiento tiene un sentido concentrador, centralizador y expansivo, en el que se pone en escena la ampliación del proceso de subsunción real de los procesos de trabajo y de los territorios bajo el capital. Por ello resulta esencial no dejar de observar cómo, por debajo de dichos procesos de fragmentación, VWM, a pesar de los múltiples acuerdos de cooperación intrafirma, impone acciones que garanticen la subordinación del flujo de los excedentes, del contenido técnico de los suministradores y el ahorro continuo de todo tipo de factores que ayuden al contrarresto a la caída tendencial de su tasa de ganancia. Así que la compleja red de cooperación con todo tipo de firmas suministradoras transnacionales, por más autonomía y poder que éstas puedan tener, no deja de ser un desbordamiento territorial de VWM.

De modo que, hoy en día, cuando pareciera que el sofisticado desarrollo tecnológico ha permitido que algunos de los nuevos procedimientos automatizados se hayan vuelto menos consumidores de agua y menos contaminantes, lo que en realidad ocurre es que los procesos de consumo hídrico y de generación de diversos modos de contaminación industrial (acuática, atmosférica y en suelos) se han multiplicado exponencialmente, mientras se ocultan al dispersarse profusamente en las complejas pirámides de filas o *tiers,* de los variados procesos productivos emplazados en los diversos parques industriales, en los corredores industriales, en las zonas urbano-industriales y en los barrios maquiladores de la región Puebla-Tlaxcala. Estos procesos contaminantes muy probablemente tienen una figura muy similar a la de las sofisticadas y enigmáticas telarañas regionales de la producción industrial globalizada.

Dada la complejidad, la extensión y la secrecía industrial, Huberto Juárez y colaboradores (2005) y Darío González (2008) en sus magníficos estudios desgraciadamente no llegaron a elaborar un mapa que nos comience a explicar la intrincada red de cadenas de suministro de las que echa mano la gigantesca empresa VW. De ahí que con las útiles bases de datos que lograron elaborar no alcance para poder cartografiar la verdadera carga predatoria ambiental que las más contaminantes empresas de la región inducen en el territorio.

Sin embargo, el Registro Nacional de Inversiones Extranjeras (RNIE) aporta datos valiosos para ilustrar el posicionamiento de estas empresas en los territorios de Puebla y Tlaxcala. Muestra, por ejemplo, el modo en que el capital alemán se emplaza en Puebla desde 1958, con mayor auge entre 2008 y 2018. El municipio en el que se concentran las inversiones extranjeras alemanas es Puebla, con 82 unidades en el periodo; 38 en Cuautlancingo y 25 en San Andrés Cholula. Sin embargo, se ubica también en municipios de Tlaxcala, caracterizados por la existencia de parques industriales como Apizaco, Huamantla y Papalotla de Xicohténcatl y recientemente, en San José Chiapa, bordeando el volcán Malintzin.

Figura 3. Ubicación y sectores de la inversión extranjera alemana en Puebla-Tlaxcala, 1956-2020



Nota: los códigos se obtuvieron del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.
Fuente: elaboración propia a partir de RNIE 1954-2018. Inegi (2020). Marco Geoestadístico Nacional. Escala: 1: 1 100 000. Sistema de coordenadas: WGS84.

Como se ve, estas empresas escogieron asentarse en los márgenes del río Atoyac. La escala de la acumulación del capital que revisten los procesos industriales de producción en la subcuenca del Alto Atoyac en los estados de Puebla y Tlaxcala, y el grado de sometimiento del vital proceso de reproducción técnica y social que acompaña a dichos procesos, fue lo que llevó a que estos capitales impusieran las reglas generales del juego territorial e histórico que siguió la totalidad del proceso de reproducción política y cultural en esta región de emergencia sanitaria y ambiental.

Como el continuo crecimiento en la escala del proceso manufacturero que emprende VWM en la región Puebla-Tlaxcala no lo rivaliza

ningún otro proceso productivo, comercial o financiero, entendemos que la estructura general que reviste la devastación del medio ambiente en toda la región está profundamente articulada, no sólo con las actividades singulares de contaminación que provoca de forma directa la planta VWM, ni con toda la red de cadenas de suministro que durante los últimos 30 años se desbordó por fuera de la principal planta ensambladora de esta forma.

Por su descomunal peso, voluntaria o involuntariamente, VWM –a partir del neoliberalismo–, comenzó a definir la suerte de la mayor parte de las actividades industriales de la región y por ahí de las actividades comerciales, financieras y políticas de la región. Este cambio general en las reglas del juego obliga a investigar cuáles son las nuevas consecuencias ambientales y sanitarias que estos cambios implicaron en la región.

Para darnos una idea de la magnitud que ha alcanzado este problema, primero revisaremos el panorama general que tiene actualmente la descomposición socioambiental de la región. En segundo lugar, revisaremos algunos datos disponibles sobre el impacto ambiental de las actividades industriales directas de VWM. Posteriormente, presentaremos el modo en que las transformaciones industriales referidas en la primera parte del ensayo han complejizado extraordinariamente los problemas ambientales. Cierra el círculo de nuestro análisis la revisión de algunos efectos ambientales de las modernas actividades agroindustriales.

LA ESTRUCTURA GENERAL DE UNA DEVASTACIÓN EJEMPLAR

En 2024 el panorama de devastación ambiental, contaminación y daño humano a la salud que ha resultado del prolongado proceso de industrialización y modernización generalizada dentro de la subcuenca Alta del río Atoyac (ScAA) es, para decirlo de una forma directa y sencilla, desolador.

Dentro de un paisaje natural completamente desfigurado encontramos ríos altamente contaminados con todo tipo de vertidos industriales,

efectuados directamente sobre el cuerpo de éstos o desde las redes de los drenajes municipales; aires saturados de emisiones industriales regulares o nocturnas que se suman al aumento continuo de las emisiones atmosféricas de un parque vehicular creciente dentro de la cuarta mancha urbana más grande del país. También resulta patente la deforestación permanente de las últimas reservas boscosas de la región,[20] la desecación de los manantiales, los ríos y las redes de canales prehispánicos hechos para aprovechar los humedales de la zona.[21]

Esta desecación de las últimas décadas terminó en el continuo abatimiento de los espejos de agua en las zonas industriales y urbanas, a lo cual se suman numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales inapropiadas a las cargas tóxicas presentes en los ríos (en 2021 identificamos 128 PTAR industriales en la RESA y 47 municipales [Conagua, 2021]). La mayoría de dichas plantas fueron construidas para hacer tratamiento primario, pero generan lodos tóxicos que suelen ser abandonados clandestina y regularmente al aire libre, así como otras plantas que ya están construidas, pero sin funcionar.

[20] En La Malinche, durante los últimos 25 años se han deforestado más de 10 000 hectáreas, superando lo que se taló en 200 años previos. El parque nacional comienza a los 2 500 m de altura s.n.m. Desde 1998-99 inició la moderna destrucción del bosque. Fue así como se llenó de claros la región, que originalmente captaba el agua destinada a los corredores industriales. Hace cinco años se bajaban alrededor de 300 m^3 de madera diaria cada día. Se trata de una de las agresiones ambientales complejas, pues no son las y los campesinos poseedores de los bosques quienes aprovechan económicamente el recurso. De ello se ocupan más bien taladores súper armados, quienes en realidad son empleados forestales de terceros que suben a talar acompañados de su familia y niños para, de esa manera, no ser agredidos. Es por ello que la Secretaría de Medio Ambiente del estado de Tlaxcala debe ser considerada un actor criminal fundamental de este proceso de deforestación.

[21] Todavía en la actualidad los humedales de Nativitas tienen una canalización prehispánica, que justamente rompe por la mitad con la construcción de la carretera cuota Tlaxcala-Puebla. El centro ceremonial, de habitación de la élite y de fortificación de Cacaxtla, fue el centro de manejo de los humedales de Nativitas y los murales de Cacaxtla son testimonio del uso de símbolos astronómicos, tradiciones religiosas, la explotación lacustre de los humedales y la fertilidad consustancial de la tierra y la vida humana. Todo ello está asociado a temas de dominio político militar, actividades comerciales y a hegemonía regional de Puebla-Tlaxcala que estuvo vigente entre el 400 a.C y el año 1000 d.C. Los capitales alemanes lo saben y por ello aposentaron su italianizado centro de esparcimiento y de consumo de lujo de Val Quirico, en el corazón de los humedales mismos (Lauer, 1975).

Se suman a este panorama las basuras municipales o industriales que invaden las cunetas, los terrenos baldíos, las barrancas y socavones; basureros municipales improvisados que carecen de técnicas apropiadas de confinamiento; grandes depósitos de residuos municipales que tienen la técnica, pero no se dan abasto, o entierros furtivos de residuos industriales (que difícilmente se recuerdan). Este caos alienta las prácticas de quema improvisada o accidental y la quema concentrada de residuos urbanos de manejo especial y peligrosos dentro de las ladrilleras o en algunos baños públicos, la existencia de incineradoras de residuos hospitalarios y de radiografías,[22] o la cuestionada incineración legal y abierta de las industrias cementeras de la región.[23]

El caos se complejiza por las reiteradas explosiones en los ductos federales de hidrocarburos asociadas a las prácticas criminales del huachicol, como ha sido registrado por el colectivo Geocomunes,[24] así como por el crecimiento de pueblos y barrios empujados a las actividades maquiladoras de la industria textil y del calzado, o por la expansión de corredores urbano-industriales que se expanden y parques industriales que se

[22] La incineradora de residuos biológicos infecciosos Ecotérmica de Oriente, que operó en Santa Ana Xalmimilulco hasta 2009, recolectó los residuos peligrosos del sistema de salud público poblano y de los hospitales particulares más importantes (Hernández Alcántara, 2007). La empresa enfrentó la fuerte inconformidad de la población circunvecina que solicitó su clausura debido a que presentó sostenidamente náuseas e incluso sangrado y llegó a la clausura consensuada de las escuelas de educación básica para evitar la exposición de los niños a los humos generados por la empresa (Mota, 2007). El gobierno local respondió ejerciendo la violencia contra la población que se manifestó frente a la empresa el 9 de mayo de 2009. La policía estatal repelió con piedras y gases a hombres, mujeres y niños. Profepa, por su lado, dilató la clausura de la empresa a pesar de que ésta no contaba con la licencia de funcionamiento de su segundo incinerador.

[23] Como el incinerador de residuos sólidos en Atlixco, Puebla y del incinerador del que se presumía que quemaba desechos hospitalarios en San Francisco Totimehuacan (*La Jornada de Oriente*, 15 de junio de 2020). Entre los proyectos de incineradores cementeros destaca el programa de "economía circular" implementado por Cemex y la empresa PASA de Puebla, para que Cemex incinere en 2024 el 20% de los residuos sólidos de la ciudad y previsiblemente, para 2025, el 50%, utilizándolos como combustible alterno en la producción de cemento. Destaca también la cementera de Tepeaca, a la que le fueron clausurados dos hornos, que presuntamente operaban sin licencia en los municipios de Cuautinchan y Tecalli de Herrera (*La Jornada de Oriente*, 17 de febrero de 2020).

[24] Cartocrítica ha documentado la existencia de 828 tomas clandestinas en los ductos de Pemex en el estado de Puebla entre 2014 y 2015 (CartoCrítica, 2019).

multiplican con infraestructuras de comunicaciones y transportes globalizadas muy eficientes, pero nulas infraestructuras apropiadas para sus metabolismos urbano-industriales tóxicos.

A lo anterior se suman las prácticas agrícolas de la labranza mínima y el uso intensivo de innúmeros plaguicidas altamente peligrosos en las inmediaciones rurales de las regiones descritas,[25] el crecimiento de los centros de operación concentrada de alimentación animal (CAFO, por sus siglas en inglés, o megagranjas de cerdos), y la expansión sin restricciones de una mancha urbana que, al mismo tiempo, ostenta su poder regional edificando rascacielos cada vez más altos.

Dicho caos ambiental no hace sino reflejar la manera en que, desde la posguerra y, sobre todo, a partir del neoliberalismo, se impuso en Puebla y Tlaxcala un desorden territorial que explica los principales rasgos de la cuarta mancha urbana e industrial más grande del país, así como de sus entornos regionales inmediatos o mediatos.

A este desorden corresponden las sucesivas olas de especulación inmobiliaria[26] y la construcción efectiva de megadesarrollos urbanos y de infraestructuras —en manos de los poderosos grupos poblanos de la construcción—;[27] también los progresivos procesos de privatización de

[25] Sandoval Vázquez, Daniel. *Panorámica geoeconómica de la producción y consumo de plaguicidas en México*. Tesis para obtener el grado de licenciado en Economía [en revisión].

[26] Ejemplo de ello es la especulación en Tepeaca con el corredor Veracruz Acapulco, y la especulación inmobiliaria en torno de Valsequillo y San Andrés Azumiatla e incluso en algunos puntos de Puebla en los márgenes del río Atoyac.

[27] Especulación inmobiliaria que se expresa en la expropiación de los ejidos en San Andrés y San Pedro Cholula y Cuautlancingo, en 1991 durante el gobierno de Piña Olaya y la posterior construcción de la Angelópolis, amparados en el Programa de Desarrollo Regional Angelópolis en el sexenio de Bartlet, la construcción de áreas residenciales para la población con alto poder adquisitivo, los fraccionamientos Residencial Zerezotla, Villas Magnolia, Plazuelas de Zerezotla, Puertas del Sol y Residencial Quinta Santa Cecilia, entre otros (Hernández, 2023). Además, cabe mencionar la concesión de la construcción de vías de comunicación como el segundo piso de la autopista México-Puebla a las empresas de Hank Rohn, la construcción del exclusivo fraccionamiento Country Club I en el sexenio de Mario Marín y la culminación con obras faraónicas como el Museo Internacional del Barroco, el tren turístico Puebla-Cholula, el teleférico (que es el más corto de todo el país), las ciclovías, la remodelación del Estadio Cuauhtémoc, la rehabilitación del Auditorio Metropolitano, la Estrella de Puebla, el viaducto Carlos Camacho Espíritu, las remodelaciones del Parque Ecológico y Casa Puebla, la fuente de 31 millones de pesos en el Centro

los principales servicios públicos[28] y, sobre todo, la guerra social implacable en contra de las y los trabajadores y los campesinos, campesinas y la población marginada,[29] los despojos y fabricación de delitos en contra de las comunidades y la normalización de diversos tipos de actividades criminales como un método general para concentrar aún más ganancias extraordinarias y normalizar un régimen de terror contra una población cada vez más indefensa.[30]

Quienes estudien el tema de la historia de la contaminación ambiental en México erraran cada vez que pretendan ignorar este violento contexto general de desigualdad e injusticias, de abusos y desvío de poder, así como de la falta estructural de acceso a la justicia que impregna a todo el drama socioambiental de México.

Tal es el paisaje habitual al que, probablemente, se han acostumbrado millones de habitantes que tienen la desgracia de habitar y vivir enfermizamente dentro de las zonas más castigadas de esta opaca región, pero al cual no se terminan de resignar cientos de miles de personas no sólo explotadas y marginadas, sino comunitariamente organizadas.

No se resignan a morir o mal sobrevivir y continuamente protestan contra lo que ocurre en las inmediaciones de los lugares más empobrecidos e intoxicados de la región;[31] también argumentan desde sus saberes

Integral de Servicio (CIS) en el sexenio de Moreno Valle.

[28] Aguas de Puebla el 31 de diciembre de 2012, a favor de Hank Rohn y con el amparo de la modificada Ley de Aguas de Puebla, el sistema de recolección de residuos urbanos desde 1990, hoy ha quedado en manos de dos empresas, RESA y PALA, así como la privatización y el manejo de los ferrocarriles industriales en manos de Slim, Larrea, etc., y el taller sistema de Apizaco.

[29] Cuenta de ello da la guerra a muerte contra los vendedores ambulantes y la Unión Popular de Vendedores Ambulantes 28 de Octubre, la fabricación de delitos, los asesinatos de dirigentes y miembros de comunidades, el *outsourcing* (en manos de españoles), y la simulación de atención a los habitantes de Barranca Honda, La Resurrección, San Tlaltenango, San Nicolás, entre otras, opuestas a la construcción del Arco Norte.

[30] Esto queda ilustrado con la normalización de las actividades criminales de los zares locales de la ordeña de los ductos de Huachicol.

[31] Desde la primera década del presente siglo las comunidades han denunciado públicamente en reiteradas circunstancias que en las regiones industrializadas cercanas del río Atoyac predomina desde hace décadas la incidencia de leucemia linfoblástica, la insuficiencia renal crónica, la anemia y la púrpura trombocitopénica, principalmente entre niños

locales y regionales que poderosamente discrepan y chocan con la optimista percepción de los políticos, empresarios y las élites tradicionales de la región, interesados con seguir incrementando las lucrativas prácticas de sus emplazamientos industriales, agroindustriales y urbanos.

Esta percepción, a fin de cuentas, no sólo responde a la euforia modernizadora que hace sesenta años comenzó a traer a la región toda suerte de firmas transnacionales, sino que también da curso a la vieja tradición política y empresarial de las élites locales dedicadas a cobrar arriendos y explotar hasta el límite de lo absurdo el calificado trabajo de los habitantes de la región, así como a depredar irresponsablemente sus recursos histórico-naturales.

La forma en que se ha permitido que las diversas actividades económicas hayan desbordado todas y cada una de las capacidades metabólicas de los ríos, acuíferos, embalses, suelos, bosques, montañas y glaciares de la región,[32] así como las capacidades depuradoras de algunas infraestructuras de la zona, se corresponde con la manera en que las autoridades regionales también permitieron que en estas mismas tierras se organizara el principal *hub* nacional de secuestro y tráfico de mujeres y niñas con fines de trata sexual (The Minderoo Foundation, 2016; CNDH, 2019; Martínez y Hernández, 2023).[33]

De la misma forma, tampoco es una anomalía o un descuido institucional que la salud de la población de la región se haya erosionado de forma paradigmática, ocasionando subrayadas tasas de morbilidad y pérdida de horas laborales crecientes, así como una de las peores tasas

y jóvenes. Estos datos públicos de salud han sido corroborados por las investigaciones científicas más recientes del Conahcyt, la SSA y la Secretaría de Salud del Estado de Tlaxcala.

[32] En 2018 el vulcanólogo Hugo Delgado Granados estableció la extinción del glaciar Ayolotl en el volcán Popocatépetl.

[33] El municipio de Tenancigo, Tlaxcala, es el principal *hub* de trata de mujeres. En 2015 quedó evidenciada la protección del gobernador de Puebla, Mario Marín, a el "rey de la mezclilla", empresario maquilador textil Kamel Naciff, en ocasión de aquella llamada en la que "el gober precioso" notificó a Naciff que ya había dado un "pinche coscorrón" a la periodista Lydia Cacho por hacer público su posible vínculo con una red de pornografía y tráfico infantil.

de mortandad del país por insuficiencia renal crónica (Conahcyt, 2023). Quienes busquen auténticamente corregir este panorama deben comprender que el maltrato y la humillación profunda de las mujeres y de la madre tierra en Puebla y Tlaxcala se han fusionado en una y la misma cultura de explotación del trabajo y de lucro, a la que le tiene sin cuidado alguno la reproducción de casi cualquier forma de vida.

VWM COMO NÚCLEO INDUSTRIAL DE LA CONTAMINACIÓN

Es sabido que en Alemania existen estándares de regulación ambiental más altos que en los EE. UU. y muchísimo mayores que en México; aunque se dispone de cierta información ambiental oficial del gobierno de México sobre las actividades industriales de la región Puebla-Tlaxcala, lo cierto es que la información sobre las consecuencias ambientales de VWM y de las empresas involucradas dentro de sus cadenas automotrices de suministro es muy escasa y se encuentra cuidadosamente tamizada y fragmentada, en el tiempo y el territorio.

No obstante, es posible recolectar unos pocos indicios sobre algunas consecuencias ambientales superficiales, pero aun así importantes, que esta empresa ha generado en su entorno, tanto en la actualidad como antes de que comenzara a ocurrir la reestructuración del proceso productivo en pirámides OEM/ODM de filas (o *tiers*) de las cadenas de suministro. Gracias a esto se comenzaron a dispersar sus pasivos dentro de la basta superficie industrial que integra los parques y corredores industriales, así como las zonas urbano-industriales de Puebla y de Tlaxcala.

En 2021 el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de la Semarnat insípidamente reportó que la planta industrial de VWM reconoce voluntariamente haber arrojado al medio ambiente cuatro metales pesados que vertió en el agua (53 kg de cromo, 54.7 kg de níquel, 13.4 kg de cadmio y 2.12 kg de arsénico); también reconoció haber depositado en los suelos los mismos metales (transfiriendo estos en 20 kg, 21.7 kg, 4.8 kg y 0.57 kg respectivamente), y emitir a la atmósfera

570.47 kg de benceno. Ello, sin tener en cuenta los datos de contaminación que reportan al RETC las empresas que fuera de la planta de VW producen para las cadenas de suministro de este gigante automotriz, dado que fabrican plásticos, pinturas y recubrimientos, confeccionan módulos exteriores de automoción como parachoques, producen resinas de plásticos reciclados, elaboran partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices, o fabrican piezas metálicas troqueladas vehiculares, la siderurgia del hierro y el acero, etcétera.

El problema de este tipo de reportes ambientales consiste en que, hasta ahora, sólo parecen ser instrumentos dedicados al ocultamiento de los verdaderos procesos de contaminación. Como muestra, un botón. En la Cuenca del Alto Atoyac el DENUE identificó 26 309 empresas en 2020, de las cuales 16 220 son del Valle de Puebla y 10 089 del Estado de Tlaxcala. De acuerdo con las clases de actividad obligadas a declarar al RETC, las empresas industriales de Puebla que podrían ser contaminantes y deberían declarar sus emisiones y transferencia de contaminantes son 1 390.

Por su parte, las empresas contaminantes dentro de la RESA en Tlaxcala que deberían declarar son 294. No obstante, las empresas de Puebla que declararon en 2020 apenas fueron 87 y 52 en Tlaxcala. El problema parte de que el RETC incluye una lista de 200 sustancias tóxicas para reportar, mientras la ECHA de Europa reconoce que por lo menos existen 11 400 sustancias tóxicas de uso industrial y las dosis en el medio están cuidadosamente reguladas y penalizadas. Por su parte, el Toxic Releasse Inventory (TRI-EPA) estadounidense, equivalente al RETC mexicano, incluye 787 sustancias.

De acuerdo a la declaración de las empresas reguladas por la NOM-165-Semarnat-2013, en la Cuenca del Alto Atoyac se han liberado o transferido al medio ambiente 43 sustancias en el periodo 2005-2020 (tabla 1).

Tabla 1. Sustancias declaradas al RETC en la RESA Puebla-Tlaxcala 2005-2020

SUSTANCIA	EMISIONES TOTALES **(KG)	MAYORES EMISORES
1,1-Dicloro-1-Fluoroetano (HCFC-141b)	27 637.7451	Dow Química Mexicana S.A. de C.V.
1,2-Diclorobenceno	0.022192701	Industrias Derivadas del Etileno S.A.
1,4-Diclorobenceno	0.1823564	Síntesis orgánicas S.A. de C.V.
Acetaldehído	0.25765564	Pemex Refinación. Terminal de Almacenamiento y Reparto 663 Puebla Puebla
Ácido sulfhídrico	0	
Acrilonitrilo	0.00513	Rohm and Hass México S.A.
Acroleína	0.03080069	Pemex Refinación. Terminal de Almacenamiento y Reparto 663 Puebla Puebla
Arsénico	12.01860095	Bayer de México S.A.
Arsénico (compuestos)	0.0000011	Síntesis Orgánicas, S.A de C.V.
Asbesto	0	
Benceno	89 075.43743	Volkswagen de México S.A. de C.V.,
Bifenilos policlorados	0	
Bióxido de carbono	9775241376	Resirene S.A. de C.V., Federal Mogul S.A. de C.V., Sky Eps Supplyn S.A. de C.V.
Bióxido de nitrógeno	1 524 788.744	Comisión Federal de Electricidad
Bromuro de metilo	447.783	Cebadas y Maltas S.A. de C.V.
Cadmio	149.5163484	Bayer de México S.A.
Cadmio (compuestos)	0.0000059	Mexichem resinas vinílicas S.A. de C.V., Volkswagen de México S.A. de C.V.,
Cianuro inorgánico/ orgánico	0	

Clorodifluorometano (HCFC-22)	7 834.5344	Volkswagen S.A. de C.V., Resirene S.A. de C.V.
Cloruro de metileno	0	
Cloruro de vinilo	244.9326445	Volkswagen S.A. de C.V., Mexichem Resinas Vinílicas S.A. de C.V.
Cromo (compuestos)	1 739.896304	Ternium México S.A. de C.V. Planta Largos Puebla
Cromo (polvos respirables, humos o vapores)	86.07550561	Ternium México S.A. de C.V. Planta Largos Puebla
Dioxinas	0.000544609	Euroquimia S.A. de C.V.
Estireno (fenil etileno)	6 667.295951	Poliestireno y derivados S.A., Resirene, S.A. de C.V.
Fenol	0	
Formaldehido	8 907.187297	Energía de Apizaco S.A.P.I. de C.V., Procter&Gamble, CFE generación II EPS CCC San Lorenzo Potencia
Furanos	0.0003	Regsa S.A., Ecotérmica de Oriente (2009)
Hidrofluorocarbonos	1 503.696508	Volkswagen de México S.A. de C.V.,
Mercurio	11.04374798	Federal Mogul Planta Pistones
Mercurio (compuestos)	0.0600274	Owens Corning de México S. de R.L. de C.V., Federal Mogul S.A. de C.V.
Metano	23 548 343.87	Pemex Gas y Petroquímica Básica. Superintendencia general de ductos Tlaxcala., Pelzer de México S.A. de C.V.
Metileno bis (fenilisocianato)	0	
Níquel (compuestos)	5.693674	Coordinación General de Ecología Yauhquemecan, Rasini Frenos
Níquel (polvos respirables, humos o vapores)	66.76299253	Volkswagen de México S.A. de C.V., Procter&Gamble, Energía de Apizaco S.A.P.I. de C.V.
Óxido nitroso	276 327.8867	Gresaise S.A. de C.V.
Perfluorocarbonos	0	

Piridina	0	
Plomo (compuestos)	3 756.393778	Volkswagen de México S.A. de C.V.Coordinación General de Ecología Tlaxcala
Plomo (polvos respirables, humos o vapores)		Centro de Distribución de Oriente S.A. de C.V.
Toluen diisocianato	4.452034	Dow Química Mexicana S.A. de C.V.
Tolueno	1 267.85	Euwe Eugen Wexler de México S.A. de C.V.
Xileno (mezcla de isómeros)	0	

Nota: esta sumatoria incluye las sustancias liberadas o transferidas a los siguientes compartimentos o destinos: aire, agua, suelo, reúso, reciclado, coprocesamiento, tratamiento, disposición, alcantarillado, incineración y "otros".
** Expresado en toneladas.
Fuente: elaboración propia a partir de RETC (2005-2020).

En la columna tres se registran las empresas que han declarado las mayores emisiones en este periodo; alguna de ellas ha dejado de operar como Ecotérmica de Oriente, que fue una importante contribuyente a la contaminación con Furanos en 2009. Como se ve, destacan empresas de los sectores automotriz, químico y de producción de energía y la metalúrgica Ternium.

La negligencia de las autoridades ambientales mexicanas llama la atención, si se tiene en cuenta que el INECC en 2021 publicó un inventario que reconoce la importación y producción en el país de 6144 sustancias tóxicas (INECC, 2021, p. 9). El peor problema de todos consiste en la falta de voluntad política y la laxitud institucional extrema de la Semarnat para con las sustancias tóxicas, al permitir que sean las empresas públicas y privadas quienes declaren voluntariamente sus vertidos, emisiones o disposición de sustancias tóxicas al medio ambiente. Como consecuencia de ello, las únicas 132 industrias de Puebla y Tlaxcala que entregaron reporte apenas reconocieron en 2020 haber arrojado al agua, el aire y los suelos entre 10 a 12 sustancias.

Por estas vergonzosas limitaciones sobresale el modo en que la Semarnat (en el Inventario Nacional de Sitios Contaminados de la DGGIMAR) ofrece en 2012 un excepcional reporte en donde se señala que la planta VW fue responsable de un pasivo ambiental por el derrame y fuga de 7386 L de hidrocarburos usados como solventes orgánicos (ácidos y bases), en una superficie de 1037 m^2, como consecuencia de sus actividades de fabricación de automóviles. Aunque el caso refiere sustancias muy peligrosas, extrañamente no especifica qué tipo de solventes fueron los vertidos, ni tampoco las causas de semejante percance.

Aun así, el caso resulta particularmente inquietante por la forma en que la geolocalización del derrame coincide exactamente con otra información (hasta ahora anónima) que nos fue entregada personalmente y reporta un entierro de residuos industriales exactamente en el mismo lugar. En este caso se trata de residuos muchísimo más peligrosos,[34] razón por lo cual es importante dar aquí a conocer esta información, para que las autoridades del medio ambiente y de salud realicen las inspecciones que les competen y, en caso de que proceda, los correctivos correspondientes.

La empresa Volkswagen de México ha declarado la emisión, transferencia, coprocesamiento y disposición final de importantes volúmenes de sustancias como benceno, hidrofluorocarbonos, plomo y níquel en el periodo 2005-2020 (tabla 2).

Tabla 2. Emisiones de VW declaradas al RETC 2005-2020

SUSTANCIA	TOTAL POR SUSTANCIA (KG)
Arsénico	31.0
Arsénico (compuestos)	5.3

[34] Equipos eléctricos que contienen bifenilos policlorados (PCB) como aislante (COTERIN).

Benceno	221 850.8
Bifenilos policlorados	970.0
Bióxido de carbono	935 231 181.0
Cadmio	978.0
Cadmio (compuestos)	700.1
Cianuro inorgánico/orgánico	6 378.3
Clorodifluorometano (HCFC-22)	6 549.2
Cromo (compuestos)	1 102.3
Cromo (polvos respirables, humos o vapores)	159.2
Formaldehido	1 957.7
Hidrofluorocarbonos	18 898.5
Mercurio	53.6
Mercurio (compuestos)	8.7
Níquel (compuestos)	3 586.5
Níquel (polvos respirables, humos o vapores)	940.6
Piridina	250.4
Plomo (compuestos)	545 850.0
Plomo (polvos respirables, humos o vapores)	50 022.9
No especificados	736 765.1

Nota: bajo la razón social Volkswagen de México S.A. de C.V.
Fuente: RETC 2005-2020.

Estas cifras deben tomarse con cuidado pues, aunque las sustancias se desplazan con las corrientes de agua, se evaporan y se degradan, los datos de la tabla evidencian la necesidad de realizar un seguimiento riguroso de los procesos de degradación, transferencia y acumulación de sustancias en la región.

Sin embargo, el problema podría ser mucho mayor. Después de décadas de producción y ensamblado de automóviles, la planta industrial VWM al parecer acumuló numerosos desperdicios industriales altamente tóxicos, que no procedió a incinerar en alguna otra parte del mundo o bien a tratarlos industrial, química y ambientalmente para que dejaran

de ser nocivos. Por esta razón, al parecer, terminó enterrándolos a cierta profundidad en una superficie aproximada de 10 000 m² bajo el ala este de la propia planta VWM, habiéndose colocando ahí: *1*) equipos eléctricos que contienen como aislante eléctrico los peligrosos bifenilos policlorados (PCB); *2*) luminarias que contienen desechos fluorescentes, mercurio, etc.; *3*) tambores con desechos de templado con cianuro y magnesio; *4*) tambores con desechos de fundición, es decir, escoria, arenas sílicas, moldes, etc., y *5*) partes automotrices sobrantes para destrucción: carburadores, cajas, partes metálicas, plásticas y electrónica en general.

Hoy, resulta urgente investigar los modos en que las modernas industrias, de acuerdo a las pautas de la globalización, han aprendido a dispersar y a ocultar sus procesos contaminantes mediante mecanismos que podríamos llamar *outsourcing*. Los contratos laborales de este tipo fueron diseñados dolosamente durante el neoliberalismo para que los trabajadores nunca entablen relación contractual alguna en torno de la cual puedan reclamar directamente a sus contratistas responsabilidades ligadas al modo en que comandan y sacan provecho de los procesos de producción de riqueza.

De la misma manera, las cadenas de suministro también le sirven a las empresas para que la sociedad que cohabita con las industrias nunca pueda establecer reclamos por la manera en que las firmas al producir industrialmente usan, consumen y despojan intensivamente las condiciones naturales generales (el agua, el aire, el suelo, la biodiversidad, los alimentos, las infraestructuras públicas, el espacio, etc.), pues dentro de ellas no sólo operan las industrias, sino toda la sociedad que mal vive dentro de tales condiciones generales.

La complejidad técnica de todo tipo de industrias superpuestas regionalmente y en continua evolución técnica, en combinación con la permisividad de las autoridades federales, estatales y municipales, con la presencia de infraestructuras inapropiadas de tratamiento de aguas y gases y con la ausencia de inspectores ambientales y de salud, ha terminado

por provocar una situación desastrosa en la que resulta prácticamente imposible determinar cuántos agentes tóxicos están presentes en las matrices agua, aire y suelo, las dosis en las que están presentes o cómo y cuándo interactúan químicamente entre sí, generando nuevas sustancias tóxicas. Por esta razón resulta imposible poder determinar desde una investigación académica cuáles son las empresas singularmente responsables de tal o cual agente tóxico.

Mucho más difícil resulta determinar la relación causal entre las múltiples enfermedades degenerativas y de origen ambiental que podrían estar relacionadas con la presencia de tal o cual agente tóxico. Aunque las autoridades y las y los habitantes de las zonas conocen los más grandes y pestilentes puntos de descarga y parques industriales que tiñen cotidianamente de colores cambiantes las aguas de los principales ríos y redes de drenaje municipales y conocen también las horas de la madrugada en que se emiten los más pestilentes humos, lo cierto es que casi ninguna empresa es responsabilizada, multada o cancelada por estas descargas, emisiones o depósitos de agentes tóxicos puntuales.

Dado lo anterior, esta desastrosa y caótica complejidad industrial es usada por el cinismo neoliberal (Echeverria, 1995) al convertirla en una de sus mejores y más vergonzosas estrategias que justifican su negligencia, inmovilidad e incluso su complicidad criminal con las industrias.

Como campea la desfachatez empresarial y la irresponsabilidad institucional, ni que decir sobre el otro tipo de procesos industriales contaminantes ocurridos hace mucho tiempo, pero con consecuencias tóxicas aún vigentes, pues se trata de procesos que resultan más difíciles de probar y caracterizar jurídica y penalmente. Dentro de este conjunto se deben considerar las explosiones industriales descomunales o medianas que apenas si algunos recuerdan,[35] así como los principales

[35] En la Cuenca del Alto Atoyac ocurren continuamente explosiones en empresas de varios sectores como el químico y textil; sólo por mencionar algunos eventos que fueron publicados en los periódicos locales: en Tlaxcala, la empresa Polaquimia, en el corredor industrial Apizaco-Huamantla (2005); la fábrica de jergas en Teolocholco (2018); en la recuperadora

entierros de residuos industriales altamente tóxicos de los que la población o las autoridades apenas tienen algunos indicios,[36] o los descomunales y continuos vertidos de solventes altamente tóxicos, también ocurridos en tiempos pasados que pudieron llevar a cabo los talleres sistemales de Ferronales, en la ciudad de Apizaco.

HITOS Y TRAMPAS TÓXICAS DE LA CONCENTRACIÓN URBANA

Las ciudades son consideradas territorios del bien vivir, donde la población tiene la oportunidad de reproducirse seguramente al abrigo de concentrados hábitats que alejan los azares naturales y las precariedades de la vida rural, pues ofrecen el acceso masivo a la energía, la educación, la información, la salud, la seguridad, el esparcimiento, etc. Pero el modo en que el capital las convierte en espacios privilegiados para concentrarlo y centralizarlo, provoca el sometimiento material a sus fines de las redes de infraestructuras y servicios que le dan vida, así como de las tecnologías que éstas emplean. Adicionalmente, los espacios urbanos del siglo XX han concentrado los diversos procesos de consumo tan proclives al despilfarro

textil del Parque Industrial Xiloxoxtla (2011 y 2018); el poliducto en el Parque Industrial Xicohténcatl I (2022); Dow Química en Tetla de solidaridad (2017); en Puebla, en el Parque Industrial 5 de mayo (septiembre de 2022), y otras empresas en los parques industriales Chachapa (septiembre de 2022); en el Corredor industrial Cuautlancingo (2022); en el Parque Industrial El Carmen, Huejotzingo (2017); entre algunas proveedoras de Volkswagen de México como Kautex (febrero de 2022); en el Parque Industrial Finsa; otras en el Parque Industrial Resurrección (noviembre de 2000); en el Parque Industrial Puebla 2000 (2013); en la fábrica de aceros INDASA en el municipio de Totimehuacan (2022); en espacios de los que se sospecha son vertederos industriales como el de la empresa Gestamp, y explosiones del Complejo Petroquímico Independencia en San Martín Texmelucan (2010, 2021). A estas explosiones industriales se suman las ligadas a la ordeña de ductos de Pemex, que regularmente explotan también en el estado de Puebla. Es importante, al respecto, reconocer un trabajo pionero en esta área, el de la doctora Lilia Albert en su libro *México tóxico* (2015).

[36] Semarnat reconoce 77 sitios contaminados en Puebla y 75 en Tlaxcala en el periodo 2005-2022, ligados más bien a la derrama de hidrocarburos; mientras que su base de datos se construye con base en el informe de las propias empresas contaminantes, no incluye sitios como el depósito de askareles en El Higo, Veracruz, o los sitios en los que se han registrado explosiones industriales.

de energía, movilidad, alimentos, espectáculos, basuras, etc., que caracterizan a las norteamericanizadas y modernas "sociedades del bienestar".

Por ello, dichas ciudades se han ido transformando en máquinas concentradoras de cada vez más accidentes, riesgos e incertidumbres (frente al cambio climático, las pandemias y las sindemias, etc.), así como de múltiples y peligrosos procesos contaminantes, que concentran en sus aguas, aires y suelos numerosos agentes tóxicos. No obstante, durante el neoliberalismo los procesos de privatización de las infraestructuras y servicios urbanos —que provocan que los diversos servicios no lleguen a los más pobres— convergen con el crecimiento de zonas infernales en donde se concentran los peores vertidos y emisiones industriales de sustancias carcinogénicas, nefrotóxicas, diabetogénicas, obesogénicas, lesivas del sistema nervioso, etc., y en donde la alimentación de los más pobres tiende a ser "satisfecha" con todo tipo de productos chatarra extremadamente baratos.

La gigantesca ciudad de Puebla y la densa mancha urbana que la vincula industrial y comercialmente a la ciudad de Tlaxcala, han convertido al sitio en la cuarta concentración urbana e industrial más grande de México, con un total de 3.8 millones de habitantes en 2022. Ciudad que, como cualquier megaurbe actual, se caracteriza por un acelerado crecimiento de su parque vehicular, la continua construcción de nuevas redes viales, congestionamientos y emisiones de esmog crecientes, así como la apertura de nuevas estaciones de gasolina y su oferta creciente de combustibles, aditivos, lubricantes, grasas, etc. Todos estos procesos contaminantes no han dejado de crecer en Puebla durante los últimos 60 años.

Tal y como los cada vez más numerosos habitantes de esta megaurbe consumen de forma creciente energía doméstica, alimentos, ropa, medicamentos, etc., el crecimiento del capital fijo urbano demanda mayores cantidades de cemento, varillas, ladrillos, cerámicas, vidrios y demás materiales de construcción. Lo anterior requiere cada vez más procesos de extracción de materiales de construcción, la tóxica cocción de los ladrillos y la problemática manufactura actual del cemento. Ello,

mientras la vida urbana del neoliberalismo mexicano también demanda crecientes redes electroinformáticas, nuevos *malls*, tiendas de conveniencia, unidades habitacionales, universidades privadas, casinos, servicios privados de seguridad, redes de vigilancia y cantidades enormes de energía eléctrica, así como masas descomunales de mercancías de todo tipo. Esto genera cantidades crecientes de residuos municipales que se busca reconvertir en nuevas fuentes de energía o también se busca confinar, sepultar, exportar lo más lejos posible y, sobre todo, olvidar.

Como el crecimiento de la mancha urbana está sujeto a imperativos neoliberales, la creciente demanda capitalista de mercancías, la exclusión social que le es propia y la privatización de servicios han provocado que la prestación de servicios públicos destinados a atender la calidad de la vida y la reproducción de la mayor parte de la población crezcan muy poco y de una manera polarizada y excluyente.

Mientras VWM le ha impuesto a la ciudad una "estructura de servicios financieros, intermediación, consultoría, logística, ventas, vivienda, hospedajes, alimentación, etc." que le ha significado "un complejo de servicios que le han modificado sin duda el perfil de la ciudad y de su área conurbada" (Juárez, 2004, p. 194), en el caso de los servicios de agua, basura, educación, salud y seguridad barrial se observa una extremada polarización de clase. Nos restringimos a considerar aquí el estado en que se encuentran los servicios de agua y basura de las zonas urbanizadas, por sus consecuencias tóxico-ambientales.

De entrada, hay que recordar que, aunque los informes de calidad del agua de la Conagua desde 1996 estuvieron regidos por la norma oficial (NOM-001-Semarnat-1996) —desde su origen dolosamente desviada para permitir la presencia de numerosos agentes tóxicos en el agua sin afectar los grandes intereses de los industriales contaminadores—, la oposición de éstos ante la actualización de la NOM evidencia su acomodo a la versión de 1996 (González, 2021).

Aun así, el grado de deterioro de la calidad del agua en el periodo 2012-2020 en toda la región industrial del centro del país (el Eje

Neovolcánico) y muy específicamente en los ríos Atoyac, Zahuapan, Alseseca y Nexapa y en casi todos los tributarios intermitentes de los mismos (Tlanalapan, Xochiac, río Rabanillo, Arroyo Zapatero, San Francisco), era de tal magnitud que los reportes internos de calidad del agua siempre se vieron obligados a reprobar el estado de las aguas de toda la región de la cuenca, indicando que se encontraba en semáforo rojo.

El sobreuso urbano-industrial de las redes municipales de los drenajes, así como la contaminación industrial, agroindustrial y urbana de las aguas de los ríos Atoyac, Zahuapan, Alseseca y Nexapa provocó altas cargas tóxicas en las aguas, que en algún momento se simuló intentar depurar mediante plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Pues, como es bien sabido, alrededor del 50 % de las plantas ya construidas se han mantenido la mayor parte del tiempo inactivas, aunque las que sí funcionan nunca han adecuado sus técnicas depuradoras a la verdadera carga tóxica de las aguas de esta cuenca (pues la norma oficial no obliga a ello).

En todo caso, resultan del tratamiento de dichas aguas lodos altamente tóxicos y combustibles que, en el caso de esta región, suelen ser criminal y clandestinamente dispersados y abandonados en lugares no lejanos de las mismas plantas de tratamiento. Peligroso riesgo para el cual ni siquiera se dispone de un mapa de registro con los lugares en donde se han depositado dichos lodos. De ahí la extrema pero justificada desconfianza que despierta entre las organizaciones comunitarias y sociales cada vez que llueven declaraciones e iniciativas oficiales supuestamente destinadas a simular que se atienden los problemas de contaminación del río mediante lucrativas construcciones de este tipo de elefantes blancos.

Dichos depósitos tóxicos complican la alta contaminación que de suyo ocasionan numerosos basureros municipales e industriales (oficiales e irregulares), las plantas procesadoras de residuos sólidos urbanos (RSU), así como los rellenos clandestinos de basuras depositados en tierras

baldías de Tlaxcala[37] o en las barrancas del norte de la ciudad de Puebla, al sur de La Malinche.

Mientras el sur de la ciudad de Puebla se caracteriza por el emplazamiento de lujosos rascacielos, centros comerciales de alto nivel, clubs de golf, centros de altos estudios y de cultura privados, hoteles exclusivos, barrios habitacionales para la población con altos ingresos y zonas relativamente forestadas, el norte de la urbe concentra sus grandes parques industriales, las instalaciones construidas a orillas de la carretera México-Veracruz y colinda con los parques y los corredores urbano-industriales de los pueblos y la capital Tlaxcala. El norte de la ciudad de Puebla concentra, además de numerosas infraestructuras públicas e industriales y estaciones de servicio básicas, el tráfico de la mayor parte de los vehículos de transporte de carga, los grandes centros comerciales populares como el mercado Hidalgo, así como importantes zonas habitacionales obreras. Estos contrastes de clase también implican una diferencia notable en la calidad tóxica de los territorios y sus hábitats.

Sobre las líneas de ductos fósiles de Pemex procedentes de Veracruz de la super carretera México-Veracruz y sobre la línea de ferrocarril se asientan el Parque Industrial Puebla 2000 y el Parque Industrial Resurrección (que es el segundo núcleo industrial más grande de toda la región, después del núcleo de parques VW, Finsa y el Corredor Empresarial Cuautlancingo o Sanctorum) y el siniestrado Parque Industrial Chachapa. Esto ofrece un ejemplo paradigmático del modo en

[37] En el norte de Tlaxcala, cinco kilómetros al sureste de la presa de Atlangatepec, está el relleno sanitario Morelos o basurero de Tetla, que en una superficie 7 hectáreas recibe diariamente 278 toneladas de basura procedentes de la mitad de los municipios de Tlaxcala (16 municipios), así como otro relleno de basura industrial que recibe residuos de 50 empresas. Al parecer, la geomembrana del primer relleno está dañada por los lixiviados que se fugan hacia los mantos freáticos de Atlangatepec y la presa del mismo nombre. A esto se suman dos denuncias por depósitos clandestinos de residuos industriales, una realizada contra la empresa Cale por haber enterrado a un kilómetro al oeste de este relleno todo tipo de residuos industriales, y otra por residuos hallados 3.5 km más al oeste, a orillas del camino a San Pedro Ecatepec, donde también se encontraron tambos abandonados anónima e ilegalmente con bifenilos policlorados (askareles).

que la gran industria terminó coexistiendo directamente con el norte densamente habitado de la ciudad de Puebla.

En el Parque Industrial Puebla 2000 las autoridades del RETC y la estación más cercana de monitoreo REMA reportan ocho industrias emisoras de humos industriales (complacientemente "auto" reguladas como simples emisoras de CO_2), mientras que la Conagua reporta a 84 industrias vertedoras de descargas sobre un arroyo intermitente que corre por la barranca Tlaloxtoc, y 16 más que posiblemente escurren hacia drenajes municipales o hacia otra vertiente.

La gran región habitacional de población originalmente trabajadora y sindicalizada que quedó emblemáticamente atrapada entre estas dos grandes zonas industriales está integrada por las colonias El Salvador, Plazas Amalucan, Satélite, Infonavit Amalucan, Proletaria Lázaro Cárdenas, Infonavit Manuel Ribera Anaya, Joaquín Colombres, Bosques de Manzanilla, Nueva Resurrección, Miguel Hidalgo, Bosques de San Sebastián, Galaxia Bosques de Manzanilla, Colonia del Valle, Bosques de Amalucan Segunda Sección, Santa Margarita, el Naranjo y Casa Blanca. Esta zona originalmente fue fundada por combativos trabajadores textiles y automotrices sindicalizados de los años setenta.

Actualmente habita allí menos de medio millón de personas ambientalmente expuestas, pues se trata de un territorio entrampado al oeste por los parques Puebla 2000 y Resurrección, al este por el parque Chachapa, en donde desde fines de los años setenta del siglo pasado han ocurrido diversas explosiones industriales (Puga, 2013; Síntesis, 2019; Razo, 2022). Al norte corre la línea de ductos de Pemex que son regular y sistemáticamente ordeñados por el huachicol, provocando desde hace 15 años fugas, derrames y otro tipo de explosiones. Al sur, este castigado espacio urbano colinda con la colonia El Salvador, en la cual las autoridades locales han permitido el relleno regular de sus barrancas con basura municipales para poder construir sobre ellas nuevas habitaciones, mientras en ese mismo espacio también se ha permitido la operación irregular de procesos de incineración clandestina de radiografías y otras sustancias industriales.

Lo anterior nos regresa al problema irresuelto y estructural de los residuos municipales e industriales, que no ha hecho sino alentar varias formas de incineración de residuos sólidos y lodos tóxicos ya referidos (ladrilleras, cementeras, etc.). Retornamos al punto para considerar el modo en que, durante dos décadas, la empresa estadounidense Ecotérmica incineró en Santa Ana Xalmimilulco residuos hospitalarios procedentes no sólo de la región Puebla-Tlaxcala, lo que durante varias décadas provocó un deterioro en la salud entre los habitantes de la región (Hernández, 17 de mayo de 2007) Cuando en 2007 los ciudadanos de la zona organizaron una caravana de denuncia de problemas ambientales, después de la visita a Santa Ana Xalmimilulco se organizó la visita a los sitios referidos de la colonia El Salvador.

No debe olvidarse cómo desde 2001 y 2002 el entonces gobernador de Tlaxcala, Alfonso Sánchez Anaya (1999-2005), especulaba políticamente con desarrollar el megaproyecto de construcción de un incinerador de "arco de plasma" en la que, durante los años 90, podría considerase una remota región: El Carmen Tequexquitla. Esta zona era ideal para emplazar el proyecto impulsado por Andreas Kuenzler, en aquel entonces denunciado por Green Peace Internacional como un traficante de armamentos bélicos en África.

Esta especulación, como en el caso de Guadalcázar, San Luis Potosí, también buscaba convertir a la región en una importadora estratégica de residuos altamente tóxicos de América del Norte. Recordamos el punto no para mostrar cómo durante el neoliberalismo se habían desatado las actividades especulativas, sino más bien para evidenciar cómo desde aquellos años las élites políticas de la región tenían conocimiento sobre las cargas de sustancias industriales altamente tóxicas que están presentes en esta región. También para evidenciar cómo lo que ello ocasiona no es el cuidado y la atención a la salud de la población y el medio ambiente regional, sino más bien esquemas de negocios insólitos y perversos.

De ahí el modo en que los indispensables servicios de agua y basura que se deben prestar en la ciudad de Puebla y en los corredores

urbano-industriales de Puebla y Tlaxcala que acompañan el curso de los ríos Atoyac y Zahuapan paulatinamente hayan sido o estén intentando ser privatizados —bajo el beneplácito de los actuales gobiernos de esta región—.[38] Ello permite a las clases de ingresos altos y medios pagar servicios caros de buena calidad, mientras que a la población trabajadora y marginada se la abandona a tener que sobrevivir como pueda, dentro del infierno ambiental que, como veremos más adelante, a lo largo de los últimos sesenta años generaron los grandes intereses industriales y agroindustriales de la región.

EL DISFORME CÍRCULO DE LA CONTAMINACIÓN AGROINDUSTRIAL

Desde los años sesenta y setenta los parques y zonas industriales, los corredores urbano-industriales y los barrios maquiladores crecieron en Tlaxcala y Puebla. Ocuparon las zonas urbanas, periurbanas o regiones rurales apartadas de vocación francamente agrícola o ganadera, que se encontraban bajo el control de ejidos, pequeños propietarios de tierra o incluso de grandes propietarios de haciendas que no habían sido afectadas por la Revolución mexicana. Por esta razón los viejos y nuevos nichos industriales fueron quedando complejamente entreverados con diversas zonas agropecuarias, dedicadas a diversos tipos de cultivos o cría de animales.

A lo largo de la posguerra y muy especialmente durante el neoliberalismo, la modernización de los métodos de la producción agropecuaria trajo consigo un desarrollo de algunos núcleos agropecuarios que introdujeron nuevas fuentes y escalas de contaminación agrotóxica. Por ejemplo, se dio un empleo creciente de todo tipo de plaguicidas destinados a intensificar la productividad de los cultivos, y un empleo indiscriminado

[38] Por ejemplo, el gobernador Barbosa, que se comprometió a desprivatizar el agua durante su campaña, pero apoyó el incremento de tarifas al llegar al Gobierno.

de fármacos veterinarios y nutrientes artificiales, destinados a intensificar la cría concentrada de animales.

Lo anterior conformó dentro del nuevo territorio industrial lo que podríamos reconocer cartográficamente como un gran círculo de zonas agroindustriales que se superpone o incluso rodea a la inmensa región urbano e industrial. Esto provocó en numerosos habitantes de diversas regiones una exposición inédita y alta de agentes tóxicos procedentes de la combinación en agua, aire, suelo y en los alimentos de sustancias procedentes de los procesos de la nueva producción agropecuaria y de la nueva producción industrial.

En la zona noroeste de Tlaxcala prosperan actualmente las cosechas intensivas por medio de las técnicas transnacionales de la labranza mínima, que no es sino un método extensionista de producción agroindustrial hecho para planicies, en el que se eliminan las actividades de surcado, de barbecho y de hacer segunda. Con maquinaria se hacen labores mínimas y sólo se siembra y se hace rastre, aplicando selladores químicos para que no crezca la yerba, utilizando modernas semillas de maíz híbrido, cebada y trigo. Este es un paquete técnico promovido por empresas como Bayer, con uso abundante del glifosato. De modo que dicha técnica provoca una alta erosión y contaminación del suelo y el agua, pérdida de agrobiodiversidad, y una pérdida de semillas nativas. En Tlaxcala el sistema está creciendo en las zonas ejidales (pues los agricultores pagan por el uso de su propia tierra) de Tlaxco, Españita, San Lucas Tecopilco, Muñoz de Domingo Arenas, Xaltocan y Hueyotlipan.

En las zonas agrícolas de Nativitas, próximas al principal núcleo industrial automotriz, impera la pequeña propiedad atomizada de la tierra, en donde predomina un consumo regular de plaguicidas como el paraquat, tamarón y 2-4-D[39] en los cultivos de hortalizas, maíz y alfalfa. En la zona existe una ganadería de traspatio, doméstica y altamente

[39] Que se usó en la formulación del letal agente naranja y actualmente se usa como plaguicida en el cultivo de hortalizas (Rico y Ortega, 2017).

productiva que se dedica a la producción de quesos y leches, ¿contaminados con plaguicidas?

En la zona este de Tlaxcala, al norte del volcán La Malinche, se superponen dos tipos de regiones agrícolas: una de vocación cerealera y hortícola, y otra de propósito frutícola. La zona agrícola se dedica a la agricultura industrial de papa, maíz y cebada, nuevamente con los métodos de la labranza mínima, con mucha infraestructura de riego y alto uso de agroquímicos (herbicidas, fungicidas). En dicha región los desechos contaminantes de lavados y de los corrales se van a las barrancas. La producción de maíz se tritura y ensila para convertirla en alimento de ganado, porque en la zona se conserva la otrora tradicional cría tlaxcalteca de los toros de lidia.

Entre los años setenta y mediados de los ochenta la región se transformó de pulquera a una región dedicada al cultivo del durazno. En la actualidad dicha actividad abarca 2000 hectáreas con uso intensivo de agroquímicos, lo que coincide con la incidencia de cánceres, insuficiencia renal e incluso malformaciones y anencefalias, referidas por los habitantes y médicos locales de la región. La empresa transnacional Driscolls también opera en la región produciendo *berries* y alquilando terrenos por cinco o diez años. Nuevamente satura las parcelas con químicos y después se va a otras regiones. Originalmente llegan a la región explicando que sólo van a generar plántulas (pies de cría), pero en realidad se quedan a producir los *berries*.

En continuidad con las zonas agroindustriales descritas, al noreste de La Malinche y dentro del estado de Puebla, en las zonas semiáridas pertenecientes al corredor desértico chihuahuense, sobre el acuífero Libres Oriental, también se ha emplazado la misma empresa Driscolls, con cultivos intensivos de *berries*, la cual emplea agua subterránea, invernaderos y malla sombras. La empresa ha procurado expandirse 500 hectáreas de riego más para el desarrollo de nuevos centros de riego para el cultivo de fresas para la exportación.

Se trata de una nueva región de empleo de sistemas circulares de riego y de alto consumo de agroquímicos que generan mucha enfermedad a su

paso. No lejos de esta nueva región agroindustrial, la empresa Coca-Cola procura entrar a la comunidad de Ocotepec, a través de una fundación civil y cristiana llamada Living Water International (2013) que opera en 100 lugares del país y en 35 municipios de Puebla. Dicen administrar la escasa y estratégica agua de la región a nombre de Jesús, para lo cual proceden a construir tanques de agua en las comunidades (Hernández, 7 de septiembre de 2015).

Rodeando las nuevas regiones industriales creadas por Audi y Mercedes Benz, y en contigüidad inmediata con las pujantes zonas de Driscolls en la zona central del acuífero Libres Oriental de Puebla, prosperan desde hace 15 años cientos de megagranjas de cerdos en los municipios de Cuyoaco y Tepeyahualco en Puebla y Perote en Veracruz y un rastro TIF en el municipio de Oriental, Puebla, destinados al mercado interno y de exportación. Megagranjas que no son otra cosa que los CAFO, originalmente propiedad de la empresa transnacional estadounidense Smithfield, que se trasladó a México presionada por las enérgicas protestas socioambientales en Carolina del Norte y el centro de los EE. UU. Altas consumidoras de agua para el lavado de las modernas y descomunales porquerizas, la concentran en gigantescas albercas de oxidación, al tiempo que construyen cisternas para el almacenamiento de los miles de cadáveres de cerdos que producen anualmente.

Dichos centros fueron inicialmente asociados por la prensa nacional e internacional (Télévision Suisse Romande, 2009; López, 23 de abril de 2019), y por los propios habitantes de la región (Biodiversidad, 14 de enero de 2010) con el caso cero de la pandemia H1N1 (Granados, 2009; Jiménez-Mateos, 2018;); lo que sí han sido, sin lugar a dudas, es un foco de generación de pestilencias, fauna nociva, el empleo indiscriminado de fármacos destinado a la inefable cría de cerdos y la fabricación de delitos en contra los ejidatarios y las comunidades rurales que desde hace 15 años han protestado en contra de ellas.

Al sur de las megagranjas y al sur poniente de la ciudad de Puebla destaca el distrito de riego 030 Valsequillo. Dicha represa concentra y oxida

múltiples residuos industriales, urbanos y agroindustriales procedentes del río Atoyac, principal desagüe de los grandes corredores urbano-industriales de la región. Aun así, se trata de la fuente de agua para el riego de alrededor de 20 000 de hectáreas sembradas de maíz forrajero, avena forrajera y frijol, chile y maíz en grano entre otros; es un distrito de riego creado en 1946, en el cual se logran hasta tres riegos al año, con alrededor de 250 000 m^3 de agua anuales provenientes de la presa Manuel Ávila Camacho o "Valsequillo" (Conagua, 2022).

El reúso de aguas probadamente contaminadas con metales pesados y otras sustancias tóxicas es problemático por la forma en que muchos de los alimentos aquí producidos alimentan a la ciudad de Puebla, además de que confluye con una serie de nuevas unidades domiciliarias maquiladoras, granjas avícolas y de ganado mayor, aunque también se crían en pequeña escala cerdos y cabras.

En el distrito de riego se siembra casi exclusivamente maíz híbrido, complementado con un "paquete tecnológico" que incluye herbicidas e insecticidas como atrazina, triazina, terbufos, tiodicarb, triflumuron, polímeros sulfonados aromáticos, glicerol, sal sódica, flubendiamida, 1.2 propanodiol, 1.2 bencisotiazol-3(2H)-ona; mientras que en la cría de animales se utilizan regularmente ivermectina, foxima, coumafos, triazinonas simétricas, ricobendazol, levamisol, y enrofloxacina, contaminantes que alteran la viabilidad de decenas de organismos acuáticos y organismos vegetales de la región.

Al uso intensivo de maíces híbridos, herbicidas e insecticidas se suma un aporte de metales pesados a los suelos que, por otro lado, también se han erosionado debido al pastoreo. A este panorama de contaminación agroindustrial se suman también alrededor de 1 000 unidades económicas dedicadas a la confección textil y otro tanto de unidades domésticas dedicadas al deslavado de mezclilla, particularmente en el municipio de Tehuacán, que contaminan las aguas de los drenajes.

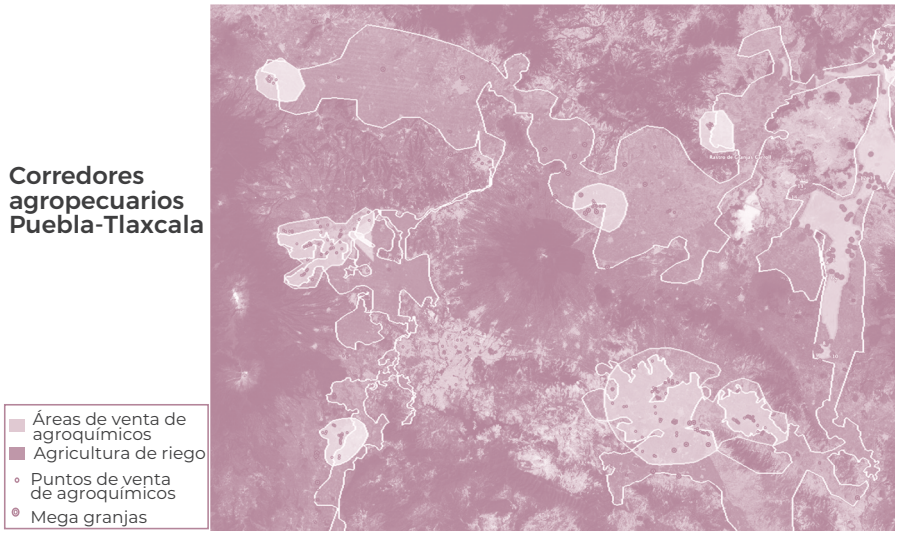
Cierra el círculo la Sierra Nevada de Puebla, donde la sobreexplotación de las aguas procedentes de las montañas se reorienta cada vez más

a los cultivos comerciales intensivos en agroquímicos. Esto lo ilustra el hecho de que los municipios de Chiautzingo y San Salvador el Verde están intensamente ocupados por invernaderos dedicados al cultivo de flores, *berries* y tomate.

En estos municipios el crecimiento en el cultivo del tomate fue del 38% y el 3% de frambuesa, mientras el maíz y el frijol reportaron un decrecimiento del 2% y el 5%, respectivamente, de 2015 a 2020. Este proceso apunta a la pérdida de soberanía alimentaria en la región, en pos del crecimiento de algunos cultivos comerciales (Ortiz et al., 2023).

Estos municipios forman parte de la RESA Puebla-Tlaxcala, entre otros factores, por el uso intensivo de agroquímicos en el cultivo de flores como la rosa, a la que se aplican regularmente plaguicidas como Envidor® 240SC, mientras que para frutales como durazno, manzana, pera y tejocote se aplican regularmente plaguicidas cuyo ingrediente activo es el spinetoram (Senasica, 2023).

Figura 4. Corredores agropecuarios Puebla-Tlaxcala y sus agentes tóxicos



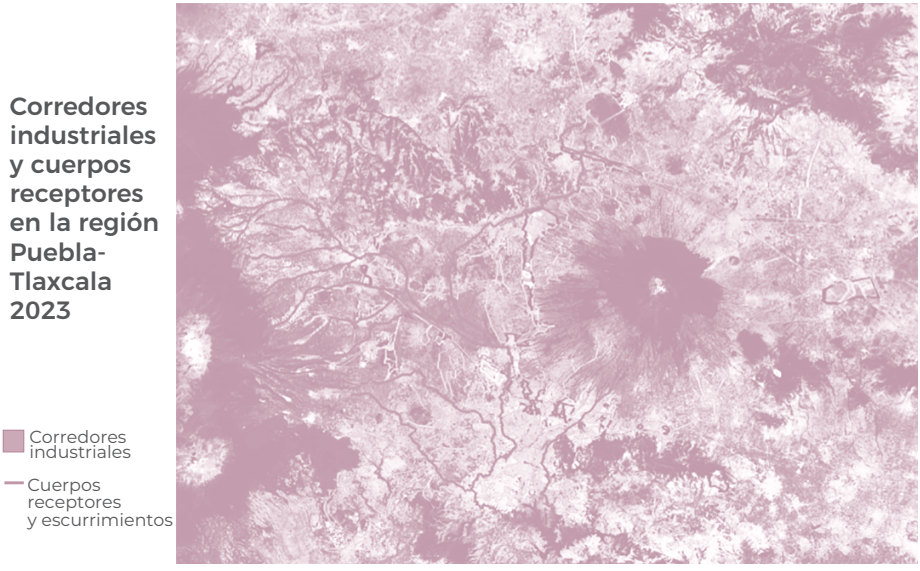
Fuente: elaboración propia. Prospección en Google earth, INEGI-DENUE (2020).

Como se ve, el panorama de aplicación de plaguicidas en la cuenca resulta desalentador, particularmente por la alta toxicidad de éstos, no sólo para los humanos sino para otros organismos como los polinizadores.

En la figura 5 se muestran las principales tierras de cultivo (polígonos en verde bandera), (por zonas de riego, tecnología y acceso), venta y alto empleo de plaguicidas (polígonos verdes limón) y fármacos veterinarios en regiones de megagranjas de cerdos (puntos rojos).

La propagación de todo tipo de zonas industriales (grandes industrias, parques industriales, corredores urbano-industriales, pueblos con talles maquiladores y espacios domésticos, etc.) persigue todas y cada una de las abundantes fuentes de agua de la región.

Figura 5. Corredores industriales y cuerpos receptores en la región Puebla-Tlaxcala 2023



Fuente: prospección en Google Earth.

CONCLUSIONES

Tras cinco décadas de operación de la industria automotriz y su red de proveeduría, que incluye sectores altamente contaminantes como el químico o el de los plásticos, es necesario hacer un balance de los daños socioambientales generados por esta industria, así como actualizar la normatividad, establecer programas de atención a la salud y de trabajo con comunidades.

Dado que hay una serie de propuestas importantes hechas desde las organizaciones sociales y otras propuestas de atención presentadas por la comunidad científica en el marco del *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral* de Conahcyt (2023), también habría que tomar en cuenta las propuestas de investigaciones de salud ambiental en toda la población expuesta, investigar los daños a la salud en colonias rodeadas de industria, los entierros clandestinos de basura urbana e industrial y hacer un seguimiento de los sitios contaminados reconocidos por Semarnat, a los que habría que sumar una lista importante de probables sitios contaminados.

REFERENCIAS

Albert, L. y Jacott, M. (2015). *México tóxico: emergencias químicas*. Siglo XXI.

Alva-V., C. (1998). *Historia y desarrollo industrial de México*. Confederación de Cámaras Industriales.

Arteaga, A. (1993). *Proceso de trabajo y relaciones laborales en la industria automotriz en México*. UAM-I.

Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores [AMDA]. (s.f). *Un siglo en movimiento: crónica de la distribución de automotores en México*. AMDA.

Banco de México. (2024). *Tipo de cambio promedio del periodo (CF86)*. https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF86&locale=es.

Barreda, A. (2016). *El problema histórico de la destrucción ambiental del capitalismo actual*. https://es.scribd.com/document/443040663/Barreda-Marin-A-El-problema-historico-de-la-destruccion-ambiental-del-capitalis.

Bazant, J. (1977). *Los bienes de la iglesia en México, 1856-1875: aspectos económicos y sociales de la revolución liberal*. El Colegio de México.

Biodiversidad. (14 de enero de 2010). *La influenza de los criaderos industriales H1N1*. Gran. org. https://grain.org/es/article/entries/4120-la-influenza-de-los-criaderos-industriales-h1n1.

Block, A. y Scarpitt, F. (1985). *Poissoning for Profit. The Mafia and Toxic Waste in America*. William Morrow and Company. Boorstin, D. (1998). Historia de la imagen: de los pseudosucesos a la realidad virtual. En N. P. Gardels (ed.). *Fin de siglo: grandes pensadores hacen reflexiones sobre nuestro tiempo (pp. 234-249)*. McGraw-Hill.

Brenner, R. (2006). *La economía de la turbulencia global: las economías capitalistas avanzadas de la larga expansión al largo declive, 1945-2005*. Akal.

CartoCrítica. (10 de enero 2019). Tomas clandestinas en Pemex 2008-2015. *CartoCrítica*. https://cartocritica.org.mx/2019/tomas-clandestinas-en-pemex-2008-2015/

Ceceña, J. L. (1970). *México en la órbita imperial*. El Caballito.

Ceceña, J. L. (1994). *El capital monopolista y la economía mexicana*. UNAM.

Ceceña, J. L. (2007). *La nación mexicana frente a los monopolios*. Siglo XXI.

Chávez, L. (1997). *La agonía del artesanado mexicano*. Centro de México: Estudios Históricos del Movimiento Obrero Mexicano.

Cockcroft, J. D. Mexico's Revolution Then and Now, New York, Montly Review Press, 2010, p. 77.

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2019). *Diagnóstico sobre la situación de la trata de personas en México 2019*. https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/documentos/2019-08/DIAGNOSTICO_SITUACION_TDP_2019.pdf.

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2023). *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y*

recomendaciones para su atención integral. https://conahcyt.mx/evento/1er-informe-estrategico-cuenca-del-alto-atoyac-analisis-de-las-recomendaciones-y-nuevos-aportes-sesion-1-presentacion-del-primer-informe/.

Consejo Nacional para la Cultura y las Artes [Conaculta]. (1991). *Y esto tan grande se acabó: testimonios y relatos de los trabajadores de la fábrica textil "La Trinidad" Tlaxcala*. Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Comisión Nacional del Agua [Conagua]. (2021). *Inventario nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759492/Inventario_2021.pdf.

Cruz, M., Herrera-Sánchez, G. y Vargas-Villanueva, B. A. (2000). *Historia regional de Tlaxcala: perfil socioeconómico*. Limusa.

Dean, M., Bueno-Rodríguez, L., Ermida-Uriarte, O., Martínez, E. y Orsatti, A. (2011). *Outsourcing. Modelo en expansión de simulación laboral y precarización del trabajo*. Centro de Investigación Laboral y Asesoría Sindical (CILAS).

Dorling, D., Barfor, A. y Newman, M. (2008). *The Atlas of the Real World: Mapping the Way We Live/Daniel Dorling, Mark Newman and Anna Barford*. Thames and Houdson.

Echeverría, B. (1995). *La modernidad "americana": claves para su comprensión. Las ilusiones de la modernidad*. UNAM-El equilibrista.

Ewing, J. (2017). *El escándalo de Volkswagen. Cómo, cuándo y por qué Volkswagen manipuló las emisiones de sus vehículos*. Paidós.

Fal Butti, J. P. (2015). *Creación destructiva: ingeniería genética, geoeconomía y geopolítica del capital en el control, despojo y destrucción del Chaco argentino, (1990-2010) http://132.248.9.195/ptd2015/abril/0728776/Index.html*

Gamboa, L. (1985). *Los empresarios de ayer. El grupo dominante en la industria textil de Puebla (1906-1929)*. BUAP.

Gamboa, L. (coord.). (2000). *Historia e imágenes de la industria textil mexicana. Puebla, Tlaxcala y Veracruz*. Cámara de la Industria Textil de Puebla y Tlaxcala.

Gamboa, L. (2010). *Las actividades económicas. Negocios y negociantes en la ciudad de Puebla, 1810-1913*. BUAP.

González, D. (2008). *Polarización regional entre Puebla y Tlaxcala: la influencia de la industria automotriz*. DCSH, UAM-X.

Gómez, P. (1996). *Los gastos secretos del presidente*. Grijalbo.

González, L. (13 de septiembre de 2021). Nueva NOM de aguas residuales presionará precios de productos: IP. *El Economista*. https://www.eleconomista.com.mx/empresas/CCE-reprocho-que-no-se-haya-consultado-a-la-IP-por-NOM-001-SEMARNAT-2021-20210913-0075.html.

Granados, M. A. (1 de mayo de 2009). "La gloria o el infierno". *Reforma*. https://elpoderdelconsumidor.org/2009/05/granjas-carroll-y-la-epidemia-en-mexico/.

Heath, H. J. (1982). *Lucha de clases: la industria textil en Tlaxcala*. El Caballito.

Hernández Alcántara, M. (17 de mayo de 2007). Ecotérmica sigue acopiando residuos peligrosos de hospitales. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/2007/05/17/puebla/ecl102.php

Hernández, G. (7 de septiembre de 2015). Fundación ligada a Coca Cola quiere controlar el agua en Ocotepec, Puebla. Revista Proceso https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2015/9/7/fundacion-ligada-coca-cola-quiere-controlar-agua-en-ocotepec-puebla-151908.html

Hernández, G. (26 de abril de 2023). Juzgado obliga que concesionaria de los Hank Rhon cumpla con saneamiento en Puebla. *Revista Proceso.*

Hernández, J. (2023). Gentrificación periurbana y cambios socioterritoriales en la periferia de Puebla, México. *EURE* (Santiago) *49*(146), 1-23. https://doi.org/10.7764/eure.49.146.06

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC]. (2021). *Actualización 2018-2020 del Inventario Nacional de Sustancias Químicas. Informe Final*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/688869/1_-_Reporte_Final_INSQ_22-10-2021__4_.pdf

Jiménez, I. (2018). *H1N1, la pandemia que partió de Veracruz, México para expandirse por el mundo en 2009*. https://alef.mx/h1n1-la-pandemia-que-partio-de-veracruz-mexico-para-expandirse-por-el-mundo-anunciada-el-23-de-abril-del-2009/.

Juárez, H. (2004). *Allá donde viven los más pobres. Cadenas globales-regiones productoras. La industria maquiladora del vestido*. Universidad Obrera de México, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Universidad de Guadalajara, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Juárez H., Lara, A. y Bueno, C. (coords.). (2005). *El auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria del automóvil*. BUAP-Conahcyt.

Juárez, H. y Babson, S. (coords.). (1999). *Enfrentando el cambio. Obreros del automóvil y producción esbelta en América del Norte*. BUAP.

Kozlik, A. (1966). *El capitalismo del desperdicio, el milagro económico norteamericano*. Siglo XXI.

La Jornada. (18 de marzo de 2005). *Incendio en Tlaxcala: casi 8 mil desalojados; pérdidas de 3 mdd*. https://www.jornada.com.mx/2005/03/18/index.php?section=estados&article=043n1est

La Jornada del Campo. (22 de marzo de 2023). *Cuenca Atoyac-Zahuapan. Entre la devastación y la esperanza*. https://agua.org.mx/biblioteca/cuenca-atoyac-zahuapan-entre-la-devastacion-y-la-esperanza-la-jornada-del-campo/

Lauer, W. (1975). *Das Mexiko-Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft. El Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica*. Steiner.

Living Water International. (2013). *Anual Report* [Archivo PDF]. https://water.cc/wp-content/uploads/2020/04/2013AR.pdf.

López, L. (23 de abril de 2019). El niño cero que lucha por La Gloria; incubó la cepa H1N1 https://www.excelsior.com.mx/nacional/el-nino-cero-que-lucha-por-la-gloria-incubo-la-cepa-del-ah1n1/1308886

Marcuse, H. (2021). *El hombre unidimensional*. Austral.

Martínez, M. y Hernández, R. (2014). Trata de mujeres con fines de explotación sexual en Tlaxcala. *Urvio,* (14), 93-103. https://www.redalyc.org/pdf/5526/552656543007.pdf.

Méndez, J. S. (2008). *Problemas económicos de México*. McGraw Hill.

Michaels, D. (2008). *Doubt is Their Product. How Industry´S Assault on Science Threatens your Health*. Oxford University Press.

Michaels, D. (2020). *The Triumph of Doubt. Dark Money and the Science of Deception*. Oxford University Press.

Mokhiber, R. (1988). *Corporate Crime and Violence: Big Bussines Power and the Abuse of the Public Trust*. Sierra Club.

Mokhiber, R. (1999). *Corporate Predators: The Hunt for Mega-Profits and the Attack on Democracy*. Common Courage Press.

Mokhiber, R. (2005). *On the Rampage: Corporate Power and the Destruction of Democracy*. Common Courage Press.

Mondragón, A. (11 de marzo de 2018). Del sexenio morenovallista a la lista de millonarios de Forbes. *Status Puebla*. https://statuspuebla.com.mx/2019/09/21/los-tiburones-del-morenovallismo/

Montiel, Y. (2007). *Breve historia del sindicato independiente de Volkswagen en México*. Friederich Ebert, Stifftung.

Morley, J. (2008). *Our Man in México. Winston Scott and de Hidden History of the CIA*. University Press of Kansas.

Mota, J. (10 de mayo de 2007). En protesta por contaminación de Ecotérmica, suspenden clases en Santa Ana Xalmimilulco. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/2007/05/10/puebla/pue103.php

Mota, J. (19 de junio de 2007). Manipulados, los estudios de SSA en Xalmimilulco, dicen pobladores. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/2007/06/19/puebla/ecl107.php

Nader, R. (1965). *Unsafe at Any Speed: The Designed-In Dangers of the American Automobile*. Grossman Publishers.

Nader, R. (1973). T*he Consumer and Corporate Accontability*. Harcour Brace Jovanovich.

Nader, R. (1981). *Who's Poisoning America: Corporate Polluters and Their Victims in the Chemical Age*. Sierra Book Club.

Ortiz, I., Neri-Suárez, M., López-González, J. y Vilaboa-Arroniz, J. (2023). Análisis de la agricultura protegida y sus impactos socioambientales en tres municipios de la Sierra Nevada de Puebla, México. *Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades, 8(36), 1-14*. https://doi.org/10.46652/rgn.v8i36.1061

Packard, V. (1983). *Las formas ocultas de la propaganda*. Editorial Sudamericana.

Pansters, W. (1990). *La industrialización e industriales en Puebla, un bosquejo. en Historia y desarrollo industrial de México*. Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (Concamin), México.

Pansters, W. (1998). *Política y poder en Puebla: formación y ocaso del cacicazgo avilacamachista, 1937-1987*. Universidad Autónoma de Puebla, Fondo de Cultura Económica.

Pansters, W. (2000). *Historia regional de Puebla: perfil socioeconómico*. Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica.

Pries, L. (2000). Reestructuración productiva y estrategias de aprovisionamiento: el caso de la Volkswagen de México en la región de Puebla. *Región y Sociedad, 12*(19), 161-179. https://doi.org/10.22198/rys.2000.19.a757.

Puga, J. (5 de octubre de 2013). Uno de los heridos de la explosión del parque industrial Chachapa se encuentra muy grave. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/uno-de-los-heridos-en-la-explosion-del-parque-industrial-chachapa-se-encuentra-muy-grave/

Rajchemberg-Sznajer, E. (1995). Tradición e identidad: la clase obrera de Orizaba (1900-1920). *Estudios sociológicos de El Colegio de México 13(38)*, 395-407. https://doi.org/10.24201/es.1995v13n38.764.

Razo, J. (4 de septiembre de 2022). *Explosión e incendio en una bodega de residuos peligrosos en Amozoc. Central Puebla Irreverente*. https://www.periodicocentral.mx/pagina-negra-s/tragedias/explosion-e-incendio-en-una-bodega-de-residuos-peligrosos-en-amozoc/75134/.

Rico, L. y Ortega-Rubio, A. (2017). Paradojas de la ciencia: el polémico ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D). *Ciencia y Desarrollo, 43*(291), 106-111. https://www.researchgate.net/publication/321978254_Paradojas_de_la_ciencia_el_polemico_acido_24-diclorofenoxiacetico_24-D.

Romero, J. (2001). Factores que llevaron a la apertura comercial en México. Documentos de trabajo. Colmex https://cee.colmex.mx/dts/2001/DT-2001-4.pdf

Romero, M. E. (coord.). (1997). *La industria mexicana y su historia: siglos XVIII, XIX y XX*. Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.

Santana, A. (2011). *El Santuario de Cacaxtla*. Trillas.

Sánchez, A. A. (2015). *Patrimonio cultural en cinco sitios industriales textiles mexicanos*. BUAP.

Schreiber, G., E. Calderon y H. Schnelle (1998). Una historia sin fin. Eine Geschichte ohne ende. Puebla, VW de México.

Schumpeter, J. A. (1971). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Aguilar.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat]. (2021). *Programa Nacional de Remediación de Sitios Contaminados [Archivo PDF]*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/681183/PNRSC-2021-2024.pdf.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (s.f.). *Registro de emisiones y transferencia de contaminantes* (*2004–2020*). http://sinat.semarnat.gob.mx/retc/retc/index.php

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2022). *Estadística de producción agrícola*. https://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-estadisticos-de-la-produccion-agricola-generada-a-nivel-nacional/resource/954e91ac-3ee1-4c83-9e0d-936347ba6f0b

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica), (2023). Programa de trabajo integral del subcomponente servicio fitosanitario en apoyo a la producción para el bienestar y prevención, control o erradicación de plagas fitosanitarias en el estado de Puebla, del programa de sanidad e inocuidad agroalimentaria, ejercicio fiscal 2023, con recursos de origen federal

Servín, E. (2016). El delator, una figura cotidiana del alemanismo priista. *Antropología. Revista Interdisciplinaria del INAH*, (101), 144–156. https://revistas.inah.gob.mx/index.php/antropologia/article/view/11195.

Síntesis. (9 de abril de 2019). *Alarma explosión e incendio en Chachapa*. https://sintesis.com.mx/puebla/2019/04/09/explosion-incendio-chachapa/.

Sombart, W. (1905). *¿Por qué no hay socialismo en los Estados Unidos?* Capitan Swing.

Spindola. (2022). *Labor Omnia Vincit: Chipilo, entre el fascismo transnacional y el estado posrevolucionario, 1907-1982*. BUAP-SRE.

Taylor, B. (2004). *Volkswagen Military Vehicles of the Third Reich. An Illustrated History*. Da Capo Press.

Télévision Suisse Romande. (2009). *H1N1: pourquoi c'est tombé sur les mexicains?* http://www.archive.org/details/RecordandoLaGloria-UnNuevoDocumentalDeTelevisinRastreaLosOrgenes

The Minderoo Foundation. (2016). *The Global Slavery Index. https://respect.international/wp-content/uploads/2018/07/The-Global-Slavery-Index-2016-Walk-Free-Foundation.pdf.*

Trujillo, M. (2006). *Estructura socioeconómica y política de México. Un análisis interdisciplinario, crítico y constructivo*. Esfinge.

Tuman, J. y Morris, J. (1998). *Transforming the Latin American Automobile Industry*. Routledge.

Tutino, J. (2009). Soberanía quebrada. Insurgencias populares y la independencia de México: la guerra de independencias, 1808-1821. *Historia Mexicana,* (1), 11-75.

Valverde, C. (2005). Puebla: más allá de la retícula, más acá de la pobreza. *Ciudades,* (9), 161-177.

Veblen, T. (2014). *Teoría de la clase ociosa*. Alianza Editorial.

Veraza, J. (1992). Coyuntura actual y la subsunción real del consumo bajo el capital. *Momento Económico, (61), 9-15*. https://ru.iiec.unam.mx/2237/.

Veraza, J. (2008). *La subsunción real del consumo bajo el capital*. ítaca.

Villavicencio, J. M. (2014). *Industria y empresarios en Puebla 1940-1970. Una aproximación a la historia económica regional*. BUAP.

1.2 Historia socioambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Paola Velasco Santos
Hernán Salas Quintanal

INTRODUCCIÓN

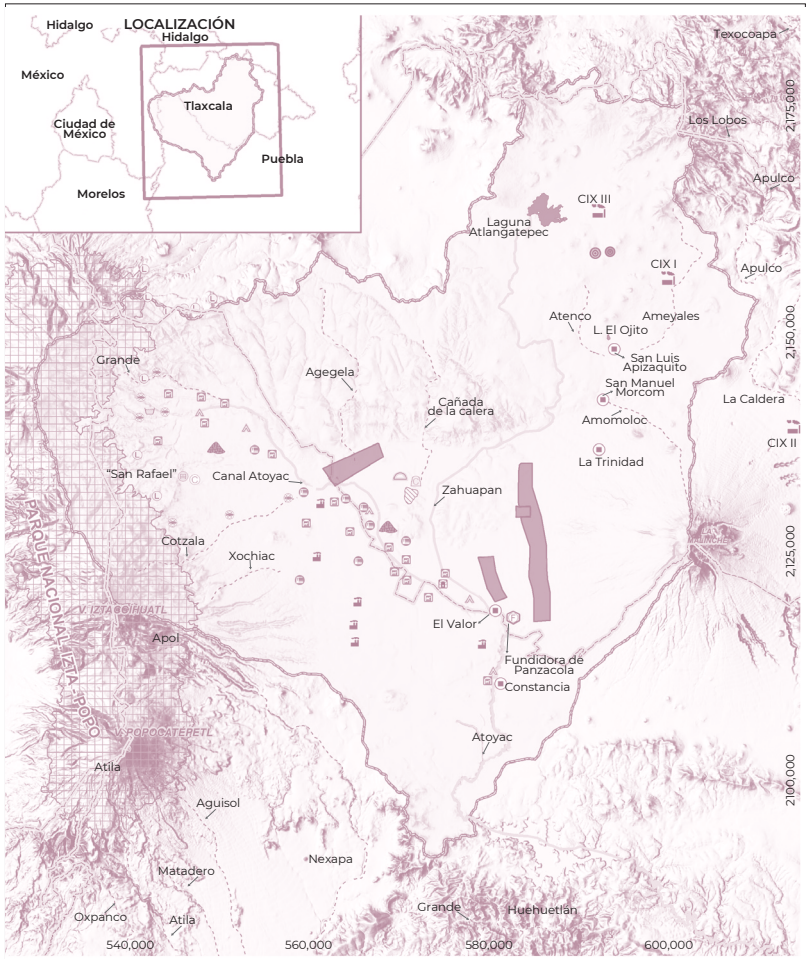
La cuenca alta del Atoyac es el resultado de cientos de años de una intensa e intrincada interrelación entre la especie humana y el medio ambiente. El hilo principal con el que se ha construido este territorio es indudablemente el agua; sus flujos, condicionados por las relaciones desiguales de poder, han contribuido a entretejer un entramado socioambiental complejo. El objetivo de este escrito es dar cuenta de cómo ese enredo de relaciones ha tomado forma, para con ello obtener una lectura profunda de las problemáticas socioambientales que hoy aquejan a la cuenca.

Ésta abarca dos estados de la República mexicana y, para narrar esta historia, la hemos delimitado desde el nacimiento de los principales ríos que la conforman: el Atoyac, que nace de los deshielos del volcán Iztaccíhuatl principalmente en el municipio de Tlahuapan, Puebla, y el Zahuapan que se origina en el municipio de Tlaxco en Tlaxcala, hasta después de la intersección que los une en un solo caudal antes de su ingreso en la ciudad de Puebla (mapa 1).

Para situar sociocultural e históricamente nuestra discusión retomamos los estudios etnográficos que hemos llevado a cabo durante 15

años en diversas localidades de la cuenca y que resultan ilustrativos de la constelación socioambiental que los flujos de agua y de poder han urdido, y que en otros textos hemos llamado ciclo hidropolítico (Velasco, 2020).

Mapa 1. Paisaje hidrosocial de la cuenca Atoyac-Zahuapan



Fuente: elaborado por Celia López con datos de INEGI (2022, 2010), CONANP (2022), Mapoteca Orozco y Berra e información de trabajo de campo.

En este mapa se ha vaciado información histórica y etnográfica, de manera que se puede observar que la transformación del ciclo hidrosocial inicia con las primeras ocupaciones humanas que se aprecian en los sitios arqueológicos. Luego hemos marcado las principales haciendas y ranchos que se instalan desde el siglo XVI y las fábricas e industrias desde el XIX, con énfasis en las del siglo XX y actuales. En el mapa se puede apreciar claramente que estas instalaciones se articulan estrechamente con los cursos de agua. Además, se puede apreciar la diversidad de actividades económicas y laborales que inciden en la transformación de dicho ciclo y en los modos de vida de la población, como los empleos y ocupaciones formales e informales en el sector industrial, comercial y de servicios.

HISTORIA SOCIOAMBIENTAL

El corazón hidrosocial de la cuenca es el valle de Nativitas, formado por 15 municipios (González-Jácome 2008; Galicia, 2010) en la parte noroeste del valle Puebla-Tlaxcala al oriente del altiplano central mexicano. Por su ubicación privilegiada, sus planicies, delimitadas por los ríos Atoyac y Zahuapan, son una zona de descarga y acumulación de agua subterránea que proviene de zonas elevadas, como la Matlalcuéyetl (La Malinche) y los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl (Velasco, 2017, p.12). Debido a que el agua derivada de estos escurrimientos se encuentra muy cerca de la superficie y los suelos tienen poca capacidad de filtración, esta zona se caracterizó por ser de ciénegas y pantanos (Wilken, 1969), además de contener una gran laguna. La abundancia de agua se relaciona con un poblamiento temprano. Especialistas han calculado que grupos sedentarios se asentaron en el valle desde 1 200 a.n.e (Abascal y García Cook, 1996; Serra y Lazcano, 2011).

Además del agua y la tierra, los volcanes como el Popocatépetl y el Iztaccíhuatl, así como la Matlalcuéyetl, jugaron un papel importante en la configuración del entramado socioambiental del valle. Por un lado, son parte fundamental en la captación y producción de agua que alimentó

las partes bajas y generó una zona lacustre rica en alimentos y materias primas diversas, además de que estas formaciones servían de ejes en la configuración espacial de los asentamientos y centros ceremoniales, y figuras importantes en la cosmovisión. Por otro lado, el Popocatépetl hizo erupción en dos ocasiones afectando el área circundante a la sierra nevada.

Según algunos estudios (Siebe et al., 1996, 2004; citados en Kabata et al., 2014) la primera erupción, por ejemplo, destruyó la vegetación en un radio de 30 km devastando varios asentamientos del periodo formativo, además de que los depósitos de material volcánico modificaron el sistema hidrológico al rellenar los flujos de agua con material piroclástico. La contaminación del agua, aire y tierra hizo imposible la actividad humana en la región y por lo tanto provocó un movimiento poblacional importante. En el caso del centro ceremonial y administrativo de Xochitécatl-Cacaxtla, el abandono posterior a la segunda erupción fue definitivo (ver Serra y Lazcano, 2012).

Pese a estos movimientos poblacionales, la ocupación del valle ha sido constante e intensa. Si bien desde el inicio del poblamiento coprodujeron el entorno a través de la recolección y la caza, y la reproducción de una vida lacustre, el inicio de una transformación más visible del paisaje y del ciclo hidrosocial se da a partir del establecimiento de una relación más activa con el agua y una intervención de sus flujos. Para decirlo de otra manera, la agricultura de riego representa un parteaguas en la transformación del arreglo hidrosocial de la cuenca. De esta actividad ha quedado evidencia arqueológica con depósitos de agua y represas que se pueden datar al periodo entre el 800 y 300 a.n.e, primera etapa de ocupación de Xochitécatl-Cacaxtla (Abascal y García Cook, 1996; Serra y Lazcano, 2011). Este complejo ceremonial y administrativo forma parte de la llamada Mesoamérica nuclear (Serra y Lazcano, 2016) y durante la segunda etapa de ocupación (650 y 950 e.c.) los residentes del valle, aprovechando la riqueza hídrica y la alta fertilidad del suelo, desarrollaron canales de agua que se alimentaban de los ríos, lagunas y manantiales;

posteriormente establecieron una relación de mutua cooperación con la abundancia de agua y lograron aumentar la producción de alimentos con sistemas de chinampas y camellones. Esta relación generó las condiciones para el establecimiento de gobiernos más centralizados y militarizados, así como la creación de clases sociales definidas (Abascal y García Cook, 1996, p. 34; Serra y Lazcano, 2011, pp. 166-167).

Alrededor del mismo periodo formativo, es decir, contemporáneo de Xochitécatl-Cacaxtla, en las faldas del volcán Iztaccíhuatl se conformaba el sitio de la "Pedrera" o Tlalancaleca, un asentamiento prehispánico importante que de acuerdo con sus más recientes estudiosos se puede considerar un centro urbano con arquitectura monumental que, junto con otros centros urbanos de menor tamaño, como Tetimpa en Cholula, ejerció una influencia arquitectónica, iconográfica y de cultura material sobre Teotihuacan (García Cook, 1984, 1981; Murakami et al., 2017). El sitio está flanqueado por barrancas y corrientes que provienen de los deshielos de los volcanes y del agua formada en los bosques de la Sierra Nevada, flujos que forman el río Atoyac.

Las plataformas que conforman el sitio no tienen una alineación evidente, pero su calzada principal se dirige claramente hacia el manantial del que seguramente dependían y que se presume era un punto importante de interacción social y religiosa (Murakami et al., 2017, p.464). La meseta en la que se encuentran todas las plataformas es una manifestación de las "montañas de agua" mesoamericanas, una tradición cultural en el centro de México.

Tanto Tlalancaleca como Xochitécatl-Cacaxtla fueron sitios de suma importancia en la conformación histórica cultural del altiplano central mexicano y fuerte influencia de Teotihuacan, una de las ciudades prehispánicas de mayor relevancia. Si bien no hay evidencia de una relación estrecha entre ambos sitios, quizá sólo a través de una posible ruta de intercambio comercial (Kabata et al., 2014, p. 99), se podría sugerir que estaban conectadas por el agua, principalmente por el río Atoyac y las corrientes tributarias que se escurren por barrancas y cauces, y que su

instalación, permanencia y florecimiento estaba condicionada en buena medida por la presencia del vital líquido. Desde tiempos prehispánicos, pues, el agua regía los ritmos económicos y las relaciones sociales de las poblaciones y contribuyó a la conformación de sistemas culturales de gran importancia en el altiplano mexicano que han perdurado hasta nuestros días.

De igual manera, el agua fue relevante para el proceso de conquista y la consolidación de La Colonia. El ciclo hidrosocial de la cuenca volvió a reconfigurarse dramáticamente a partir de mediados del siglo XVI debido a la redistribución y acaparamiento de tierras a través del sistema de haciendas, a la edificación de las ciudades de Puebla de los Ángeles y Tlaxcala de Xicohténcatl, de iglesias y conventos para estas ciudades y otros núcleos humanos.

Para dichas construcciones se desmontaron grandes extensiones de bosque. Trautmann (1981, p. 226) encontró que desde 1560 el Cabildo de Tlaxcala determinó poner vigilantes en La Malinche para controlar la tala que ya había diezmando los bosques en los alrededores de Puebla y estaba provocando una fuerte erosión en las zonas boscosas de Tlaxcala. De tal suerte que el agua, la tierra y los bosques jugaron un papel protagónico en la conformación de una geografía del poder particular, y a su vez un ciclo hidrosocial dominado por una élite terrateniente. Para el caso de Tlaxcala:

> La consolidación de las haciendas en el sur de Tlaxcala fue un proceso complejo que implicó la movilización de intereses políticos, económicos y ambientales de la Corona, los inmigrantes españoles, la nobleza india y los macehuales, pero que consolidó una geografía del poder que aisló la producción agrícola de las poblaciones nativas y concentró en una minoría el control sobre los recursos tierra y agua. Esta geografía se conservó hasta los movimientos armados revolucionarios en los albores del siglo XX (Velasco, 2017, p.70).

La parte alta de la cuenca no fue ajena a este proceso y, al igual que en la parte baja, hubo presencia de haciendas muy tempranamente. A decir de la cronista del valle de Texmelucan (s/f), la más antigua era la Hacienda de Apapastla (o Apapaxco), y las de San Nicolás Ixtlahuacan y Santa Rita Tlahuapan. Además, existieron grandes haciendas-fábricas como la Hacienda Molino de Guadalupe ubicada en los límites entre los hoy municipios de Tlahuapan y Tlalancaleca, y que además de la agricultura y las labores del molino de trigo se dedicaban a la explotación forestal.

Al incorporar otras fincas a las propiedades de Molino de Guadalupe, como la Hacienda de Coltzingo, instalaron en sus inmediaciones varias fábricas: La Asunción, de loza, y otras dos fábricas textiles, San Félix y La Asturiana. Para el siglo XIX esta hacienda contaba con un aserradero y una tienda de muebles finos. En el siglo XX, parte de las 13 000 hectáreas pertenecientes a la Hacienda Molino de Guadalupe formaron parte de la Unidad Industrial de Explotación Forestal San Rafael México que se encargó de explotar sin control durante 40 años los bosques de municipios del Estado de México, Puebla y Morelos para la producción de papel de la fábrica de San Rafael, proceso que abordaremos más adelante.

En comparación con otros distritos en Tlaxcala, en el valle de Nativitas no hubo grandes concentraciones de tierra, sin embargo, aquí se ubicaron las haciendas más productivas y de mayor valor (Heath, 1982). La abundancia de agua y la modificación del curso de los ríos principales (Atoyac y Zahuapan) permitieron la expansión de la producción de trigo, maíz, cebada, hortalizas, así como la ganadería y cultivo de magueyes en las zonas altas (Trautmann, 1981; Luna, 1993). El trigo, el maíz y la cebada fueron los cultivos preferidos, y por lo menos el trigo necesitaba grandes cantidades de agua que fueron facilitadas por los ríos.

El agua de los ríos Atoyac y Zahuapan fue el motor de la productividad de las haciendas, y también gran impulsora de pequeños obrajes textiles desde mediados del siglo XVI hasta bien entrado el siglo XIX (González, 2006; Rendón, 2005). Como sugiere Velasco (2017, p. 87):

Durante la colonia, las disputas por controlar las tierras y el agua en la zona derivaron en la proliferación de las haciendas y el modo de agricultura europea, delegando las formas de control del agua nativa, el aprovechamiento de la abundancia de agua y los tipos de productos cultivados.

El declive de las haciendas y el reparto agrario posterior a la Revolución mexicana dio paso a la fragmentación territorial de grandes extensiones ocupadas por las haciendas y la conformación de la propiedad social (ejidos y propiedad comunal), lo que significó un cambio en el ordenamiento productivo, con la ampliación de áreas agrícolas y las destinadas a la ganadería.

Si bien, como hemos señalado, el proceso de reconfiguración de la cuenca comienza antes de nuestra era y se acelera en La Colonia con el desmonte de los cerros para la construcción de la ciudad de Puebla, las haciendas y los obrajes textiles, se considera que es a finales del siglo XIX cuando, debido al desarrollo de los sistemas productivo y económico, se intensifica la generación de desechos y se desencadena la contaminación y sobreexplotación del agua que podemos observar localmente hasta la actualidad. A través de los diferentes ciclos de acumulación, en estos años se pueden identificar con claridad las actividades que determinan el uso de tierra, agua y mano de obra, y que sobrepuestas a lo largo del tiempo confluyen en un paisaje altamente deteriorado y vulnerable, como se ha documentado desde hace algunos años (Salas y Rivermar, 2014).

El ciclo hidrosocial de la cuenca ya había sido afectado desde el siglo XVI con la deforestación de La Malinche; sin embargo, éste se volvió a alterar hacia finales del XIX con la explotación desmedida de los bosques de la Sierra Nevada, cuando buena parte de éstos se destinaron a la papelera ubicada en San Rafael Tlalmanalco, Estado de México. Si bien la declaración del Parque Nacional Izta-Popo en los años treinta representó cambios y estableció normas de protección ambiental, esta política conservacionista fue vulnerada y terminó por privilegiar a la

industria papelera, ya que en 1948 se redujo el área de protección del Parque Nacional a los límites actuales para privilegiar las actividades de extracción de la papelera. En este momento se establece la obligatoriedad, a través de concesiones a los ejidos y comunidades, de entregar la madera extraída de los bosques ejidales y comunales de parte del Estado de México, Puebla y Morelos, a la papelera, en uno de los actos más claros de componenda entre la política pública y los intereses de la empresa privada.

La expansión de estos intereses en la cuenca se materializó en haciendas y ranchos, pero también en la industria textil que, aprovechando la abundancia de agua y mano de obra, se favoreció sobre todo por la cercanía a las principales ciudades productivas, comerciales y de consumo (Puebla, México), así como por los movimientos de mercancías en el cercano Puerto de Veracruz. Un factor crucial para que estas fábricas se pudieran consolidar fue la construcción de las vías férreas que atravesaron tanto Puebla como Tlaxcala, conectando todos los puntos de interés productivo y de distribución de mercancía. En 1873 y en 1890 se inauguraron el Ferrocarril Mexicano y el Ferrocarril Interoceánico respectivamente (Ramírez, 1990; Rendón, 2005).

El uso del agua con fines industriales, que estaba concentrada en ranchos y haciendas, se acelera a finales del XIX con las mencionadas fábricas textileras y la papelera de manera indefinida, en cuyo interior se construyeron y coexistieron con actividad agropecuaria, dando inicio a la producción en masa de la actividad fabril. De tal suerte que se ubicaron corredores o *clusters* industriales en diferentes puntos de la cuenca a partir de mediados del siglo XIX que acapararon agua, tierra, mano de obra y se valieron de la infraestructura caminera y de transporte, como abordaremos más adelante.

Raymond Buvé (2010), por ejemplo, sugiere que entre 1880 y 1910 se consolidó un corredor industrial desde Atlixco hasta la ciudad de Puebla, Tlaxcala y Veracruz que enriqueció a una élite de familias empresariales

que acapararon fábricas, haciendas, almacenes y molinos.[1] El agua se concibió desde La Colonia como impulsora del desarrollo agrícola y, posteriormente, como motor de la modernización industrial y desde entonces su uso y distribución tuvo motivaciones políticas ajenas a intereses sociales y ambientales. Puebla y Tlaxcala concentraron un auge fabril que fue impulsado por políticas estatales a través de la construcción de vías de comunicación como los ferrocarriles y otros caminos, así como por facilidades fiscales.

En Puebla se instaló en 1835 La Constancia Mexicana, la primera fábrica mecanizada del país en los márgenes del río Atoyac. Poco después, en 1837 se establecieron otras cuatro, movilizadas con la fuerza hidráulica del río (Heath, 1982; González Jácome, 1991). En Tlaxcala se instalaron las fábricas El Valor (1839-1845), La Josefina (1881), La Tlaxcalteca (1881) y La Alsacia (1887), ubicadas en Panzacola y Zacatelco, en los límites con Puebla. En la región centro sur de Tlaxcala se instalaron las fábricas de San Manuel Morcón (1876), en San Miguel Contla; La Trinidad (1884), en Santa Cruz Tlaxcala; Santa Elena (1888), en Amaxac de Guerrero; La Estrella (1876), en Xicohténcatl (1894); La Providencia (1901) en Santa Ana Chiautempan y, por último, San Luis Apizaquito (1899), en lo que entonces era el municipio de Tetla (Peñafiel, 1890 en Santibáñez, 2016) y que corresponde a Apizaco.

En ese periodo, además de las industrias textiles, se instalaron dos fundiciones de fierro y bronce en Panzacola y Apetatitlán, dos fábricas de vidrio en Chiautempan y Apizaco, y una fábrica de papel, San Carlos, ubicada en el municipio de Santa Cruz (Santibáñez, 2016). Todas estas industrias instaladas en los márgenes de los ríos principales como el Atoyac y el Zahuapan, pero también de corrientes secundarias o tributarias, dependían de esas aguas como fuerza hidráulica, como insumo para

[1] Tan solo en Atlixco, por ejemplo, las fábricas textiles de La Concepción y La Carolina, fundadas en 1840 y 1865 respectivamente, sentaron las bases para la instalación de más fábricas algodoneras como el León, El Carmen y el Volcán, San Agustín y Metepec, inauguradas en un corto periodo entre 1899 y 1902 (Gamboa, 2001).

la producción y también, desde entonces, sus cauces como receptores de desechos industriales y otros desperdicios.

La expansión industrial de finales de siglo XIX consolidó élites empresariales que controlaron los recursos agua y tierra, pero también impulsó una movilización poblacional importante, así como transformaciones sustanciales en las formas de vida de las personas. En la cuenca:

> La expansión de las haciendas y la industria en el valle de Tlaxcala-Puebla se dio a costa de las tierras más fértiles de las comunidades, de la contaminación y acaparamiento de las corrientes de agua y la sobreexplotación de la mano de obra, provocando fuertes cambios en los patrones productivos, culturales e incluso familiares. El trabajo asalariado, la inestabilidad de las fábricas y el despojo de los medios de producción (agua y tierra) de muchos habitantes de la región incentivaron un patrón de migración y movilidad laboral (fuera o dentro del valle) que sigue vigente (Velasco, 2017, p. 100).

Posteriormente, se inició la parcelación y fraccionamiento de los ejidos y el reacaparamiento de los derechos de agua de riego, encauzado por un proceso conocido como contrarreforma agraria, que se oficializó en 1992 con el cambio del artículo 27 constitucional que establece la propiedad individual y que implica, entre otras consecuencias, la inserción de las actividades económicas y productivas en la lógica de la expansión capitalista y del modelo agro comercial. El debilitamiento de los ejidos, la carencia de ingresos y dificultades para la subsistencia de la población, la abundancia de mano de obra y el énfasis en las políticas industrialistas de los gobiernos de Puebla y Tlaxcala dieron inicio, después de mediados del siglo XX, a la llamada industrialización.

El modelo nacional de industrialización fue estimulado por incentivos fiscales para dinamizar la economía y las inversiones privadas. A partir de los años sesenta del siglo XX, los gobiernos de Tlaxcala y Puebla inician la instalación progresiva de zonas industriales que se distribuyen en toda la región de acuerdo a la infraestructura disponible y la cercanía

a los cuerpos y corrientes de agua: parques industriales de Calpulalpan, Ixtacuixtla, Xiloxoxtla y Volkswagen; áreas industriales Atlangatepec y Velazco; corredores industriales Cuautlancingo, Apizaco, Quetzalcóatl, Malinche y Panzacola; ciudades industriales Xicohténcatl I, II y III, Textil y San Miguel (López, 2014, p. 251). El espacio sobre el cual se impusieron estos grandes parques industriales eran otrora tierras de propiedad ejidal que fueron en su mayoría expropiadas por el Estado, fortaleciendo la priorización del sector industrial sobre el agrícola.

El desarrollo de una economía agropecuaria de consumo interno nacional que permitiera contener los salarios de la clase obrera industrial urbana y crear un depósito de fuerza de trabajo en los pueblos rurales (Salas, 2015), funcionaron como incentivos para la inversión privada. La reestructuración del sistema económico capitalista mundial en los años ochenta del siglo xx desplazó las políticas proteccionistas y otorgó mayor centralidad al mercado en la distribución de los recursos y en la definición de los actores económicos preponderantes, con el fin de estabilizar el sistema y el afianzamiento de un modelo de agronegocios a través de articulaciones con los mercados agroalimentarios internacionales, aprovechando las ventajas climáticas, los privilegios fiscales, las débiles regulaciones ambientales y la devaluación de la mano de obra (Salas y Rivermar, 2011).

Las economías campesinas de la región se vuelven un débil resguardo de la mano de obra y un estrecho refugio de las tradiciones culturales, testigos infructuosos del deterioro ambiental, la sobreexplotación y uso desmesurado del agua con fines comerciales (Salas y Velasco, 2014). En el contexto neoliberal se modificó profundamente el ciclo festivo que articulaba al ciclo agrícola, así como la organización del grupo doméstico y los ordenamientos sociorreligiosos fundados en el histórico sistema de cargos (González y Salas, 2012), de manera que hoy,

> ... debemos preguntarnos en qué condiciones el papel de esa unidad que llamamos grupos doméstico, familia rural, cuya función principal ha sido la

> producción de alimentos que posibilitan la reproducción material y biológica de la fuerza de trabajo, y con ello la reproducción cultural, sigue vigente (Salas, 2015, p. 95).

La fragmentación industrial, la crisis de las economías campesinas y la regulación de las actividades forestales y silvícolas derivaron en otro ciclo de acumulación caracterizado por la llamada globalización. Los rasgos principales de esta oleada son la supremacía del capital financiero y con esto la fragmentación industrial y la flexibilidad laboral que se observa en pueblos especializados en la maquila de ropa (San Mateo Ayecac, Tepetitla, San Baltazar Temaxcalac, Santa Ana Xalmimilulco, entre muchas otras localidades); en la elaboración de tacos de canasta (San Vicente Xiloxochitla) de quesadillas y alimentos derivados del maíz (Santa Ana Nopalucan); en la fabricación de calcetines en talleres domiciliarios y pequeñas fábricas (San Rafael Ixtapalucan); en el transporte de mercancías (Santa Rita Tlahuapan); en la recolección y procesamiento de residuos (Villa de las Flores), etc.

Este es un fenómeno que parece contradecir la terciarización de la economía y que, sin embargo, fomenta el aumento de pequeñas formas de ganarse la vida con la instalación de tienditas de todo tipo y tamaño en el marco de una red urbana no planeada que es evidente en el caótico crecimiento de los pueblos de la región, en lo que respecta a la distribución de agua potable, instalación de drenajes, recolección de basura, y otros servicios básicos.

Las familias se ven orilladas a reformular sus habilidades para hacer la vida, de manera que sus miembros y los habitantes rurales en general diversifican, movilizan y dimensionan sus recursos humanos y bajan sus expectativas para alternarse en mercados de trabajo fabril, en servicio, comercial y "emprendimientos" que hoy muestran un panorama de gran deterioro en su calidad de vida, lo que es más evidente en las nuevas generaciones (Salas et al., 2022).

El distanciamiento del trabajo agrícola de una buena porción de la población de la cuenca, sobre todo, en población más joven, no ha eximido a las personas de la exposición a tóxicos emanados de las corrientes superficiales y de las fábricas atomizadas en todos los rincones de la cuenca. Este paisaje es uno de gran precariedad de vida que se expresa en el medioambiente, en la alimentación, en las enfermedades, y en la debilidad para hacer frente a los fenómenos que amenazan incluso su integridad como la violencia y la ilegalidad, o para enfrentar las crisis como se pudo observar claramente en la última pandemia por covid-19 (Salas et al., 2021; Salas y Pérez, 2023).

Estos procesos significan, para la zona, cambiar el uso del agua hacia la industria, y la utilización definitiva de las corrientes de agua para verter desechos industriales y desagües domésticos, drenajes que también son ocupados por pequeños talleres y maquilas familiares domiciliarias, así como por las grandes plantas industriales. Esta etapa se caracteriza por el incremento descontrolado en la generación de desechos urbanos, industriales y domésticos.

En este contexto, en lo que corre del siglo XXI se suman la propagación de pequeños comercios locales y diversificación de cultivos (árboles frutales, viñas, nogales); los trabajos vinculados al turismo como parques temáticos, áreas de campamento, avistamiento de aves y luciérnagas, micoturismo, senderismo, entre otros; la producción de tacos, pan de fiesta, tortillas, quesadillas y fuegos artificiales; las ocupaciones concernientes a economías ilícitas como el huachicoleo[2] de gasolina y gas.

El actual ciclo de acumulación disminuye las posibilidades laborales y restringe las actividades económicas a lo que *es posible* para el mantenimiento y reproducción de la población. Estas actividades, otra vez, imponen cambios en la generación y acumulación de desechos, en el desplazamiento en el uso de los recursos tierra y agua y en la diversificación de los riesgos.

[2] El huachicoleo es la extracción ilegal de hidrocarburos o gas directamente de los ductos.

Por su ubicación, centralmente interconectado, la historia contemporánea del valle Puebla-Tlaxcala pone

> … en evidencia procesos de acumulación ligados a su papel como abastecedor de materias primas para el mercado interno, en particular, del centro del país, así como de fuerza de trabajo, procesos que han apuntalado la expansión del capitalismo nacional en distintos momentos. La introducción de sus pobladores a los mercados laborales regionales y su cercanía con la capital del país y su zona de influencia ha marcado también sus vidas y sus desplazamientos por el territorio [además contribuye a] romper con las fronteras teóricas ficticias que existían entre lo que representaba 'lo rural' (agrícola) y lo 'urbano' (industria y ciudad) [y] permite precisamente evidenciar las relaciones desiguales de poder y subordinación a la que los colectivos e individuos son sometidos, pero también las negociaciones y contestaciones que éstos desarrollan ante el poder hegemónico (Salas y Velasco, 2013, p. 12-13).

CONCLUSIONES

Las transformaciones sociales y las pequeñas economías que impulsan los habitantes en su esfuerzo cotidiano para hacer sus vidas no pueden explicarse solamente por los cambios estructurales, de manera que el trabajo etnográfico realizado busca poner de relieve la presencia de redes sociales y de parentesco, formas de convivencia combinadas con lógicas de mercado que incluye su inserción en diferentes actividades y espacios laborales, y una particular alternancia entre la producción y la reproducción que se observa en sus condiciones actuales y en la definición de la calidad/precariedad de sus vidas.

Las actividades mencionadas, incluidas la extracción y contaminación del agua, se yuxtaponen en forma de palimpsesto, dando paso a un paisaje complejo que en su interior acumula diferentes actividades humanas en el territorio y, como hemos señalado, diferentes ciclos de

acumulación que han dejado huellas persistentes en el espacio físico tanto como en las vidas de las personas. Desde la publicación del libro *Nativitas, Tlaxcala. La construcción en el tiempo de un territorio rural en 2014* (Salas y Rivermar, 2014) que concentró parte de las investigaciones realizadas años antes por nuestro equipo de trabajo, advertimos que, dentro del sistema capitalista, el modelo económico, productivo y ambiental tendía a recrudecer las desigualdades y las problemáticas socioambientales y que no se apreciaba que estas tendencias se atenuaran.

Después de casi 10 años de la publicación, podemos constatar que los efectos del modelo se han agudizado, el ejido ha perdido peso como un colectivo de representación política y actor productivo, y la "figura de campesino, complejo en su dimensión histórica, ha intentado ser reducida a un simple productor agrícola [...] productor de subsistencias" (Salas y Rivermar, 2014, p. 12).

En términos del trabajo, registramos el "fracaso de los paradigmas laborales que buscaban la especialización de la mano de obra para lograr una mayor productividad y de un proyecto histórico de nación que buscaba la autosuficiencia alimentaria con base en la consolidación de un aparato productivo" (Salas y Rivermar, 2014, p. 13), situaciones que han dado lugar, según lo observado en campo, al consumo desmedido de alimentos industrializados con efectos en la salud, así como la precarización del trabajo en todas sus dimensiones.

El incremento y las complicadas formas de contaminación del agua de los ríos, sumado a los cambios climáticos, ha tenido efectos negativos en la tierra y en la productividad del suelo, en un panorama en el que las familias han entretejido complejos arreglos socioeconómicos, formas de negociar, resistir y adaptarse al contexto ambiental, laboral, social y político de manera subordinada, donde las relaciones desiguales de poder son evidentes (Velasco, 2014).

Observamos en la región diversas formas de ganarse la vida, habilidades y destrezas laborales, múltiples mecanismos que las personas desarrollan y que no han mejorado su calidad de vida. Así lo visualizamos

desde hace años en nuestras primeras investigaciones en la región. Si algo tiene, entonces, el capitalismo, es que es predecible y por esta razón hemos vuelto a insistir en que, conocedores de la trayectoria que sigue el modelo, en este punto de la historia es necesario repensar el futuro inmediato.

REFERENCIAS

Abascal M. R. y García Cook, Á. (1996). Sistemas de cultivo, riego y control de agua en el área de Tlaxcala. En L. Mirambell (coord). *Antología de Tlaxcala,* Vol. 1 (pp. 332-345). Instituto de Antropología e Historia, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

Buve, R. (2010). *Amores y odios compartidos. Puebla y Tlaxcala (1800-1920).* Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Galicia, E. (agosto de 2010). *Rasgos generales de funcionamiento del sistema hídrico y el desarrollo socioeconómico en el ambiente acuático de la planicie Tlaxcala, subcuenca Puebla-Tlaxcala. Siglos XVI-XX.* Ponencia presentada en el Segundo Congreso Nacional Red Temática del Agua.

Gamboa Ojeda, L. (2001). *La urdimbre y la trama. Historia social de los obreros textiles de Atlixco, 1899-1924*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

García Cook, Á. (1981). The Historical Importance of Tlaxcala in the Central Highlands. En V. Bricker y J. Sabloff (eds.). *Supplement to the Handbook of Middle American Indians 1*: *Archaeology*, (pp. 244–276). University of Texas Press.

García Cook, Á. (1984). Dos elementos arquitectónicos "Tempranos" en Tlalancaleca, Puebla. *Cuadernos de Arquitectura Mesoamericana,* (2), 29-32.

González de la Fuente, I. y Hernán Salas Q. (2012). Community Projects in the Era of Globalization: The Case of a Local Rural Society in Mexico. *Anthropological Notebooks, 18*(1), 41–64.

González Jácome, A. (1991). Evolución de la industria textil en Tlaxcala. Siglo XIX y primera mitad del XX. En A. González Jácome (comp.). *La*

economía desgastada. Historia de la producción textil en Tlaxcala (pp. 13-42). Universidad Autónoma de Tlaxcala.

González Jácome, A. (2008). *Humedales en el suroeste de Tlaxcala. Agua y agricultura en el siglo XX*. Universidad Iberoamericana.

González G., D. (2006). La industrialización como detonante de procesos históricos de polarización regional: el caso de la región de Puebla-Tlaxcala. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, XI*(676), 742-798.

Heath, C. e Hilaria, J. (1982). *Lucha de clases. La industria textil en Tlaxcala*. El Caballito.

Haasmann, L. (s.f.). *Texmelucan Blog*. http://texblog-cronista-tlahuapan.blogspot.com/

Kabata, S., Murakami, T., López, J. M. y Chávez, J. J. (2014). Dinámicas de interacción en la transición del Formativo al Clásico: los resultados preliminares del Proyecto Arqueológico Tlalancaleca, Puebla 2012-2014. *Boletín del Instituto de Estudios Latinoamericanos de Kyoto, 12*, 73-105.

López Miguel, C. (2014). Cartografía de Nativitas. En H. Salas y L. Rivermar (eds.). *Nativitas, Tlaxcala. La construcción en el tiempo de un territorio rural* (pp. 225-268). IIA-UNAM.

Luna Morales, C. del C. (1993). *Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales de la antigua ciénaga de Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Chapingo.

Murakami, T., Kabata, S., López J., Julieta M. y Chávez V., J. J. (2017). Development of an Early City in Central Mexico: The Tlalancaleca Archaeological Project. *Antiquity, 91*(356), 455-473.

Ramírez Rancaño, M. (1990). *El sistema de haciendas en Tlaxcala*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Rendon Garcini, R. (2005). *Breve historia de Tlaxcala*. Fideicomiso de las Américas, El Colegio de México, Fondo de Cultura Económica.

Salas Quintanal, H. (2015). Migración y retorno laboral: ¿son los poblados rurales lugares de refugio? *Revista LÍder, 26*, 77-99.

Salas Quintanal, H., González-Fuente, I. y Hernández Flores, D. (2022). Mobility and Vulnerability in the School-To-Work Transition of Rural Youth in Mexico. *Revista de Currículum y Formación de Profesorado, 26*(3), 32-50.

Salas Quintanal, H. y Pérez Castro, A. B. (eds.). (2023). *La década covid en México: afectaciones a las poblaciones rurales en México*, tomo 3. UNAM Coordinación de Humanidades, IIA, SUIER-UNAM.

Salas Quintanal, H. y Rivermar, L. (2011). Nuevas ruralidades en el sur de Tlaxcala. En H. Salas, L. Rivermar y P. Velasco (eds.). *Nuevas ruralidades. Expresiones de la transformación social en México* (pp. 139-163). Ed. Juan Pablos, PAPIIT-DGAPA, IIA- UNAM.

Salas Quintanal, H. y Rivermar, L. (eds.). (2014). *Nativitas, Tlaxcala. La construcción en el tiempo de un territorio rural*. IIA-UNAM.

Salas Quintanal, H. y Velasco Santos, P. (2013). Los rostros rurales de dominación en el neoliberalismo actual. *Revista Márgenes, 10*(13), 7-14.

Salas Quintanal, H. y Velasco Santos, P. (2014). Los efectos socioambientales de la contaminación del río Atoyac en Nativitas. En H. Salas y L. Rivermar (eds.). *Nativitas, Tlaxcala. La construcción en el tiempo de un territorio rural* (141-164). IIA UNAM.

Salas Quintanal, H., Velasco, P., González A. y López, C. (2021). La pandemia de covid-19: significados y consecuencias en los modos de vida en Tlahuapan, Puebla. *Revista Mexicana de Sociología, 3*(83), 159-191.

Santibáñez Tijerina, B. E. (2016). El proceso de industrialización en Tlaxcala y su relación con el empresario porfirista Ángel Solana. *Boletín Americanista, LXVI*(73), 137-157.

Serra Puche, M. C. y Lazcano, C. (2011). *Vida cotidiana. Xochitécatl-Cacaxtla, días, años, milenios*. IIA-UNAM.

Serra Puche, M. C. y Lazcano, C. (2012). Abandono y retorno en el sitio de Xochitécatl-Cacaxtla, Tlaxcala. *Revista de Arqueología Americana, 30*, 43-59.

Serra Puche, M. C. y Lazcano, C. (2016). *El mezcal, una bebida prehispánica. Estudios etnoarqueológicos*. IIA-UNAM.

Trautmann, W. (1981). Las transformaciones en el paisaje cultural de Tlaxcala durante la época colonial. Una contribución a la historia de México bajo especial consideración de aspectos geográfico-económicos y sociales. En *El Proyecto México de la Fundación Alemana para la Investigación Científica*, tomo 1 (pp. 266-270). Wiesbaden Franz Steiner.

Velasco Santos, P. (2014). Re-pensando el pasado agrícola para entender el presente rural. En Nativitas, Tlaxcala. En H. Salas y Rivermar, L. (eds.). *La construcción en el tiempo de un territorio rural* (pp. 115-140). IIA-UNAM.

Velasco Santos, P. (2017). *Ríos de contradicción. Contaminación, ecología política y sujetos rurales en Nativitas, Tlaxcala*. IIA-UNAM.

Velasco Santos, P. (2020). El Ciclo Hidropolítico en Tlahuapan, Puebla: reflexiones en el Capitaloceno. *Collectivus, Revista de Ciencias Sociales, 7*(2), 51-72.

Wilken, G. (1969). Drained-field Agriculture: An Intensive Farming System in Tlaxcala, Mexico. *Geographical Review, 59*(2), 215-241.

1.3 Disminución de la disponibilidad del agua en el Alto Atoyac

Aurelio Fernández y Fuentes
José Vicente Nolasco Valencia
Joel Gutiérrez Arroyo

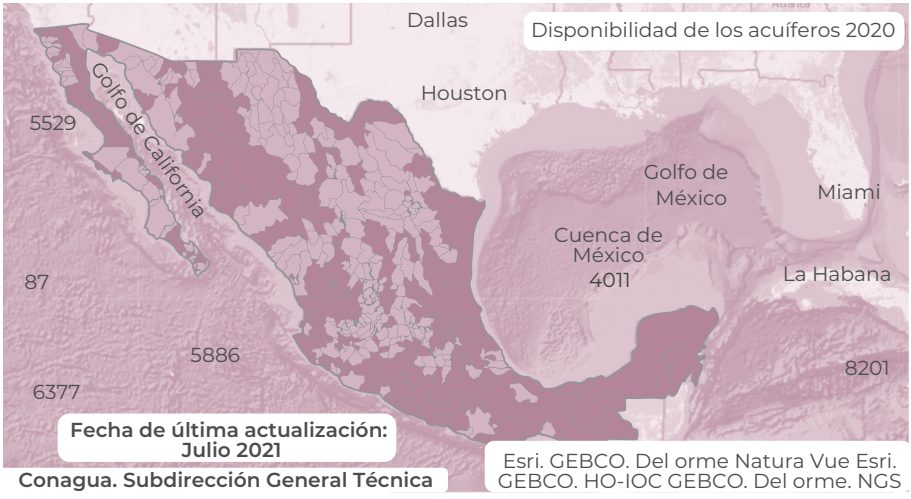
INTRODUCCIÓN

El 20 de marzo de 2023, con motivo del Día Mundial del Agua, un grupo llamado Comité de Rescate del Manantial de Santa María Acuexcomac encabezó la colocación de una placa mediante la cual se declaró formalmente extinto ese cuerpo de agua, por culpa de la extracción de 600 L por segundo en siete pozos operados por el Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Puebla (SOAPAP) durante casi 30 años. Unos 100 pobladores del lugar exigieron a la empresa Concesiones Integrales —también conocida como Agua de Puebla— resarcir los daños ocasionados por la desmedida extracción del líquido.

Los que conocimos ese manantial en su apogeo, lo recordamos lleno de carpas de tamaño enorme, que era el orgullo de los habitantes de aquel paraje localizado en el camino entre Cholula y Paso de Cortés. Es obvio que por el incremento de la extracción de agua el nivel freático desciende, asociado al abatimiento de este cuerpo de agua, hasta desaparecer, por así decirlo. Lo mismo ha ocurrido en Puebla con el acuífero de Tecamachalco, que actualmente reporta un déficit de casi 70 millones de m^3 al año. Asimismo, hay que recordar lo que sucedió con el de Lerma,

secado para abastecer a los habitantes del Distrito Federal, hoy Ciudad de México, así como en tantos otros que están al borde de la desaparición.

Mapa 1. Disponibilidad de los acuíferos en México



Fuente: Conagua (2023).

Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), hasta agosto del 2021 en el país había 653 acuíferos, de los cuales 157 presentan sobreexplotación (Conagua, 2023).

En parte, la culpa es de Concesiones Integrales, la empresa propiedad de la familia Hank Ron, incorporada a ese negocio por Rafael Moreno Valle y sospechosamente tolerada por los gobiernos de Miguel Barbosa y Sergio Salomón Peregrina, promovida, a su vez, por los presidentes municipales panistas, encabezados por Eduardo Rivera. Todos ellos convirtieron a Agua de Puebla en ejemplo de "capitalismo clientelar o de amigos en donde los negocios y arreglos de las inversiones y contratos se hacen entre los actores cupulares del Gobierno y de la iniciativa privada" (Pineda Pablos y Navarro Navarro, 2022, p. 11).

LA RECARGA SUBTERRÁNEA EN RIESGO

Aun así, la responsabilidad de largo alcance debe atribuirse a la política hídrica de México desde la década de 1970, cuando se desató una fiebre de perforación de pozos para satisfacer el crecimiento demográfico y económico del país, sin atender en lo más mínimo el problema de la recarga. Pueden observarse en la página web de la Comisión Nacional del Agua (Conagua, 2015) las obras realizadas por esta dependencia desde hace tres lustros y en ningún caso dan cuenta de proyectos de recarga subterránea. Se habla de presas, canales y autorizaciones de extracción, entre otras, pero no se planifica para preservar y recargar los acuíferos que alimentan las ciudades y las industrias.

El hundimiento de una fracción del terreno en la comunidad de Santa María Zacatepec, Municipio de Juan C. Bonilla, conocido popularmente como "el socavón", está relacionado con la extracción de agua del acuífero que analizamos. Luego de varios estudios, ni la Conagua, ni el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ni el Instituto Politécnico Nacional (IPN) ni otros actores implicados obtuvieron explicaciones satisfactorias de este fenómeno (CIIEMAD-IPN, 2021; Rodríguez Espinosa, 2021a, 2021b).

Sin embargo, nadie pone en duda que la extracción excesiva de agua en esos suelos volcánicos lacustres es la razón primigenia de ese fenómeno extraordinario que, por suerte, al cabo de unos meses disminuyó el proceso de ensanchamiento de su diámetro. En 2024 debemos repetir el mismo aserto que en 2023: el mayor problema es la ausencia de una verdadera regulación en la entrega de concesiones, es decir, la desmedida extracción del líquido, la cual se suma a la inexistencia de políticas públicas de mitigación, enfocadas a obras de captación de agua pluvial e infiltración.

Fotografía 1. Socavón de la comunidad de Santa María Zacatepec, Municipio de Juan C. Bonilla.



Fuente: Wikimedia Commons (Sánchez Díaz, 2021).

También se necesita recalcar la inequidad en la repartición del recurso hídrico. Mientras las grandes empresas consumen agua en cantidades descomunales, muchas colonias, populares, pero también de clase media y alta, sufren el tandeo de agua y esperan que el agua "caiga" una o dos veces por semana. Así sucede en la zona metropolitana de Puebla, donde las familias sin cisterna apenas tienen unas pocas horas para llenar tambos o limpiar cuerpos y enseres, aunque en casos más dramáticos, como Tecamachalco o Cuautlancingo, se surte agua a las casas una vez al mes con apenas cuatro horas de dotación.

Este asunto provoca escasez y desigualdad en el consumo de agua. Aunado a lo anterior, existe el problema, tan ineludible como creciente, del agua embotellada que se expresa en la generación de basura, el taponamiento de ductos, la proliferación y el abarrotamiento de tiraderos de basura y de los llamados rellenos sanitarios, junto a otros graves efectos que conlleva el uso y abuso del plástico.

CONAGUA, LA TRAMA MÁS OSCURA

La Conagua es la pieza clave en toda esta trama. Los Comités Técnicos de Agua Subterránea (Cotas) están dominados, precisamente, por los empresarios que más explotan los acuíferos y acaparan los títulos de asignación y aprovechamiento; ellos deciden cuál es la disponibilidad existente y la posibilidad de extracción, convirtiéndose en una élite gerencial cuyos miembros "ostentan cargos o roles en el ámbito empresarial" (López Valle, 2013, p. 187); es decir, "representan legalmente a empresas cuyos fines son de lucro y que en el desarrollo de su actividad demandan altos volúmenes de agua subterránea, que tienen más de una concesión, y se les siguen otorgando permisos para incrementar los volúmenes de aprovechamiento" (2013, p. 188).

Es cierto que se crean comités especializados para el análisis del recurso, pero todo lo deciden, a fin de cuentas, los directivos de Conagua que, a su vez, están en muy buenos términos con los grandes usuarios del agua. Un reciente estudio de la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México denominó su investigación sobre el acaparamiento de agua con el título más directo: "Los millonarios del agua". Estos "usuarios privados que cuentan con concesiones de 1 hm^3/año o más de agua" (Gómez-Arias y Moctezuma, 2020, p.11) y concentran el mayor volumen de agua:

> 13 millones 183 hm^3/año en total para uso privado, de los 59 115 hm^3/año concesionados. El grupo comprende 966 empresas tanto de energía eléctrica como cerveceras, acereras, agroindustrias, mineras, papeleras, automotrices, embotelladoras, entre otras, que explotan 5 805 hm^3/año; 1 537 personas físicas dueñas de concesiones por 2 547 hm^3/año de agua y 801 asociaciones civiles que tienen concesionados 4 856 hm^3/año (Gómez-Arias y Moctezuma, 2020, p. 21).

Otro aspecto que dificulta el análisis y la solución de la problemática del agua es la manipulación de datos en el portal de la Conagua. Por

ejemplo, el estudio para el acuífero que nos ocupa, entre los años de 2013 y 2020, ofrece el valor de un concepto que se llama descarga natural comprometida, es decir, los requerimientos de líquido de la parte natural que queda (bosques, etc.). Estos subieron de 35.7 millones de m^3 a 61.2 millones de m^3, un aumento del 71% (Conagua, 2015, 2020), cuando es bien sabido que en ese lapso disminuyó la masa forestal y aumentaron las superficies destinadas a infraestructura urbana, industrial, vías de comunicación, etc. ¿Por qué este aumento? ¿Para ocultar el déficit del acuífero? ¿Para justificar la entrega de más concesiones?

DATOS MANIPULADOS Y CONCESIONES AL VAPOR

Las preguntas planteadas anteriormente tienen aristas muy preocupantes. Sobre los títulos otorgados por la Conagua, los datos son más que perturbadores. El propio presidente de México, Andrés Manuel López Obrador, expuso en su conferencia mañanera del 1 de agosto del 2022 su sorpresa al conocer los datos sobre la multitud de permisos de extracción de agua entregados por esta dependencia durante su gobierno, refiriéndose en específico al estado de Nuevo León. Cuando pidió "una revisión de la entrega de los permisos para la explotación del agua, pensando que nosotros no habíamos entregado permisos", descubrió que "se entregaron permisos ya en el gobierno nuestro" porque "se va depurando arriba, limpiando arriba, pero falta abajo, falta ir todavía limpiando abajo de corrupción" (López Obrador, 2022).

Para el caso del llamado Alto Balsas, una cuenca que incluye la parte de los acuíferos de Puebla y Tlaxcala, se sabe que durante el sexenio de Enrique Peña Nieto (2012-2018) se entregaron 309 títulos de concesión, un promedio de 51.5 por año. Durante los dos primeros años del gobierno de López Obrador, la Conagua dio en ambos estados 194 títulos, 97 por año.

En un evento que denominamos Congreso del Agua (ICUAP BUAP, 2022), realizado el 31 de agosto de 2022 en el Aula Virtual del Complejo Cultural Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de

Puebla, la doctora Elena Burns, entonces subdirectora general de administración del agua de la Conagua, dio a conocer tres datos a considerar: que esas cifras se alcanzan no solamente por concesiones nuevas, sino por refrendos, lo que hace engañosa la conclusión según la cual no puede negarse ninguna solicitud de concesión y el supuesto que los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas) son quienes, al final, deciden la disponibilidad de los acuíferos y la justificación para entregar más títulos de concesión. Semanas después, la doctora fue suspendida de su cargo por órdenes del director general de este organismo adscrito a Semarnat, Germán Martínez Santoyo (La Coperacha, 2022).

De seguro se dará, o así lo esperamos, un diagnóstico profundo del papel que ha jugado la Conagua durante el denominado periodo neoliberal, pero, lamentablemente, pocos cambios ha habido en el sexenio de la 4T. Eso nos obliga a formular una pregunta nada retórica: ¿quiénes son los principales consumidores de agua del acuífero de Puebla?

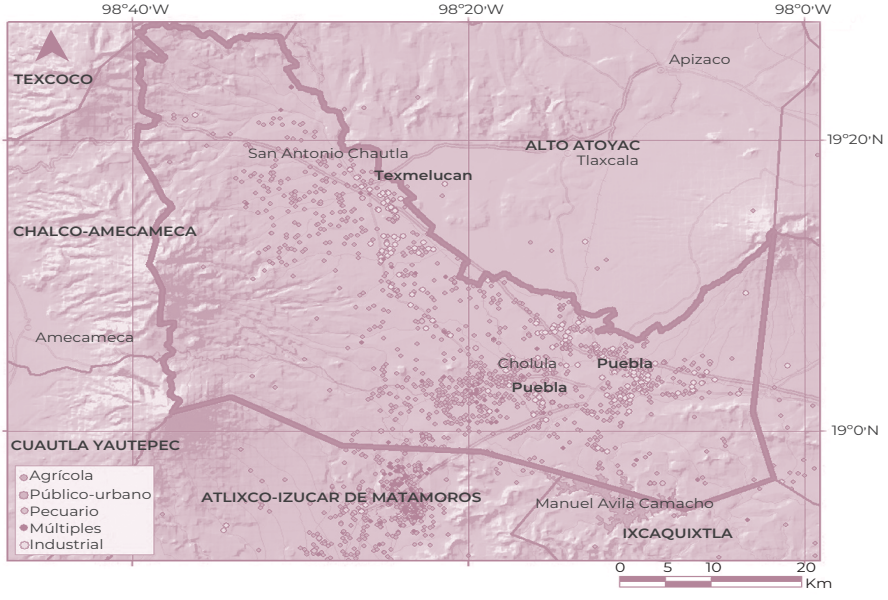
Es conocido que los datos de permisos de extracción poco coinciden con lo que realmente se extrae. La cantidad de pozos sin permiso (clandestinos) es, sin duda, enorme, y algunos de ellos son profundos y someros. Sin embargo, la mera lectura de lo que se consigna en el Registro Público de Derechos de Agua (Repda) permite acercarnos a la forma de distribución de este recurso, acopiado por milenios en los acuíferos de las faldas volcánicas de Puebla y Tlaxcala.

El principal concesionario es SOAPAP. Según datos del portal de Conagua del mes de agosto de 2022 los pozos registrados en el Repda eran 204, con cuatro títulos de concesión, correspondientes a una extracción declarada de 121 millones 649 m^3 durante el año 2020. Casi cuatro m^3 por segundo, equivalentes, de forma aproximada, a lo que fluye en el río Atoyac durante la temporada de secas. Algunos afirman que estas cantidades están subestimadas, pero aceptémoslas en aras de la comprensión general.

El mencionado dato del volumen total extraído del acuífero, tan solo para a las 1358 concesiones registradas en Puebla, es de 278 millones

800 000 m³ para el 2020. Entonces, la distribución del líquido a la capital del estado y algunos municipios aledaños, surtidos por SOAPAP/ Concesiones Integrales, corresponde al 43.63 % del volumen anual concesionado por la Conagua. Es decir, los habitantes de la zona metropolitana de Puebla somos los destinatarios de casi la mitad del agua extraída de la parte poblana del acuífero Valle de Puebla 2104; se trata de una delimitación administrativa, porque en realidad este acuífero incluye la parte de Tlaxcala.

Mapa 2. Extracción de agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla 2104



Fuente: Conagua (2020).

FUGAS, PROBLEMA SIN SOLUCIÓN

Un problema muy grave que enfrenta el SOAPAP es la falta de eficiencia en su organización. Estos problemas operativos son causa de enormes

pérdidas de agua, altos costos de operación y baja en la calidad del servicio que, a su vez, generan un rechazo al pago y una disminución en los ingresos. El contrato de Concesiones Integrales/Agua de Puebla obliga a este organismo público a reparar los puntos en los que se desperdicia el agua, pero es otro de sus incumplimientos contractuales.

Las pérdidas de agua son debidas principalmente a las filtraciones en las redes de abastecimiento de agua potable. Las fugas visibles brotan de la tierra o del pavimento, mientras que las no visibles tampoco son detectadas superficialmente, ya que el agua se infiltra al subsuelo o se incorpora a la red de drenaje. Las pérdidas de agua en las redes se producen como consecuencia de la edad y de los materiales de las tuberías, incluidos los movimientos en la superficie por tráfico vehicular, sismos y otros; aunque se suman otros factores a la problemática, entre los cuales están la calidad y presión del agua, el tipo de suelo, la falta de mantenimiento y el incumplimiento de las normas de construcción (Conagua, 1998). Las pérdidas pueden localizarse en la red de distribución, en las cajas de válvulas y en las tomas domiciliarias.

No todas estas fugas se pueden detectar y reparar, ya que muchas son imperceptibles a los aparatos de detección o al ojo entrenado de los fontaneros. De acuerdo con la Conagua, se considera que entre el 15 y el 20% del volumen total perdido no se puede recuperar ni con un adecuado programa de trabajo. Valores cercanos al 15% reflejan sistemas de agua potable que solamente deberán mejorar sus acciones de control, pero si el indicador rebasa el 20% es necesario efectuar acciones de eliminación y control de pérdidas de manera inmediata.

Todo parece indicar que funcionarios de la Conagua tienen que ver con la proliferación de títulos de concesión del líquido, pero también con los procedimientos de inspección, que con seguridad son del todo insuficientes y es probable que estén atravesados por mecanismos de corrupción presentes entre los inspectores y sus jefes. El resultado es el palmario desconocimiento de lo que ocurre con la extracción de agua, asunto extremadamente lesivo al interés público (Bolaños, Toledo y Osorno, 2019).

Finalmente, cabe mencionar el hecho de que entre las políticas hídricas del país sigue sin ser prioritario el más acuciante de los pendientes: la recarga de los acuíferos. Tal vez sea nulo su impacto en la opinión pública, ya que ni se aprecia ni aparece en medios. Por todo ello, es necesario insistir en que los casos mencionados se pueden extrapolar, de forma exacta, a todos los acuíferos del país, destacando los que se van convirtiendo en noticia: el acuífero de la cuenca endorreica de la actual Ciudad de México, con los municipios mexiquenses que la circundan, aquellos cuerpos de agua que abastecen la zona metropolitana de Monterrey, los de La Laguna, el Centenario, de Guanajuato, los de Lerma y Cutzamala, el de Tecamachalco y el que nos ocupa, el Alto Balsas.

CONCLUSIONES

Parece algo simple ofrecer alternativas ante este problema de gran urgencia: imponer una política pública de uso racional de los recursos hídricos, en particular del recurso del subsuelo; política integral, por cierto, capaz de abarcar lo que aquí se ha planteado, a saber, el control de la extracción y la promoción de la recarga. Estas medidas deben reflejarse en los ordenamientos territoriales en materia urbana y en todas las actividades que disponen del recurso, trabajando, por otro lado, el creciente problema de las fugas.

Será más difícil ponerlas en práctica, desde luego. Al gobierno de López Obrador ya no le daría tiempo si se lo hubiese planteado, pero tampoco lo hizo. Un asunto toral para el conjunto de la sociedad como la aprobación de una nueva Ley General de Aguas Nacionales se pospuso para el próximo sexenio, ya que su revisión y actualización sigue pendiente desde el año 2013.

Otras prioridades fagocitaron la decisión de regular estructuralmente el manejo del agua, mientras los intereses particulares y los grupos de presión del agua dominan la agenda parlamentaria e impiden una salida real al laberinto de los acuíferos sobreexplotados y la crisis hídrica que se agudiza año con año.

Queda la esperanza de que surja alguien capaz de abanderar las soluciones urgentes y difíciles que se avecinan en un futuro inmediato, antes que, como reza el dicho, el destino nos alcance.

REFERENCIAS

Bolaños, R., Toledo, D., y Osorno, C. (2019). *Corrupción en el sector agua ¿Quién es responsable de la crisis?.* Ethos Laboratorio de Políticas Públicas. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/EthosCorrupción-en-el-sector-agua-v.1.1-FINAL.pdf

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (1998). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento.* https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (20 de abril de 2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Puebla (2104), Estado de Puebla*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/273105/DR_2104_VALLE_DE_PUEBLA.pdf

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (26 de octubre de 2015). *Comisión Nacional del Agua*. https://www.gob.mx/conagua

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (2020) *Aguas subterráneas/ Acuíferos.* https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/sections/Edos/puebla/puebla.html

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (27 de febrero de 2020). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Puebla (2104), Estado de Puebla*. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2020/02/Actualizaci%C3%B3n-de-la-disponibilidad-media-anual-de-agua-en-el-acu%C3%ADfero-Valle-de-Puebla.pdf

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (6 de abril de 2020). *Situación de los recursos hídricos.* https://sina.conagua.gob.mx/.

Comisión Nacional de Agua [Conagua]. (9 de noviembre de 2023). *Geovisor de acuíferos*. https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/#

Gómez-Arias, W. A. y Moctezuma, A. (2020). *Los millonarios del agua: una aproximación al acaparamiento del agua en México*. https://argumentos.xoc.uam.mx/index.php/argumentos/article/view/1198/1145

ICUAP-BUAP. (31 de agosto - 2 de septiembre de 2022). *Primer Congreso: La gestión integral del agua en puebla*. Complejo Cultural Universitario BUAP. https://icuap.buap.mx/actividades/primer-congreso-la-gestión-integral-del-agua-en-puebla

La Coperacha. (1 de noviembre de 2022). *Organizaciones respaldan a Elena Burns tras destitución de Conagua*. https://lacoperacha.org.mx/organizaciones-respaldan-elena-burns-tras-destitucion-conagua/#:~:text=Agrupaciones%20como%20el%20Frente%20Campesino,para%20apoyar%20a%20la%20investigadora.

López Obrador, A. M. (1 de agosto de 2022). *Versión estenográfica. Conferencia de prensa del presidente Andrés Manuel López Obrador del 1° de agosto de 2022*. https://www.gob.mx/presidencia/articulos/version-estenografica-conferencia-de-prensa-del-presidente-andres-manuel-lopez-obrador-del-1-de-agosto-de-2021#:~:text=Se%20entregaron%20permisos%20ya%20en,director%20de%20Conagua%2C%20Germán%20Martínez.

López Valle, S. (2013). *Élites gerenciales en la gestión participativa del agua: el Consejo Directivo del Comité Técnico de Aguas Subterráneos (Cotas) del acuífero del Valle de San Luis Potosí*. https://colsan.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1013/339

Pineda Pablos, N. y Navarro Navarro, L. A. (2022). La política neoliberal de gestión urbana del agua en México (1989-2021). *Propuestas para el Desarrollo, VI*(VI), 1-16. https://www.propuestasparaeldesarrollo.com/index.php/ppd/article/view/149/164

Rodríguez Espinosa, P. F. (2021a). *Asesoría especializada para la integración de resultados de investigación geocientífica prospectiva de un socavón ubicado en Santa María Zacatepec, Puebla*. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CIIEMAD), Instituto Politécnico Nacional. https://smadsot.puebla.gob.mx/images/seguridad-hidrica/INFORME%20FINAL%20ASESORIA%20SOCAVON%20feb%2018.02.22.pdf

Rodríguez Espinosa, P. F. (2021b). *Proyecto de investigación geocientífica. Prospectiva de un reciente socavón en Santa María Zacatepec, Puebla, México.* Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. CIIEMAD-IPN. https://puebla.gob.mx/images/documentos-de-interes/InfoResultadosPreliminar-V1_6.pdf

1.4 Importancia y distribución geográfica de las actividades económicas del sector secundario y terciario, en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2019

Celia Hernández Cortés

INTRODUCCIÓN

El propósito de este trabajo es identificar la importancia que tienen las actividades económicas del sector secundario y terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan, y su distribución en el territorio. Para ello utilizamos cuatro variables básicas a nivel económico: número de unidades, personal ocupado, remuneraciones al personal ocupado y valor agregado censal bruto del último censo económico. Los datos son de los 91 municipios que integran formalmente la cuenca.

Se caracterizó la estructura por sector y se construyó un coeficiente de localización por municipio con el personal ocupado para observar el peso relativo que tiene cada municipio dentro de los sectores industriales y de servicios. Se encontraron similitudes y diferencias al interior de cada sector y la concentración por municipios en la cuenca.

ESTRUCTURA DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS

LA ESTRUCTURA INDUSTRIAL

La estructuración y reestructuración industrial está asociada a la composición y cambios en los sistemas productivos y los procesos que lleva a cabo cada rama industrial. En el caso del sector industrial, su reestructuración ha derivado en la desaparición de algunas ramas, la expansión de otras y el surgimiento de nuevas plantas. Este proceso incide en el espacio, tanto en donde existían las plantas industriales como en los lugares donde se ubican o buscan su ampliación. Los reacomodos industriales tienen importantes impactos territoriales (Morales, 2005).

Otros procesos que han definido la localización industrial están asociados a la ubicación de las condiciones generales de reproducción del capital y los mercados de consumo. Estos lugares, por lo general, son las ciudades y aglomeraciones, que para el caso de México es el centro del país y las zonas metropolitanas.

En México, de acuerdo con Morales (2005), la reestructuración industrial en el siglo XX obedeció a tres tendencias o procesos: el primero tiene que ver con la crisis del modelo de sustitución de importaciones, a finales de la década de los setenta, y la consecuente crisis de la deuda y los ajustes estructurales implementados por el Estado en la década de los noventa. El segundo fue la apertura de la economía al mercado externo y su inserción a las cadenas productivas transnacionales, lo que se tradujo en el incremento de inversión extranjera y de maquiladoras transnacionales, así como de alianzas productivas entre el capital nacional y extranjero.

Lo anterior cambió la orientación productiva para atender la demanda externa, lo que trajo como consecuencia el cambio de orientación de la producción nacional hacia la atención de la demanda externa. El tercer proceso está vinculado a los cambios técnico-científicos dentro

de la producción, que trajo la transformación de manera desigual en la manufactura mexicana y en otras ramas industriales. Estos cambios han generado una dinámica territorial diferenciada: la primera se relaciona con las empresas vinculadas a empresas transnacionales y la segunda con aquellas de menor tamaño que están orientadas a atender el mercado interno.

La transición a los servicios

La flexibilización de la producción industrial y la disminución de las actividades agrícolas expulsaron a una cantidad importante de personas trabajadoras, en ambos sectores, hacia otras actividades tanto comerciales como de servicios. El crecimiento de las actividades terciarias tiene que ver, por un lado, con los cambios técnicos y organizativos dentro de la producción industrial y, por otro, con los cambios originados en el ingreso de ciertas capas de la población, lo que se ha traducido en aumento en la demanda de bienes y servicios. Este incremento en los ingresos y envejecimiento de la población aumentó la demanda en servicios de salud, educación y entretenimiento (Garza, 2006). Este proceso lo comandan las grandes ciudades tanto de países llamados desarrollados como aquellos que no se les considera en esa condición.

El registro del comercio y los servicios en los países de mayor desarrollo capitalista muestra que las actividades financieras, de investigación y desarrollo se encuentran en las oficinas centrales en sus países de origen, así como los servicios profesionales especializados y los medios de difusión y comunicación. En contraste, en países de menor crecimiento económico se encuentran contingentes considerables de personas trabajadoras que laboran por cuenta propia o con familiares, que venden directamente su servicio a los consumidores en una relación mercantil o son parte de una cadena de intermediación mercantil que hacen llegar mercancías a todos los pueblos urbanos y rurales a través de pequeños comercios.

La importancia relativa de los servicios en México empezó a incrementarse a partir de la década de los noventa, cuando la población económicamente activa (PEA) alcanzó el 50.1% del total; 10 años después alcanzó el 55.2% del total, muy por encima del 26.7% del sector industrial. Para el segundo trimestre de 2018, considerando la población ocupada, el sector secundario ocupaba el 25.6% y el terciario había alcanzado el 61.3% del total (Inegi, 2019). La servicialización de la fuerza de trabajo en México, sin embargo, avanzó donde la mayoría de la población mantiene bajos niveles de ingreso.

Cabe mencionar que al interior de las entidades federativas la importancia relativa de estas actividades no se desarrolla de forma uniforme, y son los centros urbanos en los cuales su incremento es más que evidente. Tanto las manufacturas como las actividades terciarias se concentran en ciudades al requerir de las condiciones generales de infraestructura y equipamiento, así como de aglomeraciones y mercados diversificados indispensables para su producción y el consumo de las mercancías (Garza, 2006).

CLASIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS Y PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

La clasificación de las actividades económicas se realiza en México a partir del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Las actividades secundarias y terciarias se clasifican en:[1] minería (21), generación, trasmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica (22), construcción (23) y las industrias manufactureras (31-33).

1 El SCIAN está compuesto por 20 sectores de actividad. La estructura jerárquica del scian está conformada por cinco niveles de agregación: sector (el nivel más agregado, identificado con dos dígitos, con excepción de los sectores 31-33 y 48-49 que se identifican con dos cifras de dos dígitos), subsector (identificado con tres dígitos), rama (identificada con cuatro dígitos), subrama (identificada con cinco dígitos) y clase de actividad (el nivel más desagregado, identificada con seis dígitos).

Por su parte, el sector terciario incluye al subsector comercio al por mayor (43), comercio al por menor (46), los servicios de transporte, correos y almacenamiento (48-49), información en medios masivos (51), servicios financieros (52), inmobiliarios (53), profesionales (54), corporativos (55), de apoyo a negocios (56), educativos (61), salud y asistencia social (62), esparcimiento, culturales y deportivos (71), servicios de alojamiento temporal (72) y otros servicios (82).

La cuenca Atoyac-Zahuapan se conforma por 91 municipios: cuatro del Estado de México, 26 de Puebla y 70 de Tlaxcala. Para dar cuenta de la importancia de estas actividades se obtuvieron datos, a nivel municipal, de cuatro variables básicas: número de unidades económicas, personal ocupado,[2] remuneraciones al personal ocupado[3] y valor agregado censal bruto (VACB)[4] que permitieron caracterizar de manera general la cuenca. La fuente de información fue el censo económico de 2019. Se obtuvieron los datos para cada municipio y se compararon los porcentajes del total de la cuenca, respecto del total de cada una de las entidades federativas. Posteriormente, al interior de la cuenca se observó la importancia de las cuatro variables por sector y, finalmente, al interior de la cuenca se desglosaron los subsectores para el sector secundario y terciario.

Para observar la distribución de las actividades se elaboró el coeficiente de localización por municipio, con la variable personal ocupado. El coeficiente es un instrumento de análisis regional simple que permite comparar el tamaño relativo de un sector, de una región o municipio, con el tamaño relativo del mismo sector a nivel nacional. En este trabajo la comparación se hace por subsector a nivel municipal con respecto al total

2 Personal ocupado total: representa la fuerza laboral de hombres y de mujeres con que el aparato productivo realizó sus actividades económicas durante un periodo censal.

3 Se refleja el valor de las remuneraciones que fueron otorgadas a la mano de obra en retribución al trabajo que realizó durante el año.

4 Es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción) ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica.

de la cuenca y se comparó el cociente del total de las tres entidades respecto al total nacional.

Para el ordenamiento de los datos se construyeron matrices. En las filas se ubican los subsectores y en las columnas el valor del personal ocupado para los 91 municipios. Se obtuvieron los porcentajes por fila y por columna para la cuenca y se compararon con los porcentajes de los subsectores en las entidades respecto al total nacional.

IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS SECTORES Y SUBSECTORES DE ACTIVIDAD EN LA CUENCA ATOYAC–ZAHUAPAN

Para conocer de una manera cuantitativa la importancia que tienen las actividades económicas en la cuenca respecto al total nacional y de cada entidad, se compararon los porcentajes de las cuatro variables (tabla 1).

Tabla 1. Características económicas por entidad y cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018

	UNIDADES ECONÓMICAS	PERSONAL OCUPADO	REMUNERACIONES AL PERSONAL OCUPADO	VALOR AGREGADO CENSAL BRUTO (VACB)
Estado de México	13.07	9.39	7.35	7.72
Puebla	6.24	4.15	3.12	2.91
Tlaxcala	1.46	0.83	0.49	0.51
Cuenca A-Z	5.30	3.87	3.03	2.78

Nota: la tabla muestra los porcentajes respecto al total nacional de cada entidad y la cuenca.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

El Estado de México y Puebla sobresalen como entidades al contar con mayores porcentajes, mientras que Tlaxcala participa de manera residual, lo que se explica por la escala de la entidad y la menor concentración

tanto de actividades industriales como de servicios. Al comparar el porcentaje de la cuenca respecto a las entidades, la cuenca observa mayores porcentajes que el mismo estado de Tlaxcala. Lo anterior debe su explicación a la importancia que tienen los municipios de Puebla dentro de la cuenca (tabla 2).

Tabla 2. Características económicas por municipio en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018

MUNICIPIOS DE LA CUENCA AZ	UNIDADES ECONÓMICAS	PERSONAL OCUPADO	REMUNERACIONES AL PERSONAL	VACB
Estado de México (4)	18.00	13.00	8.00	11.00
Puebla (27)	54.00	66.00	76.00	72.00
Tlaxcala (60)	27.00	21.00	15.00	18.00
TOTAL CUENCA	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: la tabla muestra los porcentajes de los municipios que participan en la cuenca Atoyac-Zahuapan.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

Al interior de la cuenca, resalta la importancia de los municipios de Puebla en primer lugar, con más del 50% en todas las variables cuantificadas. Le sigue Tlaxcala con el 27% de las unidades económicas y el 21% del personal ocupado; sin embargo, en términos de las remuneraciones al personal ocupado y la generación de valor agregado censal bruto el porcentaje disminuye al 15 y 18% respectivamente. Esto tiene su explicación en el tamaño de las unidades económicas que existen en Tlaxcala, ya que al ser pequeñas y utilizar poca mano de obra no se reportan remuneraciones. Las unidades pequeñas usan poca mano de obra, lo que se refleja en las remuneraciones pagadas. El tamaño de las unidades también involucra niveles de producción pequeños y por tanto menor valor agregado.

La tabla 3 muestra el perfil que tiene la cuenca, en términos de la preeminencia de los sectores económicos, es decir, si son industriales

o de servicios. Los mayores porcentajes se encuentran en el sector terciario en el número de unidades económicas y personal ocupado, mientras que las remuneraciones y valor agregado se concentran en el sector industrial. Lo anterior significa que el tamaño de las unidades económicas del sector servicios es poco sensible tanto al uso de empleados como al incremento de las remuneraciones (Alamonte y Carbajal, 2017).

Tabla 3. Características económicas por sector de actividad en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018

SECTOR	UNIDADES ECONÓMICAS	PERSONAL OCUPADO	REMUNERACIONES AL PERSONAL OCUPADO	VACB
Secundario	13.10	28.79	49.30	51.29
Terciario	86.90	71.21	50.70	48.71
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: la tabla presenta los porcentajes por sector de las variables económicas básicas.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

Al interior de cada sector habrá que observar el comportamiento de cada subsector para mirar las diferencias que se están presentando.

SECTOR SECUNDARIO

El sector secundario se integra por los subsectores de minería, generación de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural, construcción e industrias manufactureras.

Subsector minería

Las actividades mineras en la cuenca no se realizan en los 91 municipios considerados; sólo se registra esta actividad en 15 de ellos, ya sea porque

ahí se encuentran las empresas extractoras de minerales metálicos y no metálicos, o porque se vende este material.[5]

En el Estado de México, en cuatro municipios se encuentra esta actividad, con mayor énfasis en Ixtapaluca (28 empresas) y Texcoco, donde se tritura y criba arena; en menor medida en Chalco y Tlalmanalco, donde se encuentra la extracción de piedra para su trituración. Existen 33 empresas que extraen fundamentalmente minerales no metálicos orientados a producir materiales para la construcción. Cabe destacar que en el Estado de México se encuentran las empresas: Peñoles, Cementos Apasco, Cales Anáhuac y Holcim/La Farge entre otras productoras de cementos, cales y arenas y grava. En otros municipios de la entidad se extraen minerales metálicos como oro, plata, plomo, cobre, zinc y cadmio.

Puebla contiene el mayor número de empresas mineras que realizan extracción, tanto de minerales no metálicos como metálicos; en 2018 se registraron 122 unidades económicas. Los municipios con mayor actividad son: Amozoc, Coronango, Chignahuapan, Puebla capital, San Jerónimo Tecuanipan y Santa Isabel Cholula. En Amozoc se extraen mármoles y muchos de estos se transforman y procesan en la ciudad de Puebla, así como las gravas y arenas extraídas de otros municipios cercanos o lejanos. La mayoría de las extracciones son de materiales no metálicos: tepetate, tezontle, extracción de materiales para triturar y convertirlas en arenas, cales, grava, travertinos para la construcción. Los materiales metálicos generalmente se encuentran en otros municipios serranos como Ixtacamaxtitlán y Chignahuapan, entre otros.

En el caso de Tlaxcala, el servicio geológico mexicano (SGM) reconoce poca presencia de yacimientos de minerales metálicos y los depósitos de

[5] Por minerales metálicos se entiende: la extracción de oro, plata, hierro, plomo, entre otros. Por minerales no metálicos se entiende: mármol, yeso, cales, feldespato, perlita, arcillas, caolín, dolomita, grava, agregados pétreos, travertinos (roca sedimentaria que se utiliza como piedra ornamental en la construcción), entre otros.

minerales no metálicos son de reciente explotación, ubicados en particular en el poniente, centro y sur de la entidad (SGM, 2021).

Los minerales no metálicos de mayor explotación se concentran en: tezontle, arena, grava y arcilla. La entidad destaca por su volumen de producción de la Toba[6] y cuatro municipios (Tlaxco, Tlaxcala, Nanacamilpa y Huamantla) en la extracción de materiales no metálicos.

Las empresas que utilizan este tipo de materiales elaboran blocs, pisos y recubrimientos para fachadas y se encuentran ubicadas en distintos corredores industriales. Las empresas son: Porcelanite (del grupo Lamosa) que produce inodoros, lavabos, tinas, llaves para baños y cocinas; American Standart, S.A de C.V, que utiliza arcillas refractarias; Nova Ceramic produce ladrillos extruidos (cerámicos), así como otras empresas como quebradora de Tezontle, grava, arena, arena, sílice (la fábrica, La Corona, produce talavera) y labrado de piedra. Además de extraer los minerales no metálicos se encuentran unidades de procesamiento de estos minerales en San Antonio Atotonilco, Tetla de la Solidaridad, Ixtacuixtla, y en el oriente y poniente de la entidad.

Este tipo de actividades afectan de manera importante el suelo de toda la cuenca, ya que generalmente las empresas sólo extraen y dejan enormes agujeros a cielo abierto, ya sea para usar los minerales para la construcción o para extraer metales. La extracción de materiales trastoca no sólo el suelo sino toda la vida que existía en los lugares. Sería adecuada una evaluación más a fondo sobre el impacto que están teniendo las actividades mineras sobre la cuenca, la salud de los suelos y sus implicaciones sobre los mantos acuíferos.

[6] Se trata de piedra caliza ligera y porosa que se formó por las precipitaciones de cal disuelta en agua y también por acumulación de cenizas volcánicas.

Subsector de generación y transmisión de electricidad

Este rubro incluye la generación y distribución de energía eléctrica que implica la transferencia de la energía producida hasta los centros de consumo. La transferencia de energía se realiza desde los centros de producción hasta las subestaciones a través de vías elevadas o subterráneas. Se incluye la distribución de gas natural.

En la cuenca se registraron 125 unidades para el 2018 en las cuales sólo se registran 409 personas como personal ocupado, concentrándose en Chalco y San Martín Texmelucan el mayor número de ocupados.

Construcción

El subsector se integra por tres ramas: la edificación, la construcción de obra civil o pesada, y los trabajos especiales y servicios relacionados con la construcción. De las 450 unidades económicas registradas en la cuenca el 90% se ubica en Puebla; también se concentra en este municipio el 70% del personal ocupado y el 75 % de las remuneraciones y valor agregado. Los municipios que tienen mayor participación son Puebla, San Pedro y San Andrés Cholula, San Martín Texmelucan y Cuautlancingo. Estos lugares son los que más han crecido al sur de la ciudad de Puebla en la zona de Angelópolis, y han permitido el avance de la urbanización y conurbación de Puebla con los municipios de San Pedro y San Andrés Cholula y Cuautlancingo, entre otros. En el estado de México destacan, en el rubro de la construcción: Ixtapaluca, Texcoco y Chalco y en el estado de Tlaxcala sobresalen 11 municipios.

Manufacturas

Las actividades industriales que integran el sector manufacturero en 2018 fueron 21. Cada subsector dentro de las manufacturas conforma una industria en sí misma. El peso relativo de las ramas de actividad en

los municipios de la cuenca presenta un comportamiento de similitudes y diferencias.

Las similitudes se encuentran en la industria alimentaria, la cual tiene un peso relativo de unidades en todos los municipios de la cuenca que va entre el 30 y 50%; la fabricación de productos metálicos,[7] con un rango entre el 10 y 13%; la de prendas de vestir, que va de un 6 a un 16% del total (el valor más alto se registra en los municipios de Tlaxcala); la de productos a base de minerales no metálicos (en particular en Puebla); la industria de la madera, la fabricación de muebles, colchones y persianas, y otras industrias manufactureras.

Las diferencias se presentan para los municipios del Estado de México, en los que destaca la impresión e industrias conexas, en Puebla la industria de las bebidas y en Tlaxcala la fabricación de productos textiles (tabla 4).

Tabla 4. Unidades económicas por subsector manufacturero cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018

MANUFACTURAS	UNIDADES ECONÓMICAS			
	EDOMEX	PUEBLA	TLAXCALA	CUENCA
311. Industria alimentaria	43.11	33.35	47.91	39.91
312. Industria de las bebidas y del tabaco	9.94	4.89	2.67	4.74
313. Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	0.53	2.19	0.97	1.53
314. Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	1.13	1.97	3.27	2.34
315. Fabricación de prendas de vestir	6.78	7.64	15.86	10.52

[7] Los productos metálicos como: perfiles, alambrón, hojalata, chapa galvanizada; placas y bobinas para la iluminación; productos de aluminio para laminación, tochos para extrusión y lingotes para fusión y moldeo; chapas de cobre, flejes, alambrón, hilos de diversos diámetros, entre otros, y productos derivados del zinc.

316. Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos	0.55	0.33	0.69	0.49
321. Industria de la madera	5.28	5.05	4.79	4.98
322. Industria del papel	0.70	0.48	0.40	0.48
323. Impresión e industrias conexas	3.62	3.85	2.17	3.21
324. Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.05	0.07	0.02	0.05
325. Industria química	0.84	0.89	0.51	0.75
326. Industria del plástico y del hule	0.97	1.02	0.51	0.82
327. Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	4.58	16.17	4.43	10.40
331. Industrias metálicas básicas	0.36	0.27	0.33	0.30
332. Fabricación de productos metálicos	13.37	13.49	9.72	12.10
333. Fabricación de maquinaria y equipo	0.41	0.63	0.13	0.42
334. Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0.05	0.07	0.08	0.07
335. Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	0.12	0.22	0.18	0.19
336. Fabricación de equipo de transporte	0.39	0.78	0.33	0.56
337. Fabricación de muebles, colchones y persianas	4.17	4.36	2.77	3.75
339. Otras industrias manufactureras	3.04	2.29	2.26	2.38
	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: la tabla muestra los porcentajes de cada subsector dentro de las manufacturas para las tres entidades y la cuenca Atoyac-Zahuapan.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

Es importante mencionar que las ramas con mayor número de unidades no son las de mayor tamaño. La mayor parte de unidades económicas

de la industria alimentaria emplean de tres a seis personas en promedio, y las unidades que fabrican productos a base de materiales no metálicos de cuatro a seis personas, excepto Tlaxcala que cuenta con un tamaño mayor; esto se debe posiblemente a la presencia de las empresas dedicadas a la fabricación de muebles de baño y pisos cerámicos.

Las industrias que reportan mayor tamaño en toda la cuenca son: la fabricación de equipo de transporte, la industria del plástico y el hule, la de insumos textiles y acabados, industria química, industria papelera, la de metal básico, maquinaria y equipo de computación. Estas últimas son las que generan mayor valor agregado y, por lo general, se trata de empresas de otros países o combinaciones de alianzas entre empresarios nacionales y empresas foráneas.

Los servicios

Estructura interna del sector

Al igual que el sector secundario, el terciario se compone por dos grandes actividades: las comerciales y las de servicios. Las actividades comerciales, a su vez, se clasifican en comercio al por mayor y al por menor. Estas dos actividades en la cuenca constituyen el 57.76% de las unidades económicas totales del sector terciario, y el 59.35% del valor agregado censal bruto (tabla 5).

Al interior del comercio al por mayor destacan: la comercialización de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades pecuarias, industriales, de servicios y comerciales, así como otra maquinaria y equipo de uso general, y el comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales para la industria y materiales de desecho.

Por su parte, en el comercio al menudeo, de las 119 486 unidades que se encuentran en la cuenca, el 51% comercializa abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, y genera el 16.28% del valor agregado lo que indica el tamaño de éstas. Otras actividades del comercio al

menudeo que destacan son el comercio de artículos de papelería y artículos de uso personal y para el esparcimiento, destinados al consumo inmediato y la comercialización de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado, estos últimos bienes de consumo duradero.

Tabla 5. Características económicas del sector terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018

ACTIVIDAD ECONÓMICA	UNIDADES ECONÓMICAS	PERSONAL OCUPADO	REMUNERACIONES AL PO	VACB
Sector 43. Comercio al por mayor	3.45	7.75	14.83	20.46
Sector 46. Comercio al por menor	54.31	38.52	21.09	38.89
Sector 48-49. Transportes, correos y almacenamiento	0.31	4.21	8.81	5.13
Sector 51. Información en medios masivos	0.16	0.64	1.57	1.47
Sector 52. Servicios financieros y de seguros	0.40	1.06	2.06	1.37
Sector 53. Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	1.58	1.60	1.10	1.48
Sector 54. Servicios profesionales, científicos y técnicos	2.05	3.68	6.09	3.99
Sector 55. Corporativos	0.00	0.00	0.00	0.00

Sector 56. Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación	1.89	8.63	15.86	8.78
Sector 61. Servicios educativos.	1.60	6.39	12.81	5.88
Sector 62. Servicios de salud y de asistencia social	4.08	3.79	2.90	1.73
Sector 71. Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	1.27	1.37	1.09	0.74
Sector 72. Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	13.32	13.11	7.16	6.59
Sector 81. Otros servicios excepto actividades gubernamentales	15.57	9.25	4.64	3.50
	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: la tabla muestra los porcentajes relativos para cada subsector del sector terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

En los servicios destacan: otros servicios, servicios de alojamiento temporal y los servicios de salud y asistencia social por el número de unidades con el 15 y el 13% respectivamente. Por la generación de valor agregado son los servicios de apoyos a los negocios y el manejo de residuos y servicios de remediación con el 8.78%, servicios de alojamiento y preparación de alimentos y servicios educativos con el 6.59 y el 5.88% cada uno.

LOCALIZACIÓN PRODUCTIVA

Aunque las actividades económicas se encuentren dispersas en toda la cuenca, existen municipios que concentran más trabajadores. El cálculo del coeficiente de localización se hizo primero para el sector secundario y posteriormente para el sector servicios.

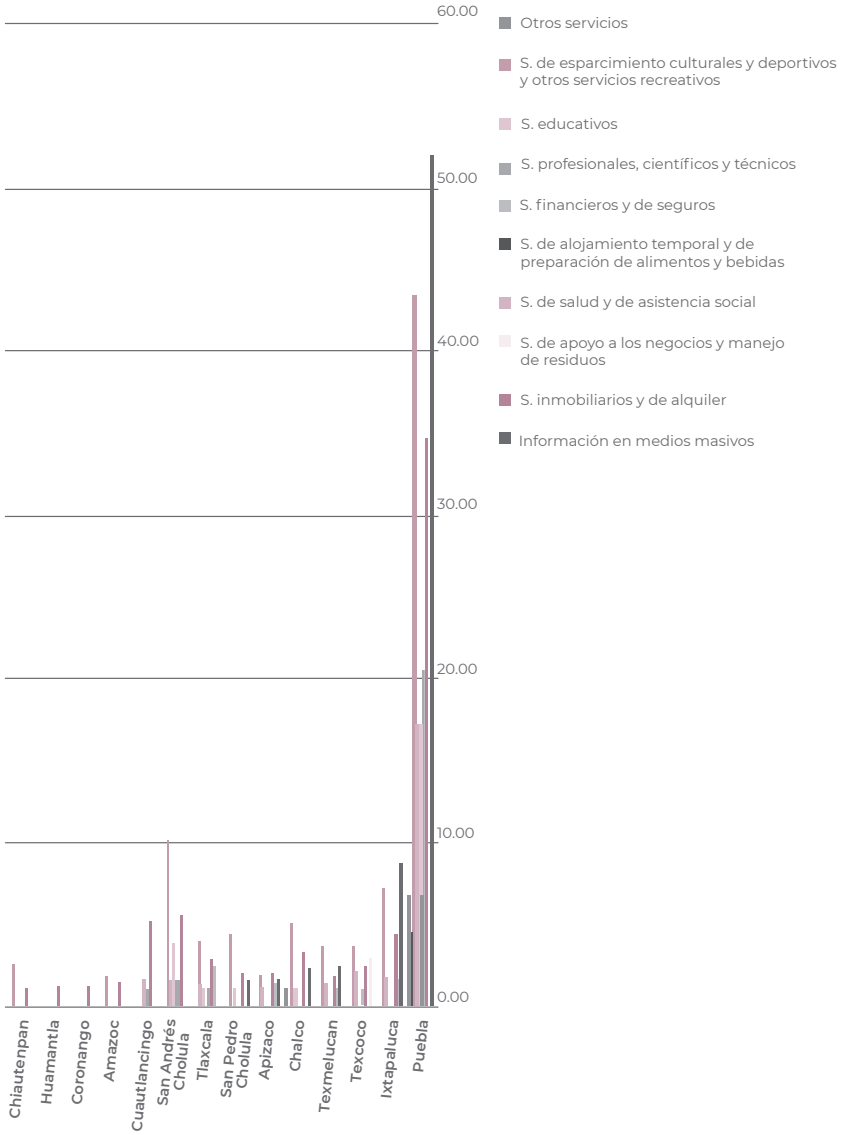
SECTOR SECUNDARIO

En el caso de la minería destacan los municipios de Ixtapaluca, Puebla, Ocoyucan, Texcoco, Amozoc, Tetla de la Solidaridad, San Jerónimo Tecuanipan y Chignahuapan. En el subsector de la construcción: Puebla, San Andrés Cholula, San Pedro Cholula y Cuautlancingo, municipios que a raíz del desarrollo urbano de Angelópolis tomaron un mayor dinamismo y en el mismo rubro, pero en el estado de México destacan Texcoco e Ixtapaluca. En las manufacturas sobresale únicamente la ciudad de Puebla.

Respecto a los coeficientes de localización para el sector terciario, despunta el municipio de Puebla en todos los subsectores: comercio al por mayor y por menor, servicios de transporte, correos y almacenamiento.

La concentración del resto de los servicios por municipio se muestra en la gráfica 1. En ésta se observa a Puebla con valores altos en todos los rubros. Municipios como: Ixtapaluca, Texcoco, Chalco, San Martín, Apizaco, San Andrés y San Pedro Cholula, Cuautlancingo, Amozoc registran servicios de información en medios masivos, inmobiliarios, financieros, educativos y de esparcimiento, deportivos y culturales, pero ausencia en servicios técnicos, científicos, de apoyo a los negocios, los servicios de alojamiento y otros servicios. Lo anterior sugiere que las ciudades medias no demandan conocimientos y habilidades especializadas para la producción, ya sea porque no los necesitan en sus procesos productivos o porque son poco valorados por los empresarios de estos lugares.

Gráfica 1. Subsectores 51-81 del sector terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018



Nota: la gráfica muestra los porcentajes de los subsectores (51 al 81) del sector servicios en 14 municipios de la cuenca Atoyac-Zahuapan.
Fuente: elaboración propia con datos tomados del censo económico (Inegi, 2019).

Es importante mencionar que los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles tienen valores positivos en 14 de los 91 municipios de la cuenca, así como los servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, y los servicios educativos y de salud.

CONCLUSIONES

En el sector secundario encontramos una estructura donde las actividades mineras se hacen presentes, tanto por la explotación de productos metálicos que abarcan municipios dentro y fuera de la cuenca, como por la explotación de productos no metálicos, vinculados a la expansión urbana.

En las manufacturas existen dos dinámicas: una vinculada a las necesidades internas de consumo que se expresa en la importancia que adquiere la industria alimentaria en toda la cuenca, la producción de productos metálicos orientados a la industria y al consumo final con pequeñas unidades productivas, así como una industria maquiladora que incluye un conjunto de actividades familiares de pequeña y mediana escala productiva. También están presentes otras actividades que se establecieron en la cuenca, durante el modelo de sustitución de importaciones como: la industria química y del papel, y las fábricas productoras de enseres para el hogar.

Habrá que explorar la estructura interna de cada subsector de las manufacturas para conocer el tamaño de las empresas y sus vínculos con el uso de agua. En este trabajo sólo hicimos un acercamiento general a la estructura interna del sector secundario en un solo periodo. Las manufacturas en la cuenca siguen dando empleo a un tercio de la población.

El sector servicios define el perfil de la cuenca en términos de empleo y unidades económicas, que no es diferente a la tendencia a nivel nacional y tampoco difiere en términos del patrón de concentración en ciudades más grandes donde la ciudad de Puebla sobresale junto con los municipios al sur de la ciudad con los que se está conurbado. En los últimos

20 años se han instalado industrias maquiladoras de mayor tamaño que producen maquinaria y equipo, autopartes y equipo de computación.

Del sector terciario destacan las actividades comerciales al menudeo, que son las que mayor empleo generan y son las orientadas al consumo final. Los servicios de alojamiento temporal, otros servicios, y los relacionados con salud y asistencia social, con un pequeño tamaño, hacen presencia en toda la cuenca.

La mayor concentración tanto de las actividades secundarias, en particular las manufacturas, como del comercio y los servicios, sigue el patrón de concentración en las ciudades más grandes, donde la ciudad de Puebla muestra los indicadores más altos, acompañada de varios municipios que se encuentran en proceso de conurbación al sur de la ciudad.

Los nuevos desplazamientos industriales a la periferia de las ciudades afectan a otros municipios, sin embargo, siguen siendo alrededor de 14 municipios de la cuenca donde se concentra la mayor cantidad de actividades económicas.

La importancia que tienen las actividades económicas en un país, en una región o municipio, por lo general se observa a través de grandes agregados como el sector primario, secundario y terciario. Sin embargo, al interior de cada sector existe una estructura interna compuesta por grandes, medianas y pequeñas unidades industriales y de servicios, muchas de éstas asociadas a estrategias familiares de sobrevivencia y otras a procesos industriales y de servicios que emergen a partir de los cambios propios de las industrias y de cambios en el consumo, los ingresos y el incremento de la población, entre otros factores.

La preminencia de ciertas ramas y el decremento de otras no es fortuito y tampoco lo es su localización en el territorio. La presencia o ausencia de actividades económicas tiene repercusiones en la oferta de empleos para la población y en las remuneraciones que ofrecen estos emplazamientos económicos. Las unidades productivas, por su lado, buscan instalarse en donde hay aglomeraciones para asegurar la compra de insumos, fuerza de trabajo y maquinaria necesaria para sus procesos

productivos, pero también requieren de esas aglomeraciones para realizar las mercancías producidas y recuperar su inversión inicial más las ganancias propias de la explotación de la fuerza de trabajo.

La instalación de una gran cantidad de actividades en la cuenca Atoyac-Zahuapan no es fortuita, ya que ésta representa y ha representado una fuente de recursos indispensable para el desarrollo de actividades económicas y los asentamientos humanos. Recursos como el agua, tierra, fauna y bosques, entre otros, han sido fundamentales para la expansión de estos procesos.

REFERENCIAS

Alamonte, L. de J. y Carbajal, Y. (2017). Empleo en el sector terciario. Una estimación espacial para los municipios de la región centro de México, 1999-2009. *Región y Sociedad, 29*(68), 77-114.

Garza, J. (2006). *La organización espacial del sector servicios en México.* Colegio de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi]. (20 de febrero de 2019). *Inegi*. https://inegi.org.mx/

Morales, J. (coord.) (2005). Tendencias recientes en la *geografía industrial*. IG-UNAM.

Servicio Geológico Mexicano [SGM]. (2021). Panorama *minero del estado de Tlaxcala* [Archivo PDF]. http://www.sgm.gob.mx/pdfs/TLAXCALA.pdf

1.5 Marco general de la problemática y avance de la “Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan”

Alicia Lara Vázquez
Laura Méndez Rivas

INTRODUCCIÓN

La añoranza de recuerdos de más de 40 años nos sitúa en el tiempo en el que el río Atoyac era una estampa colorida, con su belleza y alegría en la convivencia de toda la comunidad: un lugar de reunión de hombres, mujeres, niñas y niños para bañarse en sus aguas cristalinas; recolectar peces comestibles, jarilla, carrizo y huejote para elaborar diferentes manualidades y celebrar misas rogativas para la lluvia; utilizar el agua del río para regar las parcelas de cultivo; compartir la comida después de una faena comunitaria para desazolvarlo; sacar material de construcción, lavar la verdura, bañar a los animales. Se recolectaban plantas medicinales y se compartían sueños, canciones, saberes y recuerdos de las personas adultas; el aroma de la cebolla, los rábanos, el perejil, cilantro, el verde de las parcelas en la producción de calabacitas, de col, espinacas, lechuga, haba y otras más. ¡Eso también nos hace soñar!

Aquí daremos cuenta del proceso de lucha que hemos llevado para resistir, mantener y volver a compartir nuestros sueños, canciones, saberes y recuerdos.

ORIGEN

El despertar del sueño inicia con la industrialización que inició hace más de 50 años que, en vez de proporcionarnos desarrollo y la mejoría de nuestra calidad de vida, nos produjo despojos de tierras de cultivo, ruina económica, pérdidas culturales, ruptura del tejido social, enfermedades cancerígenas y problemas renales que nos han llevado a la muerte.

Esta situación da origen a la Coordinadora por un Atoyac con Vida. Quienes la formamos somos personas que nacimos y vivimos en este territorio: abuelas y abuelos, padres y madres, hijas e hijos conocedores de nuestra historia, que nos hemos sensibilizado en esta realidad y que, con fundamento en el Evangelio, en documentos de la Iglesia y en la dinámica ecuménica y social promovida también por el Papa Francisco, nos enfocamos en la búsqueda del bien común y de la justicia, desde la exigencia y el ejercicio de nuestros derechos a través de la Pastoral Social de la diócesis de Tlaxcala en la Dimensión de los Derechos Humanos.

RELACIÓN CIENCIA – COMUNIDAD

Formamos la Coordinadora en el 2003, y desde entonces nos hemos acompañado del Centro Fray Julián Garcés. Mantenemos una alianza permanente con investigadoras e investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y de la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco (UAM-A), científicos y científicas reconocidas en ciencias ambientales y de la salud, economía, geografía, antropología y derecho que nos han ayudado a comprender de manera integral la problemática de nuestra cuenca.

Al mismo tiempo, ellos y ellas han mostrado que las personas en las comunidades teníamos razón al afirmar que la contaminación provocada por la industrialización está acabando con la vida de nuestras comunidades y nuestros pueblos, y que se ha producido una muy grave situación de devastación socioambiental. En los últimos años se han integrado también investigadoras e investigadores de la Iberoamericana de Puebla, de la Universidad Autónoma de Tlaxcala y de la Universidad Autónoma Chapingo.

De acuerdo con algunas de las investigaciones realizadas, sabemos que en nuestro medio se han encontrado metales pesados y químicos tóxicos como mercurio, níquel, plomo, cianuro, arsénico, cobre, cromo, cadmio, zinc, tolueno, dibromoclorometano, cloroformo, cloruro de vinilo, cloruro de metilo, fenoles, compuestos de benceno, nitritos y nitratos, fosfato, xilenos, sólidos suspendidos, entre otros. Sabemos que hay contaminación microbiológica: coliformes fecales altos, es decir, patógenos de origen fecal y presencia de nitrógeno, debido al uso excesivo de fertilizantes, detergentes y procesos de descargas industriales que no se encuentran regulados eficazmente todavía por ninguna norma mexicana.

También sabemos ya que varios de estos contaminantes tienen relación con enfermedades crónicas no transmisibles y otros efectos nocivos en la salud como:

- Problemas neurológicos, respiratorios y de bajo peso al nacer (xilenos, tolueno, etilbenceno y metales como manganeso, zinc, plomo, bario, níquel y cromo).
- Problemas oculares, renales y respiratorios (tolueno y metales).
- Leucemia mieloide (COVs: tolueno, benceno, xilenos).

Hay otras enfermedades que se dan particularmente por metales:

- Insuficiencia renal (plomo, bario, níquel).
- Cáncer (níquel y cromo).
- Problemas hematológicos y reproductivos (zinc y níquel).

Se ha encontrado también daño genético y predisposición a desarrollar cáncer relacionados con la exposición a dioxinas y furanos, y potencial genotóxico y carcinógeno en humanos. Se ha visto cómo mujeres embarazadas son el foco de mayor vulnerabilidad, ya que el efecto genotóxico se transmite a los hijos en desarrollo.

De acuerdo a la información que brinda el Inegi se descubre que, en la cuenca, entre 2015 y 2019, fallecieron 11 343 personas de alguna neoplasia maligna; 3 750 de cáncer de colon; 1 348 de cánceres relacionados a la sangre; 1 148 de neoplasias relacionadas a los órganos genitales femeninos. Esto quiere decir que la frecuencia de muertes en la cuenca, por alguna de estas causas, es de una persona cada dos horas y media, y se va encontrando que, también, a mayor proximidad a las industrias, aumenta la probabilidad de desarrollar cáncer o enfermedad renal crónica.

(IN)ACCIÓN DE LAS AUTORIDADES

Desde el inicio, hace ya más de 20 años, fuimos presentando a las autoridades del estado y municipales toda la información que se iba generando y, al inicio, negaron el asunto. Después de mostrarles varias veces los datos, decidieron hacer su propia investigación (Avendaño 2006), pero luego ocultaron toda la información que obtuvieron. Después, cuando ya no pudieron ocultar más la situación, minimizaron el problema y simularon darle solución. Emprendieron acciones mediáticas, quitaron la basura de algunos tramos del Atoyac, tiraron los árboles en la ribera (provocando que los compuestos orgánicos volátiles tuvieran menos barreras de contención), realizaron algunos desazolves (dejando los lodos a la orilla que se pulverizaron al secarse y el viento los repartió por las poblaciones), promovieron el cuidado del agua en las comunidades, el reciclaje de basura, y más acciones, pero nunca atacaron de frente el problema de fondo: la contaminación provocada por las grandes industrias.

SUJETO SOCIAL

Para enfrentar esta situación, desde hace varios años nos aliamos con otras organizaciones comunitarias que tienen problemáticas similares, que habitan en regiones de emergencia sanitaria y ambiental, o infiernos ambientales. Estas regiones son: la comunidad de El Salto en Jalisco; la cuenca de la Independencia en Dolores Hidalgo, Guanajuato; la región tolteca en Apaxco, Atitalaquia y Tula; la cuenca Libres Oriental; la región de Lerma en el Estado de México, y la región del sur de Veracruz en Coatzacoalcos y Jáltipan. Y ya se van sumando otras más.

En este contexto de relaciones, presentamos el caso en 2006 y 2018 ante el Tribunal Latinoamericano del Agua y una vez ante el Tribunal Permanente de los Pueblos, y ambos fallaron a favor de las comunidades. Presentamos, en 2011, una queja ante la Comisión Nacional de los Derechos Humanos que, luego de seis años de gestión, dio como resultado la emisión de la Recomendación 10/2017 de la CNDH. Como respuesta ciudadana a la recomendación construimos, a través de más de 50 talleres y reflexiones en comunidades de la cuenca, la "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades". Esta propuesta se comentará en seguida, ya que es la que fundamenta varios de los trabajos y proyectos elaborados por nosotras mismas y por investigadoras e investigadores que sí tienen interés en la restauración integral de la cuenca.

A finales de 2019, participamos con las organizaciones de las regiones que mencionamos en la Caravana Toxitour, formada por diputadas y diputados europeos e integrantes de organizaciones ambientales y fundaciones de varios países de allá mismo, de América Latina y de los Estados Unidos. Todas estas personas estaban interesadas en conocer la forma en que las empresas de sus países trabajaban en México, y baste decir que en conjunto se fueron horrorizadas de la corresponsabilidad de sus empresas en la devastación socioambiental que sufrimos en estas regiones de emergencia sanitaria y ambiental.

Como un efecto de esta caravana se abrió la puerta de la Semarnat para el diálogo con las organizaciones que participamos, y desde ahí comenzamos a gestionar en conjunto la formación del Grupo de Coordinación Intersectorial, integrado por la Secretaría de Salud, la Semarnat y el Conahcyt. Este grupo se formalizó a través de un convenio de coordinación firmado por sus titulares en junio de 2021.

Por último, en este apartado tenemos que decir que la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro Fray Julián Garcés, los grupos comunitarios de la Pastoral de los Derechos Humanos, el equipo de investigadoras e investigadores con el que trabajamos desde hace años y otras organizaciones hermanas nos hemos ido constituyendo como sujeto social en la región. Vamos fortaleciendo nuestro proceso en una campaña permanente para informar, sensibilizar, concientizar y fortalecernos para exigir y hacer propuestas para mejor ejercer nuestros derechos humanos a la salud, a un medio ambiente sano, a nuestra cultura, a vivir con dignidad.

Al mismo tiempo que llevamos a cabo acciones de incidencia, realizamos también campañas locales y estatales, talleres, foros comunitarios, reuniones de reflexión en escuelas, comisarías, salones parroquiales, presidencias de comunidad, plazas, casas particulares, y muchos otros espacios de nuestras comunidades desde los que vemos y analizamos nuestra realidad, y emprendemos acciones para cuidar nuestra casa común y así construir también el bien común.

AVANCE DE LA PROPUESTA COMUNITARIA

Como lo hemos comentado, quienes habitamos en la Cuenca del Alto Atoyac nos exponemos diariamente al deterioro de nuestra salud, pues respiramos una gran cantidad de tóxicos dispersos en el ambiente. Hoy nos enfrentamos a enfermedades que antes no existían y que han aparecido en la medida que las empresas comenzaron a verter metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y persistentes, solventes, adhesivos,

pinturas o hidrocarburos en los drenajes municipales, en los campos aledaños o directamente en los ríos y zanjas.

Esto, además de afectar nuestra salud, ha generado la pérdida de los ecosistemas y la extinción de diversas plantas y animales; ha ocasionado despojo en las comunidades de nuestro territorio y ha menoscabado nuestra cultura. Al estar altamente contaminado el río, se han abandonado prácticas tradicionales de organización y reunión, ha disminuido mucho el volumen de las cosechas y ahora se castigan los precios de los alimentos que se producen todavía en las comunidades porque son regadas con agua proveniente del río.

Además, quienes han sufrido la pena de que sus familiares hayan enfermado y fallecido, también tienen que cargar con los altos costos de su proceso de atención y de traslados a las ciudades de Tlaxcala y Puebla hasta la Ciudad de México, porque no hay personal ni la infraestructura médica adecuada en la región.

Por todo esto, la restauración integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan es no sólo urgente, sino un acto elemental de justicia para quienes todavía no podemos ejercer nuestro derecho a vivir en un ambiente libre de contaminación, el derecho a no padecer enfermedades ocasionadas por la avaricia de unos y la negligencia de otros, así como a vivir y gozar plenamente un entorno que es parte de nuestra cultura desde hace más de 1000 años.

Es importante un plan integral para el saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac porque la devastación socioambiental que vivimos no conoce límites territoriales entre estados o municipios; no hacerlo implica ser cómplices de la continuidad de la violación a los derechos humanos establecidos en la Recomendación 10/2017 de la CNDH.

Ningún plan para rescatar la cuenca y la vida de las comunidades podrá ser eficaz ni legítimo si no se incluye a las y los agraviados en la toma de decisiones y en la definición de las medidas que deben implementarse. El plan de saneamiento debe, pues, ser integral para toda la cuenca, y debe responder efectivamente a nuestra necesidad de reparación de los daños y de reconocimiento de nuestra dignidad individual y colectiva.

LA QUEJA Y LA RECOMENDACIÓN

Como lo comentamos anteriormente, en julio de 2011, habitantes de varias comunidades de la cuenca, integrantes de la Coordinadora por un Atoyac con Vida y del Centro Fray Julián Garcés, luego de varios años de mostrar ante autoridades y dependencias de gobierno evidencias acerca de la contaminación del río Atoyac y sus efectos en nuestro territorio, incluyendo la enfermedad y muerte de muchos amigos y parientes, nos decidimos a presentar una queja ante la CNDH en contra de quienes no hubieran cumplido con su responsabilidad de prevenir, detener, impedir, frenar y revertir la contaminación industrial y urbana de las corrientes de agua de la cuenca y que, por esa razón, muchas personas enfermaron y murieron de enfermedades que podrían haber ser prevenidas o evitadas.

El proceso de gestión de la queja ante la CNDH duró seis años, durante los cuales trabajamos con el equipo de investigadoras e investigadores que nos acompañan desde el 2003 para mostrar a las y los visitadores en turno toda la evidencia necesaria para que completaran adecuadamente su trabajo de documentación. Finalmente, el 21 de marzo de 2017, la Comisión emitió la Recomendación 10/2017

> Sobre la violación a los derechos humanos a un medio ambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información, en relación con la contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes; en agravio de quienes habitan y transitan en los municipios de San Martín Texmelucan y Huejotzingo, en el estado de Puebla; y en los municipios de Tepetitla de Lardizábal, Nativitas e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, en el estado de Tlaxcala (CNDH, p. 1).

Mediante el proceso de documentación que llevó a cabo la CNDH, se reafirmó la continua omisión que se dio por parte de autoridades y dependencias a pesar de tener conocimiento de los problemas, y se encontró también que los procesos de vigilancia y mecanismos de sanción casi siempre terminan en multas que, al parecer, las industrias tienen ya

integradas en sus procesos contables y todo se queda sólo en *pagar por contaminar*.

Dice la Recomendación:

> las autoridades no han llevado a cabo las acciones o tomado las medidas suficientes de inspección, verificación, monitoreo, o impuesto las respectivas de prevención, cautelares, apremio, rehabilitación, restauración o correctivas, para la protección de los recursos hídricos en la zona de impacto, de conformidad con sus facultades y atribuciones establecidas en el marco normativo aplicable (p. 70).

De acuerdo a los estudios académicos y gubernamentales que se hicieron para identificar las sustancias contaminantes, se encuentran las que ya detallamos arriba: metales pesados y químicos tóxicos; contaminación microbiológica, y presencia de nitrógeno. Sobre esto, sabemos que la NOM-001 actual regula algunas sustancias, pero que en el río existen muchas más que no están reguladas todavía y que en la cuenca nunca se ha establecido un proceso ordenado para el crecimiento urbano y el industrial, y menos uno sustentado en las capacidades hídricas reales del territorio y en las necesidades de la población para tener una vida digna.

Así, desde el 2017 la CNDH concluye que:

> La degradación del medio ambiente, la falta de saneamiento, el tratamiento inadecuado de las aguas residuales, el crecimiento desordenado de la industria, los métodos no seguros para la eliminación de productos químicos y la gestión irresponsable del agua, influyen directamente en la calidad y productividad de los ecosistemas, así como en la salud humana en la forma de mortalidad, morbilidad y bienestar (p. 71).
>
> Lo que se muestra es un estrecho vínculo entre la calidad del medio ambiente, el saneamiento y la salud, que a su vez están relacionados con el disfrute de diversos DH como a la vida, la salud, la alimentación, a la niñez, de las mujeres, al acceso a la información entre otros (p. 81).

La Recomendación es el primer documento oficial de una instancia del Estado mexicano que abiertamente reconoce el vínculo entre la contaminación y las afectaciones a la salud de la población.

Para avanzar, rescatamos de este documento dos puntos generales, a saber: primero, la indicación de que, una vez aceptada la recomendación y en un plazo de seis meses, se debería celebrar

> … un convenio y/o acuerdo de coordinación interinstitucional y cooperación técnica, entre esa Conagua, la Semarnat, la Profepa, la Cofepris, los gobiernos de los estados de Puebla y Tlaxcala, y los municipios colindantes con el río Atoyac y Xochiac, y sus afluentes, y las empresas que descargan sus aguas residuales a los citados cuerpos de agua o a las redes de alcantarillado municipales, así como con las organizaciones de la sociedad civil que así lo deseen; con el objeto de elaborar e implementar un programa integral de restauración ecológica o de saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac, en términos de lo establecido en el apartado de reparación del daño de esta recomendación; y se remitan las pruebas de su cumplimiento a esta Comisión Nacional (pp.176-177).

Segundo, que la misma CNDH tiene claro que la afectación al medio ambiente y a la salud de la población no se reduce sólo a los municipios recomendados, por lo que se deberá considerar que las acciones que se lleven a cabo para concretar el Programa Integral de Restauración "deben contemplar los daños en toda la cuenca del Alto Atoyac" (p. 158).

El convenio tardó tres años para elaborarse y firmarse, pero nació viciado de origen porque no se llevó a cabo de acuerdo a la indicación de la recomendación; es decir, no se construyó ni se firmó bajo el principio de máxima publicidad, ni se permitió la participación de la sociedad civil interesada en todo el proceso, ni tampoco permitió que esa participación se diera en las fases siguientes cuando se estableció el grupo de trabajo y se comenzó a trabajar sobre un Plan de Acciones de Saneamiento (PAS).

Sabemos ahora que dicho plan todavía está más orientado a que cada gobierno y dependencia cumpla en la formalidad y de manera independiente con lo que pueda de lo que ellos mismos establecieron en el convenio y en el plan (no en la recomendación), y no se ocupa de armar primero el Programa Integral de Restauración Ecológica o de Saneamiento para toda la cuenca, que debería orientar las acciones a llevar a cabo y no al revés, como se ha venido haciendo.

LA PROPUESTA COMUNITARIA

A pesar de lo mencionado, la sociedad civil, desde la Pastoral de los Derechos Humanos, la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro Fray Julián Garcés y el equipo de investigadoras e investigadores con el que hemos trabajado desde 2003, sí nos tomamos en serio la Recomendación emitida por la CNDH y, desde unos días después de que fue emitida en 2017, nos dimos a la tarea de elaborar, con más de 50 talleres en las comunidades, la "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades".

Se trata de una propuesta integral porque la elaboramos considerando todo lo que converge en el territorio, incluyendo a las personas. No sólo se consideran los cuerpos de agua ni meramente aspectos para remediar la situación, sino que se proponen también acciones para prevenir la contaminación y las afectaciones que provoca en la salud, y para evitar que esta situación continúe.

La propuesta está ordenada en seis puntos principales, y cada uno tiene, previa validación técnica realizada por el equipo de investigadoras e investigadores, un desglose de lo que consideramos que se debe incluir para satisfacer la exigencia del saneamiento integral desde el punto de vista de las comunidades afectadas. A saber:

1. Saneamiento de la cuenca (ríos, arroyos, canales y zanjas):
    - Metas precisas de reducción tangible y sensible de la contaminación

química y bioquímica. Plazos para el cumplimiento estricto de dichas metas, que incluyan mecanismos vinculantes de sanción y garantías de cumplimiento para el gobierno y para las industrias.
- Cobertura universal de agua potable y saneamiento.
- Ubicación, caracterización, diagnóstico y regularización de todas las descargas.
- Auditar el estado, condición y el manejo de los recursos destinados a la operación de todas las plantas de tratamiento existentes para determinar la pertinencia de construir nuevas, o adecuar, mantener y rehabilitar las ya existentes.
- Evaluación social, pública y científica de las técnicas y procedimientos más adecuados localmente para la limpieza del río.
- Prohibir a los municipios de la cuenca otorgar permisos de descarga al drenaje municipal que no sean de origen doméstico.
- Elaboración y publicación de un estudio diagnóstico independiente sobre la industria domiciliaria de la mezclilla en la Cuenca del Alto Atoyac.
- Diseño y evaluación de un programa de transición productiva que contemple el adecuado tratamiento de sus residuos sólidos, líquidos y gaseosos, su correcto manejo y disposición, así como su financiamiento.

2. Restauración de los suelos (ribera y terrenos aledaños):
    - Diagnóstico de la contaminación de los suelos en los sedimentos de los ríos y sus afluentes, en la ribera y en los terrenos de cultivo aledaños.
    - Protección y reforestación de los bosques de ribera, humedales y zonas inundables en toda la cuenca.
    - Programa de reforestación de especies nativas en la ribera y en los campos circundantes (desde el nacimiento de la cuenca hasta su desembocadura en Valsequillo).

- Diagnóstico y monitoreo periódico de la contaminación química y bioquímica de los alimentos producidos en las tierras de cultivo.
- Programa emergente de apoyo a los productores rurales afectados por la contaminación de la cuenca, para facilitar su transición a procesos productivos libres de agroquímicos.
- Garantía del derecho de los pueblos a conservar e intercambiar sus semillas y alimentos propios, libres de toda contaminación transgénica y química.

3. Prevención de la contaminación futura:
   - Sistema de monitoreo, vigilancia y alerta de emisiones a la atmósfera y descargas de agua residual industrial (prioritariamente) y municipal para la Cuenca del Alto Atoyac y sus afluentes.
   - Garantía del cumplimiento cabal y los plazos establecidos en la declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac, publicada por la Comisión Nacional del Agua en 2011. Actualización de la declaratoria.
   - Sistema de sanciones que inhiba el incumplimiento de las normas ambientales, ligado a los ingresos brutos de las empresas y no al salario mínimo.
   - Padrón actualizado de los usuarios de las aguas nacionales, de los concesionarios de los terrenos de la zona federal y de las descargas de agua residual, para identificar a los usuarios y permisionarios que vierten agua residual sin permiso.
   - Actualización del registro de emisiones y transferencia de contaminantes, a cargo de Semarnat y la integración obligatoria de todas las empresas industriales que operan en la cuenca.
   - Programas de reducción y manejo adecuado de los residuos sólidos municipales (que incluyan la progresiva eliminación de las bolsas y empaques de plástico), y programas de

educación ambiental y de derechos humanos para su impartición obligatoria en todos los niveles educativos.

- Actualización y expansión de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-Semarnat-1996 y de la NOM-002- Semarnat-1996, para incluir todas las Sustancias no consideradas en las normas vigentes, con límites máximos permisibles más estrictos y contemplando la carga contaminante acumulativa en los ríos y los drenajes municipales.

Aunque en esto ya hay un avance, todavía no es suficiente.

- Reforma del poder judicial que permita la creación de tribunales especializados en materia ambiental.

4. Plan emergente de salud:
   - Elaboración y divulgación pública de un informe preliminar sobre la situación general de salud ambiental y ocupacional de la población en la cuenca. Valoración sobre las condiciones de los centros de salud existentes en la cuenca.
   - Censo de enfermedades y de personas enfermas, para determinar las necesidades urgentes de atención y tratamiento para las y los pobladores afectados por la contaminación.
   - Integración de una base de datos unitaria que acopie la información de todos los sistemas de salud federales, estatales y municipales sobre los pacientes atendidos dentro y fuera de la cuenca.
   - Evaluación de la necesidad de instalar un hospital de especialidades.
   - Garantía de acceso a servicios de salud de calidad, suficientes, gratuitos y humanos para las y los pobladores de la cuenca en los centros del sistema nacional de salud, más allá de la cobertura del Insabi.
   - Conformación de un registro estatal y municipal permanente del cáncer y otras enfermedades crónico-degenerativas para detectar los focos de mayor concentración de casos.

- Elaboración de catálogo público con las principales sustancias vertidas por las industrias en la cuenca que explique las dosis tóxicas y letales, así como los riesgos sanitarios de la exposición crónica a ésta.
- Registro completo y actualizado de todas las sustancias tóxicas y peligrosas que emplean las empresas industriales que operan en la cuenca. Disponibilidad pública de esta información en cada comunidad de cada municipio de la cuenca. Diseño de protocolos de atención de emergencias, evacuaciones y atención médica en caso de fugas, derrames o explosiones. Cuerpos de bomberos capacitados para atender emergencias de este tipo en cada municipio.

5. Recursos económicos para todas las acciones necesarias:
   - Diagnóstico de la deuda ambiental, social y de salud por la contaminación industrial de la cuenca durante los últimos 20 años.
   - Mecanismo de recaudación fiscal que grave sobre la producción bruta de las grandes empresas industriales.
   - Diseño y puesta en operación de un mecanismo de administración de los recursos financieros para el plan, administrado de manera transparente por un comité ciudadano.
   - Establecimiento de garantías legales y sanciones para evitar el enriquecimiento de empresas privadas y funcionarios públicos a costa del saneamiento de la cuenca y la salud de sus pobladores.
   - Implementación de mecanismos de fiscalización eficaces sobre el manejo de recursos financieros, con participación ciudadana y académica independiente.

6. Reparación del daño ocasionado a las personas, las familias y las comunidades en su salud, economía, cultura y dignidad:
    - Reconocimiento gubernamental y empresarial público del daño cometido a las comunidades por el silencio, la negligencia y la simulación ante la catástrofe ambiental y de salud de la Cuenca del Alto Atoyac. Disculpa pública.
    - Diseño de medidas efectivas de reparación del daño a las personas, las familias y las comunidades por la violación de sus derechos humanos.
    - Establecimiento, una vez saneado el río, de un sitio público para conmemorar a quienes perdieron la vida por la violación de su derecho a un medio ambiente sano y a la salud.
    - Instrumento legislativo que garantice la no repetición del daño para nuestras comunidades.

Desde el 2017 presentamos la "Propuesta comunitaria" a las autoridades estatales y municipales y a las dependencias federales involucradas, pero no obtuvimos respuesta, y en algunos casos ni siquiera el acuse de recibido. No fue sino hasta poco después de la realización de la Caravana Toxitour cuando la volvimos a presentar y obtuvimos respuesta favorable por parte del Grupo de Coordinación Interinstitucional para plantear acciones de gobierno coordinadas desde el ámbito federal y orientadas a solucionar la problemática de manera integral. Sobre esto se ha avanzado más con la Secretaría de Salud y con el Conahcyt.

En particular, la "Propuesta comunitaria" también ha sido la base para nuestra participación en varios Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia apoyados por el Conahcyt, dos elaborados en conjunto por la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro Fray Julián Garcés y el equipo de investigadoras e investigadores, y otros que coinciden con nuestros planteamientos. Con estos proyectos esperamos avanzar en la solución de la problemática de la cuenca entera y, en el mismo proceso, en nuestro fortalecimiento como sujeto social.

Se trabaja de manera integrada y equitativa con la academia, como ya lo hemos venido haciendo desde hace muchos años, pero también con autoridades y dependencias de todos los ámbitos de gobierno para que de manera conjunta podamos avanzar con decisión en el proceso de restauración integral. Tenemos claro que no se trata sólo de ver al río de manera aislada, sino de comprender que hay que luchar por todos los problemas que afectan la Cuenca del Alto Atoyac, pues todos sus elementos naturales, sociales, culturales y económicos están relacionados.

CONCLUSIONES

Queremos ver nuevamente la belleza de nuestra cuenca, pues somos personas que habitamos en ella desde que nacimos. Aquí han vivido nuestros padres y abuelos, a quienes debemos el que hoy podamos tener la memoria de lo que fue el río y su conexión con la vida comunitaria, antes de que llegara la contaminación industrial. Por esto mantenemos un fuerte arraigo comunitario; para nosotras no se trata sólo del espacio en el que están nuestras casas, pues es el lugar donde viven nuestras familias, en el que desarrollamos nuestra historia, tradiciones y fiestas, nuestra cosmovisión. Nuestras comunidades son el territorio que nos ha alimentado durante siglos, desde antes de la llegada de los españoles.

A diferencia de lo que ha impulsado el Gobierno del estado en este último periodo, nuestra lucha por el saneamiento de la cuenca no es sólo por tener agua limpia, ni es tampoco un mero problema de estética –porque lo que a ellos les importa es solamente que se vea bonito y no huela mal–. No, nuestra lucha es mucho más que eso: se trata de trabajar por recuperar nuestra forma de vida que fue totalmente alterada en las últimas décadas, debido al modelo de industrialización salvaje que se ha impuesto y se sigue promoviendo. Es la disputa porque, con nuestras hijas e hijos, podamos tener un entorno que no nos dañe y vivir de manera semejante a la forma en que pudieron hacerlo nuestros padres y abuelos.

Nuestra vida y la de nuestras comunidades no sólo está conectada con nuestro territorio como espacio sino también con el tiempo: antes, porque nuestros padres y abuelos vivieron aquí, y después, porque queremos que nuestras hijas e hijos sigan viviendo dignamente aquí, sin los riesgos que hoy se presentan por la contaminación industrial.

¡No hay justicia social sin justicia ambiental!

REFERENCIAS

Avendaño, J. C. (8 de septiembre de 2006). El Zahuapan, un cauce de aguas negras, coinciden Héctor Ortiz y Mario Marín. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/2006/09/08/tlaxcala/tla104.php

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2017). Recomendación CNDH 10/2017 https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Recomendaciones/2017/Rec_2017_010.pdf

Congreso del Estado de Tlaxcala. (2022). Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la ley para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento del Estado de Tlaxcala. https://congresodetlaxcala.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/14-02-23-Se-expide-la-Ley-para-la-Presta-ci%C3%B3n-de-Servicios-de-Agua-Potable-y-Saneamientos-del-Estado-de-Tlaxcala.pdf

1.6 La devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac, entre la omisión, los retos y las oportunidades

Alejandra Méndez Serrano

INTRODUCCIÓN

Bajo la idea del progreso, desde una lógica capitalista y neoliberal, son nuestras comunidades las que por décadas han puesto la mano de obra para las industrias, el agua de la Cuenca del Alto Atoyac, las personas enfermas, las muertes debido a la contaminación y la vida entera. Los impactos en la salud de las personas de la cuenca son sumamente graves, sin que todavía existan mecanismos eficaces para su prevención y atención.

En este contexto, han sido ya dos décadas en las que hemos tenido que luchar a contracorriente, demostrando de diferentes maneras y a través de diferentes medios la grave devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac, que está compuesta por cuatro cuerpos de agua principales –el río Zahuapan, el Atoyac, el Alseseca, y la confluencia de los tres en la presa de Valsequillo–, y por todos los seres que habitamos en ella y componemos su biodiversidad. De esta manera, la destrucción en la cuenca se muestra no sólo en la contaminación, sino en los graves impactos que está teniendo en la vida y salud de las personas, y en la eliminación de

una cultura que por cientos de años cuidó de los recursos hídricos y de toda la biodiversidad a la que dan origen.

Hemos señalado en diversas ocasiones que la instalación de las grandes industrias a partir de los años sesenta, desde una lógica del neoliberalismo, generó una contaminación y urbanización acelerada, y una fuerte presión hídrica. Estos daños se han profundizado en las últimas cuatro décadas por el debilitamiento de las normas ambientales y de las instituciones encargadas de la salud y el medio ambiente.

NORMAS, OMISIONES, RETOS Y OPORTUNIDADES

Con la Norma Oficial Mexicana "que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales" aprobada en 1996 (NOM-001-Semarnat-1996) se redujo el número de parámetros a reglamentar sólo a 16, entre los que no se consideraron muchos de los que se sabe que son más peligrosos para la salud humana; desde ese año hasta el 2021 se bloquearon todos los intentos de modificarla para incluir otros parámetros. Así, en ese último año, y luego de un proceso muy largo de gestión, se logró la actualización de algunos aspectos de la norma.

Ahora establece, por ejemplo, el fortalecimiento de los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en los cuerpos receptores, que los humedales y los ecosistemas cársticos requerirán condiciones particulares de descarga, la obligación de contar con puertos de muestreo en los puntos más cercanos a la descarga, y, muy importante para la situación de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental, los parámetros de color verdadero y de toxicidad aguda (NOM-001-Semarnat-2021).

Sin embargo, a pesar de que por fin se logró al menos esta actualización, siendo ahora la NOM-001-Semarnat-2021, los representantes del sector privado, en su mayoría más interesados en las ganancias de sus representados que en la efectividad de la norma para el bien de la

población, lograron retrasar su aplicación sobre todo en los puntos más importantes. De acuerdo a los transitorios aprobados, la medición actualizada de los parámetros considerados se pudo aplicar hasta un año después de publicada la ley, y lo referente al color verdadero y toxicidad aguda se podrá aplicar hasta cuatro años después de la aprobación, es decir, en marzo de 2026 (NOM-001-Semarnat-2021).

La Recomendación 10/2017, emitida por la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) en marzo de ese año, reconoció que lo que se muestra es el

> ... estrecho vínculo que existe entre la calidad del medio ambiente, el saneamiento y la salud, que a su vez están relacionados con el disfrute de diversos derechos humanos como a la vida, a la protección de la salud, a la alimentación, derechos de la niñez, de las mujeres, al acceso a la información entre otros. (CNDH 10/2017, Pág. 81).

Además, la recomendación estableció que, en un plazo de seis meses, se debería celebrar

> ... un convenio y/o acuerdo de coordinación interinstitucional y cooperación técnica, entre esa Conagua, la Semarnat, la Profepa, la Cofepris, los gobiernos de los estados de Puebla y Tlaxcala, los municipios colindantes con el río Atoyac y Xochiac y sus afluentes, y las empresas que descargan sus aguas residuales a los citados cuerpos de agua o a las redes de alcantarillado municipales, así como con las organizaciones de la sociedad civil que así lo deseen; con el objeto de elaborar e implementar un Programa Integral de Restauración Ecológica o de Saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac, en términos de lo establecido en el apartado de Reparación del Daño de esta Recomendación; y se remitan las pruebas de su cumplimiento a esta Comisión Nacional (CNDH 10/2017, Pág. 177).

A seis años de emitida la recomendación, quienes interpusimos la queja y gestionamos la recomendación, manifestamos nuestra preocupación por la ineficacia de la CNDH, para dar seguimiento a la Recomendación 10/2017 y en ese sentido garantizar que no se continúen violando nuestros derechos humanos. Señalamos particularmente los siguientes puntos, que son constantes durante todo este tiempo:

- Primero, tenemos que destacar el silencio que guardó la CNDH durante los tres primeros años en que los gobiernos y dependencias recomendadas simularon intentos de organizarse y realizaron solamente acciones mediáticas pretextando el cumplimiento, pero que nada tenían que ver con la Recomendación.
- Actualmente se ha mostrado que el procedimiento de seguimiento a las autoridades y dependencias recomendadas no tiene como objetivo la restauración integral de la cuenca y la garantía de los derechos humanos, sino solamente el cumplimiento administrativo de una serie de probatorios. Es decir, autoridades y dependencias realizan cualquier tipo de acción y la refieren como parte del cumplimiento de la Recomendación, la CNDH la da por buena, la integra al expediente en el archivo y aumenta en su registro el porcentaje de cumplimiento para la dependencia.
- No se garantiza en el proceso de seguimiento a la Recomendación una interlocución con las personas afectadas, de tal manera que se constate que los derechos humanos por los que se interpuso la queja no continúen violentándose. Más bien, lo que sucede es que se permite que haya una reincidencia en la violación a los derechos humanos por parte de autoridades y dependencias.

Sobre esto último hay que comentar que, si bien en el 2020 se elaboró y firmó por fin el convenio de coordinación interinstitucional y cooperación técnica, éste también se llevó a cabo principalmente como un acto mediático y el documento no cumple con lo establecido en la

Recomendación, aunque la CNDH, en las mismas condiciones que ya mencionamos lo haya dado por bueno.

Como ya lo hizo notar Octavio Rosas Landa en su participación durante la primera sesión del webinario "Comunicación y diseminación para la formación de nuevos sujetos sociales del agua", en septiembre de 2022 el proceso de atención a la Recomendación sufrió una serie de transformaciones kafkianas, como las que suelen implementar muchas veces los gobiernos cuando se trata de resolver problemas graves y a largo plazo. En este caso, lo que ha ocurrido es que:

- El cumplimiento de lo indicado en la recomendación se reduce al cumplimiento de un convenio acotado.
- El cumplimiento del convenio firmado se reduce a lo establecido en el Programa de Acciones de Saneamiento (PAS), en el que cada dependencia expone lo que ya venía haciendo (sobre todo la Conagua) o lo que planeó hacer con el presupuesto disponible, pero sin relación necesaria con lo que hacen las demás.
- El cumplimiento del PAS se reduce a lo que cada dependencia tiene que informarle a su jefatura para que ésta informe, a su vez, conforme lo comprometido a realizar durante el periodo anual.
- Y todo se reduce, al final, a una reunión mediática nuevamente, en la que funcionarias y funcionarios se felicitan, exponen estadísticas, ejercicios y promesas presupuestales, y los anuncios de obras futuras, sin que nadie se interese, ni la misma CNDH, en averiguar si la situación de violación a los derechos humanos que dio origen a la recomendación se está solucionando.

En todo este proceso, como puede ya suponerse, tampoco se cumplió con el mandato de promover y facilitar la participación social en el diseño de la política pública. Aunque la Recomendación estableció que se debería celebrar "un convenio y acuerdo de coordinación interinstitucional y cooperación técnica … con las organizaciones de la sociedad civil que

así lo deseen" (CNDH 10/2017, Pág. 177), no se cumplimentó el criterio de integrar a las organizaciones de la sociedad civil y mucho menos a las personas y comunidades afectadas. Aquí también el cumplimiento en torno a la participación de la ciudadanía se ha simulado, por ejemplo, a través del foro realizado por la Semarnat el 11 de octubre de 2021, con el objetivo de "recabar propuestas, opiniones, y planteamientos sobre la forma de dar cumplimiento a la Recomendación de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) 10/2017".[1]

A pesar de los acertados aportes de compañeras de las comunidades de San Rafael Tenanyecac, Santiago Míchac, Villa Alta y Tepetitla –integrantes de la Coordinadora por un Atoyac con Vida– y la participación de académicos y académicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), así como de la Universidad Iberoamericana Puebla y de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, resultó lamentable que del total de propuestas presentadas para el saneamiento integral de la cuenca, únicamente se consideraran viables el 31%. Esto, en razón de que sólo se tomaron en cuenta aquellas que tienen relación con el convenio marco y no se consideró un verdadero proceso de restauración integral, como las comunidades lo proponen a través de la "Propuesta comunitaria".

Esta situación repite la simulación sistémica, como bien lo documentó la misma recomendación, que se ha generado a partir de la existencia de convenios, acuerdos y hasta una declaratoria de clasificación que se quedan sólo como documentos bien elaborados, sin presupuesto ni plazos de cumplimiento reales, que se archivan y no sirven para nada. La consecuencia de esto la seguimos sufriendo en las comunidades: el problema se agrava y sigue costando muchas vidas, y cada vez de personas más jóvenes, a las que se les niega el derecho a la vida.

Por otro lado, a pesar de la simulación avalada por la CNDH, pero sobre todo como resultado de nuestro proceso constante de denuncia y

[1] La convocatoria completa para este foro se puede consultar en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/670304/2_CONVOCATORIA_ATOYAC.pdf

exigencia en el último tiempo, desde la Coordinadora por un Atoyac con Vida y el Centro Fray Julián Garcés hemos mantenido una serie de diálogos con diferentes instancias federales y estatales, algunas de las cuales han mostrado que sí tienen la voluntad de impulsar políticas públicas que lleven a la restauración integral de la cuenca del Atoyac–Zahuapan.

En el ámbito federal, como consecuencia del proceso desatado por la Caravana Toxitour, se estableció el diálogo entre organizaciones de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental, la Secretaría de Salud federal, la Semarnat y el Conahcyt. Como resultado de este proceso, en julio de 2021, las tres dependencias federales firmaron un Convenio Marco de Coordinación, que tiene por objeto establecer mecanismos para conjuntar

> ... acciones a efecto de formular y conducir políticas participativas de salud ambiental y restauración ecológica y ambiental encaminadas a proteger la salud humana y a reestablecer el equilibrio ecológico en el territorio nacional, con la intervención de colectivos y comunidades pertenecientes a las regiones de emergencia sanitaria y ambiental u organizaciones de base representativas de la población afectada.[2]

En este espacio hemos encontrado algunas señales de buena voluntad que, de concretarse, a pesar del debilitamiento y la fragmentación que sufrieron durante los gobiernos anteriores, podrían empezar a dar respuesta real a la problemática y sus efectos. Concretamente nos referimos hoy a las Unidades de Gestión en Salud Ambiental, a cargo del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Cenaprece-SESA), las cuales desarrollarán cuatro líneas de acción estratégicas: *1*) atención de daños a la salud, *2*) intervención en salud

[2] Véase: Cláusula Primera. Objeto del Convenio Marco de Coordinación celebrado por la Semarnat, la Secretaría de Salud y el Conahcyt, firmado por sus titulares, a saber, María Luisa Albores González, Jorge Carlos Alcocer Varela y María Elena Álvarez – Buylla Roces, respectivamente, el día 21 de julio de 2021.

ambiental, *3*) gestión, control y reducción de riesgos sanitarios, y *4*) atención y reducción de la vulnerabilidad en salud. Esto debe ser parte de un programa integrado de salud con participación comunitaria en asuntos de nutrición y prevención para disminuir la vulnerabilidad de las personas.

Algunos de los retos que vemos para este espacio federal son los siguientes:

- Se tiene que trabajar de manera conjunta entre las dependencias, superando la fragmentación actual, para lograr la solución integral de los problemas.
- Las dependencias involucradas deben promover y sostener la interlocución con las comunidades, y trabajar con ellas también de manera conjunta en el seguimiento a todas las iniciativas.
- Las mismas dependencias tienen que fortalecerse integrando en sus procesos de toma de decisiones la experiencia y conocimiento comunitario y académico, para avanzar hacia soluciones integrales a los problemas.
- Se deberán plantear acciones a mediano y largo plazo que trasciendan el periodo sexenal.

Otra de las señales positivas que vemos también en el ámbito federal es la de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) y su concreción en los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii). La importancia de estos proyectos radica en que se pone la ciencia al servicio de los problemas sociales para su solución y para la transformación de las situaciones que les dan origen, y no de las meras soluciones técnicas desde una lógica capitalista neoliberal, como ha venido ocurriendo.

Decidimos participar en la convocatoria de estos proyectos, porque la ciencia ha sido una aliada y una herramienta fundamental desde el inicio de nuestra lucha para mostrar la existencia de la contaminación y sus efectos negativos, que vemos y sentimos diariamente en la vida de las

personas y de los pueblos y en el agotamiento de la biodiversidad. Desde el 2003 contamos con la cercanía y el trabajo de un equipo de investigadoras e investigadores totalmente comprometidos con este proceso, y al que se han sumado más en los últimos años.

Este equipo actualmente está integrado por la maestra Inés Navarro González, del Instituto de Ingeniería; la doctora Regina Montero Montoya, de Investigaciones Biomédicas; el doctor Omar Arellano Aguilar, de la Facultad de Ciencias; la doctora Paola Velasco Santos, de Investigaciones Antropológicas; el doctor Rodrigo Gutiérrez Rivas, de Investigaciones Jurídicas, todas y todos ellos de la UNAM. También participan la maestra Yacotzin Bravo, ahora catedrática en el ITESM; la doctora Gabriela Pérez Castresana, de la Universidad Iberoamericana Puebla; el doctor Alfredo Delgado Rodríguez, del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias Sobre Desarrollo Regional (Ciisder) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, y también la maestra Virginia González Santiago, de la Universidad Autónoma Chapingo.

Con todas y todos ellos estamos ahora colaborando directamente en tres Pronaii, uno de agua, otro de agentes tóxicos y otro de ciencia de datos en salud. Pero, además, destacamos aquí el esfuerzo que se está haciendo por relacionar todos los Pronaii que están trabajando en la región para que entre comunidades, organizaciones y equipos de investigación coordinemos nuestras acciones y compartamos nuestra información y avances, para integrar propuestas de política y de acción que tiendan a la restauración integral de toda la cuenca.

Con la experiencia que vamos construyendo en esto, consideramos que los Pronaii pueden contribuir al menos a tres elementos importantes en las regiones de emergencia sanitaria y ambiental:

1. La profundización en la investigación integral para el conocimiento de causas, relaciones, consecuencias y propuestas de solución a las problemáticas.

2. El fortalecimiento del *sujeto social*[3] (García-Barrios et al., 2023), que durante décadas ha buscado las formas de transformar estas realidades de dolor y muerte.
3. El seguimiento a la gestión de las propuestas que surjan de los procesos de investigación para incidir en la restauración integral de la cuenca.

De acuerdo a lo que hemos comentado, sabemos que los Pronaii tienen al menos tres grandes retos:

1. Consolidar su articulación regional de la mejor manera para construir propuestas que respondan de manera integral a las problemáticas.
2. Como equipos de trabajo, mantener la articulación y el servicio hacia las y los sujetos comunitarios, más allá de la duración establecida para las actuales convocatorias y sus financiamientos.
3. Incidir de manera conjunta para la creación de políticas públicas de corto, mediano y largo plazo que lleven a la restauración de la cuenca y trasciendan los periodos sexenales.

Por lo que respecta al ámbito estatal, durante 2022 llevamos a cabo varias reuniones con la Secretaría de Medio Ambiente de Tlaxcala, con quienes parecía que había coincidencia en las consideraciones sobre la gravedad de la devastación socioambiental en la Cuenca del Alto Atoyac y en la necesidad de implementar políticas y acciones más allá de lo establecido en el PAS. Esto porque, a pregunta expresa, el secretario estatal de ecología nos comentó que tenían muy claro que ni el convenio ni el PAS

[3] Se trata de una categoría en construcción y revisión constante, que se ha propuesto y se trabaja desde la coordinación de los Pronaces, en particular el de Agua. En términos generales se refiere a todas las personas, sin distinción, en una entidad configurada por actoras y actores varios, heterogéneos, codefinidos, que actúan de manera cooperativa por bienes comunes como el agua y el territorio, por ejemplo.

daban solución a la problemática, y que por su cuenta estaban ampliando el rango de acción hacia lo que debería ser verdaderamente un programa integral de restauración de la cuenca.

Sin embargo, luego de varias reuniones con la Secretaría de Medio Ambiente del estado y otras dependencias, nos dimos cuenta de que nos estaban dando largas en un proceso de administración del conflicto, mientras la titular del ejecutivo estatal y otras dependencias seguían con el fomento de las inversiones de industrias extranjeras y nacionales siguiendo el mismo modelo que los gobiernos anteriores, el mismo que nos ha traído a la situación de devastación socioambiental en la que estamos. De esta manera, lo que ha mostrado el Gobierno del estado actual, 2021-2027, es que no tiene interés real en la solución de la problemática y que su preocupación principal está sólo en cambiar la imagen que se tiene de Tlaxcala en el exterior.

Aun así, consideramos que, si alguna vez un gobierno estatal en Tlaxcala tiene interés y voluntad en trabajar para la restauración integral de la cuenca, tendría que enfrentar y superar los retos siguientes:

- Frenar la instalación de industrias y la ejecución de infraestructura de saneamiento no adecuada como plantas de tratamiento, hasta que se cuente con un programa integral para la restauración de la cuenca.
- Superar el pretexto del cumplimiento formal y la mera imagen del compromiso gubernamental, la simulación, que es una de las formas de los gobiernos estatales para evadir su responsabilidad en la solución de problemas complejos y de largo plazo.
- Articular a todas las dependencias del gobierno para trabajar de manera integrada en un plan de desarrollo y de restauración integral.
- Promover y sostener el diálogo con las comunidades afectadas y realizar las evaluaciones del proceso, no en términos de las actividades realizadas sino realmente sobre los cambios logrados.

Además, como parte de la complejidad estatal, otro elemento que tiende a agravar la devastación socioambiental es el impulso de la Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento del estado de Tlaxcala, que fue presentada el 14 de febrero de 2023 por la presidenta de la Comisión de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y que se turnó a trabajo en comisiones en el congreso del estado.

Conocimos y analizamos el documento de la iniciativa en conjunto con la maestra Inés Navarro y los doctores Rodrigo Gutiérrez, Omar Arellano y Alfredo Rodríguez, y observamos que esta iniciativa tiene problemas e inconsistencias muy graves, como las siguientes:

1. No se orienta por el contenido y obligaciones del derecho humano al agua.
2. Contiene disposiciones que se oponen al derecho humano al agua, lo que muestra problemas de inconstitucionalidad e inconvencionalidad.
3. Se opone a la Observación general núm. 15 del Comité DESC de la ONU, al pretender ignorar e/o intervenir en la organización que ya se tiene en Tlaxcala para la administración del agua en las localidades a través de comités comunitarios autónomos y elegidos directamente por la población, pretendiendo someterlos a los acuerdos de cabildo. De esta manera, las comunidades dejarían de participar directamente en el ejercicio de su derecho humano al agua, y a organizarse y tomar sus propias decisiones sobre el agua en su localidad.
4. En este marco, se opone al artículo 6 de la Constitución mexicana y al Acuerdo de Escazú, al no respetar ni garantizar el derecho a la información hacia la población.
5. Se opone también a la Observación general núm. 15 y a la Constitución, al tender claramente hacia la privatización del agua: reitera el valor económico del agua, impone los cortes de agua por no pagar, indica que los organismos operadores

> municipales deberán sostenerse por sí solos económicamente, y abre la posibilidad a la concesión del saneamiento de las aguas residuales, quitándole la responsabilidad a las grandes industrias sobre el saneamiento de las aguas que utilizan.

Hemos compartido este análisis con habitantes de las comunidades y con otras organizaciones en el estado.

Junto con las y los investigadores, y también en alianza con movimientos nacionales como Agua para todos y todas - Agua para la vida, estamos trabajando para que esta iniciativa se cancele y que mejor se establezca un proceso de trabajo a fondo en las comunidades. Que se constituya una ley que realmente sirva a la población del estado y no preferencialmente a los intereses privados como ha sido hasta ahora.

CONCLUSIONES

Consideramos que, a pesar de las dificultades en la relación con las dependencias y la inercia burocrática de los gobiernos, la construcción de espacios de diálogo entre comunidades, gobierno y academia es muy importante y necesaria en la búsqueda del saneamiento integral de la Cuenca del Alto Atoyac. Para que todas y todos los que nos articulemos avancemos en la misma dirección, es sumamente importante que la brújula que nos guíe sea la construcción del bien común. Al respecto, retomando los planteamientos realizados en varias reuniones de trabajo durante en 2021 por el doctor Jorge Martínez Ruiz, investigador independiente, señalamos lo siguiente:

- El bien común es el cuidado mutuo.
- Es de todas las personas que habitamos el territorio, lo que a toda persona beneficia y es responsabilidad de toda persona cuidarlo.
- Se puede alcanzar en la medida en que alcancemos la unidad colectiva; en la medida en que personalmente seamos capaces de cuidar al otro, la otra y a la madre tierra.

- Es un propósito que implica disciplina colectiva, compuesta de voluntad y solidaridad.
- Implica tener claridad del futuro que queremos respecto al cuidado de la humanidad y la naturaleza.
- La defensa del bien común nos conduce a una forma de ser y no de tener.
- Los bienes comunes están ahí como un don al que hay que respetar, no pretender, como en el capitalismo, apropiarnos de ese bien. Por tanto, hay que superar esa visión predominante que considera al mundo un almacén de cosas desechables.
- Implica entender que no somos dueños ni dueñas de la naturaleza, sino que somos parte de ella y devastarla nos hace vulnerables. Extinguirla nos extingue con ella.
- Es la única manera de llegar a una prosperidad humana y ambiental, pues el otro modelo sólo genera devastación socioambiental.
- No está fijo, es un compromiso en el que todas las personas tenemos que trabajar de manera continua.
- Requiere un nuevo *sujeto social* que impulse esta nueva cultura. Este *sujeto* debe estar integrado al menos por comunidades, científicos, científicas y autoridades.

¡No hay justicia social sin justicia ambiental!

REFERENCIAS

Congreso del Estado de Tlaxcala. (2022). *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la ley para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento del Estado de Tlaxcala*. Disponible en https://congresodetlaxcala.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/14-02-23-Se-expide-la-Ley-para-la-Prestaci%C3%B3n-de-Servicios-de-Agua-Potable-y-Saneamientos-del-Estado-de-Tlaxcala.pdf

García -Barrios, J. R., Rosas-Landa, O., y López, M. E. (2023). Introducción. En: J. García-Barrios y S. Mozka Estrada (eds.). *Problemas del agua en México ¿Cómo abordarlos?* Fondo de Cultura Económica y Conahcyt. México.

NOM-001-Semarnat-1996. (24 de junio de 1996). *Diario Oficial de la Federación*. https://diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4889589&fecha=24/06/1996#gsc.tab=0

NOM-001-Semarnat-2021. (27 de agosto de 2021). *Diario Oficial de la Federación*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5645374&fecha=11/03/2022#gsc.tab=0

Recomendación CNDH 10/2017. (2017). *Comisión Nacional de los Derechos Humanos*. https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Recomendaciones/2017/Rec_201_010.pdf

Rosas Landa, O. (28 de septiembre de 2022). *Participación en webinario: Comunicación y diseminación para la formación de nuevos sujetos sociales del agua del Conahcyt* [Vídeo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=7VhyxFllmRQ

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Salud, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. (2021). *Convenio Marco de Coordinación celebrado por la Semarnat, la Secretaría de Salud y el Conahcyt.*

1.7 El Grupo de Coordinación Interinstitucional como respuesta a las demandas de las organizaciones sociales de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA)

Fabiola Lara Espinosa

INTRODUCCIÓN

Las regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA) son resultado de las prácticas productivas de diversos sectores industriales y agroindustriales, particularmente de la forma en que gestionan su abastecimiento y necesidades de disposición de residuos, de energéticos, de vías de comunicación, de la comercialización de bienes intermedios -como las sustancias químicas transportadas por ductos o por camiones-tanque-, etc. La forma en que las grandes industrias gestionan estas necesidades ha construido territorios urbanos y periurbanos en los que operan cientos de descargas de aguas residuales industriales a barrancas y arroyos o a los principales ríos del país, rellenos sanitarios que reciben basura –incluyendo basura industrial– de varios municipios, en los que el aire contiene partículas multielementales compuestas con metales pesados, compuestos volátiles orgánicos y otras sustancias tóxicas.

Estas condiciones se han sostenido durante décadas mientras transitan gobiernos federales, estatales y municipales omisos a la exposición crónica de la población a estas sustancias tóxicas, lo que ha devenido en la producción de enfermedades ligadas a la exposición ambiental en amplios grupos de población que, de esta forma, queda condenada a la violación a los derechos a la salud y a un medio ambiente sano.

Las RESA suelen emplazarse en territorios que incluyen localidades y municipios que a veces ni siquiera forman parte de una sola entidad federativa sino de dos o hasta tres, por lo que, en términos administrativos, pueden involucrar territorios de jurisdicción federal tanto estatal como municipal; territorios en los que la regulación de la contaminación y la atención de la salud es responsabilidad de los tres niveles de gobierno, lo que abre un ámbito de competencias que toca a estos tres niveles y a varios gobiernos locales. Para la población, la elucidación de las competencias de cada una de estas instancias de gobierno resulta en principio poco clara, y sólo después de un análisis minucioso de la organización gubernamental y de la normatividad aplicable se esclarece. De ahí surge una significativa dificultad para su aprehensión, conocimiento y atención.

Debido a que esta situación se ha prolongado durante décadas, los habitantes de las distintas regiones afectadas han interpelado a los gobiernos municipales, a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y a algunas secretarías de salud estatales para que atiendan la contaminación y la salud integralmente, sin resultados satisfactorios hasta el momento.

LA CARAVANA POR LOS INFIERNOS AMBIENTALES DE MÉXICO

Ante esta situación, en 2019, diversas organizaciones sociales organizaron un recorrido en algunas de las regiones consideradas de las más contaminadas del país en los estados de Jalisco, Guanajuato, Hidalgo, Puebla y Veracruz. En la denominada Caravana Toxitour, concurrieron

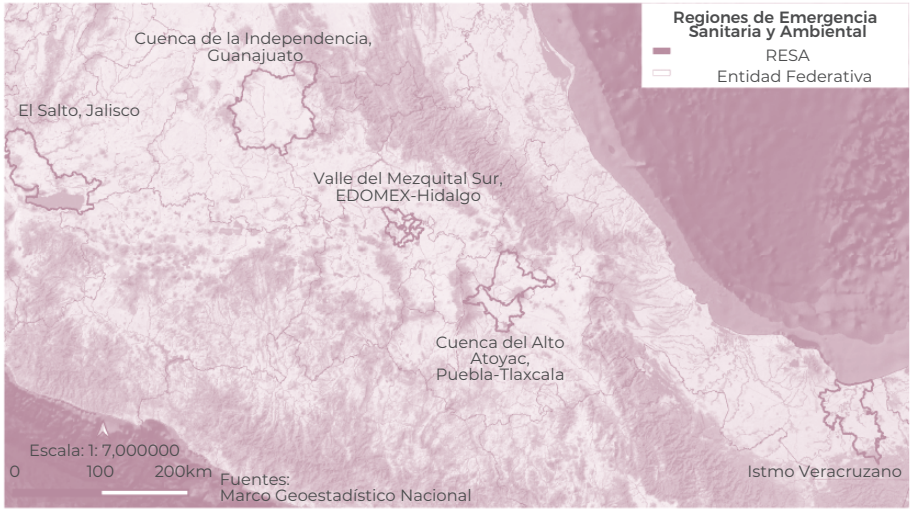
parlamentarios de la Unión Europea, una senadora de los Estados Unidos, académicos con largas trayectorias de colaboración con las comunidades, periodistas, investigadores y representantes de organizaciones sociales y centros de investigación nacionales de Alemania, Argentina, Ecuador, los Estados Unidos, Francia, Cataluña y los Países Bajos, la Unión de Científicos Críticos Comprometidos con la Sociedad de México, así como representantes de Semarnat y de alrededor de 50 organizaciones sociales nacionales.

La caravana visibilizó a nivel internacional el sufrimiento de las poblaciones crónicamente expuestas a procesos contaminantes que han mermado su salud. La convocatoria tuvo eco gracias a que esta situación de contaminación industrial y agroindustrial y afectaciones a la salud en la que viven amplias poblaciones mexicanas ha sido identificada en otros países como los Estados Unidos (Lerner, 2010), Italia (Conti et al., 2014, p.2), China e India, entre otros países.

Durante el trayecto del Toxitur, los participantes constataron la proximidad de poblaciones que vieron severamente transformados sus entornos con grandes lagunas de aguas residuales, incineradores cementeros, megagranjas de cerdos en antiguas tierras campesinas, grandes parques industriales, y suelos contaminados por la explosión y derrama de ductos de hidrocarburos. Los participantes del recorrido vieron y escucharon los testimonios de padres que habían perdido a sus hijos o familiares cercanos, enfermos de padecimientos degenerativos a temprana edad, entre otros afectados en los derechos a la salud y a un medio ambiente sano.

El Toxitour inició en El Salto, Jalisco, concluyó en la región petrolera de Veracruz y recorrió más de 2 500 km. Cada una de estas regiones concentra diversas industrias; en algunos casos, como el Istmo veracruzano, predomina la petroquímica, mientras que, en otros, como el Valle del Mezquital sur, predomina la extracción de materiales pétreos y la producción de cemento.

Mapa 1. Recorrido del Toxitour, diciembre 2019



Fuente: elaboración propia.

Después de la visibilización de los "infiernos ambientales" (Toledo, 30 de julio de 2019) también llamados por sus propios habitantes "zonas de sacrificio" (Lerner, 2010), las comunidades convocantes denunciaron la tradicional forma de atender los conflictos socioambientales bajo la simulación de garantizar la participación social. Esta gestión de los conflictos, más que frenar las causas y restaurar los territorios y la salud, coexistió durante décadas con la profundización de la contaminación. Las organizaciones sociales solicitaron la atención por parte de Semarnat y la Secretaría de Salud, así como una serie de garantías para el proceso de restauración social, sanitaria y ecológica de dichos "infiernos ambientales" que atendiera la complejidad de su crisis.

Paralelamente, el Conahcyt creó los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) en los que concurrieron científicos críticos que han acompañado a las comunidades de los "infiernos ambientales" varios años atrás, realizando monitoreos y análisis de normatividad ambiental, estudios

encaminados a documentar la situación sanitaria y ambiental en estas regiones.

Así, las comunidades solicitaron también la colaboración de Conahcyt con las Secretarías de Medio Ambiente y Salud para construir, con la participación de las comunidades, los planes de atención a estas regiones. De esta forma, el Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes recibió de las organizaciones un conjunto de investigaciones científicas producidas durante más de 10 años sobre la contaminación y situación sanitaria en sus regiones, el denominado macroexpediente, que se colocó en un repositorio electrónico y se puso a disposición de los participantes de las mesas de trabajo.

En las primeras cinco reuniones, entre enero de 2020 y marzo de 2021, se evidenció la necesidad de un nuevo paradigma de planes de restauración en el que se garantice la participación real de las comunidades. Esta necesidad quedó patente ante el —en ese tiempo reciente— Plan para el Saneamiento de la Región Tula-Atitalaquia, presentado por Semarnat a las comunidades, en el que no se consultó a las organizaciones participantes en el Toxitour para su formulación, a pesar de que podían aportar elementos útiles.

Sin embargo, este antecedente, aunque era el más inmediato, no era el único; simplemente reproducía la forma de elaborar planes de atención a los conflictos socioambientales como el de Puebla-Tlaxcala, con el Plan de Saneamiento para la Cuenca del Alto Atoyac elaborado por Conagua y los gobiernos estatales y municipales de la cuenca involucrados. En ese caso tampoco se incluyó realmente a las organizaciones sociales de la cuenca que interpusieron una queja por violación al derecho humano al agua y a la salud ante la Comisión Nacional de Derechos Humanos.

Retomando las reuniones posteriores a la Caravana Toxitour, en éstas se evidenció el imperativo de articular la gestión pública de la salud y el medio ambiente, pues son ámbitos de suyo imbricados. Transcurrieron seis meses sin novedades, ante lo que las organizaciones solicitaron la reactivación de las reuniones. A pesar de que no se concretaban, las

organizaciones sociales del Toxitour alertaron sobre la firma de convenios entre especialistas, gobiernos y otras organizaciones no gubernamentales, al margen de las que participaron en el Toxitour.

Finalmente, en octubre de 2021, bajo la coordinación de la titular de Conahcyt, se concluyó la redacción, revisión y consenso del convenio de colaboración entre Semarnat, Secretaría de Salud y Conahcyt para atender las RESA. A este convenio siguió —bajo la coordinación de Conahcyt— la formación de un grupo de trabajo de mandos medios y algunas direcciones de Profepa, Conagua, Cofepris y Semarnat para diseñar los primeros instrumentos de articulación de atribuciones intersecretariales para atender las RESA, particularmente en torno al saneamiento de aguas residuales en la Cuenca del Alto Atoyac.

Entre tanto, en una de las regiones visitadas, El Salto, Jalisco, iniciaron las declaraciones y actos públicos del gobierno de Jalisco del sexenio 2018-2024 que anunciaron un programa de saneamiento del río Santiago (Semarnat, 2020). A la fecha no hay resultados satisfactorios, pero sí explosiones de fábricas de agroquímicos y basureros, y la elaboración de planes de ordenamiento territorial orientados al crecimiento de los clústeres industriales y a la desecación de la presa de Arsediano, medidas todas que profundizan las causas de la contaminación en la cuenca del río.

A este programa siguieron los de saneamiento integral, convenios de colaboración entre Conanp, ASEA y la propia Semarnat, o evaluaciones de la Profepa, entre otras instancias. Programas encaminados a atender problemáticas particulares de las regiones de la Cuenca del Alto Atoyac e Hidalgo en materia de ordenamiento territorial, saneamiento de ríos o a la atención de inconformidades por el establecimiento de basureros en estas regiones.

Los años que siguieron estuvieron signados por tragedias como los tres incendios de zonas industriales y basureros en Jalisco entre junio y julio de 2023; por el avance de iniciativas de leyes de agua privatizadoras como en el caso de Tlaxcala, y por la aprobación de planes de ordenamiento territorial que profundizan la contaminación industrial en Apaxco, Estado de México y en Puebla-Tlaxcala.

LAS "GARANTÍAS MÍNIMAS PARA LA RESTAURACIÓN SOCIAL, SANITARIA Y ECOLÓGICA" DE LOS INFIERNOS AMBIENTALES

Debido a la difícil travesía que antecedió la formalización del Grupo de Coordinación Intersectorial (GCI), las comunidades formularon las garantías mínimas para la restauración social, sanitaria y ecológica de los infiernos ambientales. Allí previeron la necesidad de aplicación de instrumentos ya existentes en la LGEEPA, como el diseño de manifestaciones de impacto ambiental acumulativas que prevean los efectos globales de los agentes tóxicos y los procesos contaminantes que confluyen desde hace más de tres décadas en estas regiones.

Como parte de las garantías mínimas necesarias para la restauración, las organizaciones sociales solicitaron la formalización del GCI, lo que implicó la firma de un convenio de colaboración entre Semarnat, Secretaría de Salud y el Conahcyt. Si bien los convenios de colaboración no son un instrumento novedoso para atender problemáticas multidimensionales, la particularidad de éstos es que tienen como punto de partida el reconocimiento de la necesidad de generar nuevos esquemas de coordinación —en este caso sumando a Conahcyt y a las comunidades— que garanticen el cumplimiento del derecho humano a la salud, al medio ambiente sano y a la ciencia con incidencia social.

Este grupo tuvo como objetivo una síntesis de la normatividad ambiental vigente en materia de emisiones y transferencias de contaminantes, en vistas de lograr una metodología unificada de los instrumentos de inspección, vigilancia y saneamiento de aguas residuales, de la gestión de residuos sólidos, ordenamiento territorial y atención a la salud, que trascendieran las competencias parciales de las instancias federales, estatales y municipales de salud y ambiente, articulando soluciones reales a las problemáticas de las regiones.

Una de las necesidades más sentidas de las comunidades fue la elaboración de estudios de asociación entre agentes tóxicos, procesos contaminantes y daños a la salud, que sirvieran de base científica a la

Secretaría de Salud y a Semarnat para establecer planes y programas de atención a la problemática. En ese sentido, Conahcyt ha jugado una función importante, al desarrollar Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii) que articulan a la comunidad científica con las poblaciones afectadas y llevan a cabo investigaciones en estas regiones. De esta manera se identifican contaminantes presentes en agua, suelo y aire y se desarrollan actividades de comunicación de sus diagnósticos a la población que las habita, por sólo mencionar algunas de las garantías mínimas necesarias.

La profundidad de las garantías mínimas para la restauración social, ecológica y sanitaria trasciende la normatividad vigente, particularmente por cuanto implica la identificación de la responsabilidad de empresas privadas en la externalización de la contaminación mediante maquila o división de procesos de producción; la evaluación acumulativa de los proyectos energéticos, de incineración; el impulso de la economía social como alternativa a las economías centralizadas de mercado; la revisión y ampliación del número de sustancias incluidas en la NOM-165-Semarnat-2013; la revisión de los ordenamientos ecológicos; la planificación urbana basada en cuencas, entre otras demandas. Entre las necesidades más apremiantes para atender las regiones destaca la de contar con un laboratorio nacional de toxicología que analice el aire, agua, suelo y que realice el análisis de muestras humanas para determinar la presencia de contaminantes tóxicos en el cuerpo humano.

Como se ve, la lista de garantías mínimas –aquí sólo incluimos algunas– trasciende las posibilidades de acción en el corto plazo y requiere de la voluntad y compromiso de las instancias del GCI para su cumplimiento. Ante tan amplio panorama, los avances de Semarnat durante los diez meses en los que sesionó un grupo de funcionarios con miembros del Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes de Conahcyt, de octubre de 2021 a agosto de 2022, se circunscriben a dos instrumentos básicos: *1*) el Plan General de Acciones para las RESA y *2*) el Protocolo Articulado de Inspección y Vigilancia de Aguas Residuales.

LOS AVANCES DEL GRUPO DE COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL

En el grupo se formularon dos instrumentos básicos que responden a la necesidad de elaborar nuevas metodologías de colaboración entre la Semarnat y la Secretaría de Salud. El primero de ellos involucra un programa amplio de mediano y largo plazo, y el segundo un programa de colaboración en campo.

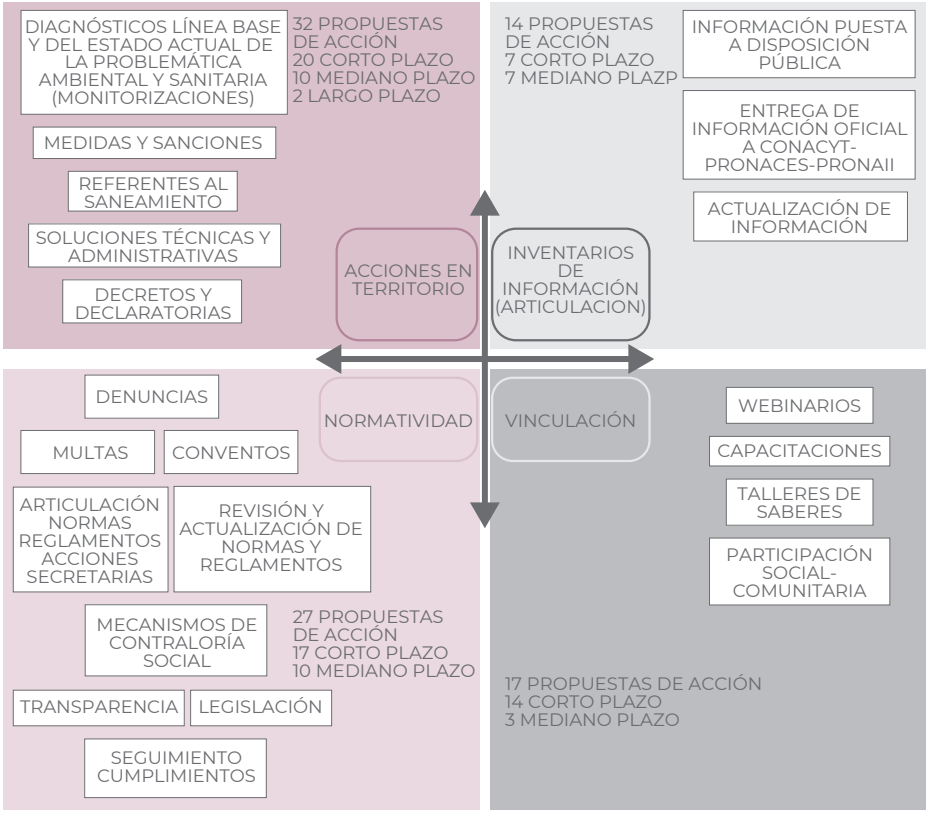
En primer lugar, está el Plan de 93 Acciones para la Atención de las RESA, en el que participaron alrededor de 20 funcionarios de Conagua, Semarnat, asesores del Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.

En segundo lugar, el Protocolo Articulado para la gestión de aguas residuales y para uso y consumo humano responde primariamente a la formulación de metodologías que integren las competencias de medio ambiente y salud, para atender ámbitos que no están escindidos, como la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, y su uso y consumo por parte de la población. El plan recupera atribuciones y obligaciones de las secretarías de salud y medio ambiente en cuatro ejes: *1*) articulación de la información disponible sobre calidad ambiental y salud, *2*) vinculación con la sociedad, *3*) acciones de inspección de la contaminación en territorio y *4*) normatividad.

El plan de acción se diseñó para atender, en primera instancia, la RESA Puebla-Tlaxcala, en apego al Plan de Restauración Comunitaria de las organizaciones sociales de la región y recoge los ámbitos de restauración de agua suelo

A su vez, el protocolo está centrado en la gestión de las aguas de uso y consumo humano y de las residuales. Propone mecanismos de articulación entre instancias subordinadas a Semarnat como Conagua, Profepa y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), para vigilar el cumplimiento de la normatividad aplicable a la descarga y tratamiento de aguas residuales, y para prever la verificación del cumplimiento, en especial de la NOM-127-SSA1-2021, en lo referente a los parámetros de calidad del agua para consumo humano.

Figura 1. Síntesis del plan de acciones para atender las RESA, 2022



Fuente: Domínguez Cortinas (2022).

Como se aprecia, el plan resulta amplio en sus alcances, ya que se propone poner a disposición pública la información disponible sobre calidad ambiental y establecer vínculos con la sociedad. Además, acopiar datos sobre medio ambiente y salud para análisis, y construir espacios de comunicación abierta que sirvan como foro de participación de las comunidades —como los webinarios de Conahcyt en los que la participación

ciudadana ha resultado ser muy activa—. Es en estos ámbitos en los que Conahcyt ha incidido puntualmente mediante los Pronaii, al elaborar diagnósticos ambientales y de salud, y propuestas de actualización de la normatividad.

Respecto a las acciones en territorio, el plan prevé el monitoreo de la contaminación tanto en suelo como en aire y agua, la elaboración de diagnósticos que definan la condición ambiental mínima que debería garantizarse en cada RESA, y la elaboración de propuestas técnicas de saneamiento, según corresponda.

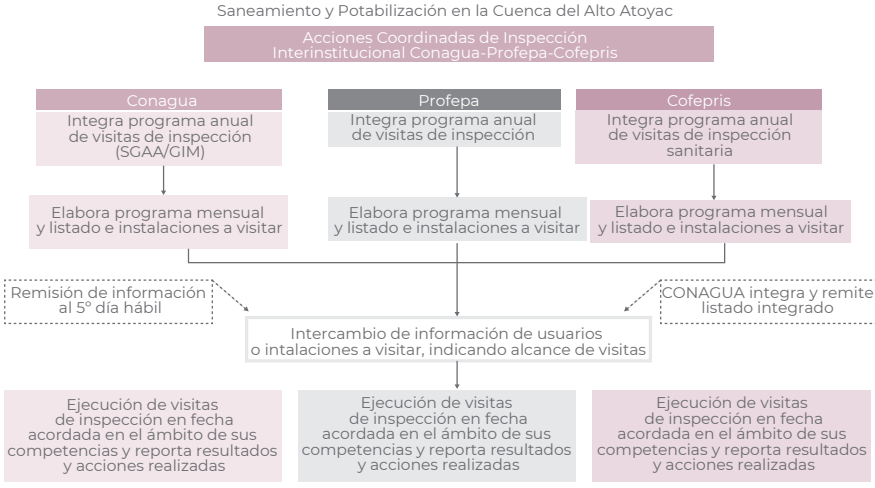
La normatividad implica acciones como la firma de convenios entre instancias de gobierno y la aplicación efectiva de multas que deberían ser canalizadas al propio saneamiento del medio ambiente; prevé mecanismos de participación social como contralorías en las que la ciudadanía pueda dar seguimiento a los compromisos establecidos, así como facilitar los mecanismos de denuncia ciudadana de la contaminación y actualización de normas y reglamentos relacionados a las sustancias y procesos contaminantes.

El Protocolo Articulado, el segundo instrumento elaborado por Profepa, Conagua, Semarnat y Cofepris a instancias de Conahcyt, resulta de suma utilidad para el ámbito de la gestión de las aguas de consumo humano y las aguas residuales. Se centra en la aplicación de las normas: NOM-001-Semarnat-2021, NOM-004-Semarnat-2002**,** NOM-165-Semarnat-2013, NOM-047-SSA1-2011, NOM-048-SSA1-1994, NOM-127-SSA1 2010, NOM-179-SSA1-2017, NOM-182-SSA1-2010, NOM-230-SSA1-2002, NOM-232-SSA1-2009 y la NOM-256-SSA1-2012., y la NOM-127-SSA1-2021.

En la figura 1 observamos un esquema realizado por Profepa y Conagua después de sucesivas sesiones de trabajo. En el esquema se establecen las acciones articuladas de inspección de aguas residuales y de fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Se integran también programas de visitas de inspección anual de cada instancia de gobierno, haciendo énfasis en el intercambio de información sobre el estatus del cumplimiento de aquellas empresas que presentan algún

requerimiento o que han sido notificadas por violar las disposiciones que les aplican: la NOM-001-Semarnat-2021, las condiciones particulares de descarga, o —en el caso del río Atoyac que sirve de ejemplo— la declaratoria de clasificación de Conagua de 2011.

Figura 2. Esquema general del Protocolo Articulado de Inspección de Descargas de Aguas Residuales



Fuente: elaborada por funcionarios de la Subprocuraduría Federal de Protección al Ambiente, Comisión Nacional del Agua y Cofepris, coordinación de la Mtra. Yolanda Pica Granados[1].

[1] Entre los funcionarios de las tres instancias están los siguientes. SSA: doctora Gabriela Domínguez Cortinas; Cofepris: médico veterinario zootecnista Martín Gerardo López; Profepa: ingeniero Rafael Coello; Semarnat: ingeniero Ernesto Navarro; Conagua: maestro Francisco Sánchez, maestra Verónica Ponce de León e ingeniera Leticia Monjardín. La elaboración del Plan de Acciones fue coordinado por el doctor Raúl García Barrios y el doctor Andrés Barreda. La elaboración del Protocolo Articulado estuco a cargo de la maestra Yolanda Pica Granados, asesora del comité ejecutivo del Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.

Podemos decir que el Protocolo Articulado es apenas un primer ejercicio de coordinación interinstitucional en el ámbito de las aguas de descarga y de consumo humano. Falta todavía elaborar esquemas de articulación de las atribuciones interinstitucionales en los ámbitos de residuos peligrosos y de manejo especial –particularmente los industriales–, residuos sólidos, contaminación atmosférica y gestión de accidentes y explosiones industriales, entre otros.

El desafío implica sumar a un gran número de actores como los sectores industriales, direcciones específicas de Semarnat y la SSA (como la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, DGGIMAR) para los residuos peligrosos, e incluso a la Coordinación de Protección Civil de cada municipio, para la gestión de accidentes y explosiones ligadas industriales.

Si bien Conahcyt coordinó la elaboración de estos dos instrumentos, su aplicación corresponde únicamente a Conagua, Profepa y Cofepris. Conahcyt ha contribuido en el GCI también mediante el desarrollo de los Pronaces que albergan diversos Pronaii, los cuales han consolidado la colaboración entre organizaciones sociales, investigadoras e investigadores comprometidos con la sociedad. Esto se ha dado en los ámbitos de salud, energía, soberanía alimentaria, agentes tóxicos y procesos contaminantes, y se ha fortalecido un grupo de laboratorios con capacidad para hacer análisis toxicológicos y de citómica del cáncer infantil, para precisar los monitoreos y diagnósticos de algunas de las principales causas de mortalidad en poblaciones jóvenes de algunas RESA.

Estos proyectos ofrecen ya resultados de investigación que permiten confirmar la asociación entre las enfermedades y la contaminación que se padecen en algunas regiones y ofrecen bases sólidas para establecer algunas medidas precautorias para preservar la salud.

En este sentido, los titulares del Conahcyt y la SSA se encuentran formulando recomendaciones y rutas de atención a la salud, en primer lugar, en la RESA Cuenca del Alto Atoyac, sentando un precedente para el resto de las RESA.

Los protocolos de articulación representan un ejercicio importante en materia de agua, pero quedan pendientes numerosas garantías para la restauración social, ecológica y sanitaria, que requieren una actualización sustancial de normas y reglamentos ambientales. Por ejemplo, se requiere el diseño de manifestaciones de impacto ambiental acumulativas, modificaciones a la LGEEPA que garanticen ordenamientos territoriales hidrológicos, y la identificación e imposición de sanciones a los responsables de la contaminación, además de la garantía de no repetición.

CONCLUSIONES

Las RESA proponen una unidad geográfica ordenadora de la situación de emergencia sanitaria y ambiental, con el fin de que las actividades prioritarias para su atención sean entendidas desde la integralidad de sus componentes, y no de manera fragmentada.

El Toxitour ha demostrado no sólo la necesidad de incorporar los saberes de las organizaciones sociales afectadas, particularmente de los conocimientos que tienen de sus territorios, sino que ha propiciado la elaboración de lineamientos como las garantías mínimas para la restauración social, sanitaria y ecológica de las RESA.

Como parte de las garantías mínimas, se encuentra la articulación de las instancias que deben garantizar el derecho al medio ambiente y a la salud, concretamente, en la formulación de metodologías de articulación de sus competencias.

Dos primeros ejercicios de articulación de competencias se plasmaron en el Plan de Acción y el Protocolo Articulado, que requieren ser incorporados en su integralidad en los programas de trabajo anual de las propias secretarías. Sin embargo, existen ámbitos críticos aún, particularmente el de la inspección, que debido a la escasez de personal de campo sólo pueden vigilar las actividades de un pequeño número de empresas que operan en las regiones.

El nuevo paradigma de investigación con incidencia posibilitó, por primera vez en los últimos 20 años, la reorientación de la investigación científica hacia los problemas sociales más apremiantes, como la exposición crónica a sustancias tóxicas y a estudiar sus efectos sobre la salud pública, así como a consolidar laboratorios de precisión de diagnósticos de enfermedades como la leucemia infantil y juvenil.

El GCI tiene un importante reto: el cumplimiento de las garantías mínimas para llegar a la restauración social, sanitaria y ecológica de las RESA. No obstante, estas tareas de largo plazo deben desarrollarse al mismo tiempo que se toman medidas precautorias y de inspección y vigilancia eficaces de la contaminación que se produce día tras día en el país.

En estas regiones, las organizaciones sociales cuentan con propuestas de atención y saneamiento integral de los lugares que habitan, pues hace años que colaboran con comunidades científicas que han documentado los desequilibrios ecosistémicos y han diseñado estrategias de restauración. De ahí que sea imperativo contar con la participación social en la definición de planes de restauración que contemplen las dinámicas productivas y urbanas que han generado las RESA.

Particularmente, por cuanto que las comunidades tienen un conocimiento profundo de los cambios paisajísticos, la historia ambiental, la desaparición de antiguos usos del espacio y, sobre todo, porque suplen falencias institucionales, por ejemplo, la insuficiente inspección industrial, como ha sido referida en diversas evaluaciones de la Auditoría Superior de la Federación a Profepa y Conagua. Esto lo ilustra el hecho de que, en el marco del GCI, las comunidades han aportado información sobre descargas que requerían ser inspeccionadas y, en el marco de la queja ante la CNDH de 2011, también se aportó evidencia indiciaria sobre la contaminación de algunas empresas.

REFERENCIAS

Conti, S., Crocetti, E., Buzzoni, C., Comba, P., Fazzo, L., Iavarone, I., Manno, V., Minelli, G., Pasetto, R., Pirastu, R., Ricci, P., Zona, A. y Fusco, M. (2014). Materiali e método. *sentieri-Studio epidemiológico nazionale dei territori e degli insediamenti esposti a rischio da inquinamento: mortalità, incidenza oncologica e ricoveri ospedalieri. Epidemiología & Prevenzione, 38*(2), 1-170 https://epipre-vit.serversicuro.it/materiali/2014/EP2/S1/EPv38i2S1_SENTIERIind.pdf

Domínguez Cortinas (2023). Documento de trabajo. Síntesis del Plan de Acción para atender las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (inédito).

Lerner, S. (2010). *Sacrifice zones: the front lines of toxical chemical exposure in the United States*. The MIT Press.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [Semarnat] (2020). *Revista Diálogos Ambientales 1*, 67-71.

Toledo, V. (30 de julio de 2019). Infiernos ambientales de México. *La Jornada*. ht-tps://www.jornada.com.mx/2019/07/30/opinion/016a1pol.

Segunda parte

INVESTIGACIÓN E INCIDENCIA EN LA CUENCA
DEL ALTO ATOYAC

Sección uno

LOS PROGRAMAS NACIONALES ESTRATÉGICOS DEL CONAHCYT. LOS PRONAII Y SU ARTICULACIÓN PARA COMPRENDER Y ATENDER LA PROBLEMÁTICA DE LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC

2.1 Integración territorial de los procesos de investigación e incidencia: transdisciplinariedad en la atención a la devastación socioambiental

Alfredo Delgado Rodríguez
Omar Arellano Aguilar
Diana Casique Aguirre
Juan Carlos Núñez Enríquez

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la crisis ambiental que enfrenta México, las regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA) se caracterizan por la devastación socioambiental causada por procesos de transformación del territorio. Estos están fundamentalmente asociados con la industrialización por la liberación de sustancias químicas al ambiente, el uso indiscriminado de agua en los procesos de producción, los efectos a la salud de las comunidades, la erosión de los tejidos sociales y los paisajes culturales en el territorio. Ante esta devastación, la Ley General en materia de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (LGHCTI) ha incorporado como una línea estratégica, la integración de Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) cuya cualidad es la atención a los grandes problemas que afronta el país y que han impedido el desarrollo de la nación.

Tal vez el aspecto más relevante de esta política en la LGHCTI es que estos programas articulan Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii), y en este sentido hacemos énfasis en el concepto de incidencia. Es decir, los Pronaii, además de generar conocimiento de frontera, deben integrar en su ejecución estrategias de diálogo y acciones de trabajo con comunidades y organizaciones de base comunitaria, pero también con el sector público y social, a fin de afrontar los obstáculos que impiden el avance del país.

Ya que los procesos que impiden lograr el bienestar y la calidad de vida se dan en contextos territoriales, y que los Pronaces deben articular Pronaii que permitan coadyuvar en la atención a estas problemáticas a través de la incidencia, en las siguientes líneas se presenta una reflexión sobre la visión territorial de los Pronaces, particularmente desde los relacionados con la salud y el ciclo socionatural del agua en el contexto de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental. Se discute la importancia del contexto territorial de los Pronaii y su posible implicación en los ejercicios de planeación territorial, sobre todo ante la necesidad de establecer rutas para la construcción de horizontes deseables de bienestar y calidad de vida. Finalmente, se bosqueja la relación entre la devastación socioambiental, los procesos de salud-enfermedad asociados a la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas y su articulación con las actividades de producción y el deterioro ambiental.

Dada la complejidad del concepto de devastación socioambiental, las condiciones de crisis que han llevado a la declaración de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental, y la existencia de zonas o regiones de sacrificio en pro de una economía inequitativa, el texto busca dar un panorama amplio de la importancia de los Pronaces y los Pronaii en la atención a estos procesos lentos y acumulativos. Los Pronaces y Pronaii intervienen en el territorio bajo la mirada de un ejercicio científico y humanístico de corte inter y transdisciplinar para la generación de conocimiento y la incidencia en el territorio, en bien de la justicia social y ambiental.

VISIÓN TERRITORIAL DE LOS PRONAII

Los Pronaii, en el marco de los Pronaces del Conahcyt, atienden problemáticas nacionales relevantes para México de forma articulada e integral. El carácter nacional de estos proyectos implica el reconocimiento de las grandes problemáticas que aquejan al país; requieren, por lo tanto, de la vinculación con los diferentes sectores y niveles de gobierno para poder aportar de manera clara y efectiva en la atención a estos temas. Al mismo tiempo, buscan articular esfuerzos y recursos institucionales, reconocen y respetan la diversidad cultural y formas de organización en el territorio, para lo cual requieren del diálogo transdisciplinar con las comunidades y organizaciones de base comunitaria en contextos espacialmente focalizados.

La declaración formal sobre el reconocimiento oficial de las RESA se da a partir del convenio de colaboración entre el Conahcyt y las Secretarías de Salud y de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en septiembre de 2021. Allí se establecen siete RESA:

- Región de la cuenca del alto río Santiago (Jalisco)
- Región de la cuenca de la Independencia (Guanajuato)
- Región tolteca, cuenca del río Tula, (Hidalgo y norte del Estado de México)
- Región de la cuenca del río Atoyac (Tlaxcala y Puebla)
- Región de la cuenca del acuífero Libres Oriental (Puebla)
- Región de la cuenca del río Coatzacoalcos (norte del Istmo de Tehuantepec y Jáltipan de Morelos, Veracruz)
- Región de la cuenca del río Lerma

Estas RESA son áreas prioritarias de atención a las comunidades, y han dado un marco de acción a Pronaii pertenecientes a diferentes Pronaces. Para el caso de la Cuenca del Alto Atoyac y de este documento se contemplan las aproximaciones desde los Pronaces de Agua, Salud, Sis-

temas Socio-ecológicos y Sustentabilidad, y Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, cuyos objetivos confluyen en atención a las problemáticas vinculadas con los procesos de devastación socioambiental, particularmente con la salud, el agua, la calidad ambiental y la sostenibilidad ecosistémica.

Tal vez uno de los aspectos más relevantes en el ejercicio de los Pronaii a los que se hace referencia en el presente documento es que su integración se da en el contexto de la cuenca hidrológica como unidad territorial, desde la cual se define y caracteriza la devastación socioambiental. La cual se entiende como la transformación del territorio por procesos asociados con la industrialización, los conflictos por el cambio de uso del suelo, la tecnificación e intensificación de la producción agrícola en el campo y sus consecuentes impactos en la calidad ambiental, la salud de la población, los efectos a los ecosistemas y la transformación de los paisajes culturales.

La confluencia de los Pronaii en el contexto de la Cuenca del Alto Atoyac no es exclusiva para este territorio; responde al enfoque planteado en el convenio a través del cual se declara la existencia de estas RESA. El hecho de tomar a la cuenca como unidad espacial de referencia para la identificación y atención de los grandes problemas socioambientales en México abre un horizonte para la búsqueda de estrategias de atención en contextos específicos y *ad hoc* a las realidades que impone la heterogeneidad del país, en cuanto a su orografía, diversidad biológica, étnica y cultural.

El enfoque pone en la mesa la estrecha y compleja red de relaciones que caracteriza a los socioecosistemas como resultado de procesos históricos a través de los cuales se va conformando el cosmos, el corpus y la praxis que caracterizan los perfiles culturales de las comunidades en sus territorios; sistemas de representaciones acerca del mundo a través del conocimiento milenario adquirido y transferido de generación en generación.

Las prácticas cotidianas que se enraízan en estas formas de ver y vivir en el mundo son la esencia de la forma en la que los pueblos se

relacionan con todas las otras formas de vida y elementos que se encuentran en el espacio que se habita y que históricamente está asociado con el agua. La cuenca es el marco de referencia socioambiental y territorial para hacer frente de forma integral y desde las mismas comunidades a los desafíos relacionados con la gestión del agua, la preservación de los socioecosistemas y la salud en el más amplio sentido de la palabra.

TERRITORIO, PROCESOS SOCIOECOSISTÉMICOS Y PLANEACIÓN

Hablar de territorio es hablar de las relaciones socioecosistémicas que se dan en un espacio y tiempo determinados, cuya historia define una trayectoria a partir de la cual se perfilan posibles horizontes futuros. El territorio, más allá de un espacio geográfico delimitado y acotado cartográficamente, se concibe a partir del conjunto de relaciones cotidianas entre individuos y comunidades humanas y no humanas, es decir, entre todas las formas de vida que habitan el espacio, incluso las entidades no bióticas. De ahí la importancia de hablar de socioecosistemas y de considerar la cuenca como el espacio vital en el que se dan estas relaciones, toda vez que históricamente los procesos civilizatorios y culturales se van conformando en torno a la presencia y disponibilidad del agua.

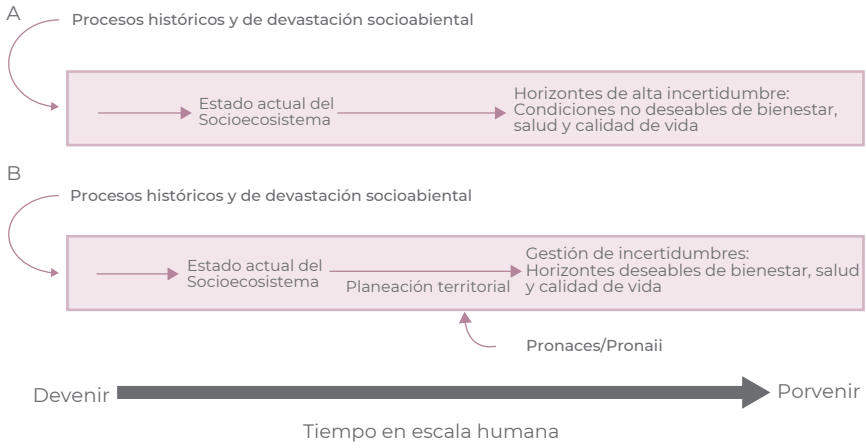
Habiendo definido al territorio como el marco de referencia espacial y temporal de los procesos socioambientales, se entenderá que en la medida en que estos procesos asociados a la producción y reproducción biológica y social van conformando el territorio espacial y culturalmente, se van transformando sus paisajes. Históricamente la transformación a la que está sujeto el territorio como socioecosistema está intrínsecamente articulada con las formas de producción y apropiación.

En este sentido, y como se menciona en otros capítulos de este mismo libro, es claro que estas formas asociadas a un capitalismo neoliberal y depredador, caracterizado por considerar como externalidades los costos ambientales y sociales, han impulsado a lo largo del tiempo en escala

humana zonas de sacrificio en las que se han perdido capacidades para lograr el bienestar y la calidad de vida de quienes las habitan. Se hace referencia a esta escala de tiempo, debido a que los cambios socioecosistémicos son acelerados y se pueden notar en cuestión de una o dos generaciones.

Así, se representa en la parte A (figura 1) la asociación histórica entre el devenir y el porvenir ante procesos de devastación cuyas trayectorias en escala humana llevan a horizontes cargados de incertidumbre y condiciones de salud, bienestar y calidad de vida muy alejadas de un horizonte deseable. Esto, en suma, caracteriza a dichas regiones no sólo como de emergencia sanitaria y ambiental, sino que nos permite definirlas como infiernos ambientales, dado el estado que guardan y el hecho de que sus trayectorias apuntan a la emergencia de zonas de sacrificio en bien de una economía global.

Figura 1. Trayectoria socioambiental e incidencia de los Pronaii



Nota: interacción entre devenir y porvenir en la definición de la trayectoria socioambiental de los territorios y el papel de los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia en la reconfiguración de horizontes futuros.
Fuente: elaboración propia.

En la parte B (figura 1) se representa la incidencia territorial de los diferentes Pronaces a través de los Pronaii, la cual se hace posible gracias a la generación y gestión del conocimiento a partir de investigación humanística, científica y tecnológica. Esto, como parte de los insumos necesarios para la reconstrucción de los socioecosistemas en una planeación territorial justa y participativa que permita apuntar a horizontes más deseables, pero sobre todo más factibles, caracterizados por la capacidad del socioecosistema de alcanzar estados de bienestar, calidad de vida y salud, aunque evidentemente la incertidumbre siga formando parte de esas rutas trazadas a partir de futuros deseables.

Comprender la naturaleza sistémica y compleja de los socioecosistemas, sin la separación clásica entre los factores ecosistémicos, los sociales y los materiales de los simbólicos, nos permitirá partir de la estrecha dependencia entre la sociedad humana y su entorno o ambiente. Mismo que, como se mencionó antes, resulta de la construcción histórica de las interacciones entre las especies y los elementos físicos, químicos, biológicos y sociales de su entorno (Waddington, 1959).

Esta construcción histórica que marca desde el devenir el estado actual de los socioecosistemas en las cuencas es resultado de las formas en que las especies, incluida la humana, resuelven sus necesidades de producción y reproducción para su sobrevivencia y, por lo tanto, marca la dinámica de las transformaciones y acomodos ambientales. En términos de Di Giulio y Benson (2002), implica para la sociedad humana que, en la medida en que dichas relaciones le permiten acceder a bienes y servicios ambientales, podrá satisfacer sus necesidades y lograr estados de bienestar (figura 2).

Figura 2. Relaciones complejas multidimensionales



Nota: relación multidimensional del bienestar social ante la política ambiental y los servicios de los ecosistemas, considerando las complejas relaciones entre sociedad y naturaleza.
Fuente: modificado de Di Giulio y Benson (2002).

En México, la planeación y gestión territorial se sustenta en un marco legal e institucional con diferentes enfoques: por un lado, están los programas de desarrollo urbano (PDU) y municipal y ordenamientos territoriales (POT) dirigidos a la planeación urbana y regulados por la Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (LGAHOTDU); por el otro, están los ordenamientos ecológico-territoriales (POET) sustentados en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, orientados a la aplicación de una política ecológica. Particularmente la perspectiva de los ordenamientos ecológicos está centrada en las características ecosistémicas a partir de

las cuales se definen unidades territoriales denominadas Unidades de Gestión Ambiental y a las cuales se asignan políticas de uso, aprovechamiento, preservación, protección, conservación y restauración.

Los objetivos de estos ordenamientos comparten como eje central la aspiración al desarrollo sustentable en sus ejes social, económico y ambiental, bajo los principios de bienestar, equidad territorial, y accesibilidad a infraestructura y equipamiento. Además, retoman las agendas urbanas, los compromisos del milenio y los Objetivos para el Desarrollo Sostenible 2030, las metas del Convenio sobre Diversidad Biológica, y deben hacer énfasis en la mitigación y adaptación al cambio climático.

Confluyen con estos ordenamientos ecológicos otros instrumentos de planeación para la gestión territorial como los emanados de la Ley de Aguas Nacionales, que establece que se formule el Programa Nacional Hídrico y los Programas Hídricos por Cuenca. Todos estos ejercicios en su conjunto requieren del aporte de conocimiento del ciclo hidrológico y sus relaciones en el territorio con las actividades antrópicas, los procesos asociados a la relación salud-enfermedad, la presencia de factores de riesgo ambiental por actividades industriales y de producción agrícola, de forma tal que se puedan establecer las relaciones socioecosistémicas necesarias para la comprensión de los procesos de devastación socioambiental.

Además, este enfoque obliga a integrar procesos específicos que se dan en el contexto hídrico de la cuenca, como descargas de agua residuales, concesiones, usos y aprovechamientos, entre muchos otros. La inclusión de los aspectos hídricos y en particular escurrimientos, inundaciones, erosión hídrica, sequías, arrastre de sedimentos, amortiguamiento de acciones antrópicas en zonas ribereñas, efectos de los ríos sobre la biodiversidad y la atmósfera, relación bosque-agua, funciones ecosistémicas de los humedales, caudal ecológico, entre otros, robustecen los ordenamientos.

El abordaje de la gestión del agua en el ordenamiento obliga a considerar las interrelaciones entre diferentes partes del territorio, aporta más

y mejores elementos para la toma de decisiones y proporciona bases para integrar políticas públicas complejas que consideren ambas dimensiones.

SALUD Y DEVASTACIÓN SOCIOAMBIENTAL DEL TERRITORIO

Todo proceso de vida se caracteriza por transformar el espacio que ocupa, en la medida en que consume los insumos necesarios para obtener energía y materia para sus estructuras y funciones, y al mismo tiempo genera residuos que eventualmente excreta. Esto es así desde que surge la vida en el planeta y es igual para cualquier organismo, sus poblaciones, las comunidades ecosistémicas y la sociedad humana misma. Los cambios en los paisajes y la transformación de los ecosistemas son procesos propios de la forma en la que opera la naturaleza.

Sin embargo, el crecimiento poblacional de nuestra especie y su capacidad de crear máquinas y herramientas para asegurar el acceso a insumos necesarios para la vida en sociedad ha llevado a un acelerado proceso de transformación ambiental cuya expresión más evidente a nivel global es el cambio climático, la incidencia de pandemias, y la presencia de compuestos químicos sintéticos y residuos plásticos en prácticamente cualquier rincón del planeta.

El acelerado desarrollo tecnológico que se dio a partir del acceso a combustibles fósiles, particularmente el petróleo, permitió la globalización de los mercados en el contexto de una economía neoliberal basada en la producción y el consumo de bienes y servicios. Tristemente, la visión de esta economía neoliberal no consideró los límites del sistema planetario y, por consiguiente, tampoco consideró los daños que los procesos de producción industrial podrían causar a los ecosistemas o a la sociedad misma.

Los costos ambientales y sociales evidenciados por la presencia de contaminantes químicos y residuos sólidos en el agua, el aire y el suelo han resultado en la pérdida de la biodiversidad, la fragmentación de ecosistemas, efectos a la salud, además, pobreza, migración, violencia, inequidad,

por mencionar algunos de los factores asociados a la devastación socioambiental y la vulnerabilidad en la que se encuentran las comunidades en la Cuenca del Alto Atoyac. Por esto, la identificación de determinantes sociales y ambientales asociados a las condiciones de vida, disponibilidad de agua y salud en contextos geográficos específicos en la cuenca es una tarea necesaria para tomar acciones para la recuperación y el saneamiento de la región.

Los Pronaii vinculados a los Pronaces de Salud atienden aspectos relacionados con la incidencia de leucemia infantil aguda y enfermedad renal en poblaciones de la región centro del país, incluidas poblaciones del Alto Atoyac en Tlaxcala y Puebla. Particularmente, estos proyectos buscan estimar la carga de la enfermedad e identificar los factores de riesgo asociados a su emergencia. Se caracterizan por un enfoque multi e interdisciplinario, y de manera importante integran en su visión la aproximación al problema a través del estudio poblacional, para tratar de aportar en la comprensión de los factores socioambientales que inciden en la aparición de la enfermedad como estrategia para acompañar a las comunidades desde una visión de prevención y atención a la salud.

Tanto para la enfermedad renal como para la leucemia, la relación de casos en el ámbito geográfico muestra dos aspectos importantes asociados con las condiciones de devastación socioambiental: el primero es la identificación de agrupaciones de casos de manera significativa en el territorio de la Cuenca del Alto Atoyac, particularmente en la región de mayor conflicto socioambiental, por la presencia de actividades industriales y procesos de conurbación y urbanización; el segundo es la ubicación geográfica de casos en la proximidad a ríos contaminados y fuentes de emisión de contaminantes industriales. Por ejemplo, para el caso de daño renal se ubican clústeres o agrupaciones importantes de casos en las cercanías de los ríos Atoyac, Alseseca, Nexapa y Canta Ranas, todos ellos fuertemente impactados por la actividad industrial y el uso de agroquímicos en la producción agrícola.

La comprensión del fenómeno sobre la incidencia de muertes en la Cuenca del Alto Atoyac (Conahcyt, 2023) exige el esfuerzo e integración

de las capacidades institucionales de atención a la salud, de forma tal que sea posible la determinación de factores socioambientales relacionados con estos incrementos en zonas geográficas específicas. La información suma al ejercicio de la gestión socioambiental para la planeación territorial y aporta elementos de gran relevancia para el ejercicio inter y transdisciplinario, necesario para la generación de conocimiento que permita hacer frente a la devastación socioambiental desde el enfoque territorial para el saneamiento de las cuencas.

Para la identificación de casos desde estos Pronaii del Conahcyt, se conformó una red de hospitales que atienden infantes con leucemias agudas linfoblástica y mieloide, lo que ha permitido el registro poblacional y una cobertura en la identificación de la casi totalidad de casos en la región. Los resultados son realmente sorprendentes y urgen a la toma de acción frente a esta devastación lenta y acumulativa que sufre la Cuenca del Alto Atoyac como región de emergencia sanitaria y ambiental. De la geolocalización del domicilio de los pacientes identificados desde 2021 y hasta octubre de 2022, se calculó una de las incidencias más altas del mundo: alrededor de los 60 casos por millón en niños menores a 15 años, mientras que, en otros países como los EE. UU., la tasa es de 30 casos por millón.

CONCLUSIONES

La transformación del espacio es inherente a los procesos sociales, culturales, políticos y ambientales necesarios para la permanencia de la sociedad en el territorio. La articulación espacial y temporal de flujos necesarios para la producción y reproducción sociales va transformando el espacio que habitan la sociedad y las comunidades. Así, en la medida en que se agotan los insumos existentes en el territorio, las sociedades van estableciendo mecanismos para atraer bienes y servicios, pero particularmente materia prima y productos de consumo desde regiones más distantes. En otras palabras, la devastación socioambiental del territorio

resulta de la velocidad con la que los procesos de producción y reproducción transforman los territorios, no sólo propios y espacios próximos, sino incluso regiones distantes. Es claro que la devastación socioambiental está estrechamente ligada a la historia, los procesos culturales y las formas de producción, el acceso a fuentes de energía y a flujos de información.

Los problemas que atiende el Conahcyt a través de los Pronaces y, particularmente, los resultados que arrojan los Pronaii que confluyen en la Cuenca del Alto Atoyac muestran claramente cómo los procesos de devastación ambiental, erosión social y de la salud se articulan de manera sistémica, heterogénea y acumulativa en el territorio. Esto obliga a incidir en la planeación territorial, la atención a la salud y al saneamiento de las cuencas desde visiones inter y transdisciplinares, en conjunto con las comunidades. Se trata entonces de aportar y coadyuvar en los territorios para la construcción de horizontes de futuro basados en el bienestar, la calidad de vida y la justicia socioambiental.

REFERENCIAS

Benson, W. H., M. Miranda y RT Di Giulio. (2002). Un modelo conceptual para las interconexiones entre los ecosistemas y la salud humana. Presentado en la International Society for Ecosystem Health, Washington, D. C., 6-11 de junio de 2002.

Castaño-Aguirre, C. A., Baracaldo-Silva, P., Bravo-Arcos, A. M., Arbeláez-Caro, J. S., Ocampo-Fernández, J. y Pineda-López, O. L. (2021). Territorio y territorialización: una mirada al vínculo emocional con el lugar habitado a través de las cartografías sociales. *Revista Guillermo de Ockham, 19*(2), 201-217. https://doi.org/10.21500/22563202.5296.

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2021a). *El Conahcyt, la Secretaría de Salud y la Semarnat suscriben convenio en favor de la salud y el equilibrio ecológico.* https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/comunicados/Comunicado_239_02092021_FF.pdf

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt). (18 de febrero de 2021b). *Las regiones de emergencia ambiental: definición y localización en México*. Webinario científico organizado por los Pronaces de "Conocimiento y Gestión de Cuencas de Agua" y "Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes" (Video). Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=8tqzYRPhOls&t=3s

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) (2023). *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral*. https://toxicologia.conahcyt.mx/resa-atoyac/.

Di Giulio, R. T. y Benson, W. H. (eds.). (2002). *Interconnections Between Human Health and Ecological Integrity*. Setac Press.

Gómez Jiménez, S. y Medina Ortega, M. A. (2022). Aproximación conceptual del territorio y sus estructuras dinámicas del poder desde un enfoque multidimensional. *Contexto*, *16*(25), 60–76. https://doi.org/10.29105/contexto16.25-353.

Toledo, V. M., Bassols, N. B. y Di Donato, M. (2009). Etnoecología. La memoria de la especie humana: entrevista con Víctor Toledo y Narciso Barrera-Bassols. *Minerva: Revista del Círculo de Bellas Artes,* (12), 99-102.

Waddington, C. H. (1959). Evolutionary Systems-Animal and Human. *Nature*, *183*(4676), 1634-1638.

Wong-González, P. (2009). Ordenamiento ecológico y ordenamiento territorial: retos para la gestión del desarrollo regional sustentable en el siglo XXI. *Estudios Sociales, 17*, 11-39. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-45572009000300002&lng=es&tlng=es.

2.2 Incidencia del Pronaii Leucemia Infantil y Nefropatías Agudas en la Cuenca del Alto Atoyac

Diana Casique Aguirre
Juan Carlos Núñez Enríquez
Rosana Pelayo Camacho

INTRODUCCIÓN

La leucemia infantil y las nefropatías agudas son actualmente preocupaciones de salud prioritarias tanto a nivel global como en México. Entre las enfermedades oncológicas pediátricas, las leucemias agudas son las más comunes, representando el 28.2% de los casos a nivel mundial. Aunque los avances en terapias y protocolos de tratamiento han incrementado las tasas de supervivencia libre de enfermedad por encima del 90% y reducido la mortalidad en un 60%, estas malignidades hematológicas continúan siendo la principal causa de muerte por cáncer en niños alrededor del mundo, representando el 21% de las defunciones. En México, la situación refleja la gravedad global, con una incidencia de la leucemia infantil del 34.1 %, y una tasa de mortalidad que supera el promedio mundial, situándose en un 49.5% (Globocan, 2022).

Particularmente Puebla y Tlaxcala son estados que presentan altas tasas de mortalidad por leucemia infantil (Secretaría de Salud, 2019). Notablemente, la mortalidad por leucemia infantil en México es

significativamente más alta en comparación con otros países; estos datos pueden estar influenciados por varios factores, incluyendo variaciones en el diagnóstico y clasificación de la enfermedad, factores ambientales y de estilo de vida, así como por aspectos genéticos y diferencias étnicas y raciales. Es necesario considerar todos estos elementos de manera integral en cualquier estrategia destinada a mejorar el pronóstico de los niños mexicanos afectados por leucemias agudas (Rivera-Luna et al., 2022).

Por otro lado, la enfermedad renal crónica se ha convertido en un serio problema de salud global, afectando desproporcionadamente a comunidades vulnerables, con altos costos individuales, sanitarios y sociales. Las nefropatías representan más del 10% de la prevalencia mundial (Francis et al., 2024). Entre 2019 y 2021, la tasa de mortalidad por esta enfermedad en jóvenes de 10 a 19 años en México fue de 0.7 por cada 100000 habitantes. En Tlaxcala, la tasa alcanzó los 2.7 por cada 100000, un riesgo de mortalidad cuatro veces mayor que la tasa nacional. En Puebla, la tasa fue de 0.8 por 100000, 1.3 veces mayor que el promedio nacional (Conahcyt, 2023). Además de la diabetes y las enfermedades cardiovasculares, factores sociales, ambientales y económicos agravan el riesgo global de enfermedad renal (Stanifer et al., 2016).

El secretario de salud, doctor Jorge Alcocer Varela, advierte que sin una reducción en el número de pacientes que llegan a etapas avanzadas, los costos de atención médica y los años de vida saludable perdidos podrían comprometer la sostenibilidad del sector salud (Secretaría de Salud, 2022). Esto resalta la necesidad urgente de fortalecer las estrategias de prevención y detección temprana para mitigar el impacto futuro de la enfermedad renal en la población.

PRONAII DE LEUCEMIA INFANTIL

El Pronaii Leucemia Infantil es un Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia cuyo objetivo principal es reducir la tasa de mortalidad temprana por leucemia infantil en regiones vulnerables de México, a partir

de su implementación en los estados de Puebla, Tlaxcala y Oaxaca. Este proyecto prioriza la investigación científica que considere el contexto social y ambiental en el que se presenta la enfermedad, con el fin de proponer enfoques innovadores para el control de la leucemia linfoblástica aguda (LLA) que impacten en la práctica clínica y en las políticas públicas de prevención, vigilancia y tratamiento.

La disminución de las tasas de recaída y mortalidad temprana por leucemia representa un desafío para la investigación en este campo. Por lo tanto, el Pronaii es de gran importancia para la medicina nacional y de indudable urgencia social. En nuestros días es imperativo utilizar herramientas científicas, tecnológicas y sociales de vanguardia para ofrecer soluciones y recomendaciones preventivas y curativas que contribuyan a las políticas de salud infantil, y otorguen un manejo estratificado y personalizado en el manejo de la leucemia linfoblástica aguda en niños, para reducir el riesgo de recaídas y muertes prematuras en nuestra nación.

Este Pronaii se encuentra conformado por cuatro ejes estratégicos que tienen como objetivo brindar una respuesta efectiva y personalizada a los desafíos de la leucemia infantil. Estos ejes son:

1. Diagnóstico de situación integral: busca realizar un análisis exhaustivo y comprensivo de la situación actual de la leucemia infantil en las regiones afectadas, considerando factores sociales, ambientales y de salud.
2. Investigación científica: promueve la realización de investigaciones científicas de calidad que permitan comprender mejor la enfermedad, identificar factores de riesgo, desarrollar nuevos tratamientos y mejorar la atención a los pacientes.
3. Educación y armonización: busca fortalecer la formación y capacitación del personal de salud, así como promover la difusión de información actualizada sobre la leucemia infantil. Además, busca armonizar los protocolos y prácticas clínicas en las diferentes instituciones involucradas en el tratamiento de la enfermedad.

4. Estrategias biotecnológicas y de innovación para la prevención y el tratamiento: se enfoca en el desarrollo e implementación de estrategias basadas en biotecnología y enfoques innovadores que permitan prevenir la leucemia infantil, mejorar los tratamientos existentes y encontrar nuevas opciones terapéuticas.

Estos ejes se implementan a través de 11 proyectos específicos que abarcan los estados de Oaxaca, Puebla y Tlaxcala, zonas que presentan altas tasas de incidencia de leucemia infantil. Es importante destacar que tanto Puebla como Tlaxcala son considerados estados de emergencia ambiental, lo que agrega un aspecto adicional a considerar en la lucha contra la enfermedad.

LA RUTA DE ATENCIÓN DEL PRONAII DE LA LEUCEMIA INFANTIL

Uno de los resultados más importantes desde el arranque del Pronaii es la ruta de atención del Pronaii de la leucemia infantil. Su objetivo es garantizar una atención continua para cada niña, niño y adolescente que reciba un diagnóstico de leucemia. Particularmente, en la ruta de la leucemia participan activamente cuatro proyectos del Pronaii Leucemia Infantil:

1. Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil (302994).
2. Epidemiología y supervivencia de las leucemias agudas en niños de zonas marginadas de México (303019).
3. Establecimiento de plataformas biotecnológicas para la innovación y desarrollo de terapias contra el microambiente tumoral en leucemias (302941).
4. Perfil de expresión de snoRNAs (*small nucleolar RNAs*) en leucemia linfoblástica aguda (303083).

En la ruta de atención participan alrededor de 50 especialistas de diferentes disciplinas relacionadas con la salud. Esta colaboración

permite abordar cada uno de los procesos necesarios, así como realizar un rastreo preciso de cada muestra. El proyecto se compone de varias etapas, las cuales están sistematizadas como se muestra en la figura 1.

El proceso comienza en el sector salud, donde los hematólogos y oncólogos especialistas en cáncer infantil identifican a pacientes con sospecha de leucemia, así como a aquellos que ya han sido diagnosticados, pero requieren un seguimiento del control de la enfermedad. A este seguimiento se le denomina enfermedad mínima/medible residual (EMR), el cual permite determinar el pronóstico, la estratificación de riesgo y la respuesta al tratamiento. También se incluyen en este proyecto a los pacientes que experimentan una recaída de leucemia. Esto significa que, después de haber presentado previamente la enfermedad, entraron en remisión o se curaron, pero vuelven a desarrollarla después de cierto tiempo. Una vez que se han identificado estos pacientes, los hematólogos especialistas son responsables de realizar la toma de muestra de médula ósea, a la cual se le denomina aspirado. Este procedimiento consiste en insertar una aguja a través del hueso y extraer la muestra de médula ósea utilizando una jeringa.

Los hospitales que participan en el Pronaii Leucemia Infantil en el estado de Puebla son: la Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Especialidades Dr. Manuel Ávila Camacho del IMSS, el Hospital para el Niño Poblano (HNP) de la Secretaría de Salud, el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Puebla (ISSSTEP) y el Hospital General del Sur. En el estado de Tlaxcala participa el Hospital Infantil de Tlaxcala (HIT) y, en el estado de Oaxaca, el Hospital General de Zona núm. 1 (HGZ01) IMSS Oaxaca y el Hospital de la Niñez Oaxaqueña (HNO) del Insabi.

En cada uno de estos hospitales hay médicos residentes y personal encuestador previamente capacitado y asociado al Pronaii Leucemia Infantil, quienes se encargan de solicitar al tutor del paciente los datos de identidad clínica y demográfica, así como obtener la firma de la carta de consentimiento informado, a través de la cual autorizan que se pueda

hacer uso de las muestras y los datos del paciente exclusivamente para fines de investigación. Toda la información se recolecta utilizando una plataforma digital que permite a la investigadora a cargo visualizarlos en tiempo real.

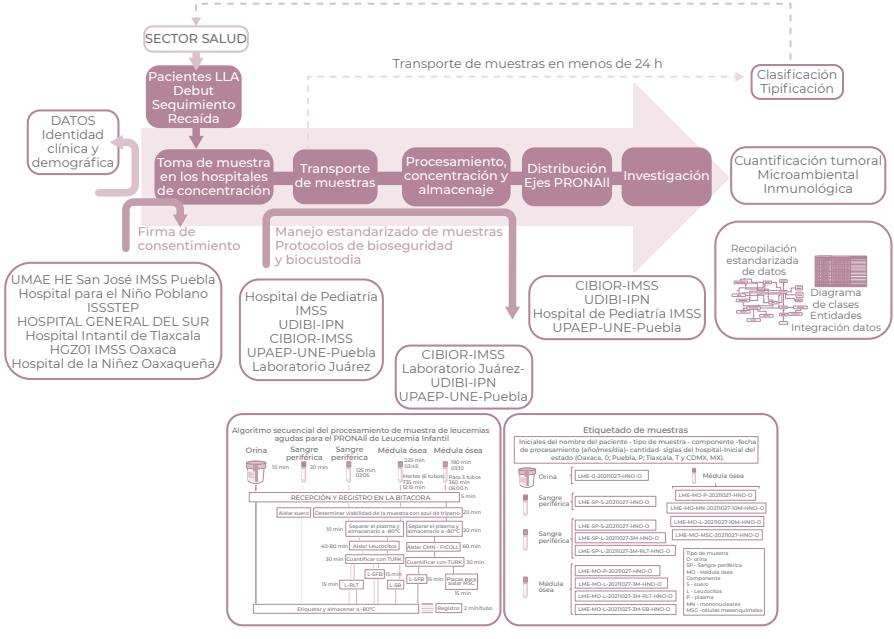
La muestra de médula ósea se transporta en menos de 24 horas al Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil del Centro de Investigación Biomédica de Oriente (Cibior) del IMSS. En este laboratorio se realiza la tipificación de la muestra de acuerdo a la solicitud del hematólogo especialista, quien puede solicitar un inmunofenotipo para realizar un diagnóstico o una prueba de EMR para el seguimiento de la enfermedad. Con base en los resultados de estas pruebas, el laboratorio genera un reporte detallado en menos de 72 horas desde la llegada de la muestra. Este informe ayuda al hematólogo especialista en la toma de decisiones clínicas, como la selección de la terapia farmacológica a emplear.

Una vez que los resultados de la tipificación son enviados al hematólogo especialista, el remanente de la muestra de médula ósea es liberado por el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil y trasladado al Laboratorio de Oncoinmunología del Cibior-IMSS para su procesamiento adicional. Este segundo procesamiento implica la obtención de diferentes componentes sanguíneos y celulares, como plasma, leucocitos, células mononucleares y células estromales mesenquimales. Además del procesamiento de la muestra de médula ósea, también se procesan muestras de sangre periférica y orina. Otros laboratorios de procesamiento incluyen el Laboratorio Juárez de Oaxaca y el Laboratorio de Una Nueva Esperanza (UNE).

Todos estos procesos se llevan a cabo bajo un manejo estandarizado de muestras, que incluye protocolos de procesamiento, etiquetado y almacenamiento, así como protocolos de bioseguridad y biocustodia. Esto ha permitido la creación de un acervo celular de muestras de pacientes con diagnóstico de leucemia. Estos componentes celulares se distribuyen a los diferentes ejes del Pronaii Leucemia Infantil y se utilizan para realizar investigación, respetando en todo momento la normatividad local, regional, nacional e internacional vigente en materia de investigación en salud y en la niñez.

Toda la información generada en cada proceso que involucra la ruta de atención de la leucemia se concentra en plataformas digitales que permiten almacenar y gestionar de manera segura y organizada la información clínica, los resultados de las pruebas, los informes generados y otros datos relevantes. Así se facilita el acceso a la información por parte de los especialistas involucrados en el proyecto, así como la colaboración y el intercambio de datos entre los diferentes hospitales y laboratorios participantes, lo que permite realizar estudios epidemiológicos, análisis de tendencias, identificación de factores de riesgo y evaluación de la eficacia de diferentes tratamientos.

Figura 1. La ruta de la atención del Pronaii de la leucemia infantil



Nota: este proceso se compone de siete etapas que requieren el seguimiento exhaustivo de cada muestra de paciente con leucemia, así como la concentración, gestión y análisis de la información generada en cada una de ellas. Estas etapas son esenciales para garantizar un seguimiento adecuado de los pacientes, realizar investigaciones y tomar decisiones clínicas fundamentadas.
Fuente: Núñez-Enríquez y colaboradores (2024).

Este procedimiento garantiza la trazabilidad de cada uno de los componentes derivados de las muestras de los pacientes con leucemia, así como el análisis de datos a gran escala, que resulta en la generación de conocimiento científico y a la mejora continua de la atención y el tratamiento de la leucemia infantil.

LABORATORIO DE CITÓMICA DEL CÁNCER INFANTIL

El Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil, bajo la dirección de la doctora Rosana Pelayo Camacho, es uno de los logros del Pronaii Leucemia Infantil. Este laboratorio ha implementado paneles citómicos de inmunofenotipificación para el análisis y clasificación de células en muestras de médula ósea. Estos paneles están diseñados específicamente para detectar y caracterizar las células asociadas con la leucemia, ya que mediante la utilización de marcadores específicos se puede identificar la presencia de células leucémicas y evaluar su composición.

Además, el laboratorio ha implementado un sistema estandarizado para la identificación de la enfermedad mínima/medible residual (EMR); ésta se refiere a la presencia de una pequeña cantidad de células leucémicas residuales después del tratamiento inicial, por lo que su detección precisa y cuantificación es esencial para evaluar la respuesta al tratamiento, estratificar el riesgo y ajustar la terapia de forma individualizada. El sistema implementado en el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil permite realizar estas mediciones de manera precisa y brinda información clave al hematólogo especialista para tomar decisiones terapéuticas informadas.

En el año 2022, debido a los excelentes resultados obtenidos, el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil se convirtió en un laboratorio de referencia OncoCREAN, lo que ha permitido ampliar el servicio a un mayor número de pacientes pediátricos oncológicos en todo el país. El grupo de investigación dirigido por la doctora Pelayo se dedica a la investigación de incidencia y asistencial en el campo de la leucemia infantil (fotografía 1).

Fotografía 1



Las personas integrantes del Laboratorio de Oncoinmunología y Citómica del Cáncer Infantil están comprometidos con la lucha contra el cáncer infantil.
Nota: estos laboratorios son dirigidos por la doctora Rosana Pelayo Camacho. De izquierda a derecha: Biol. Jebea Anaclara López Blanco; M en C. Gabriela Rocío Zamora Herrera; C. Lizeth Torres Pineda; doctora Dalia Ramírez Ramírez; Bioq. Karen Amalinalli Ayala Contreras; Biol. Lucero López García; M en C. Arely Rosas Cruz; doctora Dulce Rosario Alberto Aguilar; doctora Rubí Esmeralda Romo Rodríguez; C. Pedro Alberto Gaspar Mendoza; Med. Cesar Omar Trejo Pichardo; M en C. Jiovanni Amador Cardoso; y doctora Diana Casique Aguirre. En esta fotografía faltan la M en C. Laura Alfaro Hernández y el M en C. Armando Vilchis Ordoñez.
Foto: Pronaii (302994), Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil.

El Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil está ubicado en una zona de alta vulnerabilidad social, dentro de las instalaciones del Centro de Investigación Biomédica de Oriente (Cibior), que forma parte del Hospital General de Zona núm. 5 del IMSS en Atlixco, Puebla. Este laboratorio cuenta con tres tecnologías de vanguardia diferentes:

1. Citómetro de flujo: se utiliza para realizar la tipificación con alta precisión, tanto para el inmunofenotipo como para la EMR;

permite el análisis de hasta 10 marcadores simultáneamente, utilizando moléculas fluorescentes.

2. *Cell sorter*: es un equipo que combina la citometría de flujo convencional con un proceso de separación física de células basado en la expresión diferencial de uno o varios parámetros. Esto permite una mayor precisión en la clasificación y purificación de las células de interés.
3. Citómetro de masas: esta tecnología innovadora permite analizar una mayor cantidad de parámetros en una sola célula. A diferencia de la citometría de flujo convencional, la citometría de masas detecta elementos químicos pesados (metales de transición y lantánidos) acoplados a los marcadores. Esto se basa en la detección de la masa atómica de los elementos, lo que permite evaluar hasta 50 marcadores a la vez. Es importante destacar que el citómetro de masas presente en el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil es el primero en México y América Latina.

Con el uso de estas tecnologías avanzadas, actualmente se está desarrollando un modelo de predicción de recaída para la leucemia infantil. Este enfoque prometedor tiene como objetivo mejorar la capacidad de pronóstico y la toma de decisiones clínicas en el manejo de la enfermedad.

MICROAMBIENTE HEMATOPOYÉTICO

Es fundamental implementar nuevas estrategias que combinen información clínica, molecular e inmunológica para una clasificación más precisa de las leucemias infantiles. Esto permitirá identificar subtipos específicos de la enfermedad y personalizar el tratamiento de acuerdo con las características individuales de cada paciente. Además, es necesario investigar el microambiente en el que se desarrolla la leucemia, ya que juega un papel crucial en la progresión y respuesta al tratamiento. Comprender las interacciones entre las células leucémicas y

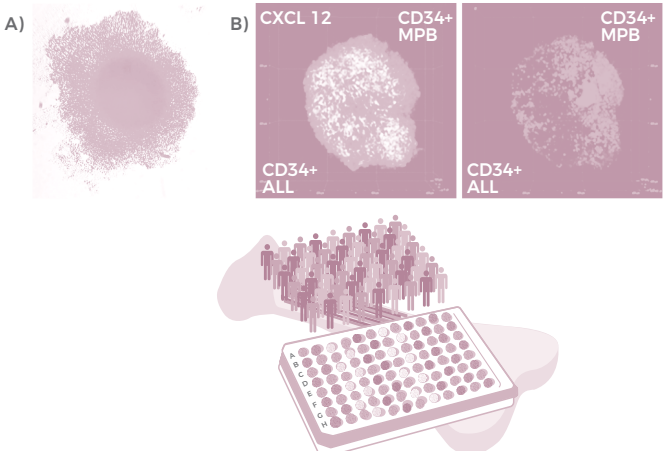
su entorno patogénico ayudará a desarrollar terapias más efectivas y dirigidas.

El Laboratorio de Oncoinmunología y Citómica del Cáncer Infantil ha logrado desarrollar una tecnología celular innovadora que consiste en la creación de organoides. Estos modelos proporcionan un entorno tridimensional que imita las características físicas y biológicas de la médula ósea humana, lo que permite investigar y comprender mejor los procesos relacionados con la leucemia y evaluar la respuesta a diferentes tratamientos en un entorno más realista.

Estos organoides están compuestos por esferoides multicelulares de células estromales mesenquimales (CEM) y células leucémicas (figura 2A y 2B), lo que permite la interacción directa entre ambos tipos celulares y recrea un perfil hipóxico similar al entorno de la médula ósea. Un aspecto destacado de esta tecnología es la capacidad de generar organoides personalizados para cada paciente. Al utilizar remanentes de muestra de médula ósea previamente obtenida para el diagnóstico de leucemia, se aíslan las CEM y las células leucémicas para cultivarlas en forma de esferoides tridimensionales. Esto ha llevado a desarrollar plataformas que brindan información personalizada sobre la sensibilidad y resistencia a los fármacos en pacientes con leucemia (figura 2C), lo que puede ser de gran utilidad en la medicina de precisión y en la toma de decisiones terapéuticas (Balandrán et al., 2021).

Además, estos organoides son utilizados para estudiar agentes externos, como, por ejemplo, los contaminantes medioambientales que pueden influir en el remodelamiento del microambiente y conllevar respuestas que desencadenan el desarrollo de enfermedades. Esto proporciona una visión más completa de los factores que contribuyen al desarrollo y progresión de la enfermedad, lo que puede tener implicaciones importantes para la prevención y el diseño de estrategias terapéuticas más efectivas.

Figura 2. Estructuras 3D tipo organoide que simulan el microambiente de la médula ósea, utilizados para el estudio de la leucemia



Nota: *a*) Imagen de un organoide tomada en un microscopio invertido. Se observa un co-cultivo de las CEM en esferoide (las células concentradas se muestran en el centro) y las células leucémicas alrededor del esferoide. *b*) Se presentan dos imágenes de un organoide adquiridas mediante un microscopio de fluorescencia. En la primera imagen se observa la presencia de células estromales mesenquimales (CEM) representadas en color verde, gracias a la detección de la sobreexpresión de la proteína CXCL12 en este tipo de células. En la segunda imagen se visualiza el mismo organoide, pero ya no se observa la proteína CXCL12. Esto se debe a que en la microscopía de fluorescencia es posible omitir o cambiar las longitudes de onda en el espectro luminoso, lo que nos permite eliminar la fluorescencia de las CEM. Esto, a su vez, nos permite observar qué fluoresce dentro del organoide: en este caso, se puede apreciar la migración de las células leucémicas (en rojo) hacia el interior del esferoide de CEM, formando un organoide; en azul se observa el ácido desoxirribonucleico teñido, por célula. *c*) Plataforma de quimiosensibilidad de organoides personalizados.
Fuente: tomada y modificada de Baladrán y colaboradores (2021).

EPIDEMIOLOGÍA Y SUPERVIVENCIA DE LAS LEUCEMIAS AGUDAS EN NIÑOS DE ZONAS MARGINADAS DE MÉXICO: EL CASO DEL ESTUDIO DE LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC

Actualmente, se está llevando un estudio piloto en la región de Puebla y Tlaxcala y se ha conformado una red de hospitales públicos del IMSS,

Insabi, ISSSTE y hospitales privados de la región para conocer la carga de la leucemia infantil (prevalencia, mortalidad, morbilidad), la incidencia, los factores asociados al mayor riesgo de desarrollar leucemia infantil y la identificación de factores asociados a la mortalidad temprana. Esto, con la finalidad de emitir recomendaciones preventivas, de diagnóstico temprano y tratamiento oportuno para la población estudiada.

El estudio inició el 1° de enero del 2021 y hasta la fecha se han diagnosticado por primera vez a más de 200 niños y adolescentes con leucemias agudas en la región de la cuenca. Se ha identificado que la incidencia (número de casos nuevos de la enfermedad) a diferencia de otras regiones del país y de otras partes del mundo es mayor en el grupo de adolescentes mayores a 10 años, particularmente, a consecuencia de leucemias mieloides agudas las cuales son consideradas de mal pronóstico por tener un comportamiento agresivo.

Además, se han identificado zonas geográficas donde se agrupa un mayor número de casos con leucemia y se está profundizando en su análisis para identificar fuentes de exposición ambiental en estas zonas consideradas de alto riesgo para el desarrollo de leucemia infantil, lo cual abriría una ventana de oportunidad para poder prevenir la leucemia en estas regiones.

Se implementó una metodología denominada de casos y controles poblacionales, con la finalidad de descubrir los factores de riesgo ambientales asociados al mayor riesgo de la enfermedad en diferentes regiones de Puebla y Tlaxcala, incluyendo la región de la cuenca. Para ello, se cuenta con la participación de hospitales públicos y privados que han permitido la realización del estudio, así como de los padres o tutores de niños sin leucemia a quienes se invitó a participar utilizando el marco muestral de las Encuestas Nacionales de Salud del Instituto Nacional de Salud Pública y colaboradores del proyecto.

Entre los factores ambientales estudiados se encuentran la dieta materna durante el embarazo, la ocupación de los padres, la exposición a

sustancias cancerígenas, cercanía a fuentes fijas de exposición ambiental como gasolineras, basureros, ríos contaminados, entre otros.

Por otro lado, se logró integrar una red de hospitales y se implementó un sistema de registro de casos nuevos con leucemias agudas infantiles en los hospitales en donde se cuenta con las herramientas necesarias para realizar el diagnóstico de leucemia. Lo anterior ha permitido tener datos poblacionales para la estimación de la incidencia de la leucemia infantil en las regiones estudiadas y de esta manera monitorear desde el punto de vista epidemiológico el resultado de las estrategias de salud pública que se implementen en la región a partir de ahora.

De igual manera, se diseñó y puso en marcha un programa de seguimiento clínico a cada paciente del estudio con la finalidad de evaluar su respuesta al tratamiento, el apego al mismo, así como los eventos infecciosos, de toxicidad o de recaída que pudieran presentarse después de haber sido diagnosticados y durante la duración del tratamiento. A través de este sistema de seguimiento clínico se ha podido observar que la mortalidad durante el primer año de tratamiento (mortalidad temprana) es muy elevada en estos tres estados de la República mexicana (19.3%) en comparación con lo que ocurre en otras partes del país como en la Ciudad de México (13%), y mucho más elevada en comparación con lo que ocurre al mismo tiempo de seguimiento en países como los Estados Unidos (< 5%), a pesar del uso de los mismos esquemas de quimioterapia.

La principal causa que se ha identificado asociada a la mortalidad temprana es la toxicidad secundaria a la quimioterapia (95%). Esto, a su vez, es debido principalmente a la falta de herramientas diagnósticas como el inmunofenotipo, la detección de enfermedad medible residual, identificación de subgrupos moleculares y de farmacogenómica en la asignación del tratamiento en los pacientes. No obstante, se están identificando las causas de estos factores con la finalidad de poder disminuir el número de muertes por leucemia infantil en las regiones estudiadas y en un futuro no muy lejano del resto del país, siguiendo el modelo implementado en la región.

CASOS DE NEFROPATÍAS AGUDAS Y SU MAPEO, DESDE UNA PERSPECTIVA INTEGRATIVA BIOLÓGICA-AMBIENTAL

Las nefropatías agudas se refieren a enfermedades renales agudas que afectan la función y estructura de los riñones. Estas condiciones pueden tener múltiples causas, incluyendo factores biológicos y ambientales. Un enfoque integrativo biológico-ambiental busca comprender y mapear la relación entre estos factores, para obtener una visión completa de las nefropatías agudas. Los factores biológicos pueden incluir predisposición genética, disfunción inmunológica, enfermedades sistémicas, entre otros. Por otro lado, los factores ambientales pueden comprender exposiciones a toxinas, contaminantes químicos, agentes infecciosos, medicamentos, factores de estilo de vida y condiciones socioeconómicas.

El mapeo de las nefropatías agudas implica la identificación y el análisis de la distribución geográfica de los casos de estas enfermedades, con el objetivo de identificar posibles patrones espaciales y relacionarlos con factores ambientales específicos. Este enfoque ayuda a comprender cómo los factores ambientales pueden interactuar con los factores biológicos para influir en la incidencia y la gravedad de las nefropatías agudas en diferentes regiones. Esto puede conducir a una mejor comprensión de las causas subyacentes, la identificación de factores de riesgo potenciales y el desarrollo de estrategias de prevención y tratamiento más efectivas para estas enfermedades renales agudas.

Actualmente, se está trabajando en la generación de un mapeo de casos de enfermedad renal aguda en la región de la Cuenca del Alto Atoyac en Puebla. Este tipo de análisis puede proporcionar información valiosa sobre la distribución geográfica de la enfermedad y ayudar a identificar posibles conglomerados geográficos que permitan comprender mejor los factores ambientales, sociales, económicos y culturales que podrían estar contribuyendo a la aparición de la enfermedad renal aguda en áreas específicas. Esto puede ser especialmente importante

para diseñar estrategias de intervención y prevención dirigidas a esas poblaciones y áreas geográficas en particular.

Es fundamental continuar registrando y monitoreando los casos de enfermedad renal aguda de manera continua y abarcando la mayoría de las instituciones de salud posibles. Esto permitirá identificar tendencias a lo largo del tiempo, detectar cambios en la distribución geográfica de la enfermedad y evaluar la efectividad de las intervenciones implementadas. Considerar los factores sociales, económicos y culturales permitirá abordar las desigualdades en la salud y reducir las disparidades existentes. Esto implica garantizar el acceso equitativo a la atención médica, promover la educación sobre la enfermedad renal aguda y sus factores de riesgo, y fomentar cambios en el estilo de vida y comportamientos saludables.

CONCLUSIÓN

En México, la leucemia infantil y las nefropatías son consideradas enfermedades prioritarias, debido a su impacto significativo en la salud de la población. Ambas condiciones representan importantes desafíos en términos de diagnóstico, tratamiento y prevención. El abordaje de estas enfermedades prioritarias implica una perspectiva integral que involucra la colaboración entre instituciones de salud, investigadores, profesionales de la salud y organizaciones de la sociedad civil. Además, es necesario considerar los determinantes sociales y ambientales que influyen en la incidencia y el curso de estas enfermedades, así como implementar estrategias de prevención, promoción de la salud y reducción de las desigualdades en el acceso a la atención médica. La salud humana es influenciada no sólo por los aspectos biológicos inherentes al organismo, sino también por el entorno en el que vivimos y las exposiciones ambientales a las que estamos sujetos.

REFERENCIAS

Balandrán, J. C., Dávila-Velderrain, J., Sandoval-Cabrera, A., Zamora-Herrera, G., Terán-Cerqueda, V., García-Stivalet, L. A., Limón-Flores, J. A., Armenta-Castro, E., Rodríguez-Martínez, A., Leon-Chavez, B. A., Vallejo-Ruiz, V., Hassane, D. C., Pérez-Tapia, S. M., Ortiz-Navarrete, V., Guzman, M. L. y Pelayo, R. (2021). Patient-Derived Bone Marrow Spheroids Reveal Leukemia-Initiating Cells Supported by Mesenchymal Hypoxic Niches in Pediatric B-ALL. *Frontiers in Immunology, 19*(12), 746492. https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.746492

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2023). *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral.* https://conahcyt.mx/evento/1er-informe-estrategico-cuenca-del-alto-atoyac-analisis-de-las-recomendaciones-y-nuevos-aportes-sesion-1-presentacion-del-primer-informe/.

Francis, A., Harhay, M. N., Ong A. C. M., Tummalapalli, S. L., Ortiz, A., Fogo, A. B., Fliser, D., Roy-Chaudhury, P., Fontana, M., Nangaku, M., Wanner, C., Malik, C., Hradsky, A., Adu, D., Bavanandan, S., Cusumano, A., Sola, L., Ulasi, I. y Jha, V. (2024). Chronic kidney disease and the global public health agenda: an international consensus. *Nature Reviews Nephrology, 20*(7), 473-485. https://doi.org/10.1038/s41581-024-00820-6.

Globocan. (2022). Cancer Today. https://gco.iarc.fr/en.

Núñez-Enríquez, J. C., Romo-Rodríguez, R., Gaspar-Mendoza, P., Zamora-Herrera, G., Torres-Pineda, L., Amador-Cardoso J., López-Blanco, J. A., Alfaro-Hernández, L., López-García, L., Rosas-Cruz, A., Alberto-Aguilar, D. R., Trejo-Pichardo, C. O., Ramírez-Ramírez, D., Cruz-Maza, A., Flores-Lujano, J., Luna-Silva, N., Martínez-Martell, A., Martínez-Jose, K., et. al., (2024). Implementation of a Roadmap for the Comprehensive Diagnosis, Follow-Up, and Research of Childhood Leukemias in Vulnerable Regions of Mexico: Results from the Pronaii Strategy. *Frontiers in Oncology, 14*, 1304690. https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1304690.

Rivera-Luna, R., Perez-Vera, P., Galvan-Diaz, C., Velasco-Hidalgo, L., Olaya-Vargas, A., Cardenas-Cardos, R., Aguilar-Ortiz, M. y Ponce-Cruz, J. (2022). Triple-Hit Explanation for the Worse Prognosis of Pediatric Acute Lymphoblastic Leukemia Among Mexican and Hispanic Children. *Frontiers in Oncology, 30*(12), 1072811. https://doi.org/10.3389/fonc.2022.1072811.

Secretaría de Salud. (2019). *Registro de cáncer en niños y adolescentes. Resultados 2019*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment /file/632369/RNCA_2019.pdf

Secretaría de Salud. (2022). *Enfermedad renal en México: prevención, promoción, atención y seguimiento*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/salud/prensa/119-enfermedad-renal-en-mexico-prevencion-promocion-atencion-y-seguimiento?idiom=es

Stanifer J. W., Muiru, A., Jafar, T. H. y Patel, U. D. (2016). Chronic Kidney Disease in Low- and Middle-Income Countries. *Nephrology, dialysis, transplantation, 31*(6), 868-74. https://doi.org/10.1093/ndt/gfv466

2.3 Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud

Gabriela Pérez Castresana
Diana Casique Aguirre
Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez
Regina Montero Montoya

INTRODUCCIÓN

La cuenca alta del río Atoyac está situada en el altiplano mexicano y ha sido identificada como un grave desastre ambiental y social desde que el Tribunal Latinoamericano del Agua emitió su dictamen en marzo de 2006. Esto ocurrió luego de la promoción de una denuncia por parte del Centro Fray Julián Garcés, así como de la Coordinadora por un Atoyac con Vida, organizaciones sociales que se dieron a la tarea de visibilizar el rápido deterioro ambiental y, en particular, del agua que corría por los ríos.

En esta cuenca, los principales ríos son el Zahuapan y el Atoyac, dos corrientes permanentes de caudal escaso que corren de norte a sur dentro de la pequeña cuenca cerrada, y cuyo uso principal, todavía en el siglo pasado, era aportar agua de riego para las numerosas parcelas de producción de vegetales para el consumo humano.

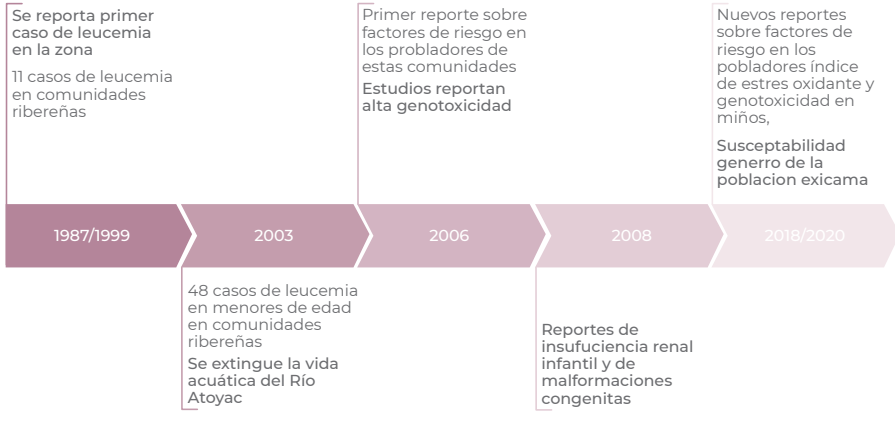
Aunque en la zona existían desde tiempos coloniales, actividades industriales para producción textil y alfarería, la zona era

fundamentalmente de producción hacendaria de maíz, pulque y ganado. En la época posrevolucionaria se estableció el cultivo de hortalizas en el centro de la cuenca, en donde aún existe un humedal; estos campos surtían o surten de productos a los mercados de Tlaxcala, Puebla y aun de la Ciudad de México.

Hacia 1970, se produjo una desconcentración industrial del Valle de México, debido a que la Ciudad de México ya presentaba serios problemas de contaminación aérea, y algunas industrias fueron enviadas a la cuenca; así llegaron la industria automotriz y la industria petroquímica, que se sumaron a la industria de la maquila de ropa, en particular, de mezclilla.

En la figura 1 se muestra una línea de tiempo que describe cómo se fueron documentando los cambios epidemiológicos en relación con enfermedades y padecimientos que se hicieron muy notorios entre la población, a medida que la cuenca recibía nuevos giros industriales para el cambio de siglo.

Figura 1. Línea de tiempo de la evolución del problema de salud en la cuenca



Fuente: elaboración propia.

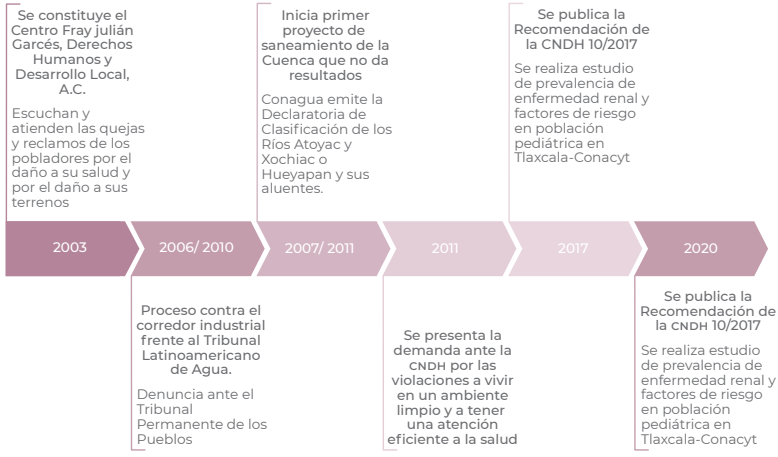
Actualmente, se ha documentado que hay más de 20000 industrias pequeñas, medianas y grandes que operan sobre este territorio (Rosado-Zaidi, 2018). Y decimos *sobre*, y no *en*, porque imponen sobre él el uso, manejo y disposición de sus materias primas, así como de sus desechos. Esto resulta, primero, en la pérdida de la calidad del agua de los ríos, de la calidad del agua de los canales de riego y de la calidad del aire; al evaporarse junto con el agua y la humedad de los suelos, también afecta la calidad de numerosos campos de cultivo. Las emisiones al aire y a los suelos también generaron una situación en la que la biota del río fue la primera en desaparecer, y la salud humana empezó a sufrir las consecuencias.

Las autoridades no se impresionaron con los cambios de color en el río: azul índigo en unas zonas, rosa intenso en otras o amarillo, lo que evidenciaba la presencia de compuestos químicos que causaban esos cambios de color. Las emanaciones de fuertes olores en las madrugadas tampoco lograron llamar su atención, ni los reportes sobre tierras de cultivo que dejaban de producir, al ser regadas con aguas de los ríos. Ni siquiera el notable incremento de casos de leucemia infantil y juvenil que las poblaciones denunciaron les hicieron salir de su inercia. La insuficiencia renal se hizo presente en niños y adolescentes y su incidencia ha venido creciendo en el último siglo; ni las autoridades de salud, ni las de ambiente, atendieron el clamor de los habitantes, que reclamaban acciones para detener todos estos sucesos.

La acción de las organizaciones sociales, por consecuencia, se orientó a denunciar y visibilizar el problema, primero frente a las autoridades municipales y estatales, sin resultados, y después ante instancias internacionales de derechos humanos. Así, lograron recomendaciones y amonestaciones a favor de sus reclamos, pero sin que las autoridades responsables dieran contestaciones funcionales. Numerosos planes de rescate de los ríos fueron anunciados con cada cambio de gobierno estatal, a veces de Tlaxcala, otros de Puebla, pero ninguno de esos planes se hizo realidad una vez ganado el poder, o se hicieron obras puramente cosméticas, como

el parque ecológico Atoyac, en Puebla. En la figura 2 se muestra una línea de tiempo resumida de los principales logros de estas organizaciones.

Figura 2. Resumen de los principales logros de las organizaciones sociales



Fuente: elaboración propia.

En 2017, a raíz de la Recomendación 10/2017 emitida por la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), las autoridades de los tres órdenes de gobierno, finalmente, reconocieron el problema ambiental de la región y su relación con los problemas de salud, marcando un hito importante a partir del cual se debe elaborar la política pública en sitios altamente contaminados como éste.

Parte de esa política pública son los Proyectos Nacionales Estratégicos del Conahcyt (Pronaces) que buscan, mediante la investigación científica, abordar esta clase de problemas complejos, para buscar soluciones que no pueden ser simplistas, sino que requieren el concurso de autoridades, especialistas de todos los sectores de las actividades humanas, e investigadores de todas las ramas del conocimiento. Como parte de estos Pronaces, en los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii) se abordan los problemas en su complejidad estructural y dinámica, no sólo para comprenderlos, sino para

> incidir en la solución de problemas de degradación ambiental provocada por los procesos contaminantes y el daño tóxico de origen natural y antropogénico, a través de proyectos que permitan enfrentar con conocimiento profundo del problema, creatividad y trabajo solidario, la crisis ambiental que se vive en varias de las regiones de este país (Conahcyt, 2021).

Dentro de la cuenca, actualmente se desarrollan ocho de estos proyectos que abordan la problemática ambiente-salud con el objetivo caracterizarla, dimensionarla y aportar mecanismos para enfrentar el problema de salud, pero también para lograr su prevención.

Estos proyectos buscan, desde los laboratorios de investigación y el trabajo de campo, aportar propuestas para el cuidado de la salud de los habitantes de esta región y de otras similares, en donde la exposición involuntaria a tóxicos los hace muy vulnerables y viola sus derechos humanos a vivir en un ambiente sano. Las enfermedades que pueden derivar de esta exposición son crónicas y de diferente gravedad; las más graves, como el cáncer o la enfermedad renal crónica en jóvenes ponen en riesgo su pleno desarrollo, y en los adultos ponen en riesgo la capacidad para trabajar y proveer a sus familias.

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PROYECTOS

LABORATORIO DE CITÓMICA PARA EL CÁNCER INFANTIL

Responsable técnico: doctora Rosana Pelayo Camacho

Las fallas en el diagnóstico y la falta de precisión en la clasificación de las leucemias infantiles han demostrado contribuir a un pronóstico desfavorable para los pacientes (Vilchis-Ordoñez et al., 2021; Zapata-Tarrés et al., 2021). Con el fin de mejorar la expectativa de vida de los niños con leucemia en nuestro país, es crucial revolucionar los métodos de estratificación de riesgo. Esto debe lograrse a través de enfoques integrativos que permitan identificar las características fenotípicas y funcionales

del tumor y sus células iniciadoras, comprender el microambiente patogénico y el contexto inmunológico inductor, y desarrollar métodos de detección ultrasensible de clonas residuales que determinan la recaída.

Dentro del campo de las tecnologías ómicas, la citómica desempeña un papel fundamental al combinar la citometría de flujo, la espectrometría de masas y los abordajes bioinformáticos y de inteligencia artificial para el análisis simultáneo de múltiples variables e interacciones celulares a gran escala, lo que brinda un valor predictivo significativo y es de gran utilidad para la medicina de precisión.

Una de las metas principales de este proyecto es establecer un Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil que actualmente ya cuenta con tecnologías avanzadas como la citometría de masas y la citometría de flujo. Este laboratorio se dedica a la estratificación de pacientes pediátricos mexicanos con leucemia. La incorporación de enfoques citómicos en el estudio de la leucemia infantil permite obtener información detallada sobre la identidad biológica y el estado de activación de las células tumorales, así como comprender la interacción entre la progresión del tumor y los factores ambientales.

Además, el uso de la citómica en este contexto permite predecir las respuestas de los pacientes a los agentes terapéuticos y evaluar los factores de recaída. Esto es de gran ayuda para redirigir los tratamientos de manera adecuada y contribuirá al manejo integral de la enfermedad, así como a la prevención de desenlaces desfavorables.

La incorporación del primer citómetro de masas de América Latina en una región altamente vulnerable se complementa con una sección dedicada a la oncoinformática y la predicción de riesgos mediante inteligencia artificial. Este enfoque llevará a la construcción de un atlas de leucemia infantil basado en las características inmunocitómicas y ambientales, proporcionando una visión integral de la enfermedad. Además, se establece un Banco Nacional de Macrodatos que integrará información generada a partir de diferentes fuentes, como la citómica,

la clínica, la genómica, la epidemiología ambiental y la patobiología del microambiente tumoral. Todos estos datos serán generados por la red de colaboración de los proyectos del Pronaii.

Al contar con datos integrales y basados en evidencia, se podrán tomar decisiones más informadas para mejorar la atención médica, implementar estrategias de prevención y promover un enfoque personalizado en el manejo de la leucemia infantil. Se espera que este abordaje de última generación impulse el desarrollo de modelos predictivos y preventivos que sean clínicamente útiles en México e incidan en las políticas de salud infantil, especialmente para las poblaciones más vulnerables.

EPIDEMIOLOGÍA Y SUPERVIVENCIA DE LAS LEUCEMIAS AGUDAS EN NIÑOS DE ZONAS MARGINALES DE MÉXICO

Responsable técnico:
doctor Juan Carlos Núñez Enríquez

La leucemia es el tipo de cáncer más común en niños mexicanos y, lamentablemente, en más del 90% de los casos se desconocen las causas específicas de esta enfermedad. La incidencia de leucemia infantil en México es una de las más altas a nivel mundial. Según datos del Seguro Popular de la Secretaría de Salud, en Puebla, Oaxaca y Tlaxcala se han registrado las tasas de mortalidad por cáncer infantil más elevadas del país, con cifras de 5.5, 5.2 y 5.4 por cada 100000 niños menores de 18 años, respectivamente (Rivera-Luna et al., 2014). Por otro lado, se ha reportado que en México las recaídas y las muertes en las etapas iniciales del tratamiento (durante el primer año después del diagnóstico) son al menos tres veces más frecuentes que en los países de ingresos altos, a pesar del uso de los mismos esquemas de quimioterapia.

El presente proyecto está llevando a cabo un estudio poblacional híbrido que combina un componente prospectivo y otro retrospectivo. Con el primero se busca estimar la carga de leucemia en Puebla, Oaxaca y Tlaxcala, y evaluar los factores relacionados con los pronósticos de supervivencia y mortalidad. Con el segundo se está realizando un estudio

poblacional de casos y controles para identificar los factores de riesgo asociados a la leucemia infantil en estas entidades federativas. A través de este estudio también se podrán identificar las necesidades de servicios hospitalarios y evaluar la efectividad de los tratamientos existentes, así como descubrir los factores que influyen en el fracaso del tratamiento y los riesgos ambientales asociados al desarrollo de esta enfermedad, con el objetivo último de prevenirla.

El estudio se centrará en recopilar datos demográficos, clínicos y epidemiológicos de los casos de leucemia infantil en estas tres entidades federativas. Se analizarán variables como la edad, el sexo, antecedentes familiares, exposición a agentes ambientales y otros factores relevantes. Asimismo, se compararán los casos de leucemia con un grupo de control para identificar posibles diferencias en los factores de riesgo. Además de la identificación de los factores de riesgo, se buscará la presencia de conglomerados geográficos de casos de leucemia en estas áreas. Esto permitirá entender mejor la distribución espacial de la enfermedad y evaluar posibles factores ambientales o sociales que puedan estar contribuyendo a su aparición.

El resultado final de este estudio poblacional será proporcionar información relevante sobre la carga de la leucemia en Puebla, Tlaxcala y Oaxaca, así como identificar los factores pronósticos asociados con la supervivencia y la mortalidad de los pacientes. Estos hallazgos podrán contribuir al diseño de estrategias de prevención y atención más efectivas, así como a la identificación de áreas de intervención prioritaria para reducir el impacto de la leucemia infantil en estas regiones.

LOS RIESGOS OCUPACIONALES Y AMBIENTALES PARA LA ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA Y LOS BIOMARCADORES DE SU DIAGNÓSTICO PRECOZ, PARA UNA MEJOR PREVENCIÓN Y ATENCIÓN EN LOS ARTESANOS ADULTOS EN RIESGO

Responsable técnico:
M. en C. Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez

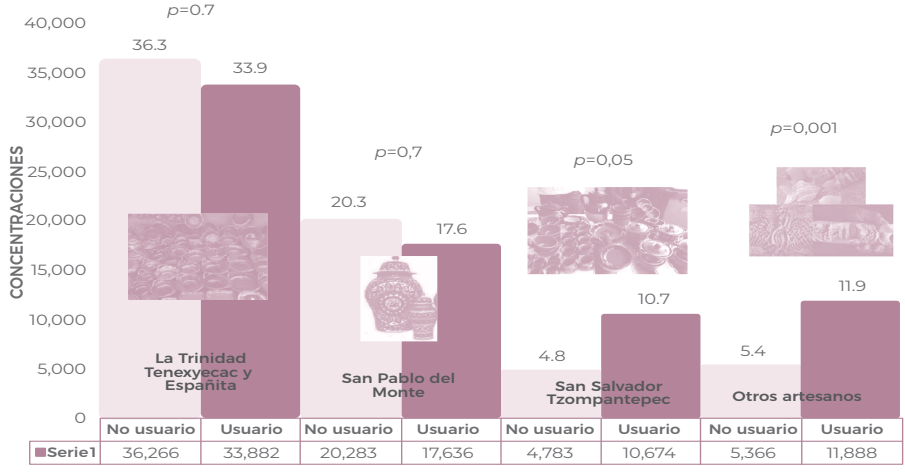
La alfarería tradicional y la talavera en Tlaxcala representan actividades económicas importantes, las cuales dan identidad a un pueblo y forman parte de su patrimonio cultural tangible (con productos usados como ornato y para la preparación de sus alimentos) e intangible (con las técnicas y saberes transmitidos de manera oral por generaciones). Sin embargo, durante la colonia española se introdujo el vidriado con óxidos de plomo (greta) en las cerámicas tradicionales y plomo en la cerámica talavera importada, desplazando de la primera al bruñido y engobe.

Dichos procesos exponen a altas concentraciones de plomo en sangre a los artesanos y los usuarios (figura 3). Este metal pesado es un conocido nefrotóxico que se suma a los factores de riesgo tradicionales (diabetes mellitus, hipertensión arterial, hiperlipidemias, obesidad, etc.) para el desarrollo de la enfermedad renal crónica (ERC), presentes en las comunidades de artesanos (gráfica 1). En las últimas décadas, la ERC se ha incrementado en más del 300% y Tlaxcala está entre los primeros lugares de mortalidad (67.03/100 000 hab.). Su diagnóstico es tardío y acorta la esperanza de vida a edades productivas; los costos de su atención son muy altos para las instituciones de salud pública y catastróficos para las familias de bajos recursos económicos sin seguridad social. Por ello, este proyecto tiene como objetivo identificar el mejor biomarcador de daño renal temprano en orina, a través de cuantificar proteínas de bajo peso molecular (KIM-1, Cistatina C, Beta2-microglobulina, clusterina y osteopontina) en los artesanos productores de las cerámicas y artesanos usuarios que cocinan sus alimentos en estos productos.

Asimismo, se realizarán actividades de prevención y promoción de la salud para reducir y eliminar los factores de riesgo conocidos, así como

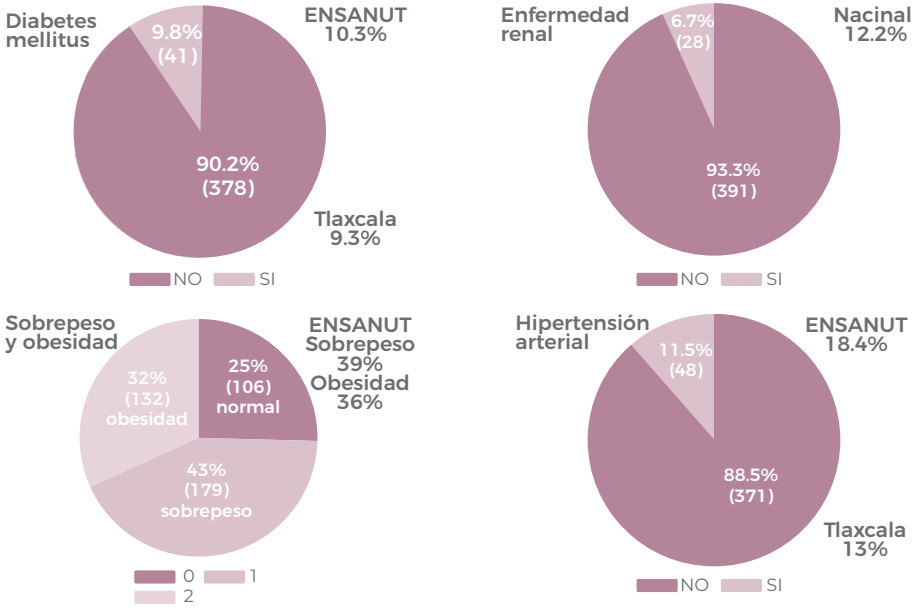
para lograr la sustitución del plomo por esmaltes sin plomo, y de esta manera cambiar su percepción del riesgo del daño no percibido por los artesanos. Este proyecto contribuirá al empoderamiento de las comunidades de artesanos y de los usuarios frente a las causas de la ERC, al proceso salud-enfermedad en sus trabajos y en sus comunidades, para lograr la vigilancia de su salud-enfermedad como comunidades en riesgo.

Figura 3. Concentraciones de plomo en sangre (µg/dL) de acuerdo con el uso de alfarería tradicional para cocinar, en los grupos de artesanos



Fuente: datos del proyecto Los Riesgos Ocupacionales y Ambientales para la Enfermedad Renal Crónica y los Biomarcadores de su Diagnóstico Precoz, para una Mejor Prevención y Atención en los Artesanos Adultos en Riesgo. Proyecto número 319003 (Conahcyt) y número de registro R-2017-785-052 (CNI-IMSS).

Gráfica 1. Prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles en una muestra de artesanos del estado de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS ESPACIOTEMPORAL Y SOCIODEMOGRÁFICO DE ENFERMEDADES CRÓNICAS NO-TRANSMISIBLES (ECNT) EN LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC Y EVALUACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE ATENCIÓN DE ACUERDO CON LOS PADECIMIENTOS DETECTADOS: ELEMENTOS ESENCIALES PARA LA FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ATENCIÓN-PREVENCIÓN EN BENEFICIO DE LA SALUD DE LOS HABITANTES

Responsable técnica: doctora Gabriela Pérez Castresana

El Pronaii Enfermedades Crónicas no Transmisibles en la Cuenca del Alto Atoyac es un proyecto de ciencia de datos cuyo propósito es generar conocimiento sobre la situación de salud pública ambiental en el

territorio, a partir del análisis de una gran cantidad de datos multivariados extraídos de fuentes nacionales e internacionales.

A la fecha se ha generado información sobre *1*) las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) que más afectan a la población de la cuenca y su relación con factores ambientales; *2*) las diferencias entre municipios en cuanto a la situación de salud, la vulnerabilidad social, la calidad ambiental y los niveles de riesgo de mortalidad por leucemia linfoide, insuficiencia renal y malformaciones congénitas; *3)* el comportamiento histórico de las tasas de mortalidad e incidencia de ECNT para el período 2000-2019; y 4) se han hecho proyecciones de la mortalidad al 2030 para diferentes grupos de enfermedades.

Además del análisis espaciotemporal y sociodemográfico de las ECNT, se realizó un diagnóstico sobre las capacidades del sector público de salud para la atención de las enfermedades asociadas a factores ambientales, a través del análisis de datos de recursos en salud provenientes de la DGIS de la Secretaría de Salud. También se realizaron talleres comunitarios para conocer la percepción de los habitantes del territorio con respecto a la salud, los peligros ambientales y la calidad del servicio médico.

Los resultados obtenidos son claros y consistentes. La salud de la población se ha deteriorado significativamente en las últimas dos décadas. Aunque se han logrado controlar las muertes por ECNT en las primeras edades, el problema está lejos de solventarse. La mortalidad por malformaciones congénitas se ha incrementado en la población de cinco a nueve años, al igual que la mortalidad por enfermedades digestivas (flujo gastroesofágico, daños hepáticos). En la CAA se mueren siete veces más niños y niñas (cero a nueve años) por defectos congénitos que por cáncer, pero poca atención ha recibido este problema que puede prevenirse parcialmente.

La obesidad, la epilepsia y las úlceras, gastritis y duodenitis son otras de las enfermedades que están afectando a los menores de edad. La tasa promedio de mortalidad por epilepsia se incrementó en un 87% del periodo 2000-2009 al 2010-2019; las incidencias de obesidad y úlceras,

gastritis y duodenitis aumentaron en más de un 100% en la población de cero a nueve años.

En los adolescentes, las tasas de mortalidad por enfermedades cancerígenas (leucemia linfoide y tumor cerebral), del sistema nervioso (parálisis cerebral y epilepsia) y debido a infartos agudos de miocardio se han incrementado significativamente en un 20% aproximadamente del periodo 2000-2009 al 2010-2019, siendo la leucemia linfoide la principal causa de muerte. En los jóvenes de 20-24 años la insuficiencia renal es la principal causa de defunciones, y la tasa promedio de mortalidad se incrementó en un 57% del periodo 2000-2009 al 2010-2020, estimándose valores tan altos como los registrados para la población de adultos.

Gracias a la construcción de un índice de mortalidad que integra el comportamiento histórico de las tasas de mortalidad a nivel municipal, se pudo explorar las relaciones estadísticas entre este parámetro y diversos factores socioambientales, lográndose identificar las variables de mayor peso en la explicación de los patrones espaciales de mortalidad por leucemia linfoide, malformaciones congénitas e insuficiencia renal. Asimismo, mediante la construcción de un índice de riesgo municipal que considera las condiciones de vulnerabilidad social y los peligros ambientales potenciales a los que se exponen los habitantes, se pudieron establecer los municipios que requieren una atención prioritaria en salud.

La meta final del proyecto es contar con elementos básicos esenciales para la formulación de estrategias de prevención primaria de las ECNT, así como para el fortalecimiento de la atención de estas enfermedades, tomando en cuenta el modelo de atención de salud para el bienestar (MAS-Bienestar).

CREACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO COMUNITARIO DE VIGILANCIA Y MONITOREO AMBIENTAL EN LA CUENCA ATOYAC-ZAHUAPAN QUE GARANTICE LOS DERECHOS SOCIOCULTURALES, ECONÓMICOS Y DE SALUD DE LA POBLACIÓN RESIDENTE

Responsable técnica:
doctora Regina Montero Montoya

Este proyecto tiene como uno de sus objetivos de investigación conocer el estado general de salud de adolescentes que asisten a escuelas secundarias dentro de la cuenca. El objetivo en cuanto a incidencia es contribuir con un modelo para la vigilancia sanitaria en zonas de alta contaminación ambiental, para la detección temprana de casos de enfermedad crónica y su atención temprana.

La manera de conocer el estado general de salud es aplicando análisis de parámetros clínicos a muestras de sangre y orina, para determinar si existen alteraciones hematológicas, renales, problemas metabólicos, hormonales, función hepática o transmisión nerviosa. Se evalúa el desarrollo físico, mediante el peso, talla, edad y sexo. Asimismo, se están validando dos biomarcadores de daño sistémico muy temprano, que son el daño genotóxico y la manifestación de inflamación crónica. En paralelo, se harán determinaciones de exposición a contaminantes típicos de zonas industriales y de zonas agrícolas, ya que la cuenca alberga comunidades con distintas actividades económicas.

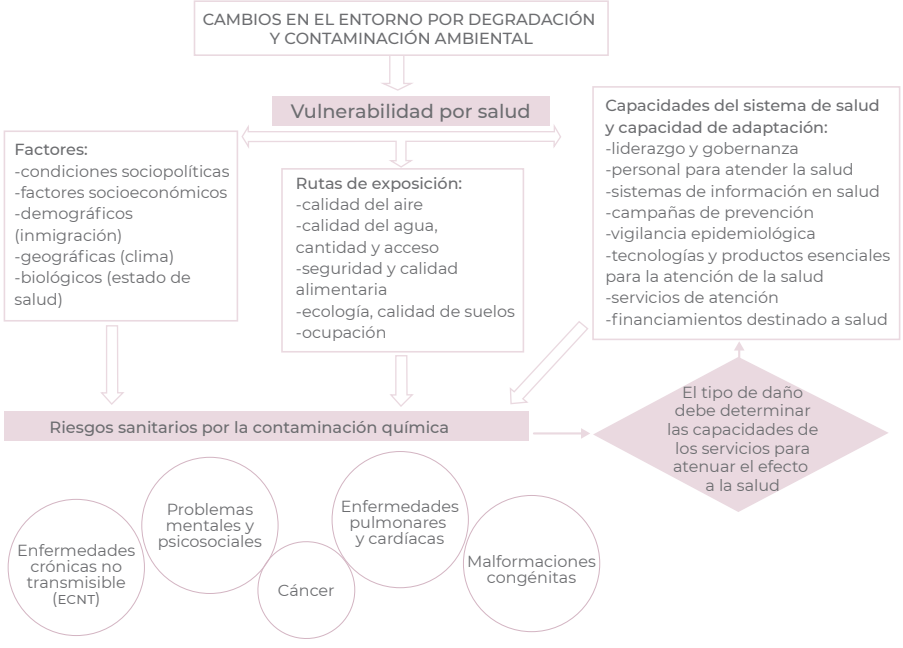
Por esta razón, se eligió estudiar cinco zonas con actividades económicas diferentes que crean distintos escenarios ambientales en los que se desenvuelve la población: una zona de conservación forestal, una zona de agricultura donde se ha introducido la práctica agroecológica, una zona de agricultura tradicional con el uso de agroquímicos industriales, una zona de transición agrícola-rural-industrial, así como una zona industrial.

Los resultados de este estudio nos informarán, al término de este proyecto, los padecimientos que podrían incrementar en el futuro, a

medida que lleguen a la edad adulta estos jóvenes. Se sabrá, de persistir el problema ambiental, cuáles serían las alteraciones que se esperaría encontrar en las nuevas generaciones para planear la atención pública a la salud en el futuro, en términos de requerimientos de especialistas y de instalaciones para atender adecuadamente a las poblaciones residentes en la zona.

Otros aspectos del proyecto nos permitirán determinar los distintos factores de vulnerabilidad para estas poblaciones, los cuales también se están documentando y estudiando (figura 4).

Figura 4. Elementos que contribuyen a la vulnerabilidad de la salud en poblaciones agredidas por la contaminación industrial



Fuente: elaboración propia.

Además de los estudios presentados, se llevan a cabo otros importantes proyectos que se mencionan en la tabla 1, encaminados a la detección temprana de insuficiencia renal o a diagnósticos más precisos de leucemia, cuyas altas incidencias en la región la convierten en una zona de emergencia sanitaria.

Tabla 1. Otros proyectos relativos a salud, en la cuenca

PROYECTO	RESPONSABLE
Primer estudio del Hospital General de Zona núm. 5 del IMSS de casos de nefropatía agudas y su mapeo, desde una perspectiva integrativa biológica-ambiental.	Doctora Diana Casique Aguirre
Estudio del microambiente leucémico y su correlación con contaminantes ambientales.	
Perfil de expresión de snoRNAs (*small nuclear* RNAs) en leucemia linfoblástica aguda y su papel en la enfermedad.	Doctora María del Rocío Baños Lara
Estrategias para la prevención, diagnóstico, registro y seguimiento de la enfermedad renal y de sus factores de riesgo socioambientales en poblaciones vulnerables de Tlaxcala.	Doctor Olivier Christophe Barbier

Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Hemos presentado los esfuerzos que se realizan para atender el problema ya existente de salud en la cuenca. Los datos con los que contamos nos presentan un panorama francamente preocupante, pues sólo dos de los problemas se empiezan a atender eficientemente: la leucemia y la enfermedad renal. Esto, a través de los Pronaii de leucemia, mediante diagnósticos precisos para brindar tratamientos personalizados, y predecir

su eficiencia y del Pronaii de enfermedad renal crónica, que brinda la posibilidad de una detección muy temprana de estos casos, lo cual permite iniciar tratamientos con mejores expectativas de mejoría para los pacientes.

Pero la contaminación ambiental y la exposición crónica a compuestos tóxicos genera muchos más padecimientos crónicos, cuya frecuencia también ha aumentado; por ejemplo, los disruptores endocrinos son compuestos químicos –como los organoclorados, los organofosforados, los bifenilos policlorados, el plomo, el mercurio, los ftalatos– de diferente naturaleza química y para diferentes usos, que pueden interferir con el sistema hormonal y producir efectos dañinos en humanos y en animales. Las hormonas vinculan al sistema nervioso con las funciones corporales, como el crecimiento y el desarrollo (incluido el embrionario), la inmunidad, el metabolismo, la reproducción y el comportamiento (ECHA, 2024).

Entre estas mismas familias de compuestos también hay cancerígenos. La amplitud de los efectos es muy vasta, y ciertamente impacta la economía y el entorno social, así como la calidad de vida individual y familiar.

Por la amplia variedad de padecimientos y su alta incidencia en la población, es fundamental reducir la exposición a tóxicos que tiene lugar tanto en los centros de trabajo como en el ambiente abierto. Sin embargo, para lograr la prevención no basta con tamizar mediante análisis clínicos o de biomarcadores la aparición temprana de enfermedades, como las ya mencionadas, sino también hay que contener el deterioro ambiental que es el origen de los problemas de salud. La base del problema es el modelo de desarrollo económico aplicado a la cuenca, el cual es anacrónico, obsoleto, correspondiente a los años cincuenta del siglo pasado y que tiene una muy negativa interpretación ambiental: “para desarrollarse, los países tienen que contaminarse” (Landigran et al., 2018). Este modelo económico condujo eventualmente al calentamiento global.

Setenta años después de esa forma de pensar, debemos ser más responsables con nuestra intervención sobre la Naturaleza, porque ahora

sabemos que cada acción trae una reacción. Tenemos que reforzar el manejo responsable de los compuestos químicos, actualizando nuestra Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) para incorporar la economía circular, de tal forma que se complete el ciclo de los materiales y se reduzca en forma significativa la producción de residuos que llegan al ambiente. Ello, con el fin de propiciar que se cuente con bases legales que permitan la reforma de la NOM-161-Semarnat-2011, publicada en 2013, relativa a los planes de manejo de residuos de manejo especial, que obliga a las industrias a presentar y cumplir esos planes, además de presentar su informe sobre el destino final de sus residuos a través del RETC. Esto estaría en consonancia con la agenda 2030 de la ONU, con la que México está comprometido.

En particular, para beneficio de la cuenca, podrían tomarse acciones para lograr los objetivos 3, 6, 7, 9 y 12 de esta agenda, relativos a: salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, industria, innovación e infraestructura, y producción y consumo responsables. Actualmente existe la tecnología que permite el logro de estos objetivos, así como algunas logísticas que se han implementado con éxito en diversos estados y municipios del país, con el fin de reducir la generación de residuos para disposición final.

El problema que se ha manifestado con tanta intensidad en la Cuenca del Alto Atoyac es resultado del completo desconocimiento de la capacidad ambiental para sostener el número y la diversidad de industrias que se han asentado en los últimos 30 años, y de un sistema regulatorio ambiental laxo y permisivo. Hay que corregir el fomento de un desarrollo basado sólo en la producción de bienes de consumo que ha generado que las ciudades que rodean a la Ciudad de México crezcan en población con zonas donde se han instalado industrias que producen para un mercado mundial, que utilizan los recursos naturales como el agua de primer uso, el suelo que era agrícola o forestal, y el aire que respiran los habitantes de esas ciudades, como resumideros de residuos líquidos, sólidos y gaseosos.

Poco a poco, la Cuenca del Alto Atoyac va convirtiéndose en una cloaca al aire libre que genera enfermedades, como lo demuestran los resultados de los estudios aquí descritos. Lo más grave es que el crecimiento de estas manchas urbano-industriales no se detiene y está generando la "megalópolis", que no es un plan urbano, ni es un proyecto de desarrollo, sino que es un accidente desafortunado que está ocurriendo sin que ningún poder político-económico lo detenga; no sólo será una ciudad gigantesca, no planeada, sino también un problema de salud, social, económico, ambiental y de seguridad de las mismas dimensiones.

Es momento de modificar el rumbo y replantear nuestro concepto de desarrollo; el crecimiento económico no es infinito mientras esté sustentado en el consumo de bienes naturales que se agotan, sin darles el tiempo ni el espacio para renovarse. El principal costo de una producción semejante es la pérdida de la salud de los humanos y la pérdida de la biodiversidad.

Finalmente, damos crédito a las organizaciones sociales que han visibilizado estos problemas en la cuenca y aportan sus esfuerzos en la realización de estos proyectos y en su difusión (tabla 2), para apoyar a las comunidades a recuperar un ambiente limpio, su salud, y el respeto a sus derechos humanos.

Tabla 2. Organizaciones sociales activas en la zona

Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.
Coordinadora por un Atoyac con Vida
Centro de Economía Social Julián Garcés, A.C.
Unión de Artesanos de la Talavera de Tlaxcala
AMANC – Asociación Mexicana de Ayuda a Niños con Cáncer, I.A.P.
Una Nueva Esperanza – Asociación para niños con cáncer
Fundación Cristina Cortinas

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

- La gravedad del problema ambiental-sanitario en la Cuenca del Alto Atoyac se debe a una mala gestión de los recursos ambientales, y a una administración ambiental laxa y permisiva.
- En una zona tan altamente alterada y contaminada, atender los casos de enfermedad que se vayan presentando, o hacer campañas para la detección temprana de algunas enfermedades selectas equivale a atender el techo del problema. Se debe hacer, se debe sostener y se debe reforzar esa atención el tiempo que sea necesario, aunque esto no soluciona el problema.
- En la base del problema está el deterioro ambiental, y actualmente tenemos el conocimiento de los problemas que genera; sin embargo, existen propuestas para cerrar el ciclo de los materiales, maximizando su valor y su uso, para mitigar los impactos al ambiente de las actividades humanas, para reducir la generación de residuos, contribuyendo así a un desarrollo auténticamente sostenible.
- Las industrias tienen la responsabilidad de cambiar sus procesos para: incorporar el reciclamiento del agua y reducir su uso de agua de primer uso; utilizar el mínimo de materiales vírgenes para reducir la extracción minera; cambiar al uso de energías limpias para reducir la extracción de gas y petróleo, al tiempo que se reduce la generación de gases de efecto de invernadero.
- Los tratados comerciales que México ha firmado con países de América Latina, el Caribe, la Unión Europea y numerosos países asiáticos, lo obligan a cumplir con los lineamientos de un buen manejo y seguimiento de los materiales durante la producción industrial, ya sea de productos terminados o de productos que forman parte de una cadena de valor.
- No es posible, ni deseable, continuar por el camino de un desarrollo anacrónico que produce contaminación, muerte de especies

y enfermedad para los humanos. Es necesario esforzarnos por controlar los procesos de producción para reducir significativamente la generación de residuos de todo tipo. Lo mismo aplica para las descargas municipales en las que se mezclan residuos domésticos con residuos de pequeñas industrias y talleres que igualmente contaminan el agua, el aire y los suelos. México tiene que adoptar la planeación y el ordenamiento territorial como una estrategia para gestionar adecuadamente los recursos ambientales.

- Las autoridades están obligadas a estar al corriente de los esfuerzos que se realizan actualmente para dejar de impactar al ambiente con deforestación, contaminación, desertificación, y a implementar planes de desarrollo que, en cambio, produzcan seguridad económica, social, ambiental y sanitaria para las poblaciones.

REFERENCIAS

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2021). *Resultados de Convocatoria 2021-2022. Proyectos nacionales de investigación e incidencia sobre procesos contaminantes, daño y sus impactos socioambientales asociados con fuentes de origen natural y antropogénico*. https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/convocatorias/programas_nacionales_estrategicos/agentes_toxicos/2021-2022/Portal%20CONACYT_Resultados%20Convocatoria_2021_AG_TOXICOS.pdf

Landrigan, M. D., Fuller, B. E., Acosta, N. J. R., Adeyi, O., Arnold, R., Basu, N., Bibi, A., Bertolinni, R., Bose-O'Reilly, S., Boufford, J., Breysse, P., Chiles, T., Mahidol, C., Coll-Seck, A., Cropper, M., Fobil, J., Fuster, V., Greenstone, M., Haines, A., et.al., (2018). The Lancet Commission on Pollution and Health. *The Lancet Commissions, 391*(10119), 462-512. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0.

Rivera-Luna R., Shalkow-Klincovstein, J., Velasco-Hidalgo, L., Cárdenas-Cardós, R., Zapata-Tarrés, M., Olaya-Vargas, A., Aguilar-Ortiz, M. R., Altamirano-Alvarez, E., Correa-Gonzalez, C., Sánchez-Zubieta, F. y Pantoja-Guillen, F. (2014). Descriptive Epidemiology in Mexican Children with Cancer Under an Open National Public Health Insurance Program. *BMC Cancer, 14*(790). https://doi.org/10.1186/1471-2407-14-790.

Rosado Zidi, S. (2018). *La transformación del hábitat humano en el modo de producción capitalista: una aproximación teórica y empírica de la fractura metabólica entre el sujeto y la naturaleza* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/JRYY9MMSE6SD7JQKTEDVISSFUD64L6AEYCSANBA863LX7B4VHF-09082?func=full-set-set&set_number=068938&set_entry=000002&format=999

Vilchis-Ordoñez, A., Ramírez-Ramírez, D. y Pelayo R. (2021). The Triad Inflammation-Microenvironment-Tumor Initiating Cells in Leukemia Progression. *Current Opinion in Physiology, 19*, 211-218. https://www.sciencedirect.com/journal/current-opinion-in-physiology/special-issue/10P2J6MTB15.

Zapata-Tarrés, M., Balandrán, J. C., Rivera-Luna, R., y Pelayo, R. (2021). Childhood Acute Leukemias in Developing Nations: Successes and Challenges. *Current Oncology Reports, 23*(56). https://doi.org/10.1007/s11912-021-01043-9.

SITIOS DE INTERÉS

- Endocrine disruptors-ECHA (europa.eu)
- Esfuerzo global para la eliminación del Pb de las pinturas: Global Progress Toward Eliminating Lead Paint (who.int)
- Objetivos 2030 ONU para el desarrollo sustentable: The 17 Goals | Sustainable Development (un.org)
- Organización Mundial de la Salud:10 chemicals of public health concern (who.int)
- Recomendación 10/2017 CNDH: Recomendación 10/2017 |

Comisión Nacional de los Derechos Humanos- México (cndh.org.mx)

- Salud y Seguridad Química Ocupacional: Chemical Safety and the Environment (Occupational Safety and Health) (ilo.org)

Sección dos

OTROS APORTES A LA IDENTIFICACIÓN Y COMPRENSIÓN
DE LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC

2.4 Presencia de los contaminantes de los ríos en su atmósfera circundante

Paula Montserrat Crespo Barrera
José Carlos Mendoza Hernández
Amado Enrique Navarro Frómeta

INTRODUCCIÓN

La descarga a los ríos de contaminantes de distinta índole afecta la calidad de sus aguas e incide negativamente en los ecosistemas que se encuentran corriente abajo, influyendo en la presencia de nuevas descargas de fuentes puntuales y no puntuales, la capacidad de dilución de la corriente, la degradación química y microbiológica de los contaminantes y las extracciones de agua, todo bajo el impacto general del cambio climático (Wen et al., 2017).

La contaminación de los ríos es uno de los problemas ambientales más severos que afecta la disponibilidad del agua para los distintos usos consuntivos; contribuye a la dispersión de enfermedades, emisión de olores desagradables y a la contaminación del aire (Anawar y Chowdhury, 2020). La contribución de la contaminación del agua a las enfermedades gastrointestinales, afecciones de la piel, cáncer y especialmente en la salud de las niñas y niños ha sido ampliamente documentada (Lin et al., 2022).

Los contaminantes microbiológicos[1] presentes en los cuerpos de agua pasan al aire circundante como parte de los bioaerosoles, componentes importantes de los aerosoles atmosféricos. En éstos hay presencia de bacterias, hongos, algas, virus y otros microorganismos, genes de resistencia a los antibióticos, así como otras sustancias de origen biológico, con tamaños de partícula que van desde un nanómetro a décimas de milímetro y a los cuales se está prestando una atención creciente después de la enfermedad covid-19 (Xie et al., 2021). Su composición específica y su transporte a larga distancia depende de varios factores climáticos, de su geometría y composición, así como de otros fenómenos asociados a su formación, lo que representa un reto para su caracterización, especialmente en tiempo real (Hu et al., 2020; Tian et al., 2022).

Lo anterior implica altos niveles de contaminación y heterogeneidad microbiana, con los consecuentes riesgos a la salud humana, que afectan especialmente los alrededores de los sistemas de tratamiento de residuos y aguas residuales, y a las personas que laboran en ellos (Kontro et al., 2022; Pascale et al., 2022; Yan et al., 2023), sin excluir a los residentes cerca de dichas instalaciones (Han et al., 2020). La contribución de los ríos a la contaminación química del aire en sus cercanías es un fenómeno conocido por los seres humanos en su percepción sensorial. Todos percibimos colores y olores característicos cuando nos acercamos a una corriente o cuerpo de agua contaminado (Liang et al., 2018; Sado-Inamura y Fukushi, 2018), que nos hacen percatarnos de su condición y, en ciertos casos, apreciar cambios en el grado de deterioro de estos (Dupuis, 2022).

Sin embargo, el estudio cuantitativo de la influencia de la contaminación del agua en la del aire no ha recibido suficiente atención, aunque se ha señalado el peligro de vivir cerca de ríos fuertemente contaminados (Motta et al., 2008).

[1] Los contaminantes microbiológicos son microorganismos infecciosos que incluyen virus y bacterias, pero también pueden ser hongos y levaduras, entre otros.

Hay evidencia de la relación de la contaminación del agua de zonas costeras con los contaminantes orgánicos[2] y microbiológicos presentes en el aerosol marino de la desembocadura del fuertemente contaminado río Tijuana (Pendergraft et al., 2023). Al igual que sucede con los bioaerosoles, en las plantas de tratamiento de aguas residuales se forman burbujas que se rompen y dan lugar a finas gotas, por lo que se produce el intercambio aire-líquido.

Esto permite el paso de contaminantes de la fase líquida a los aerosoles atmosféricos, lo que contribuye a la dispersión de los contaminantes orgánicos, entre ellos los compuestos orgánicos volátiles, los fármacos y otros contaminantes emergentes (Hsiao et al., 2020; Lin et al., 2020; Widiana et al., 2019).

Considerando que la presencia de contaminantes orgánicos en las burbujas de aire contribuye a la formación de mayor cantidad de gotas con tamaños más pequeños, y que son expulsadas con mayor velocidad que en el agua limpia (Yang et al., 2023), no resulta descabellado suponer que en una corriente turbulenta de agua fuertemente contaminada, como los ríos incluidos en este estudio, se puede producir un fenómeno similar que promueva el paso de contaminantes orgánicos del seno de la fase acuosa al aire sobre esa corriente. En relación con esto, se ha determinado que la contaminación del agua en sus sistemas de distribución puede conducir a exposición por inhalación a los contaminantes, por ejemplo, al tomar una ducha (Davis et al., 2016).

El objetivo de este trabajo es realizar una primera aproximación a la presencia de contaminantes antropogénicos en el aire de las inmediaciones de ríos contaminados.

[2] Incluyen pesticidas, productos de la industria y de uso personal y fármacos. Se caracterizan por acumularse en la cadena trófica y ser muy difíciles de degradar o remover del medio ambiente. Además, muchos de ellos son semivolátiles, por lo que se les puede encontrar suspendidos en el aire o adheridos a partículas atmosféricas.

MATERIALES Y MÉTODOS

SOLVENTES Y REACTIVOS

Todos los solventes utilizados, metanol (MeOH), acetona, acetato de etilo (AcEt), agua, diclorometano (DCM), dietiléter (DE) y hexano, fueron de grado para cromatografía de líquidos.[3] El cartucho de poliuretano (PUF) y el filtro de cuarzo (FC) fueron adquiridos con Tisch Environmental y usados después de seguir el procedimiento descrito abajo. El nitrógeno (N_2) fue de grado cromatográfico y el helio (He) ultrapuro para cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/EM). Los reactivos d_{10}-Criseno (d10Cri), d_{10}-Acenafteno (d10Ac), d_{10}-Fenantreno (d10Fen), trifenilamina (estándar interno, EI), la mezcla de estándares de compuestos orgánicos semivolátiles (COsV) y los estándares de cafeína (Caf), coprostanol (Cop) y metildihidrojasmonato (MDHJ) fueron estándares de calibración o de referencia para cromatografía.

La preparación de la mezcla de subrogados (mSUB) se elaboró con los estándares deuterados (d10Cri, d10Ac y d10Fen) a 50 μg/mL y la mezcla de EI se preparó a 27 μg/mL. Las curvas de calibración de COsV, Caf, Cop y MDHJ se obtuvieron con ocho concentraciones (R>0.99).

MUESTREO Y EXTRACCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AIRE Y DE LOS CUERPOS DE AGUA

Las muestras de aire se colectaron y extrajeron con base en el procedimiento TO13A de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés). Brevemente, el FC se calcina a 400°C por cuatro horas y el PUF se limpia mediante extracción Soxhlet (ESx) durante dos horas con acetona y 16 horas con una mezcla 90:10 de

[3] Esto significa que tienen un grado de pureza que garantiza la confiabilidad del análisis químico.

hexano/DE, DEH. Finalmente, el PUF es secado durante dos horas al vacío. En el laboratorio, el filtro y el PUF se colocan en el muestreador de aire de alto volumen TE-1000 (Tisch Environmental), que es transportado al punto de muestreo.

Al finalizar la medición, el equipo se regresa al laboratorio, en donde se agregan 20 μL de mSUB en el PUF. Posteriormente, el FC y el PUF se extraen juntos mediante eSx durante 18 horas con la mezcla DEH. El extracto se rotoevapora y se trasvasa cuantitativamente a un vial ámbar. Se seca con un flujo suave de N_2 y antes de inyectar en el cromatógrafo se agrega 20 μL de EI y 80 μL de hexano. Después de inyectarlo, el extracto es almacenado a -11 °C.

Por otra parte, las muestras de agua son colectadas directamente de los cuerpos de agua en una botella de vidrio ámbar a la cual se le agrega 1 mL de ácido clorhídrico y 20 μL de mSUB, siguiendo los procedimientos establecidos en los métodos estándar. Posteriormente, se filtran con papel filtro Whatman 42 calcinado a 65 °C durante la noche. Después de pasar el agua, el filtro se deja secar durante seis horas a 65 °C y se extrae por ultrasonido con 25 mL de MeOH durante 20 minutos y posteriormente con 25 mL de acetona/DCM (1:1) durante otros 20 minutos. El agua filtrada se extrae por fase sólida con un cartucho Bond Elut ENV (500 mg de fase sólida) acondicionado según las indicaciones del fabricante: 5 mL de acetona, 15 mL de AcEt, 10 mL de MeOH y 10 mL de agua.

Cuando toda la muestra pasa por el cartucho, éste se deja secar por 30 minutos con una bomba de vacío. Pasado ese tiempo, la muestra se eluye con 10 mL de AcEt. Los extractos del filtro y del cartucho son rotoevaporados juntos. A partir de este momento, se sigue el mismo procedimiento que para las muestras de aire.

ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO

El análisis cromatográfico se realizó por CG/EM en un equipo Clarus 680/SQ8T (Perkin Elmer). Se usó una columna capilar ZB-5 (30m x 0.25mm x 1 μm) con He como gas portador a 1.3 mL/min. La inyección se realizó en el modo split/splitless (relación de Split 20:1). El espectrómetro de masas se operó en modo de impacto electrónico, con temperatura de la interfase y del cromatógrafo de 280°C, temperatura similar para la fuente y un barrido de 35 a 450 m/z. El horno se usó con un programa con temperatura inicial de 90°C, de 90 hasta 290°C se utilizó una rampa de 4°C/min, y de 290 a 310°C, una de 10°C/min. Esta última temperatura se mantuvo durante 24 minutos.

La cuantificación de los contaminantes se realizó mediante las curvas de calibración, usando la relación entre el área del pico del compuesto y el área del pico del estándar interno en cada muestra, y comparando los valores con aquellos obtenidos en la curva de calibración. Se consideraron los volúmenes de aire muestreado y 1 L de las muestras de agua. Finalmente, las concentraciones en las muestras de aire se expresan en ng m^{-3} y ng L^{-1} en las de agua. A esta cuantificación se le realizó un procesamiento estadístico utilizando el software de análisis de datos Statistica versión 13.3 (Tibco Software Inc., 2017).

La identificación de los microcontaminantes orgánicos (MCO) se realizó mediante los cromatogramas de masa de iones característicos de cada compuesto utilizando la biblioteca NIST/EPA/NIH instalada en el equipo, y utilizando el programa de búsqueda de la NIST (NIST Mass Spectra Search Program). Los cromatogramas de masa correspondientes a las m/z4 de los iones característicos de las familias de compuestos fueron obtenidos para identificar y cuantificar dichas familias. Los compuestos analizados, su abreviatura y los iones elegidos para su identificación se muestran en la tabla 1.

[4] Relación de la masa (m) y la carga (z) de los iones.

Para garantizar que los compuestos encontrados en cada muestra procedieran del muestreo, también se realizaron blancos analíticos. Para el blanco de agua se realizó el mismo procedimiento que para las muestras, pero utilizando agua tridestilada. Para el blanco de las muestras de aire, un FC y un PUF nuevo, y limpiado previamente de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente, fueron extraídos mediante ESx siguiendo el mismo procedimiento que para las muestras. Ambos blancos fueron analizados por CG/EM junto con las muestras.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Para el estudio de la metagenómica de los filtros de aire se realizó lo siguiente:

1. De los filtros del muestreo se extrajo el ADN con lisozima y con la especificación del kit de extracción de ADN de Macherey Nagel Genomic DNA.
2. Se realizaron geles de agarosa al 1% para corroborar la presencia del ADN.

Tabla 1. Nombre de los compuestos estudiados, su abreviatura y los iones característicos del espectro de masas para su identificación

COMPUESTO	ABREVIATURA	IONES CARACTERÍSTICOS
Alcohol bencílico	AlB	79+108+107+77+51+91+78
Naftaleno	Naf	128
2-Metilnaftaleno	2MNaf	142+141+115+143
Dimetil ftalato	DMFt	163+77+164
Acenafteno	Acfte	151+152+153+154+155+63+76+75
Acenaftileno	Acfti	152+153+151+76+150

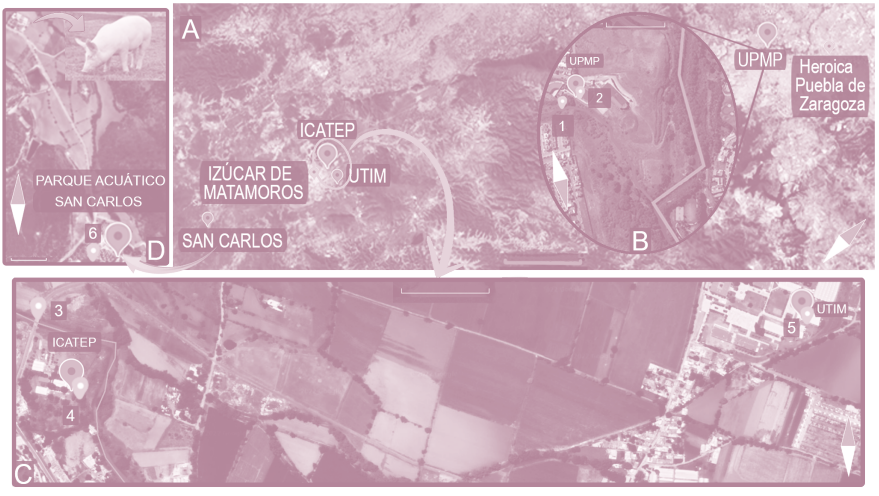
COMPUESTO	ABREVIATURA	IONES CARACTERÍSTICOS
Dietil ftalato	DEFt	149+177+150
Fluoreno	Flu	166+165+167+82+163+164
Metildihidrojasmonato	MDHJ	83+153+156+82+55+41+67+96
Fenantreno	Fen	178+176+179+76+152+177+89
Antraceno	Ant	
Cafeína	Caf	109+194+55+67+82+42+193+195
Di-n-butil ftalato	DnBFt	149+150
Trifenilamina	SI	245
Fluoranteno	Flt	202+203+200+201+100+101
Pireno	Pir	202+101
Butilbencil ftalato	BBzFt	149+91+206+65+104
Benz[a]antraceno	BzaAnt	228+226+229+227+114+113+100+ 101+112+224+225
Criseno	Cri	
Bis(2-Etilhexil) ftalato	b2EHFt	149+167+57+279+71
Di-n-octil ftalato	DnOFt	149+279+43+57+150
Benzo[k]fluoranteno	BzkFlt	252+253+250+125+126+113+251
Benzo[b]fluoranteno	BzbFlt	
Benzo[a]pireno	BzaPir	
Coprostanol	Cop	215+233+355+373+388
Indeno[1,2,3-c,d]pireno	IcdPir	276+277+274+138+137+275+136
Dibenz[a,h]antraceno	DBzahAnt	278+279+276+139+138+277
Benzo[g,h,i]perileno	BzghiPer	276+277+138+137+274+275+136

Fuente: elaboración propia.

UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS

Los muestreos de los cuerpos de agua y de su atmósfera circundante se realizaron en un arroyo afluente del río Atoyac en la ciudad de Puebla y en el río Nexapa en la ciudad de Izúcar de Matamoros. Dichas regiones de muestreo se presentan en el mapa 1A. La muestra del arroyo afluente del Atoyac (aAtoyac) se tomó en un punto cercano a la Universidad Politécnica Metropolitana de Puebla (UPMP) (punto 1 en el mapa 1B) y la muestra de aire alrededor de este arroyo se tomó en las instalaciones de dicha universidad (punto 2 en el mapa 1B). La muestra del río Nexapa se tomó en el puente del Amo (punto 4 en el mapa 1C) y la muestra de aire en las cercanías de este río se tomó en el Instituto de Capacitación para el Trabajo del Estado de Puebla (ICATEP) (punto 3 en el mapa 1C).

Mapa 1. Mapa de región de muestreo



Nota: A: mapa que muestra las regiones donde se realizó el muestreo en la ciudad de Puebla e Izúcar de Matamoros. Mapas de los puntos de muestreo en B: el arroyo afluente del río Atoyac (1) y la UPMP (2). C: el río Nexapa (3), ICATEP (4) y la UTIM (5). D: un punto alejado de los cuerpos de agua en el Parque Acuático San Carlos (6).
Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de Google Maps.

Por otra parte, para tener un punto de comparación, se realizó el muestreo del aire en un punto alejado del río Nexapa, específicamente en el punto más alto del Parque Acuático San Carlos (San Carlos, punto 6 en el mapa 1D), debido a que el punto elegido como referencia en la Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros (UTIM) (punto 5 en el mapa 1C) no pudo ser utilizado como tal. Esta situación se discute en la sección de resultados. Las coordenadas de todos los puntos y su nomenclatura se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo del arroyo afluente del río Atoyac y del río Nexapa, y de las muestras de aire colectadas en sus alrededores

SITIO	NOMENCLATURA	MUESTRA	DESCRIPCIÓN	LATITUD	LONGITUD
1	aAtoyac	Agua	Arroyo afluente del río Atoyac	19°00'07.0'' N	98°15'05.0'' O
2	UPMP	Aire	Cercanías del aAtoyac	19°00'07.1'' N	98°15'06.1'' O
3	Nexapa	Agua	Puente del Amo	18°37'01.4'' N	98°28'01.1'' O
4	ICATEP	Aire	Cercanías del río Nexapa	18°36'56.4'' N	98°27'58.7'' O
5	UTIM	Aire	-	18°37'01.0'' N	98°27'01.6'' O
6	San Carlos	Aire	Punto de referencia en el Parque Acuático San Carlos	18°29'39.6'' N	98°30'31.1 O

Fuente: elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha reportado que la contaminación en el afluente del Atoyac es superior, para la mayoría de los contaminantes, a la del Nexapa (Herrera-Cárdenas et al., 2016). Esto responde al hecho de que en la región del Atoyac las aguas superficiales presentan una gran contaminación antropogénica[5], especialmente de metales pesados y compuestos orgánicos volátiles (Estrada-Rivera et al., 2022) lo que, a su vez, incide en la contaminación del aire a sus alrededores.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS

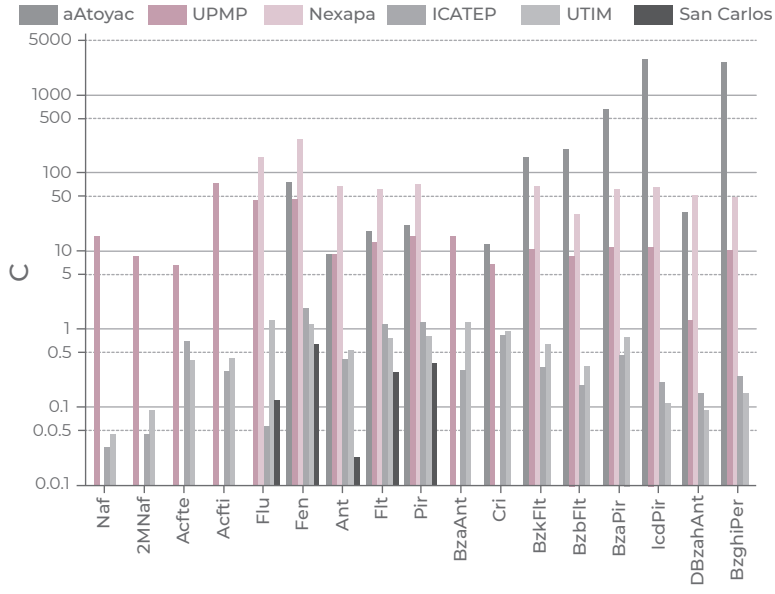
Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) están presentes en la atmósfera debido principalmente a la combustión de combustibles fósiles y materia orgánica. Estos compuestos incluyen al BzaPir, que es carcinogénico, al DBzahAnt que es probablemente carcinogénico, al Naf y al BzaAnt que son posiblemente carcinogénicos para los humanos según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) (IARC, 2010). Estos cuatro compuestos fueron hallados en todas las muestras de aire (excepto en San Carlos), siendo el BzaPir el más abundante, excepto en el caso de la UTIM, que es superado por el BzaAnt. De estos cuatro HAPs, únicamente los dos que tienen cinco anillos (BzaPir y DBzahAnt) fueron encontrados también en los ríos. La gráfica 1 muestra todos los HAPs cuantificados en las seis muestras.

En general, el Naf y su derivado metilado (2-metilnaftaleno, 2MNaf), así como dos compuestos de tres anillos, acenafteno (Acfte) y acenaftileno (Acfti), sólo se encontraron en las muestras de aire, siendo más abundantes en la UPMP. Por otra parte, los HAPs de tres y cuatro anillos (excepto el Cri) tienen mayor concentración[6] en Nexapa que en aAtoyac,

[5] Es decir, debido a la presencia de asentamientos humanos.
[6] Cuando se habla de "concentración" de un compuesto se hace referencia a la cantidad de

a pesar de lo cual la presencia en ICATEP es menor que en la UPMP en todos estos casos; esto evidencia que la presencia de estos HAPs en el aire no se debe a la contaminación en los ríos.

Gráfica 1. Escala de concentraciones de HAPs



Nota: escala logarítmica de las concentraciones, C (aire ng m^{-3}, agua ng L^{-1}); de los HAPs encontrados en las muestras.
Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, es necesario mencionar que se requiere corroborar dicha relación de concentraciones debido a que este resultado se debe a un único muestreo y se debe descartar una fuente puntual. Es interesante mencionar que este grupo de compuestos fueron los únicos HAPs

éste en cierto volumen. En este caso, es la concentración del contaminante por cada litro de agua o metro cúbico de aire muestreado.

encontrados en el punto de referencia en San Carlos. En comparación, los HAPs de cinco y seis anillos, junto con el Cri, son más abundantes en el afluente del Atoyac que en el Nexapa, manteniendo además esta relación de concentraciones entre las muestras de aire en UPMP e ICATEP.

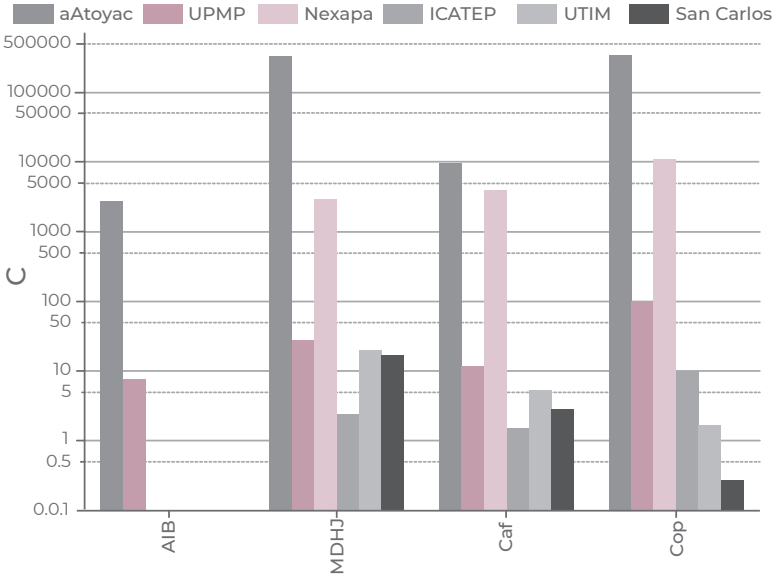
FTALATOS

Este grupo de compuestos son comúnmente usados en la industria de los plásticos, pero también se encuentra en pinturas, insecticidas y productos de cuidado personal, incluyendo pañuelos desechables de papel (Adjei et al., 2019). Los ftalatos más utilizados como plastificantes incluyen al DnBFt, BBzFt, b2EHFt, DnOFt, diisononil y diisodecil ftalatos; los cuatro primeros fueron detectados en todas las muestras, exceptuando el punto de referencia, donde no se detectaron BBzFt ni b2EHFt. Por otra parte, se detectaron DMFt y DEFt, ambos usados en la fabricación de plásticos, insecticidas o perfumes. Las concentraciones de los seis ftalatos encontrados en las muestras aparecen en la gráfica 2.

Es importante mencionar que, al contrario que los HAPs, la concentración de todos los ftalatos en los ríos es al menos dos órdenes de magnitud[7] superior a los valores encontrados en el aire, siendo mayores los valores obtenidos para aAtoyac que para Nexapa. En este caso, con la tendencia tan clara, es fácil apreciar que las concentraciones son mayores en el Atoyac, y evidencian que la contaminación va disminuyendo desde el punto de impacto (las inmediaciones del río Atoyac) hacia Izúcar de Matamoros, como se ha demostrado con anterioridad (Herrera-Cárdenas et al., 2016; Navarro-Frómeta y Navarrete-Rosas, 2020).

[7] Es decir, la concentración de estos compuestos es al menos 100 veces mayor en los ríos que en el aire.

Gráfica 2. Escala de concentraciones de ftalatos



Nota: escala logarítmica de las concentraciones, C (aire ng m-3, agua ng L-1) de los ftalatos encontrados en las muestras.
Fuente: elaboración propia.

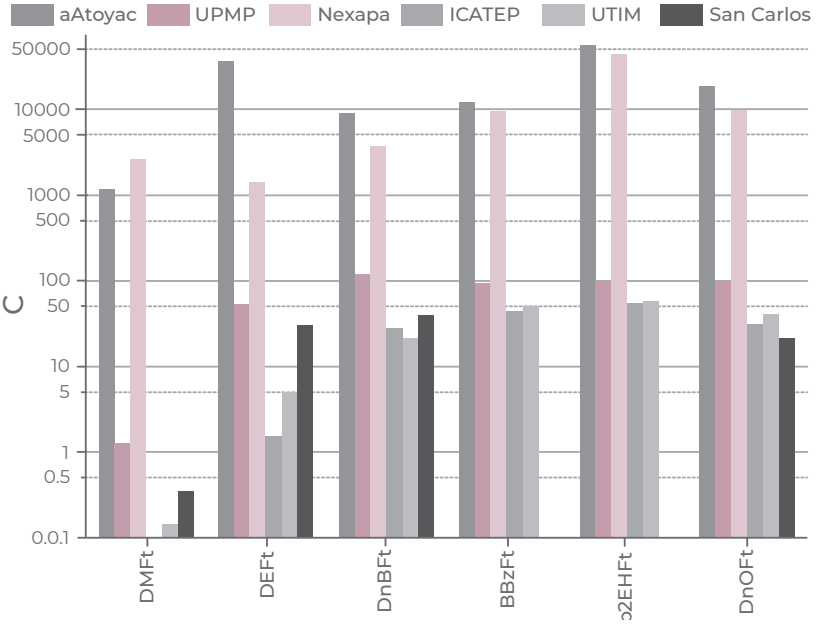
Marcadores de la contaminación antropogénica

Desde hace mucho tiempo, la Caf y el Cop se han usado como marcadores de la contaminación antropogénica (MCA), el primero por ser un compuesto presente en múltiples productos que se utilizan cotidianamente, y el segundo por ser característico de las descargas de aguas negras (Archer et al., 2023; Jauković et al., 2022). Por otra parte, el metil (3-oxo-2-pentil ciclopentil) acetato, mejor conocido como metil dihidrojasmonato (MDHJ) es un producto ampliamente usado como saborizante de alimentos, así como en productos de limpieza y cuidado personal (Dionisio et al., 2018). Finalmente, en este grupo también se encuentra el AlB,

usado como agente saborizante en los alimentos y algunos en productos de belleza y oficina (Dionisio et al., 2018).

Con excepción del AlB, los otros tres compuestos se hallaron en todas las muestras, lo que evidencia el impacto en la contaminación del medio ambiente aun en lugares remotos (San Carlos). Por otra parte, en todos los casos, la contaminación de los ríos es alrededor de tres órdenes de magnitud[8] superior en los ríos que en el aire. Esto hace que la familia de estos compuestos sea la que presenta valores más altos en las concentraciones de los compuestos que la constituyen.

Gráfica 3. Concentración de compuestos marcadores



Nota: escala logarítmica de las concentraciones, C (aire ng m^{-3}, agua ng L^{-1}) de compuestos marcadores de contaminación antropogénica encontrados en las muestras.
Fuente: elaboración propia.

[8] Es decir, la concentración de estos compuestos es al menos 1000 veces mayor en los ríos que en el aire.

Por otra parte, esta familia también demuestra la atenuación de los contaminantes conforme nos alejamos del punto de impacto hacia San Carlos. Sin embargo, la disminución en la concentración de contaminantes conforme nos alejamos de los cuerpos de agua no es tan evidente si comparamos ICATEP vs. UTIM. Esto se debe a que la ciudad de Izúcar de Matamoros está rodeada por canales de riego (acequias) que transportan el agua del Nexapa hacia los campos agrícolas (mapa 2). El hecho de que el agua del río pase a través de estos canales produce un estrés hídrico que incrementa las concentraciones de contaminantes, lo cual es una probable causa del incremento observado en sus alrededores (Sabater et al., 2018).

Mapa 2. Canales de riego en Izúcar de Matamoros



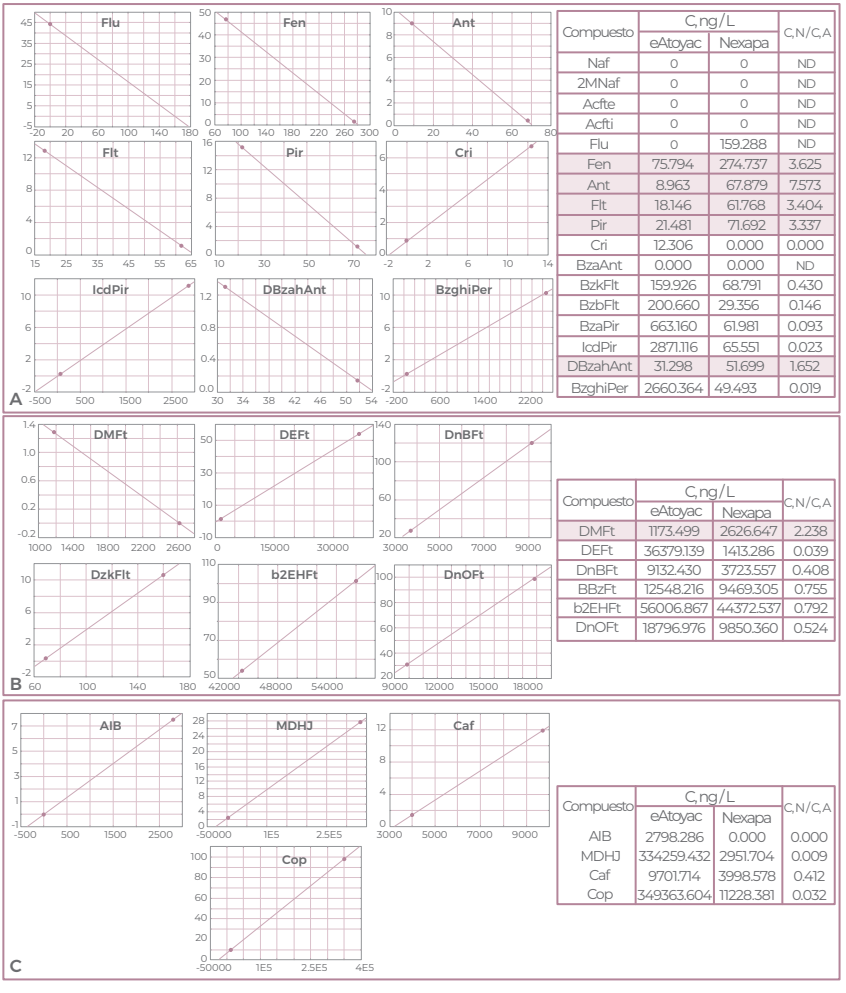
Nota: mapa de Izúcar de Matamoros donde se muestran los principales canales de riego que recorren la ciudad. El punto de muestreo realizado en UTIM está señalizado, y evidencia la cercanía del punto con uno de los canales.
Fuente: elaboración propia.

No debe descartarse, además, la influencia de una granja avícola relativamente cerca de la UTIM, que puede contribuir con emisiones de contaminantes orgánicos. También resulta destacable la presencia de estos tipos de contaminantes en San Carlos, que pueden estar relacionados con las actividades de la granja porcina en sus cercanías como, por ejemplo, el coprostanol.

Contaminantes presentes en el aire debido a los ríos

Para poder diferenciar cuáles de los compuestos mencionados anteriormente están en el aire como consecuencia de la contaminación del río, se realizó un análisis estadístico entre los pares de muestras aAtoyac y UPMP, y Nexapa e ICATEP. Para este análisis se utilizaron las concentraciones calculadas, y se graficaron las muestras de aire contra las muestras de agua. Además, se calculó la relación entre las concentraciones de los contaminantes en Nexapa (C_rN) y en aAtoyac (C_rA). Los puntos en los que los contaminantes no se encontraban en ambos ríos de forma simultánea se eliminaron de este análisis. Las gráficas de HAPs representativos, de los seis ftalatos y de los MCA se presentan en la gráfica 4A, 4B y 4C, respectivamente. En estas mismas figuras, de lado derecho, se presentan las tablas con los valores C_rN/C_rA calculados para cada familia de contaminantes.

Gráfica 4. Gráfica de HAPs, plastificantes y marcadores de contaminación antropogénica



Compuesto	C, ng/L		C, N/C, A
	eAtoyac	Nexapa	
Naf	0	0	ND
2MNaf	0	0	ND
Acfte	0	0	ND
Acfti	0	0	ND
Flu	0	159.288	ND
Fen	75.794	274.737	3.625
Ant	8.963	67.879	7.573
Flt	18.146	61.768	3.404
Pir	21.481	71.692	3.337
Cri	12.306	0.000	0.000
BzaAnt	0.000	0.000	ND
BzkFlt	159.926	68.791	0.430
BzbFlt	200.660	29.356	0.146
BzaPir	663.160	61.981	0.093
IcdPir	2871.116	65.551	0.023
DBzahAnt	31.298	51.699	1.652
BzghiPer	2660.364	49.493	0.019

Compuesto	C, ng/L		C, N/C, A
	eAtoyac	Nexapa	
DMFt	1173.499	2626.647	2.238
DEFt	36379.139	1413.286	0.039
DnBFt	9132.430	3723.557	0.408
BBzFt	12548.216	9469.305	0.755
b2EHFt	56006.867	44372.537	0.792
DnOFt	18796.976	9850.360	0.524

Compuesto	C, ng/L		C, N/C, A
	eAtoyac	Nexapa	
AIB	2798.286	0.000	0.000
MDHJ	334259.432	2951.704	0.009
Caf	9701.714	3998.578	0.412
Cop	349363.604	11228.381	0.032

Nota: izquierda: líneas de tendencia entre los A HAPs, B plastificantes y C marcadores de contaminación antropogénica encontrados en las muestras de los ríos y sus respectivas muestras de aire. Derecha: tablas con las concentraciones, en ng/L, de las respectivas familias de compuestos analizados. Las filas marcadas con gris son las que corresponden a correlaciones negativas entre las muestras de agua y las muestras de aire. ND = no definido.
Fuente: elaboración propia.

Ambos análisis ayudan a observar la relación entre las muestras de agua y las de aire: las correlaciones con pendientes positivas[9] significan que los compuestos detectados en las muestras de aire deben su presencia a una contribución apreciable originada por la contaminación presente en los cuerpos de agua cercanos. Además, al comparar estas gráficas con los valores en sus tablas respectivas, es evidente que cuando $C_rN/C_rA > 1$, la correlación es negativa. Esto puede deberse a dos cosas: *1*) la concentración de los contaminantes cuya correlación es positiva es mayor en el afluente del Atoyac que en el Nexapa, y *2*) la concentración de estos mismos contaminantes es mayor en los ríos que en el aire.

Si esto es así, y si tomamos en cuenta que el estrés hídrico de las acequias que rodean a la UTIM puede aumentar la concentración de los microcontaminantes presentes en el agua, entonces los valores de las concentraciones obtenidos para la UTIM pueden explicarse. De todos los compuestos que presentan una concentración superior en la UTIM respecto al ICATEP, más del 80% corresponden a compuestos cuya correlación es positiva. A pesar de ser muestreos puntuales, esta primera aproximación demuestra cómo influye la calidad de los cuerpos de agua en su atmósfera circundante.

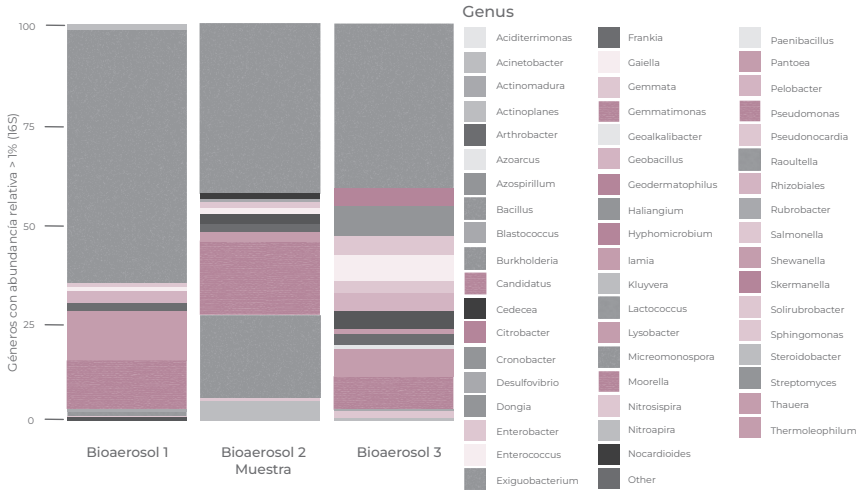
Análisis microbiológico

La diversidad microbiana del bioaerosol colectado en la UTIM (Bioaerosol 1) nos indica que los principales géneros bacterianos corresponden a *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Pantoea*. Por otro lado, en la muestra de Bioaerosol 2, que corresponde a la muestra del ICATEP, los principales géneros son *Bacillus* pero en menor cantidad que en la UTIM, fundamentalmente *Pseudomonas*, *Raoultelia*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*. En lo correspondiente

[9] Una pendiente positiva es aquella que crece hacia arriba, tomando como referencia la esquina inferior izquierda de los gráficos. Por el contrario, si crece hacia abajo es una pendiente negativa.

a las muestras del Bioaerosol 3, que es el bioaerosol del afluente del Atoyac, la biodiversidad es mayor, y descatan *Bacillus*, *Streptomyces*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Lactococcus*, *Geobacillus*. Esto indica una presencia mayor de microorganismos patógenos para el humano, lo cual significa que las personas expuestas de manera continua a estos bioaerosoles son más propensas a contraer enfermedades respiratorias y gastrointestinales. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica 5.

Gráfica 5. Secuenciación de material microbiológico



Nota: gráficas de la secuenciación del material microbiológico encontrado en las muestras de aire medidas en las inmediaciones del aAtoyac y el Nexapa.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

En general, todos los compuestos presentan una mayor concentración en el aire muestreado en la UPMP que en el ICATEP; esto que indica que los niveles de todos los contaminantes cuantificados son mayores en la ciudad de Puebla, debido a la mayor cantidad de fuentes puntuales y móviles respecto a la ciudad de Izúcar de Matamoros. En específico, los

compuestos que presentan una pendiente positiva en las curvas mostradas en la gráfica 4 tienen mayor concentración en el Atoyac que en el Nexapa, lo cual significa que la contaminación de los cuerpos de agua afecta la calidad del aire en la atmósfera circundante. Por otra parte, los contaminantes que presentan una pendiente negativa en esa misma figura tienen mayor concentración en el Nexapa que en el Atoyac, como el Fen, Ant, Flt, Pir, DBzahAnt y DMFt. Los HAPs de dos, tres y algunos de cuatro anillos son más abundantes en el Nexapa que en Atoyac.

La presencia de canales de riego en la ciudad de Izúcar de Matamoros contribuye a la contaminación. Además de que el agua de estos canales es la misma que la del río, el estrés hídrico en los canales incrementa la concentración de los microcontaminantes.

Los resultados de este estudio indican que tanto las autoridades como la población tienen que considerar que los contaminantes que están en el agua de estos ríos tan contaminados pueden llegar a significar un riesgo a la salud humana por pasar a la atmósfera circundante, en forma de aerosoles.

El hecho de que los contaminantes orgánicos cuantificados muestren un vínculo significativo entre su presencia en el agua y en el aire circundante motiva a reflexionar sobre el límite de la zona federal a ambos lados de los ríos y sobre la presencia de asentamientos humanos incluso justo al lado de ellos, por los riesgos a la salud humana por la exposición a los contaminantes.

Se reportan, por primera vez, hasta el alcance del conocimiento de los autores, contaminantes microbiológicos en los bioaerosoles de las corrientes de agua estudiadas, que también contribuyen al riesgo para la salud humana.

Los resultados expuestos corresponden a un solo muestreo. Un estudio más conclusivo es necesario y para ello se deben hacer más campañas de muestreo en diferentes épocas del año y en transectos de las corrientes de agua. No obstante, estos resultados son una primera mirada a este importante tema.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con el apoyo financiero del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla mediante el proyecto Estudio del Aire y los Bioaerosoles en las Inmediaciones de Ríos Contaminados.

REFERENCIAS

Adjei, J. K., Essumang, D. K., Twumasi, E., Nyame, E., y Muah, I. (2019). Levels and Risk Assessment of Residual Phthalates, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Semi-Volatile Chlorinated Organic Compounds in Toilet Tissue Papers. *Toxicology Reports, 6*, 1263-1272. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2019.11.013.

Archer, E., Holton, E., Fidal, J., Kasprzyk-Hordern, B., Carstens, A., Brocker, L., Kjeldsen, T. R., y Wolfaardt, G. M. (2023). Occurrence of Contaminants of Emerging Concern in the Eerste River, South Africa: Towards the Optimization of an Urban Water Profiling Approach for Public and Ecological Health Risk Characterization. *Science of The Total Environment*, *859*(160254). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160254.

Davis, M. J., Janke, R., y Taxon, T. N. (2016). Assessing Inhalation Exposures Associated with Contamination Events in Water Distribution Systems. *PLoS ONE*, *11*(12), https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168051.

Dionisio, K. L., Phillips, K., Price, P. S., Grulke, C. M., Williams, A., Biryol, D., Hong, T. e Isaacs, K. K. (2018). The Chemical and Products Database, a Resource for Exposure-Relevant Data on Chemicals in Consumer Products. *Scientific Data, 5*(1), 180125. https://doi.org/10.1038/sdata.2018.125.

Dupuis, C. (2022). The Smell of Water. *Gastronomica, 22*(4), 1-9. https://doi.org/10.1525/gfc.2022.22.4.1.

Estrada-Rivera, A., Díaz Fonseca, A., Treviño Mora, S., García Suastegui, W. A., Castelán Vega R. del C., Chávez Bravo, E., Zayas Pérez, M., Morán Perales, J. L. y Handal Silva, A. (2022). Anthropogenic Contamination of the Atoyac

River, México. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 987*(1), 012007. https://doi.org/10.1088/1755-1315/987/1/012007

Han, Y., Li, L., Wang, Y., Ma, J., Li, P., Han, C. y Liu, J. (2020). Composition, Dispersion, and Health Risks of Bioaerosols in Wastewater Treatment Plants: A Review. *Frontiers of Environmental Science & Engineering, 15*(38). https://doi.org/10.1007/s11783-020-1330-1

Herrera-Cárdenas, J., Navarro, A. E. y Torres, E. (2016). Effects of Porous Media, Macrophyte Type and Hydraulic Retention Time on the Removal of Organic Load and Micropollutants in Constructed Wetlands. *Journal of Environmental Science and Health, Part A, 51*(5), 380-388. https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1120512.

Hsiao, T. C., Lin, A. Y. C., Lien, W. C. y Lin, Y. C. (2020). Size Distribution, Biological Characteristics and Emerging Contaminants of Aerosols Emitted from an Urban Wastewater Treatment Plant. *Journal of Hazardous Materials, 388*, 121809. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121809

Hu, W., Wang, Z., Huang, S., Ren, L., Yue, S., Li, P., Xie, Q., Zhao, W., Wei, L., Ren, H., Wu, L., Deng, J. y Fu, P. (2020). Biological Aerosol Particles in Polluted Regions. *Current Pollution Reports, 6*(2), 65-89. https://doi.org/10.1007/s40726-020-00138-4.

IARC. (2010). Painting, Firefighting, and Shiftwork. *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans 98*. https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Painting-Firefighting-And-Shiftwork-2010

Jauković, Z., Grujić, S., Bujagić, I. M., Petković, A. y Laušević, M. (2022). Steroid-based Tracing of Sewage-Sourced Pollution of River Water and Wastewater Treatment Efficiency: Dissolved and Suspended Water Phase Distribution. *Science of The Total Environment, 846*, 157510. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157510

Kontro, M. H., Kirsi, M. y Laitinen, S. K. (2022). Exposure to bacterial and fungal bioaerosols in facilities processing biodegradable waste. *Frontiers in Public Health, 10*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.789861

Liang, Z., Siegert, M., Fang, W., Sun, Y., Jiang, F., Lu, H., Chen, G.-H. y Wang, S. (2018). Blackening and Odorization of Urban Rivers: A Bio-Geochemical Process. *FEMS Microbiology Ecology, 94*(3). https://doi.org/10.1093/femsec/fix180.

Lin, L., Yang, H. y Xu, X. (2022). Effects of Water Pollution on Human Health and Disease Heterogeneity: A Review. *Frontiers in Environmental Science, 10*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246.

Lin, Y. C., Hsiao, T. C. y Lin, A. Y. C. (2020). Urban Wastewater Treatment Plants as a Potential Source of Ketamine and Methamphetamine Emissions to Air. *Water Research, 172*, 115495. https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115495.

Md Anawar, H. y Chowdhury, R. (2020). Remediation of Polluted River Water by Biological, Chemical, Ecological and Engineering Processes. *Sustainability, 12*(17), 7017. https://doi.org/10.3390/su12177017.

Motta, O., Capunzo, M., De Caro, F., Brunetti, L., Santoro, E., Farina, A. y Proto, A. (2008). New Approach for Evaluating the Public Health Risk of Living Near a Polluted River. *Journal of Preventive Medicine and Hygiene, 49*(2), 79-88. https://doi.org/10.15167/2421-4248/jpmh2008.49.2.121

Navarro-Frómeta, A. E. y Navarrete-Rosas, D. (2020). Addressing Stressors to Riverine Waters Quality: The Case of the Nexapa River. En E. M. Otazo-Sánchez, A. E. Navarro-Frómeta y V. P. Singh (eds.). *Water Availability and Management in Mexico* (pp. 127-149). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24962-5_6

Pascale, E., Franchitti, E., Zanchi, N., Anedda, E., Bonetta, S. y Traversi, D. (2022). Size-Fractionated PM10 and Bioaerosol Indicator Development by Different Methods in Composting Plants for Risk Assessment. *Frontiers in Environmental Science, 10*. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.777598.

Sabater, S., Bregoli, F., Acuña, V., Barceló, D., Elosegi, A., Ginebreda, A., Marcé, R., Muñoz, I., Sabater-Liesa, L. y Ferreira, V. (2018). Effects of Human-Driven Water Stress on river Ecosystems: A Meta-Analysis. *Scientific Reports, 8*(1), 11462. https://doi.org/10.1038/s41598-018-29807-7.

Sado-Inamura, Y. y Fukushi, K. (2018). Considering Water Quality of Urban Rivers from the Perspectives of Unpleasant Odor. *Sustainability, 10*(3), 650. https://doi.org/10.3390/su10030650.

Tian, J., Yan, C., Alcega, S. G., Hassard, F., Tyrrel, S., Coulon, F. y Nasir, Z. A. (2022). Detection and Characterization of Bioaerosol Emissions from Wastewater Treatment Plants: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Microbiology, 13*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.958514.

Wen, Y., Schoups, G., y van de Giesen, N. (2017). Organic Pollution of Rivers: Combined Threats of Urbanization, Livestock Farming and Global Climate Change. *Scientific Reports, 7*(1), 43289. https://doi.org/10.1038/srep43289.

Widiana, D. R., Wang, Y. F., You, S. J., Yang, H. H., Wang, L. C., Tsai, J. H. y Chen, H. M. (2019). Air Pollution Profiles and Health Risk Assessment of Ambient Volatile Organic Compounds above a Municipal Wastewater Treatment Plant, Taiwan. *Aerosol and Air Quality Research, 19*(2), 375-382. https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.11.0408.

Xie, W., Li, Y., Bai, W., Hou, J., Ma, T., Zeng, X., Zhang, L. y An, T. (2021). The Source and Transport of Bioaerosols in the Air: A Review. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, *15*(44). https://doi.org/10.1007/s11783-020-1336-8.

Yan, C., Viegas, C., Han, Y., y Carducci, A. (2023). Editorial: Bioaerosol Emission Characteristics and the Epidemiological, Occupational, and Public Health Risk Assessment of Waste and Wastewater Management. *Frontiers in Public Health, 11*. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1111457.

Yang, Z., Ji, B., Ault, J. T. y Feng, J. (2023). Enhanced Singular Jet Formation in Oil-Coated Bubble Bursting. *Nature Physics, 19*, 884-890. https://doi.org/10.1038/s41567-023-01958-z

2.5 El cadmio como contaminante regulador del fenotipo tumoral

Ivonne Ramírez-Díaz
Karla Rubio

INTRODUCCIÓN

A pesar de los efectos sustanciales de la contaminación en la salud humana, en la economía y el medio ambiente en México y a nivel global, los efectos de la contaminación no se han analizado con el propósito de proponer nuevas estrategias terapéuticas basadas en estudios genéticos. Teniendo en cuenta que el número de muertes prematuras y discapacidades causadas por muchas de las condiciones clínicas asociadas a la contaminación no se cuantifica actualmente en las estimaciones globales, se espera que la carga de morbilidad por la contaminación del aire y el agua ambiental aumente considerablemente.

El presente trabajo aborda aspectos moleculares de exposición por cadmio y la adquisición de características tumorales en células de cáncer de mama, por cambios en el perfil transcripcional de una firma epigenética nucleolar reguladora de la separación de fases líquido-líquido.

MARCO TEÓRICO

EL CÁNCER COMO PROBLEMA PRIORITARIO DE SALUD PÚBLICA

El cáncer es la segunda causa de muerte a nivel mundial debido a un diagnóstico tardío de la enfermedad (tumores detectados en etapas avanzadas). Lo que hace que la probabilidad de supervivencia en los pacientes sea muy baja (Henke, 2023). Una etapa avanzada se caracteriza, entre otras cosas, por la capacidad de metástasis del tumor, es decir, la invasión de este hacia tejidos u órganos aledaños distintos al sitio de origen, ocasionando la pérdida de funciones de órganos y provocando así el 90% de las muertes asociadas (Zeeshan y Mutahir, 2017). En contraste, las etapas iniciales del cáncer o carcinogénesis no muestran características claras que permitan el diagnóstico temprano, lo cual vuelve complicado su abordaje.

La carcinogénesis es un conjunto de eventos multicausales que ocurren dentro de una o más células sanas para convertirse en cancerosas. Esto ocurre porque las células adquieren ciertas capacidades funcionales que las dirige hacia un estado neoplásico, por ejemplo, la inestabilidad del genoma (Hanahan y Weinberg, 2011). Ésta incluye un incremento en la frecuencia de alteraciones que pueden conducir a cambios mutacionales y no como ocurre sobre genes supresores de tumores, que, cuando se inactivan, propician la progresión tumoral y el dominio del entorno tisular afectado (Li et al., 2021).

LA CONTAMINACIÓN COMO FACTOR CAUSAL DE MALIGNIDAD

El inicio y la progresión del cáncer pueden ocurrir por la exposición crónica a carcinógenos que se encuentran en el medio ambiente como contaminantes (Hanahan y Weinberg, 2011; Zhu y Costa, 2020). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se estima que cada año ocurren alrededor de 12.6 millones de muertes prematuras asociadas

con la contaminación ambiental. Asimismo, el Observatorio Global del Cáncer (Globocan) comunicó en 2021 que la mayor carga de mortalidad por razones ambientales tiende a recaer en los países de ingresos bajos y medios, como México.

Además, existe evidencia de que en México hay poblaciones vulnerables que están diariamente expuestas a altos niveles de contaminación, y donde la probabilidad de genotoxicidad que puede llevar al desarrollo de cáncer es significativamente mayor al de poblaciones no expuestas (Singleton et al., 2016; Pérez-Maldonado et al., 2019; González-Santiago et al., 2021). Es importante destacar que un estimado del 24% de las muertes asociadas a la contaminación se pueden prevenir.

Desde la perspectiva epidemiológica, las enfermedades causadas por la contaminación causan más muertes que el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA), la tuberculosis y la malaria juntos, y 15 veces más que las causadas por guerras o violencia. Desde la perspectiva social, la contaminación afecta de manera desproporcionada a los sectores pobres y vulnerables de la sociedad. Particularmente en Puebla, la mortalidad relacionada con el cáncer es 13 veces más que el promedio nacional debido a la contaminación del río Atoyac y el Parque Industrial Quetzalcóatl.

La contaminación es costosa a nivel individual y social. Las enfermedades relacionadas con la contaminación causan pérdidas de productividad que reducen el producto interno bruto (PIB) en los países de ingresos bajos-medios hasta en un 2% anual, representando al 6.2% de la producción económica mundial. Los costos atribuidos a las enfermedades relacionadas con la contaminación probablemente aumentarán a medida que se identifiquen asociaciones adicionales entre la contaminación y las enfermedades.

Las transformaciones socio-económico-territoriales ocurridas en las grandes ciudades, como en Puebla, presentan como eje explicativo central la industria impulsada desde la década de los 70. Durante 50 años, su impacto ahora se hace visible a través de estudios epidemiológicos, pero

faltan análisis científicos multiescala y biomarcadores para abordar desde el punto de vista médico y científico las dimensiones sociales (y económicas) de generaciones actuales y venideras que presentarán patologías asociadas a la contaminación regional.

Por lo tanto, la relación entre el exposoma (conjunto de factores ambientales y estilo de vida) y el desarrollo de enfermedades por agentes tóxicos puede explicar el aumento en el desarrollo de enfermedades respiratorias, cardiovasculares, neurodegenerativas, fibróticas, metabólicas, y carcinogénicas; todo ello como un mecanismo que comienza desde la vida fetal y continúa en la edad adulta a través de cambios epigenéticos en cada una de las células de nuestro cuerpo (Olmedo-Suárez et al., 2022). Los estudios multidisciplinarios son necesarios para reconocer áreas de oportunidad para la toma de decisiones sanitarias oportunas, así como el establecimiento de nuevas líneas de investigación.

IMPORTANCIA DE LA EPIGÉNETICA EN LA REVERSIBILIDAD DE FENOTIPOS CARCINOGÉNICOS

La epigenética se encarga del estudio de las modificaciones o cambios fenotípicos heredables que ocurren bajo estímulos ambientales, sin alterar la secuencia del ADN (Hao et al., 2023). La información epigenética se puede estudiar en un contexto específico mediante la identificación de marcas epigenéticas; dentro de las más estudiadas están la metilación del ADN, las modificaciones químicas en las colas de las histonas (modificaciones postraduccionales como la metilación y la acetilación), la regulación de la expresión génica mediante la función de moléculas de ARNs no codificantes (ncRNAs), y las alteraciones topológicas (tridimensionales, 3D) del genoma dentro del núcleo (Singh et al., 2018; Rubio et al., 2019).

Los cambios resultantes en el epigenoma, conocidas como epimutaciones, por la exposición a contaminantes tóxicos como pesticidas, hidrocarburos policíclicos aromáticos, solventes orgánicos, microplásticos y

metales pesados pueden, por tanto, causar cambios en el fenotipo celular que pueden resultar en carcinogénesis (Olmedo-Suárez et al. 2022). No obstante, es importante señalar que, como resultado de la naturaleza reversible del horizonte epigenético visto de manera global, el fenotipo maligno es un estado que es potencialmente reversible y abre la posibilidad de desarrollar terapias capaces de reprogramar el epigenoma del cáncer y otras enfermedades hacia el estado sano previo a la exposición ambiental (Rubio et al., 2019; Miranda et al., 2019).

Debido a que las adaptaciones y cambios epigenéticos en las células son pequeños, potencialmente acumulativos y pueden desarrollarse con el tiempo, puede ser difícil establecer las relaciones de causa-efecto entre factores ambientales, cambios epigenéticos y enfermedades humanas. Por lo tanto, existe una gran necesidad de enfoques sistemáticos para este conjunto de enfermedades. Además, las y los niños corren un alto riesgo de desarrollar enfermedades asociadas a la contaminación, inclusive la exposición a dosis extremadamente bajas de contaminantes durante etapas específicas de vulnerabilidad intrauterina, y en la infancia temprana, puede provocar enfermedades severas, discapacidades de por vida y un sensible incremento de muerte infantil. El efecto negativo, subestimado, de las enfermedades asociadas a la contaminación en los programas sanitarios sociales es, por tanto, significativo.

ORÍGENES DEL CÁNCER DESDE LA MORFOLOGÍA DEL NÚCLEO CELULAR

Muchos compartimentos u orgánulos dentro de las células eucariotas brindan un control espacio-temporal sobre los eventos biológicos y las vías de señalización. Estos compartimentos subcelulares consisten principalmente en orgánulos que están físicamente aislados de los entornos intracelular e intercelular por bicapas lipídicas, como en el caso del núcleo, los lisosomas, el retículo endoplásmico, las mitocondrias y el aparato de Golgi. Sin embargo, dentro de la célula existen los condensados

biomoleculares que carecen de una membrana de separación (MLOs por sus siglas en inglés, *membraneless organelles*).

Los MLOs están compuestos por proteínas especializadas, muchas de las cuales tienen regiones intrínsecamente desordenadas (dominios IDR), y ácidos nucleicos, predominantemente ARNs (Piovesan et al. 2022). Los MLOs se encuentran en el núcleo, el citoplasma y la membrana plasmática (Spegg y Altmeyer, 2021). En particular, en el núcleo se encuentran MLOs como cuerpos de Cajal, gemas, *speckles* nucleares, *paraspeckles*, cuerpos nucleares de la proteína de leucemia promielocítica (PML), el nucléolo, entre otros, que se han reportado en la última década (Sabari et al., 2020).

El nucléolo es el MLO nuclear más prominente y tiene importantes funciones celulares, que incluyen la biogénesis de los ribosomas, la respuesta al estrés, el ciclo celular, la integridad y estabilidad del genoma y la biogénesis de las ribonucleoproteínas (RNP) (Guillen-Chable et al., 2021). El mantenimiento de todas estas funciones es crucial para la división celular, la diferenciación celular, y la adecuada expresión génica (Li y Jiang, 2022). Éste se ensambla alrededor de las regiones organizadoras del nucleolo cromosómico (NOR), compuestas por secuencias repetidas de ADN ribosómico (ADNr) (Li, 2021). Al ser el nucléolo un sistema altamente complejo y dinámico, requiere de un rápido intercambio de componentes bioquímicos usando un bajo consumo de energía; por lo tanto, muestra un comportamiento similar al de un líquido, una característica de la separación de fases líquido-líquido (LLPS por sus siglas en inglés) (Lafontaine, 2019).

LLPS es un fenómeno biofísico en el que una sola fase líquida, que comprende componentes solubles, se separa en dos o más fases. A través de interacciones débiles, multivalentes y dinámicas, las proteínas nucleolares y sus regiones proteicas no estructuradas (por ejemplo los dominios modulares estructurados MIDs, *modular interactions domains*; los dominios de baja complejidad LCDs, *low complexity domains*) son impulsores importantes de LLPS, lo que permite que una proteína interactúe

con múltiples proteínas simultáneamente y, por lo tanto, se compartamentalicen y concentren así componentes relacionados en lo funcional para su adecuada coordinación (Li et al., 2021).

De manera interesante, en los últimos años ha habido una creciente evidencia de que los MLOs están involucrados en el desarrollo de múltiples enfermedades (Igelmann et al. 2022). Varios estudios han demostrado que la separación de fases de ciertas proteínas que están involucradas en la regulación epigenética y transcripcional, en la traducción y transducción de señales, así como en la degradación de proteínas, tiene funciones críticas en el desarrollo del cáncer (Taniue y Akimitsu, 2022).

Además, durante la transformación maligna, la arquitectura de los MLOs es visiblemente anormal y a menudo se asocia con la activación anómala de oncogenes, así como a la inactivación de genes supresores de tumores, lo que contribuye sinérgicamente al proceso carcinogénico y el fenotipo maligno (Taniue y Akimitsu, 2022), lo cual también se explica por la estrecha relación entre la función nucleolar y el estado proliferativo y metabólico de las células (Hua et al., 2022; Yasuhara et al., 2022).

EL CADMIO Y SU RELACIÓN CON LA TRANSFORMACIÓN CELULAR

El cadmio (Cd) es un metal pesado que se encuentra naturalmente en la corteza terrestre, en todos los suelos y rocas. Es altamente prevalente en zonas volcánicas y en lugares con alta erosión de suelos. No obstante, su presencia en el ambiente va en aumento principalmente por razones antropogénicas. Las fuentes primarias de extracción del cadmio derivan de la producción de otros metales como el zinc, el cobre y el plomo. Este elemento es ampliamente usado en la industria para la fabricación de baterías, de pigmentos, de estabilizadores para plásticos y de revestimientos de metal.

La exposición al Cd se considera un problema mayor de salud pública desde el 2019 por la OMS. El Cd está clasificado como carcinógeno tipo I y está altamente presente en el agua, el suelo y el aire.

De acuerdo con la Red Nacional de Monitoreo de la Calidad de Agua, en México existen más de 5000 cuerpos de agua de tipo superficial y profundo. De estos, 115 se encuentran en el estado de Puebla y el 72.2% está altamente contaminado con una presencia predominante de metales pesados. Ya que no es un elemento biodegradable y es altamente estable, su circulación en los distintos compartimentos ambientales (aire, suelo y agua) supone un riesgo de exposición para los seres vivos.

Asimismo, algunas actividades industriales, como la extracción y refinación de metales no ferrosos, la industria de fundición; la producción de baterías, plástico y pegamento; así como el reciclaje de productos electrónicos y la quema de combustibles fósiles son medios por los cuales el cadmio puede ser liberado a la atmósfera y ser transportado a través de largas distancias. Posteriormente el cadmio es absorbido por el suelo, donde se introduce en la cadena alimenticia ya que las plantas lo absorben a través de las raíces.

Otro modo por el cual el cadmio llega a los cuerpos de agua es mediante la lluvia o por lixiviación del suelo. En estos medios, los organismos residentes son capaces de absorber y almacenar cadmio. Otro ejemplo de las implicaciones del transporte de cadmio a través del suelo es la contaminación del arroz, el cual lo absorbe y almacena en una forma biodisponible capaz de causar alteraciones a la salud humana.

Además, las hojas de hortalizas tales como lechuga y espinaca, patatas y cereales, cacahuates, soya, tanto como semillas de girasol, poseen la capacidad de almacenar cadmio. No sólo el cadmio puede ser ingerido a través de alimentos contaminados, sino también inhalado por partículas del metal que se encuentren suspendidas en el aire, o por vía cutánea. Por ejemplo, el cadmio es el principal componente del humo de cigarro, y la exposición tanto aguda como crónica al cigarro en seres humanos puede causar graves patologías.

Los efectos adversos del contacto del cuerpo con el cadmio son diversos, desde efectos inmediatos como vómito, diarrea o irritación

estomacal, hasta enfermedades más graves como bronquitis, edema pulmonar, litiasis renal o cáncer.

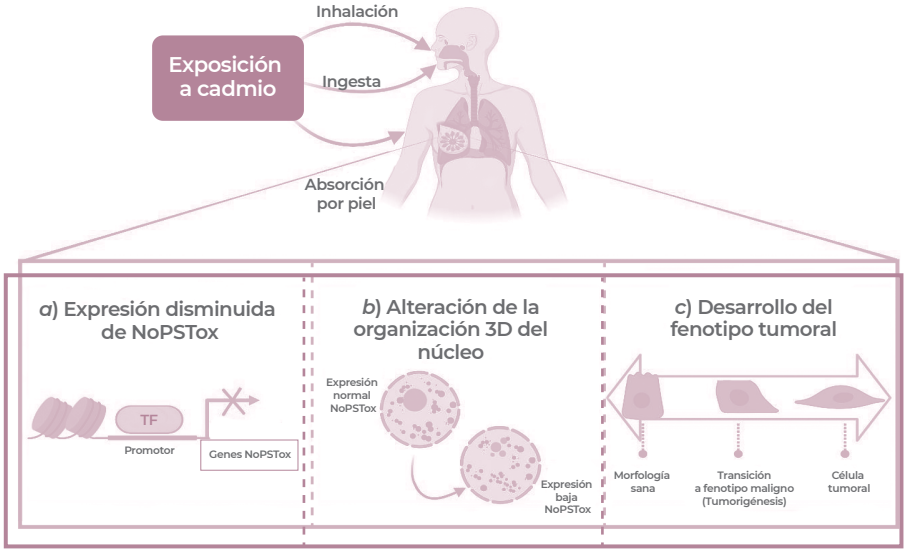
Siendo uno de los elementos con mayor riesgo ecológico al representar toxicidad crónica y aguda (Morales-García et al., 2017; Rodríguez-Espinosa et al., 2018), se sabe que el Cd conduce a las células epiteliales de la próstata, bronquiales y epiteliales de la mama hacia un fenotipo tumoral (Ali et al., 2015; Forti et al., 2010; Martin et al., 2003; Bloomfield y Louie, 2019). Además, su relación con el riesgo de desarrollar cáncer de mama es sustentado por estudios donde se ha encontrado que el contenido de Cd en el tejido tumoral de las glándulas mamarias es mayor en comparación con el tejido mamario adyacente libre de cáncer (Tarhonska et al., 2022; Siewit et al., 2010; Benbrahim-Tallaa et al., 2009).

Es importante destacar que el cáncer de mama es la primera causa de muerte por cáncer en la mujer en México, de acuerdo con datos del Inegi (2024). El impacto en el epigenoma y la alteración topológica del genoma tras la exposición al Cd en el desarrollo del cáncer de mama sigue siendo un área muy poco explorada. Para dilucidar los efectos que puede tener la exposición por cadmio y otros agentes tóxicos con la adquisición de características tumorales, en el Laboratorio Internacional Epigen-Concytep se realizan investigaciones que incluyen el análisis de datos transcriptómicos de secuenciación masivas de ARN (NGS, Next generation sequencing) obtenidas del repositorio público The Gene Expression Omnibus (GEO) (Barrett et al., 2013), de bases de datos de proteínas en tejidos humanos en The Human Protein Atlas (HPA) (Uhlén et al., 2015), y de bases de datos enfocadas en MLOs (PhaSepDB) (Kuechler et al., 2023).

En conjunto, estas herramientas bioinformáticas aplicadas de manera paralela con metaanálisis de datos publicados en revistas científicas han sido detonantes para plantear la hipótesis de que la expresión de una nueva firma molecular denominada NoPSTox (abreviación acuñada con base en las proteínas asociadas en los MLOs como el nucléolo, inductoras de LLPS y responsivas a tóxicos ambientales) se encuentra disminuida tras la exposición a Cd.

En consecuencia, su baja expresión reflejaría cambios morfológicos cualitativos (forma, número y tamaño) del nucléolo, así como en la disposición espacial del genoma. En conjunto, todo ello resultaría en una alteración de algunas marcas epigenéticas que regulan la expresión génica normal, dando lugar a cambios fenotípicos que le confieren a las células marcas distintivas del cáncer (figura 1), como una mayor capacidad de migración e invasión, por mencionar algunas (Bloomfield y Louie, 2019; Liang et al., 2020).

Figura 1. La hipótesis de trabajo propone que la exposición al cadmio induce la baja expresión de la firma NoPSTox promoviendo así la carcinogénesis



Nota: las vías de exposición al cadmio son mediante inhalación, por la ingesta de agua y alimentos contaminados, y a través de la absorción cutánea. Una vez llegando al tejido blanco, el cadmio provoca: *a*) la inactivación de genes que codifican las proteínas de la firma NoPSTox (nucleolares y proteínas con propiedades de separación de fases líquido-líquido), *b*) lo que conduce a cambios en la conformación 3D (tamaño, forma, y número) de MLOs como el nucléolo por disminución de la firma NoPSTox, que afectarían la expresión de loci genómicos específicos, y *c*) la alteración del fenotipo celular por adquisición de características pro-tumorigénicas.
Fuente: elaboración propia.

METODOLOGÍA

Se identificó la firma NoPSTox (genes diana que codifican proteínas nucleolares constitutivas y proteínas anotadas con propiedades LLPS) mediante un análisis bioinformático. Primero, se descargaron los datos de secuenciación masiva de RNA de células MCF7 tratadas con bajas dosis de cadmio de forma crónica. La descarga se hizo directo del repositorio público GEO con el número de acceso GSE134127. Posteriormente, los datos se procesaron por pipelines bioinformáticos para obtener valores de RPKM (*reads per kilobase million*) para ser analizados por medio de diagramas de Venn, mapas de calor y análisis de correlación, con el fin de identificar los transcritos diferencialmente expresados y a su vez responsivos al tratamiento con cadmio.

La parte experimental se abordó por medio del cultivo de las líneas celulares tumorales MCF7 (Takahashi y Suzuki, 1993) y MDA-MB-231 (Brinkley et al. 1980) (ambas provenientes de pacientes con cáncer de mama). Una vez establecidos los cultivos en monocapa a confluencias entre el 60-80%, las células fueron expuestas a diferentes dosis de CdCl2 (cloruro de cadmio) por 24 h para obtener la concentración inhibitoria al 50% (IC50) por medio de un ensayo de viabilidad celular por colorimetría, el cual cuantifica indirectamente el metabolismo celular (Kumar et al., 2018). Los datos resultantes se graficaron y realizando un ajuste teórico, se determinó el valor exacto de la IC50 de cadmio sobre cada línea celular.

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSIÓN

Las validaciones preliminares han sido obtenidas por medio de un enfoque bioinformático, en el que se tomaron los datos de secuenciación de ARN publicados por Bloomfield et al., en 2019 quienes sugirieron que, mediante la exposición crónica a bajas concentraciones de cadmio, las células del subtipo de cáncer de mama positivo a receptor de estrógeno

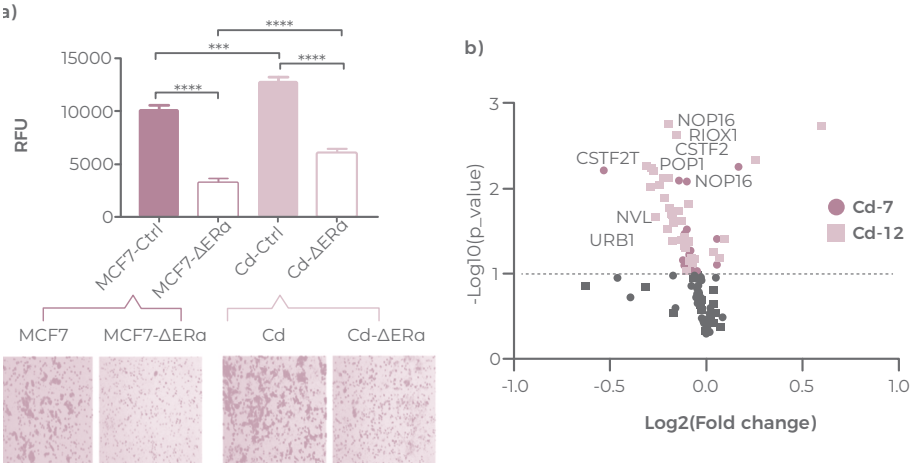
(ER+) o Luminal A pueden reducir su dependencia a la función del ER y potenciar sus capacidades carcinogénicas.

Así también, mostraron que las células MCF7 tienen mayor capacidad de invasión cuando se exponen a cadmio (Cd-Ctrl) a diferencia de las células no expuestas (MCF7-Ctrl). Además, su capacidad invasiva se mantiene aun cuando se elimina la expresión de ER (Cd-ΔERα) a diferencia de las mutadas no tratadas (MCF7-ΔERα) (figura 2a) (Bloomfield y Louie, 2019). El análisis bioinformático mostró que la exposición crónica a dosis bajas de cadmio sobre la línea celular tumorigénica MCF7 genera una expresión significativamente menor de la firma NoPSTox con respecto a la expresión en las células no expuestas a cadmio, como se observa por la distribución de los valores de expresión génica en células Cd-7 y Cd-12 con valores $P < 0.05$ significativos (figura 2b).

Para poder validar de manera experimental la expresión de la firma NoPSTox tras exposición a cadmio en células tumorigénicas y no tumorigénicas de mama, inicialmente se trataron células MCF7 con diferentes concentraciones de $CdCl_2$ y al tiempo de 24 h para obtener efectos fenotípicos subnucleares y transcriptómicos. Se determinó que la exposición por 24 h resulta en la disminución de la viabilidad celular con una concentración inhibitoria del 50% (IC50) de 26 μM (figura 3a). Esta medición representa un indicador importante para establecer la concentración óptima para validar cambios en los niveles de expresión de la firma NoPSTox, como muestra el análisis de expresión diferencial (figura 2b) en la misma línea celular.

Es importante destacar que este estudio pretende asociar cambios en la organización tridimensional del núcleo con la tumorigénesis bajo la presencia de cadmio, por lo que además de la línea celular MCF7, también se investigarán los efectos en la línea celular MDA-MB-231, cuyo origen es del subtipo de cáncer de mama triple negativo (TNBC, por sus siglas en inglés) y en células no tumorigénicas MCF10A (Soule et al., 1990). A diferencia de las células MCF7, las células MDA-MB-231 mostraron una IC50 de 58 μM (figura 3b).

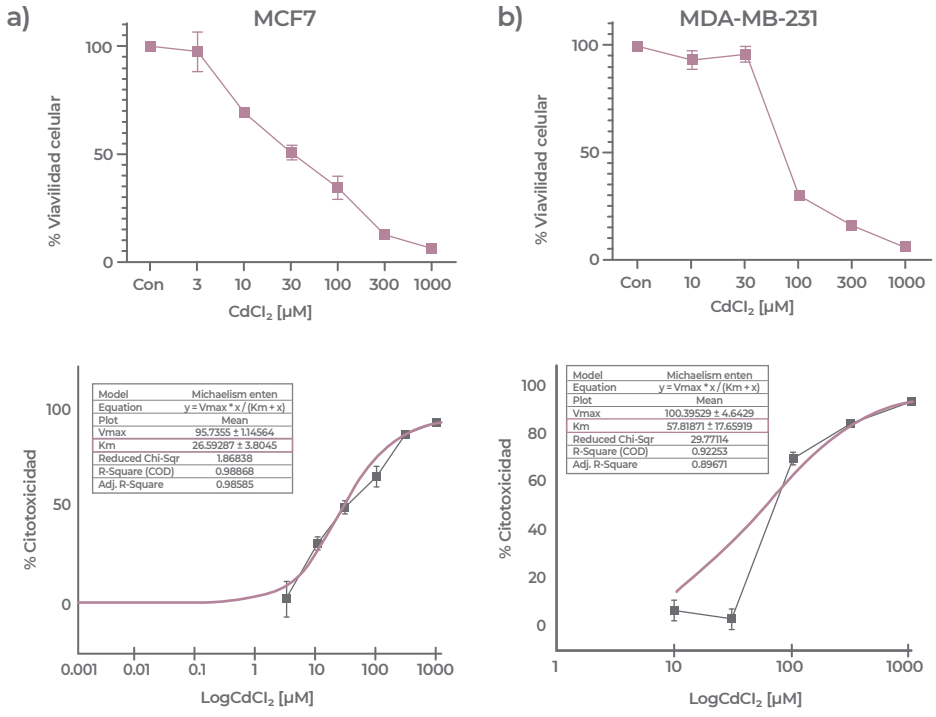
Figura 2. La expresión de la firma NoPSTox en células MCF7 disminuye por el efecto de cadmio



Nota: *a*) Panel superior. Capacidad de invasión, expresada como unidades relativas de fluorescencia (RFU), medida en células adaptadas a cadmio (Cd-Ctrl), células mutadas adaptadas a cadmio (Cd-ΔERα), células no expuestas (MCF7-Ctrl) y en células no expuestas mutadas (MCF7-ΔE). Panel inferior: Imágenes representativas de la capacidad invasiva de las células MCF7 bajo cada condición. Imagen adaptada de M. Bloomfield y cols., 2019. *b*) Volcano-plot que muestra la diferencia en la expresión (eje X) de los genes que conforman la firma NoPSTox en dos clonas de células MCF7 (Cd7 y Cd-12) adaptadas a cadmio con respecto a las no tratadas. El eje Y representa valores -Log10 de los valores P obtenidos por la prueba estadística t-student para muestras no pareadas.
Fuente: elaboración propia.

Esto sugiere que las células TNBC, con un fenotipo tumoral más agresivo, muestran una mayor resistencia al efecto citotóxico del Cd, además de que los distintos grados de adaptabilidad a los agentes tóxicos que podrían correlacionar positivamente con la malignidad, tal como sugieren otros estudios (Luparello, 2021), son dependientes del tipo celular. Por esta razón, cada paso de transición hacia el fenotipo tumoral podría deberse a cambios particulares de la disposición espacial del epigenoma mediante la función de la firma NoPSTox.

Figura 3. La viabilidad celular es diferencialmente afectada bajo la exposición por 24 h al cadmio



Nota: las células *a*) MCF7 y *b*) MDA-MB-231 se trataron con dosis incrementales de cloruro de cadmio (CdCl2), desde 3 µM hasta 1 mM, y se graficó el porcentaje de la viabilidad celular (paneles superiores) después de 24 h. Los valores de citotoxicidad se graficaron en escala logarítmica y se determinó la IC50 o Km (paneles inferiores) usando el modelo teórico de Michaelis-Menten.
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

En el laboratorio, nuestro modelo de estudio de cáncer de mama es el conformado por tres tipos de líneas celulares inmortalizadas de humano. Que corresponden a las MCF7, representando al tipo de

cáncer de mama más común, las MDA-MB-231, representando al tipo de cáncer de mama más agresivo, y las MCF10A que representan a las células no cancerígenas. De acuerdo con los resultados, cada una de estas células responde de manera distinta a los efectos del cadmio, ya que se obtuvieron distintos valores de IC50 (dosis en la que el 50% de las células resistió al efecto negativo del cadmio). Lo que sugiere que, a pesar de que las células son muy diferentes a nivel molecular, ambos tipos celulares (MCF7 y MDA-MB-231) serían capaces de adquirir características físicas similares para aumentar sus habilidades, desde aumentar el tamaño del tumor con el incremento de la división celular, hasta mejorar su capacidad de migrar e invadir tejidos u órganos aledaños (Yu et al., 2010; Benbrahim-Tallaa et al., 2009; Wei y Shaikh, 2017). Este escenario permitiría entonces estudiar el mecanismo epigenético inicial por el cual la célula comienza a transformar su estado físico hasta volverse cancerígena.

El estudio de la relación entre las propiedades nucleolares alteradas, como la fluidez relacionada con LLPS nucleolar, y el fenotipo del cáncer de mama, podrían explorarse como una estrategia para el desarrollo de nuevos enfoques bio-terapéuticos para el diagnóstico y posible tratamiento de esta enfermedad que afecta en gran medida a grupos social y económicamente vulnerables. Anticipamos que un análisis robusto de alteraciones epigenéticas se basa en el estudio de múltiples genes. Lo que permitirá describir un modelo con los pasos iniciales de la transformación de células sanas de mama hacia el estado tumoral inducido por cadmio.

Por tanto, en los análisis subsecuentes nos enfocaremos en demostrar la hipótesis de que la exposición al cadmio en células humanas puede ocasionar desarreglos tridimensionales a nivel de los MLOs, que a su vez afectan el estado funcional de la cromatina, de tal forma que se expresen principalmente los genes implicados en la carcinogénesis.

AGRADECIMIENTOS

Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep), Gobierno del Estado de Puebla, Dr. Julián Torres (BUAP), Dra. Carolina Morán (BUAP), Dr. Guillermo Barreto (Université de Lorraine), Dra. Verónica Vallejo (Cibior-IMSS), Dra. Maricruz Anaya (Cibior-IMSS), Dra. Paola Maycotte (Cibior-IMSS) y todos los miembros del Laboratorio Internacional Epigen-Concytep-BUAP.

REFERENCIAS

Ali, I., Damdimopoulou, P., Stenius, U., y Halldin, K. (2015). Cadmium at nanomolar concentrations activates Raf-MEK-ERK1/2 MAPKs signaling via EGFR in human cancer cell lines. *Chemico-biological interactions*, *231*, 44–52. https://doi.org/10.1016/j.cbi.2015.02.014

Barrett, T., Wilhite, S. E., Ledoux, P., Evangelista, C., Kim, I. F., Tomashevsky, M., Marshall, K. A., Phillippy, K. H., Sherman, P. M., Holko, M., Yefanov, A., Lee, H., Zhang, N., Robertson, C. L., Serova, N., Davis, S., y Soboleva, A. (2013). NCBI GEO: archive for functional genomics data sets--update. *Nucleic acids research*, *41*(Database issue), D991–D995. https://doi.org/10.1093/nar/gks1193

Benbrahim-Tallaa, L., Tokar, E. J., Diwan, B. A., Dill, A. L., Coppin, J. F., y Waalkes, M. P. (2009). Cadmium malignantly transforms normal human breast epithelial cells into a basal-like phenotype. *Environmental health perspectives*, *117*(12), 1847–1852. https://doi.org/10.1289/ehp.0900999

Bloomfield, M., y Louie, M. C. (2019). Chronic cadmium exposure decreases the dependency of MCF7 breast cancer cells on ERα. *Scientific reports*, *9*(1), 12135. https://doi.org/10.1038/s41598-019-46912-3

Brinkley, B. R., Beall, P. T., Wible, L. J., Mace, M. L., Turner, D. S., y Cailleau, R. M. (1980). Variations in cell form and cytoskeleton in human breast carcinoma cells in vitro. *Cancer research*, *40*(9), 3118–3129.

Forti, E., Bulgheroni, A., Cetin, Y., Hartung, T., Jennings, P., Pfaller, W., y Prieto, P. (2010). Characterisation of cadmium chloride induced molecular and functional alterations in airway epithelial cells. Cellular physiology and biochemistry. *International Journal of Experimental Cellular Physiology, Biochemistry, and Pharmacology*, *25*(1), 159–168. https://doi.org/10.1159/000272060

González-Santiago, A. E., Zúñiga-González, G. M., Gómez-Meda, B. C., Gutiérrez-Corral, F. J., Zamora-Perez, A. L., y Sánchez-Parada, M. G. (2021). Cytogenotoxicity Evaluation of Young Adults Exposed to High Levels of Air Pollution in a Mexican Metropolitan Zone Using Buccal Micronucleus Cytome Assay. *Biomed Research International*, *1*, 6630861. https://doi.org/10.1155/2021/6630861

Guillen-Chable, F., Bayona, A., Rodríguez-Zapata, L. C., y Castano, E. (2021). Phase Separation of Intrinsically Disordered Nucleolar Proteins Relate to Localization and Function. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(23), 13095. https://doi.org/10.3390/ijms222313095

Hanahan, D., y Weinberg, R. A. (2011). Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, *144*(5), 646–674. https://doi.org/10.1016/j.cell.2011.02.013

Hao, L., Zhang, J., Liu, Z., Lin, X., y Guo, J. (2023). Epitranscriptomics in the development, functions, and disorders of cancer stem cells. *Frontiers in Oncology*, *13*, 1145766. https://doi.org/10.3389/fonc.2023.1145766

Henke, O., Qader, A. Q., Malle, G. L., Kuiate, J. R., Hennig, L., Demeke, T., Stroetmann, C., Henke, A. A., Alaric, T. T., Rushanyan, M., Enssle, C., y Bussmann, H. (2023). International cooperation to fight cancer's late-stage presentation in low- and middle-income countries. *Clinical & Experimental Metastasis*, *40*(1), 1–3. https://doi.org/10.1007/s10585-022-10196-1

Hua, L., Yan, D., Wan, C., y Hu, B. (2022). Nucleolus and Nucleolar Stress: From Cell Fate Decision to Disease Development. *Cells*, *11*(19), 3017. https://doi.org/10.3390/cells11193017

Igelmann, S., Lessard, F., y Ferbeyre, G. (2022). Liquid-Liquid Phase Separation in Cancer Signaling, Metabolism and Anticancer Therapy. *Cancers*, *14*(7), 1830. https://doi.org/10.3390/cancers14071830

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [Inegi] (2024). Estadística a propósito del día mundial contra el cáncer. Datos nacionales. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2024/EAP_CANCER24.pdf

Kuechler, E. R., Huang, A., Bui, J. M., Mayor, T., y Gsponer, J. (2023). Comparison of Biomolecular Condensate Localization and Protein Phase Separation Predictors. *Biomolecules*, *13*(3), 527. https://doi.org/10.3390/biom13030527

Kumar, P., Nagarajan, A., y Uchil, P. D. (2018). Analysis of Cell Viability by the MTT Assay. *Cold Spring Harbor Protocols*, *2018*(6), 10.1101/pdb.prot095505. https://doi.org/10.1101/pdb.prot095505

Lafontaine D. L. J. (2019). Birth of Nucleolar Compartments: Phase Separation-Driven Ribosomal RNA Sorting and Processing. *Molecular Cell*, *76*(5), 694–696. https://doi.org/10.1016/j.molcel.2019.11.015

Li, H., Zimmerman, S. E., y Weyemi, U. (2021). Genomic instability and metabolism in cancer. International Review of Cell and Molecular Biology, *364*, 241–265. https://doi.org/10.1016/bs.ircmb.2021.05.004

Li, J., Zhang, Y., Chen, X., Ma, L., Li, P., y Yu, H. (2021). Protein phase separation and its role in chromatin organization and diseases. *Biomedicine & pharmacotherapy, 138*, 111520. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.111520

Li, W., Jiang, C., y Zhang, E. (2021). Advances in the phase separation-organized membraneless organelles in cells: a narrative review. *Translational Cancer Research*, *10*(11), 4929–4946. https://doi.org/10.21037/tcr-21-1111

Li, W., y Jiang, H. (2022). Nuclear Protein Condensates and Their Properties in Regulation of Gene Expression. *Journal of Molecular Biology*, *434*(1), 167151. https://doi.org/10.1016/j.jmb.2021.167151

Liang, Z. Z., Zhu, R. M., Li, Y. L., Jiang, H. M., Li, R. B., Tang, L. Y., Wang, Q., y Ren, Z. F. (2020). Differential epigenetic and transcriptional profile in MCF-7 breast cancer cells exposed to cadmium. *Chemosphere*, 261, 128148. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128148

Luparello, C. (2021). Cadmium-Associated Molecular Signatures in Cancer Cell Models. *Cancers*, *13*(11), 2823. https://doi.org/10.3390/cancers13112823

Martin, M. B., Reiter, R., Pham, T., Avellanet, Y. R., Camara, J., Lahm, M., Pentecost, E., Pratap, K., Gilmore, B. A., Divekar, S., Dagata, R. S., Bull, J. L., y Stoica, A. (2003). Estrogen-like activity of metals in MCF-7 breast cancer cells. *Endocrinology, 144*(6), 2425–2436. https://doi.org/10.1210/en.2002-221054

Miranda Furtado, C. L., Dos Santos Luciano, M. C., Silva Santos, R. D., Furtado, G. P., Moraes, M. O., y Pessoa, C. (2019). Epidrugs: targeting epigenetic marks in cancer treatment. *Epigenetics, 14*(12), 1164–1176. https://doi.org/10.1080/15592294.2019.1640546

Morales-García, S. S., Rodríguez-Espinosa, P. F., Shruti, V. C., Jonathan, M. P., y Martínez-Tavera, E. (2017). Metal concentrations in aquatic environments of Puebla River basin, Mexico: natural and industrial influences. *Environmental Science and Pollution Research International, 24*(3), 2589–2604. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8004-3

Olmedo-Suárez, M. A., Ramírez-Díaz, I., Pérez-González, A., Molina-Herrera, A., Coral-García, M. A., Lobato, S., Sarvari, P., Barreto, G., y Rubio, K. (2022). Epigenetic Regulation in Exposome-Induced Tumorigenesis: Emerging Roles of ncRNAs. *Biomolecules, 12*(4), 513. https://doi.org/10.3390/biom12040513

Organización Mundial de la Salud. (15 de marzo 2016). An estimated 12.6 million deaths each year are attributable to unhealthy environments. https://www.who.int/es/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deathseach-year-are-attributable-to-unhealthy-environment

Pérez-Maldonado, I. N., Ochoa-Martínez, Á. C., López-Ramírez, M. L., & Varela-Silva, J. A. (2019). Urinary levels of 1-hydroxypyrene and health risk assessment in children living in Mexican communities with a high risk of contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *International Journal of Environmental Health Research, 29*(3), 348–357. https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1549727

Piovesan, D., Monzon, A. M., Quaglia, F., y Tosatto, S. C. E. (2022). Databases for intrinsically disordered proteins. *Structural Biology, 78*(Pt 2), 144–151. https://doi.org/10.1107/S2059798321012109

Rodríguez-Espinosa, P.F., Shruti, V.C., Jonathan, M.P. y Martinez-Tavera, E. (2018). Metal concentrations and their potential ecological risks in fluvial sediments of Atoyac River basin, Central Mexico: Volcanic and anthropogenic influences. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *148*, 1020-1033, https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.068

Rubio, K., Dobersch, S., y Barreto, G. (2019). Functional interactions between scaffold proteins, noncoding RNAs, and genome loci induce liquid-liquid phase separation as organizing principle for 3-dimensional nuclear architecture: implications in cancer. *The FASEB journal*, *33*(5), 5814–5822. https://doi.org/10.1096/fj.201802715R

Rubio, K., Singh, I., Dobersch, S., Sarvari, P., Günther, S., Cordero, J., Mehta, A., Wujak, L., Cabrera-Fuentes, H., Chao, C. M., Braubach, P., Bellusci, S., Seeger, W., Günther, A., Preissner, K. T., Wygrecka, M., Savai, R., Papy-Garcia, D., Dobreva, G., Heikenwalder, M., et al., (2019). Inactivation of nuclear histone deacetylases by EP300 disrupts the MiCEE complex in idiopathic pulmonary fibrosis. *Nature Communications*, *10*(1), 2229. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10066-7

Sabari, B. R., Dall'Agnese, A., y Young, R. A. (2020). Biomolecular Condensates in the Nucleus. *Trends in Biochemical Sciences*, *45*(11), 961–977. https://doi.org/10.1016/j.tibs.2020.06.007

Siewit, C. L., Gengler, B., Vegas, E., Puckett, R., y Louie, M. C. (2010). Cadmium promotes breast cancer cell proliferation by potentiating the interaction between ERalpha and c-Jun. *Molecular Endocrinology, 24*(5), 981–992. https://doi.org/10.1210/me.2009-0410

Singh, I., Contreras, A., Cordero, J., Rubio, K., Dobersch, S., Günther, S., Jeratsch, S., Mehta, A., Krüger, M., Graumann, J., Seeger, W., Dobreva, G., Braun, T., y Barreto, G. (2018). MiCEE is a ncRNA-protein complex that mediates epigenetic silencing and nucleolar organization. *Nature Genetics*, *50*(7), 990–1001. https://doi.org/10.1038/s41588-018-0139-3

Singleton, B., Turner, J., Walter, L., Lathan, N., Thorpe, D., Ogbevoen, P., Daye, J., Alcorn, D., Wilson, S., Semien, J., Richard, T., Johnson, T., McCabe, K., Estrada, J. J., Galvez, F., Velasco, C., y Reiss, K. (2016). Environmental stress

in the Gulf of Mexico and its potential impact on public health. *Environmental Research*, *146*, 108–115. https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.019

Soule, H. D., Maloney, T. M., Wolman, S. R., Peterson, W. D., Jr, Brenz, R., McGrath, C. M., Russo, J., Pauley, R. J., Jones, R. F., y Brooks, S. C. (1990). Isolation and characterization of a spontaneously immortalized human breast epithelial cell line, MCF-10. *Cancer Research*, *50*(18), 6075–6086.

Spegg, V., y Altmeyer, M. (2021). Biomolecular condensates at sites of DNA damage: More than just a phase. *DNA Repair*, *106*, 103179. https://doi.org/10.1016/j.dnarep.2021.103179

Takahashi, K., y Suzuki, K. (1993). Association of insulin-like growth-factor-I-induced DNA synthesis with phosphorylation and nuclear exclusion of p53 in human breast cancer MCF-7 cells. *International Journal of Cancer*, *55*(3), 453–458. https://doi.org/10.1002/ijc.2910550322

Taniue, K., y Akimitsu, N. (2022). Aberrant phase separation and cancer. *The FEBS Journal*, *289*(1), 17–39. https://doi.org/10.1111/febs.15765

Tarhonska, K., Lesicka, M., Janasik, B., Roszak, J., Reszka, E., Braun, M., Kołacińska-Wow, A., y Jabłońska, E. (2022). Cadmium and breast cancer - Current state and research gaps in the underlying mechanisms. *Toxicology Letters*, *361*, 29–42. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2022.03.003

The Global Cancer Observatory (marzo, 2021). Data visualization tools for exploring the global cancer burden. https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/484-mexico-fact-sheets.pdf

Uhlén, M., Fagerberg, L., Hallström, B. M., Lindskog, C., Oksvold, P., Mardinoglu, A., Sivertsson, Å., Kampf, C., Sjöstedt, E., Asplund, A., Olsson, I., Edlund, K., Lundberg, E., Navani, S., Szigyarto, C. A., Odeberg, J., Djureinovic, D., Takanen, J. O., Hober, S., Alm, T., et al., (2015). Proteomics. Tissue-based map of the human proteome. *Science*, *347*(6220), 1260419. https://doi.org/10.1126/science.1260419

Wei, Z., y Shaikh, Z. A. (2017). Cadmium stimulates metastasis-associated phenotype in triple-negative breast cancer cells through integrin and β-catenin signaling. *Toxicology and Applied Pharmacology*, *328*, 70–80. https://doi.org/10.1016/j.taap.2017.05.017

World Health Organization (2019). Exposure to Cadmium: A Major Public Health Concern. https://apps.who. int/iris/bitstream/handle/10665/329480/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.3-eng.pdf?ua=1 (accessed on 16 May 2023)

Yasuhara, T., Xing, Y. H., Bauer, N. C., Lee, L., Dong, R., Yadav, T., Soberman, R. J., Rivera, M. N., y Zou, L. (2022). Condensates induced by transcription inhibition localize active chromatin to nucleoli. *Molecular cell*, *82*(15), 2738–2753.e6. https://doi.org/10.1016/j.molcel.2022.05.010

Yu, X., Filardo, E. J., y Shaikh, Z. A. (2010). The membrane estrogen receptor GPR30 mediates cadmium-induced proliferation of breast cancer cells. *Toxicology and Applied Pharmacology*, *245*(1), 83–90. https://doi.org/10.1016/j.taap.2010.02.005

Zeeshan, R., y Mutahir, Z. (2017). Cancer metastasis-tricks of the trade. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, *17*(3), 172–182. https://doi.org/10.17305/bjbms.2017.1908

Zhu, Y., y Costa, M. (2020). Metals and molecular carcinogenesis. *Carcinogenesis*, *41*(9), 1161–1172. https://doi.org/10.1093/carcin/bgaa076

2.6 Evaluación socioambiental de las relaciones salud-agua en comunidades piloto de la Cuenca del Alto Atoyac

Estefanía Martínez Tavera, María Rosa Maimone Celorio,
Shaila Denisse Santiago Aguilar, Axel Alejandro Corte Aguillón,
Montserrat Franquesa Soler, Lusmila Herrera Pérez,
Angélica Aguilar Huesca

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable y su saneamiento es un derecho fundamental y condición previa para realizar otros derechos humanos. El agua, además de ser un recurso esencial para la vida, también funciona como mecanismo de transporte para las descargas de aguas residuales no tratadas de actividades domésticas, industriales y agrícolas (Andrea-Mihaela, 2018; Hernández-Ramírez et al., 2019). Un deficiente tratamiento de las aguas residuales puede ocasionar la contaminación de los recursos hídricos. El agua potable contaminada y el saneamiento deficiente están relacionados con la transmisión de múltiples enfermedades (cólera, diarrea, disentería, poliomielitis, entre otras) (Prüss-Ustün et al., 2014). Por los motivos expuestos, el monitoreo y la exhaustiva evaluación de los sistemas de agua son una tarea prioritaria en las políticas públicas a nivel mundial.

La Cuenca del Alto Atoyac es una de las más contaminadas de México (Mora et al., 2021). Dicha cuenca está conformada por los ríos Zahuapan,

Atoyac, Alseseca y sus afluentes; los dos últimos desembocan a la presa Valsequillo y generan un pasivo ambiental, debido al proceso de sedimentación en su entrada que lleva a una sobrepoblación de macrófitas acuáticas, dada la carga orgánica (Tabla-Hernandez et al., 2019). Esta cuenca presenta altas fluctuaciones en la calidad del agua, atribuidas a su entorno industrial y volcánico.

Los sitios con un alto grado de contaminación son los que pasan por el sector urbano o se ven directamente afectados por las aguas residuales sin tratar. Los factores responsables del deterioro de la calidad del agua incluyen los contaminantes de las sales solubles (erosión natural y escorrentía), orgánicos, metales pesados (fuentes puntuales: industrias), contaminación tóxica (productos farmacéuticos, textiles), de origen doméstico y actividades agrícolas (Martinez-Tavera et al., 2017).

Asimismo, Hernández-Ramírez en 2019 identificó hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) en el agua del río Atoyac (0.47–15.8 g / L) como una fuente mixta de petróleo y combustibles fósiles, y altos valores de malatión (0.001–21.72 g / L) proveniente de pesticidas que sugieren la existencia de riesgos para la salud. Del mismo modo, las concentraciones de Zn y Pb se atribuyen principalmente a las descargas de las industrias de pintura (Walter y Viguerie, 2018). Los altos niveles promedio de metales tóxicos como el cromo (Cr), níquel (Ni), mercurio (Hg), cobre (Cu), arsénico (As) y cadmio (Cd) en el agua del río Atoyac son aportados principalmente por más de 26 239 (Inegi, 2020) de industrias ubicadas en la cuenca que causan efectos adversos en la biota y degradan la salud del río (Bhuyan et al., 2017) y, por ende, la salud humana.

Debido al uso de agua superficial de los tres ríos principales y de la presa Valsequillo, se han reportado casos de diversas enfermedades en un estudio denominado "Ríos tóxicos: Lerma y Atoyac" (Greenpeace, 2014). Se ha encontrado mayor incidencia de cáncer, particularmente leucemia, en población que habita en las cercanías de ríos contaminados con desechos derivados de la industria petrolera (Hurtig y San Sebastián, 2002). Adicionalmente, se ha reportado la violación a los derechos humanos a

un ambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información, en relación con la contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes (CNDH, 2017). Aunque se ha realizado el seguimiento y la evaluación de los sistemas de agua a nivel químico, es importante integrar la percepción socioambiental de los habitantes de la zona.

Uno de los grandes desafíos en la actualidad relacionados con la falta de agua y saneamiento inadecuado es cómo ofrecer soluciones rentables (coste-beneficio) y sustentables que, a su vez, aborden adecuadamente los impactos negativos para la salud humana. En este sentido, desde la investigación se ha identificado que las barreras para mejorar el acceso al agua y al saneamiento no son principalmente tecnológicas sino sociales e institucionales (Aboud y Singla, 2012; Bisung y Elliott, 2014; Khalid et al., 2018).

Con base en lo anterior, en este trabajo se identificaron las consecuencias socioambientales, en la salud pública y el medio ambiente, de la no atención de la contaminación hídrica de origen industrial, agrícola y urbana en la Cuenca del Alto Atoyac. Esto, a través de comunidades piloto en la parte alta, media y baja de la misma, para la identificación de patrones y metodologías que permitan proponer políticas públicas para su restauración y replicación en la cuenca de estudio.

METODOLOGÍA

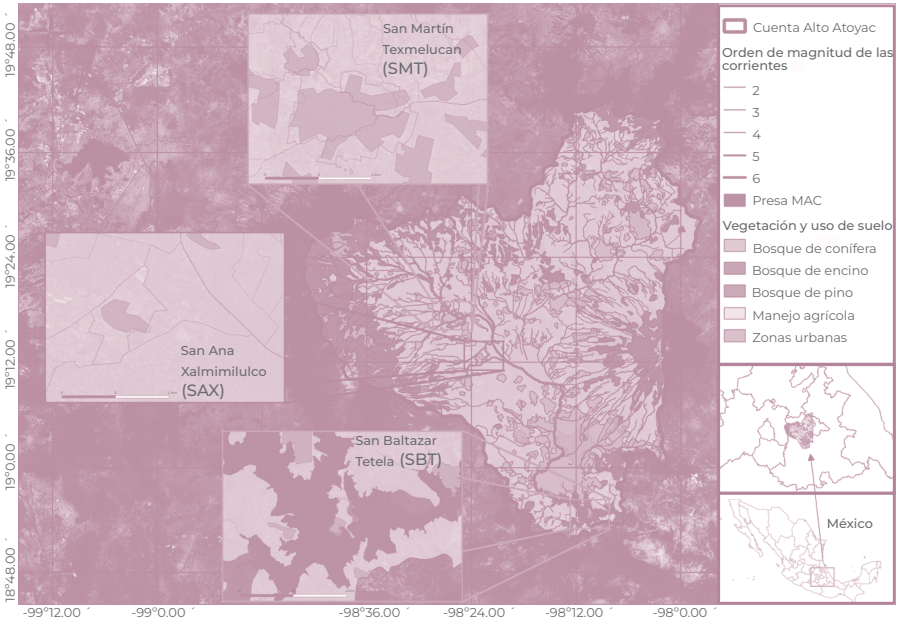
ÁREA DE ESTUDIO Y MUESTREO

Las comunidades piloto seleccionadas en la subcuenca del río Atoyac son: San Martín Texmelucan, Santa Ana Xalmimilulco y San Baltazar Tetela correspondientes a las zonas alta, media y baja respectivamente (mapa 1).

El municipio de Huejotzingo cuenta con ocho juntas auxiliares. Santa Ana Xalmimilulco (SAX) es la segunda localidad más poblada del municipio; colinda con el municipio de San Martín Texmelucan y dos ríos cruzan por esta localidad (el río Xochiac por el norte y el río Xopanac por

el sur), afluentes del río Atoyac. En la zona se ha notado un incremento en la actividad industrial, principalmente por su cercanía con el Parque Industrial Quetzalcóatl. Otras de las actividades económicas que se realizan son lavanderías de mezclilla, queserías, una fábrica de cerámica y zonas agrícolas regadas con aguas residuales del parque industrial.

Mapa 1. Zona de estudio



Nota: San Martín Texmelucan de Labastida (SMT) es la cabecera municipal de San Martín Texmelucan. Los ríos Atoyac y Cotzala confluyen en este territorio. Dentro de las actividades económicas de la comunidad se encuentran las actividades industriales (Corredor Industrial Quetzalcóatl), así como actividades agrícolas y ganaderas, además del conocido Tianguis de San Martín Texmelucan.
Fuente: Bravo-Inclán y colaboradores (2015).

San Baltazar Tetela (SBT) es una de las 17 juntas auxiliares del municipio de Puebla y cuenta con dos inspectorías: Los Ángeles Tetela y Buenavista Tetela. Su ubicación en la zona central de la presa Valsequillo

ha cobrado gran relevancia en el ámbito científico, ya que divide hidrodinámica e hidroquímicamente a la presa y genera dos cuerpos de agua, por lo cual se ha denominado "umbral de San Baltazar" (Rodríguez-Espinosa et al., 2011).

RECOLECCIÓN DE DATOS

La colección de datos se llevó a cabo en dos etapas. En la primera, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los sectores principales de la comunidad: organizaciones de la sociedad civil, grupos de impacto económico, sector educativo, del agua y de salud. El desarrollo de la entrevista consistió en doce preguntas generales sobre cambios percibidos, aspectos socioambientales y socioeconómicos, y posteriormente un apartado de cinco a diez preguntas que abordan aspectos específicos del grupo a entrevistar. Las entrevistas permitieron identificar las principales problemáticas de comunidades y sentar las bases para el diseño de las encuestas. Lo anterior se realizó con el apoyo de organizaciones no gubernamentales (ONG) involucradas en las comunidades piloto, lo que permitió un mejor acercamiento y confianza con la gente.

En la segunda etapa se aplicaron encuestas durante los meses de noviembre de 2020 a febrero de 2021. Dichas encuestas se diseñaron con los siguientes apartados: económico, salud, percepción de la calidad del agua, educación ambiental, cambios y expectativas a futuro.

El formato para las respuestas fue de opción múltiple, así como preguntas abiertas para complementar el punto de vista de la comunidad respecto al contexto socioambiental. El tipo de muestreo es de tipo aleatorio sistemático.

La ecuación utilizada para estimar el tamaño de muestra (López-Roldán y Fachelli, 2017) fue la siguiente:

$$n = \frac{N\,Z^2 PQ}{(N-1)e^2 + Z^2 PQ}$$

Donde:
n= tamaño de la muestra
N= tamaño de la población (100 353)
Z= nivel de confianza (2)
P= porcentaje (50)
Q= porcentaje complementario (50)
e= error muestral (3.6%)

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de la información se realizó a través de tablas de Excel y posteriormente se utilizó el programa de ArcGIS versión 10.5 para hacer la representación espacial de datos obtenidos de las encuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 35 entrevistas semiestructuradas y 766 encuestas en las comunidades piloto, donde los elementos más importantes fueron: la percepción de la calidad del agua potable, la contaminación del agua de los ríos, morbilidad sentida y contaminación, educación ambiental, y percepción de acciones necesarias para mejorar las condiciones medioambientales.

PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE

Según González-Villarreal et al., (2015), 86% de los mexicanos carece de un servicio continuo de agua potable; es por ello que una gran parte de la población debe almacenar agua en diferentes tipos de reservorios. Para reducir los riesgos a la salud por la ingesta de agua potable contaminada, la forma más común de desinfección utilizada en las tres comunidades es la cloración. Este método de desinfección es promovido por los municipios y centros de salud. Si bien la aplicación de cloro ayuda en la reducción de las

enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y brotes epidémicos, su uso excesivo puede generar una mezcla de subproductos con propiedades mutagénicas, cancerígenas y teratogénicas (Villanueva et al., 2001).

Los tipos de almacenamiento de agua más comunes en las tres comunidades son el tanque de almacenamiento o piletas (aprox. 1000 m^3 de capacidad), contenedores (hasta 200 L) y cisternas (entre 5 000 y 50 000 L), siendo el primero el más utilizado. En cuanto a las maneras de desinfectar el agua, la mayor parte de los encuestados en las tres comunidades utilizan hipoclorito de sodio y hierven el agua. En un porcentaje menor (SBT: 18%, SMT: 5% y SAX: 1%) se realiza la limpieza de contenedores. Sólo un 2% de la población de SMT utiliza filtros para purificar el agua (gráfica 1).

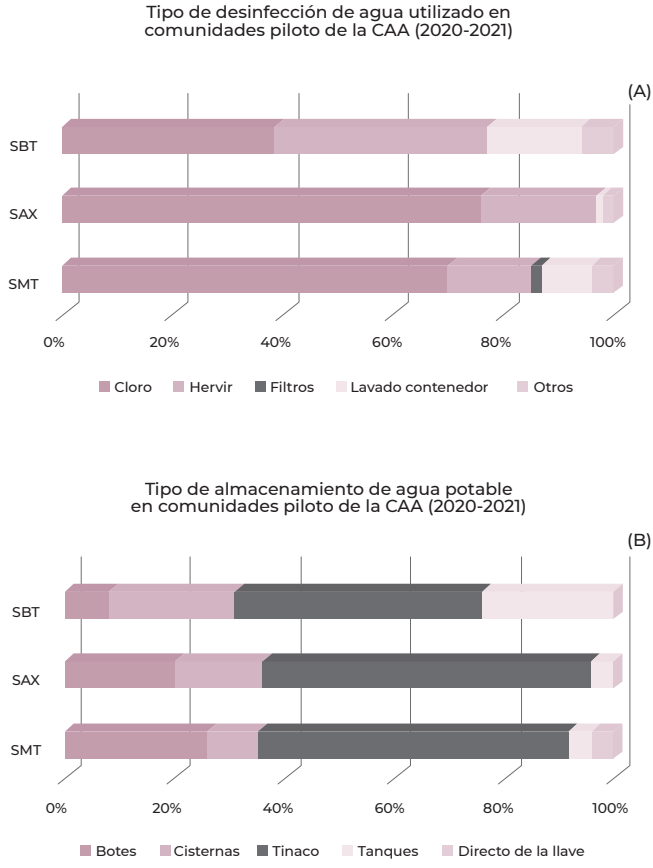
En Santa Ana Xalmimilulco la percepción de la calidad del agua potable es "muy mala", debido a que refieren que el agua presenta color, sedimento o en algunos casos animales. De igual forma, en esta comunidad se identificaron 65 pozos particulares, lo que significa que el 20% de la población no utiliza el agua suministrada por el municipio y pone en riesgo el acuífero al construir pozos sin la reglamentación correspondiente, que permiten la infiltración de contaminantes.

PERCEPCIÓN DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA DE LOS RÍOS

En San Martín Texmelucan (SMT) refieren que existe una "muy mala calidad de agua del río", principalmente por el color del agua y por los malos olores. Según un estudio realizado por Estrada-Rivera et al., (2022) en San Martín Texmelucan se encuentran varios parámetros fuera de norma. Por ejemplo, el oxígeno disuelto (1.1 mg/L) indica una alta concentración de materia orgánica que recibe de los escurrimientos agrícolas y de las descargas de aguas residuales industriales y domésticas. El constante reporte de los encuestados del mal olor proviene de varias fuentes: el H_2S y amoníaco producto de la descomposición de la materia orgánica y que al encontrarse en un pH ácido (4.9-5) se liberan con mayor

facilidad, también de los hidrocarburos alifáticos, aromáticos y clorados que provienen de las aguas residuales domésticas e industriales.

Gráfica 1. Tipo de desinfección y almacenamiento de agua



Fuente: elaboración propia.

En Santa Ana Xalmimilulco (SAX) la percepción de la comunidad en general es que existe una fuerte contaminación del agua en la localidad. Los cuerpos de agua de esta comunidad se encuentran contaminados por

diversas fuentes: riego de campos agrícolas con aguas residuales del Parque Industrial Quetzalcóatl; contaminación difusa por agroquímicos; descargas de aguas residuales al río y al alcantarillado sanitario por empresas de lavado de mezclilla y queserías. Arellano-Aguilar et al., (2015) llevaron a cabo pruebas de toxicidad con bioindicadores para determinar el grado de contaminación del río Atoyac y afluentes. Una de las zonas de muestreo en el estudio fue la zona de descarga del Parque Industrial Quetzalcóatl, para la que se estableció un alto nivel de toxicidad.

De la misma manera, Montero y colaboradores (2006) realizaron un estudio en la Cuenca del Alto Atoyac en el cual describen un alto grado de daño genotóxico (daño en el material genético originando efectos biológicos adversos) en la población de estudio, especialmente en aquellos que viven cerca de los ríos Atoyac y Xochiac; también se identificaron descargas relacionadas a la industria textil en las zonas de muestreo cerca de Santa Ana Xalmimilulco. Los estudios de Martínez-Tavera y colaboradores (2017) y Hernández-Ramírez y colaboradores (2019) identifican que gran parte de los contaminantes encontrados en estos ríos son de origen industrial textil, los cuales los hacen no aptos para sostener la vida acuática.

Adicionalmente, en la comunidad de SAX opera una incineradora de residuos biológico-infecciosos (la ecotérmica). Desde el 2006 las y los pobladores de la comunidad han protestado y solicitado que se clausure debido a malos olores y a que se ha identificado como una posible causa de los problemas de salud de la comunidad.

En San Baltazar Tetela (SBT) la gente percibe una fuerte contaminación del agua de la presa de Valsequillo, debido a malos olores y a la presencia de mosquitos. En este sentido, existen algunos estudios como el presentado por Tabla-Hernández et al., (2019), en el que se ha reportado la presencia de metales en la presa provenientes de los ríos Atoyac y Alseseca. A lo largo de estos ríos existe una amplia variedad de industrias como la automotriz, cuyas aguas residuales se caracterizan por contener Cr, Ti, Cd, Pb, Zn, V y Ni; también está la industria textil, con presencia de Mo y Hg.

Por parte de las actividades agrícolas también existe un aporte de Ni, V y Co. Morales-García et al., (2017) realizaron un estudio acerca de las concentraciones de metales en agua en la Cuenca del Alto Atoyac, y concluyen que el grado o nivel de contaminación medida a partir de diferentes índices sugiere que hay una fuerte influencia de los metales As, Pb y Zn en el área de estudio. Además, que la presencia de Cd, Cr, Cu y Ni representan una amenaza para la comunidad.

MORBILIDAD SENTIDA Y CONTAMINACIÓN

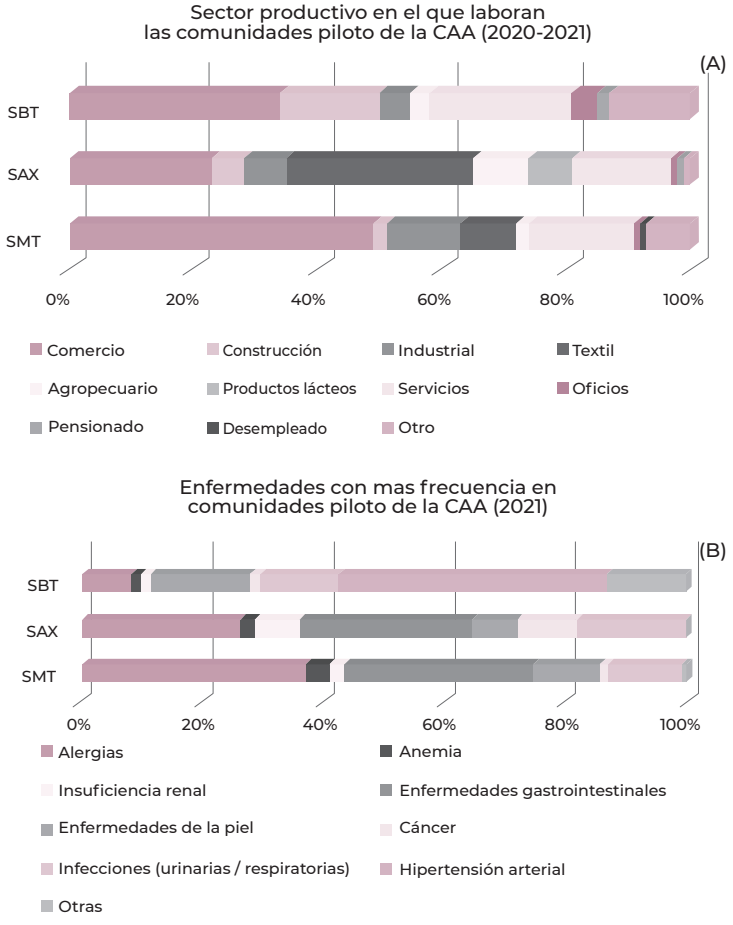
Las principales actividades productivas en San Martín Texmelucan (SMT) son comercio (53%), servicios (18%) e industria, principalmente la textil (13%). En Santa Ana Xalmimilulco (SAX) una de las principales actividades es la industria textil (31%), seguida del comercio (23%), servicios (15%), la industria agrícola (10%) y elaboración de lácteos (8%). En cambio, en San Baltazar Tetela (SBT) la principal fuente de ingresos es el comercio (40%), servicios (27%) y personas que trabajan en la industria de la construcción (19%) (gráfica 2). Es importante mencionar que la maquila de la industria textil, así como la producción de lácteos, se realiza al interior de las casas y pone en riesgo la salud de quienes la habitan.

Las principales enfermedades percibidas (morbilidad sentida) en San Martín Texmelucan fueron alergias (38%) e infecciones gastrointestinales (31%) (figura 3). No hay que descartar la posible existencia de otros padecimientos, ya que en el río que atraviesa a SMT se han registrado metales pesados como mercurio y plomo (considerados neurotóxicos), el cromo que es un inhibidor de procesos fisiológicos y compuestos carcinogénicos como arsénico, níquel y cadmio (Estrada-Rivera et al., 2022).

En Santa Ana Xalmimilulco las principales enfermedades percibidas fueron las gastrointestinales (38%) y alergias (35%). Asimismo, se observó que la comunidad sí está consciente de los problemas de salud pública que prevalecen, ya que el 75.8% de los encuestados cree que el agua contaminada sí podría estar relacionada a las enfermedades que

padece la comunidad. De las tres comunidades estudiadas, la que presentó un mayor número de casos de cáncer entre los encuestados fue Santa Ana Xalmimilulco, con un 10%; se identificaron 7% de casos de insuficiencia renal y 2% de anemias.

Gráfica 2. Actividades productivas y morbilidad sentida



Fuente: elaboración propia.

En el estudio realizado por Catalán y colaboradores (2018) se muestra la relación entre contaminación de origen industrial y la salud de las personas, específicamente casos de cáncer en la comunidad. Se concluye que las mujeres más cercanas o que trabajaban en el corredor industrial cercano, Parque Industrial Quetzalcóatl, reportaron más casos de enfermedades respiratorias, casos de cáncer y una mayor tasa de mortalidad.

Para mostrar la distribución espacial de las enfermedades reportadas por los encuestados se creó un mapa (mapa 2) que muestra su presencia en las calles de Santa Ana Xalmimilulco. Las principales enfermedades fueron: *1*) 29 casos de cáncer, en las calles Libertad, Carril de Agua Santa y Calle del Refugio, donde se registraron hasta tres casos de cáncer en cada una; *2*) 21 casos de insuficiencia renal y *3*) seis casos de anemia (mapa 2). En este mapa se puede apreciar la relación que se tiene entre las enfermedades y la ubicación de las maquilas textiles y queserías (obtenidas del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, DENUE).

Una de las principales actividades en Santa Xalmimilulco es la elaboración de lácteos. Según los encuestados, algunos bovinos de esta comunidad se alimentan de cultivos regados con aguas residuales. Dichas aguas pueden contener altas concentraciones de metales pesados como plomo y arsénico. En este sentido, Castro-González y colaboradores (2018) realizaron un estudio en la misma Cuenca del Alto Atoyac y concluyeron que la salud de las niñas y los niños se encuentra en serio riesgo por la ingesta de diferentes metales pesados presentes en la leche. Esto indica que el consumo de pequeñas cantidades de metales pesados de manera continua es causa del riesgo de contraer enfermedades cancerígenas y no carcinogénicas.

En San Baltazar Tetela los encuestados respondieron que la contaminación de la presa puede estar relacionada con enfermedades respiratorias e irritación de los ojos. En este sentido, Saldaña-Munive y colaboradores (2018) realizaron un estudio sobre las emisiones de gases de efecto invernadero en el que se midió la producción de dióxido de carbono (CO_2),

metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). El metano afecta la calidad del aire y la salud de las personas, puesto que es un precursor de otros contaminantes atmosféricos como el ozono. El óxido nitroso puede irritar los ojos, la nariz y la garganta, causando tos o falta de aire.

Mapa 2. Ubicación espacial de morbilidad sentida e industria en la localidad de Santa Ana Xalmimilulco perteneciente al municipio de Huejotzingo



Nota: es importante recalcar que estos datos son de morbilidad sentida, lo cual nos permite tener un primer acercamiento para generar datos primarios y establecer estrategias de seguimiento epidemiológico y toxicológico.
Fuente: elaboración propia.

En esta comunidad existen familias que viven en las orillas de la presa y utilizan su agua para el riego de sus cultivos y como fuente de agua para el ganado. En este sentido, Bonilla y Fernández y colaboradores (2015) realizaron mediciones en la presa de Valsequillo con el objetivo de

conocer si el agua era adecuada para riego, y concluyeron que no es apta para la irrigación de cultivos sin previo tratamiento. Otro punto importante es que el ganado se alimenta del lirio que se encuentra en la presa; esto representa un serio problema, ya que esta planta acuática actúa como un biofiltro al absorber metales durante su proceso de crecimiento (Tabla-Hernández et al., 2019).

En SBT aún se puede observar pescadores en la presa de Valsequillo, tanto para autoconsumo como para venta, a pesar de los altos niveles de concentración de contaminantes. El 72% de la población contestó haber incluido pescado en su dieta; el 57% lo compran en comunidades vecinas y los demás (43%) compran el pescado dentro de la comunidad. En el mapa 3 se puede observar la ubicación espacial de los encuestados, los sitios de venta de pescado y la hipertensión en las personas. Esta relación se estableció debido a que realizó un estudio sobre microplásticos y metales en músculo e hígado en tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa de Valsequillo (Martinez-Tavera et al., 2021) y evaluaron su potencial tóxico para la salud humana.

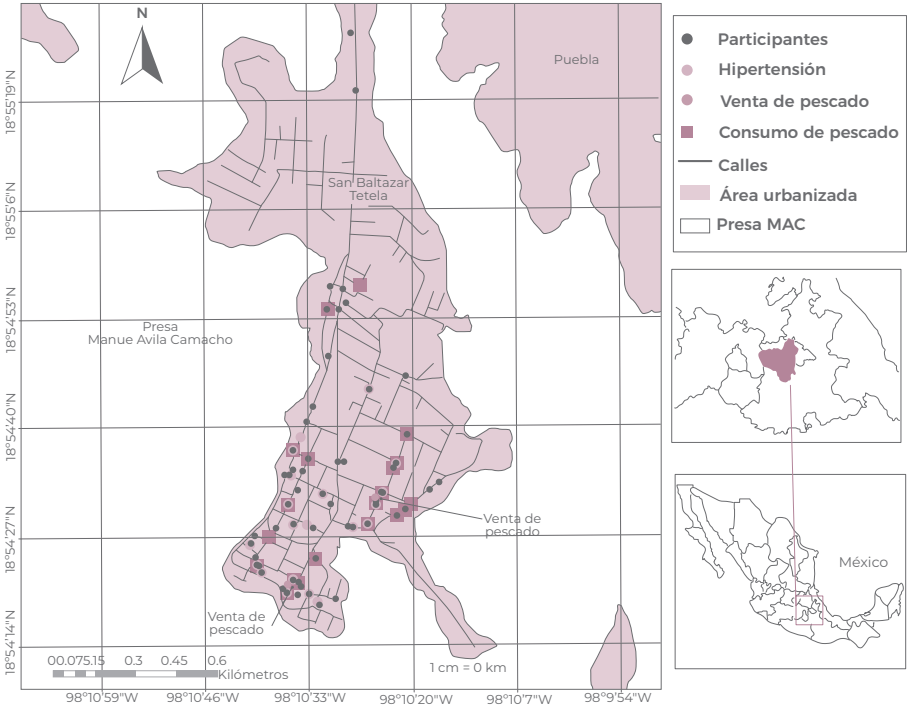
Dentro de los resultados se encontró que los valores fueron más altos que lo recomendado en el caso de Pb y Zn, tanto para niñas y niños (Pb: 3.16, Zn:4.75) como para adultos (Zn:1.44, Pb:2.17). Estos mismos autores concluyen que el consumo continuo de tilapia contaminada podría generar efectos cancerígenos a lo largo de la vida. Por otro lado, el 44 % de la población refiere padecer hipertensión arterial, la cual está asociada al consumo de alimentos con plomo (Mora et al., 2021).

EDUCACIÓN AMBIENTAL COMO ACCIÓN PARA MEJORAR LAS CONDICIONES SOCIOAMBIENTALES

Una parte importante para resolver o mitigar problemas ambientales es la educación ambiental. En este sentido, los encuestados de las tres comunidades respondieron que el taller que más les interesó fue el de “Manejo integral de residuos sólidos”, en un 44% (gráfica 3). Esto concuerda con

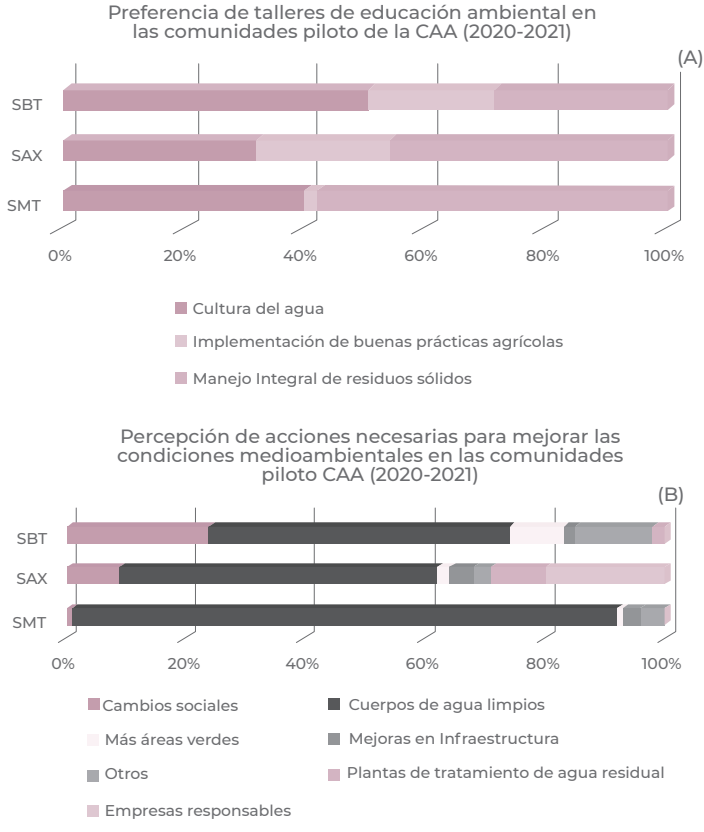
todo lo registrado en las entrevistas y las encuestas realizadas, ya que tanto barrancas como cuerpos de agua se encuentran fuertemente contaminadas por "basura", y la gestión en su recolección y disposición final es deficiente. A través de talleres de este tipo es posible concientizar a la población para disminuir el consumo y favorecer la separación de residuos. Esto ayudará a evitar la proliferación de fauna nociva que actúa como vectores de diversas enfermedades, disminución de lixiviados que contaminan suelo y cuerpos de agua, disminución de gases de efecto invernadero como metano, dióxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, entre otros.

Mapa 3. Ubicación de habitantes que consumen pescado y pescaderías en San Baltazar Tetela, Puebla



Fuente: elaboración propia.

Gráfica 3. Preferencias de educación ambiental y de acciones necesarias por implementar en las comunidades piloto



Nota: el segundo taller de educación ambiental más solicitado (41 %) fue el de "Cultura del agua". Este tema también es apremiante para la población, ya que estas tres comunidades de la Cuenca del Alto Atoyac presentan una severa contaminación en sus cuerpos de agua, olores fuertes, presencia de mosquitos y lirio (presa Valsequillo). Con este taller se buscará una concientización sobre la importancia del agua, el uso racional, su disponibilidad y las acciones que deben llevar a cabo las personas para su manejo sustentable (recolección, desinfección, reutilización y disposición).
Fuente: elaboración propia.

El tercer taller solicitado por las comunidades de Santa Ana Xalmimilulco y San Baltazar Tetela fue el de "Buenas prácticas agrícolas",

con un 15%. Este taller toma particular relevancia, dado que las prácticas agrícolas actuales utilizan fertilizantes inorgánicos y plaguicidas, y representan una fuente importante de contaminación para los suelos y cuerpos de agua. Es importante concientizar a las y los campesinos sobre las buenas prácticas agrícolas, haciendo hincapié en la relevancia de la disminución progresiva y sustitución de agroquímicos, riego eficiente, no utilización de las aguas residuales para riego y disposición adecuada de los envases de agroquímicos. Sin embargo, es importante mencionar que, aunque la gente de las comunidades tome los talleres y sea experta, son las empresas contaminantes las responsables de verter sus aguas dentro de la norma.

PERCEPCIÓN DE ACCIONES NECESARIAS PARA MEJORAR LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

De acuerdo a la gráfica 3 (B), las comunidades identifican como parte fundamental (65%) para su desarrollo el contar con cuerpos de agua limpios, seguido de cambios sociales (11%) y empresas responsables (7%). Lo anterior contrasta con la necesidad de plantas de tratamiento (4%) e infraestructura (3%), lo que significa la identificación de conductas sociales (18%) como parte fundamental de la solución a la situación ambiental que viven actualmente.

CONCLUSIONES

La variación espaciotemporal de los contaminantes presenta una problemática particular para cada población y, por tanto, las políticas públicas y propuestas de remediación deberán obedecer a la realidad de cada una de las comunidades.

La salud de los habitantes cercanos a los cauces de ríos y lagos contaminados está en riesgo, no sólo por la posibilidad del contacto con el agua, sino por el consumo de alimentos regados con ésta, de la inhalación de la volatilización de contaminantes, y del contacto con los suelos; esto,

de acuerdo con la percepción de los habitantes de las comunidades piloto, que coincide con lo reportado con anterioridad en la literatura.

Asimismo, lo anterior alerta a nuestras autoridades y a todos nosotros sobre la urgencia de tomar acciones para evitar que más niñas, niños y adultos estén sobreexpuestos a contaminantes y, por lo tanto, a enfermedades futuras. De igual forma, debe tomarse a la comunidad de Santa Ana Xalmimilulco no solo como caso de reflexión de lo que se ha dejado de hacer, sino como un caso que requiere atención inmediata.

La contaminación del agua no sólo vulnera el derecho humano al agua, a la salud y a vivir en un ambiente sano, sino a otros derechos como el de la alimentación, puesto que el agua es fundamental para nuestra supervivencia.

La esperanza está en la conciencia y actuar de todos y todas, de las empresas y del Estado. Esta es una realidad que las comunidades piloto expresan como la necesidad de un "cambio social" y "empresas responsables". El reto es ahora el hecho de que este cambio deberá realizarse de manera integrada, para lo cual la educación ambiental, a través de los talleres anteriormente descritos, será la herramienta fundamental para entender que sólo las acciones colectivas nos pueden salvar de las continuas decisiones que benefician a unos cuantos.

REFERENCIAS

Aboud, F. E. y Singla, D. R. (2012). Challenges to Changing Health Behaviors in Developing Countries: A Critical Overview. *Social Science & Medicine*, *75*(4):589-94.

Arellano-Aguilar, O., Solís-Ángeles, S., Serrano-García, L., Morales-Sierra, E., Méndez-Serrano, A. y Montero-Montoya, R. (2015). Use of the Zebrafish Embryo Toxicity Test for Risk Assessment Purpose: Case Study. *Fisheries Sciences*, *9*(4), 52-62.

Bhuyan, S., Abu Bakar, M., Akhtar, A., Hossain, M. B., Ali, M. M. e Islam, S. (2017). Heavy Metal Contamination in Surface Water and Sediment of the Meghna

River, Bangladesh. *Environmental Nanotechnology, Monitoring y Management*, *8*, 273-279.

Bisung, E., Elliott, S. J., Schuster-Wallace, C. J., Karanja, D. M. y Bernard, A. (2014). Social Capital, Collective Action and Access to Water in Rural Kenya. *Social Science & Medicine*, (119), 147-154.

Bonilla y Fernández, M. N., Ayala, A. I., González, S., Santamaría, J. D. y Silva S. E. (2015). Calidad fisicoquímica del agua del distrito de riego 030 "Valsequillo" para riego agrícola. *Revista iberoamericana de producción académica y gestión educativa*, *2*(4). https://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/371.

Bravo Inclán, L. A., Sánchez Chávez, J. J., Izurieta Dávila, J. L. y Tomasini Ortiz, A. C. (2015). E*valuación toxicológica del Río Atoyac, Pue. y su relación con los parámetros fisicoquímicos. 2° Congreso Nacional* AMICA 2015. *amica*.

Castro-González, N. P., Calderón-Sánchez, F., Castro de Jesús, J., Moreno-Rojas, R., Tamariz-Flores, J. V., Pérez-Sato, M., y Soní-Guillermo, E. (2018). Heavy Metals in Cow's Milk and Cheese Produced in Areas Irrigated with Wastewater in Puebla, Mexico. *Food Additives & Contaminants: Part B*, *11*(1), 33-36.

Catalán-Vázquez, M., Riojas-Rodríguez, H., Pelcastre-Villafuerte, B. E., de la Sierra-de, L. A., y Baltazar-Reyes, M. C. (2018). "There's a Lot of Cancer Here…" Environmental Risk Perception and Mortality Among Women Who Live in an Industrial Corridor in Mexico. A Sequential Mixed Study. *Revista internacional de contaminación ambiental*, *34*(4), 565-581.

Comisión Nacional de los Derechos Humanos [CNDH]. (2017). *Recomendación N°. 10/2017 sobre la violación de los derechos humanos a un medioambiente sano, saneamiento del agua y acceso a la información en relación con la contaminación de los ríos Atoyac, Xochiac y sus afluentes; en agravio de quienes habitan y transitan en los municipios de San Martin Texmelucan y Huejotzingo en el estado de Puebla; y en los municipios de Tepetitla, Lardizábal, Nativitas e Ixtacuixtla de mariano de matamoros en el estado de Tlaxcala*. https://www.cndh.org.mx/sites/default/files/doc/Recomendaciones/2017/Rec_2017_010.pdf

Estrada-Rivera, A., Díaz Fonseca, A., Treviño Mora, S., García Suastegui, W. A., Castelán Vega R., Chávez Bravo, E., Zayas Pérez, M., Morán Perales, J. L.

y Handal Silva, A. (2022). Anthropogenic Contamination of the Atoyac River, Mexico. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 987(1), 012007*. https://doi.org/10.1088/1755-1315/987/1/012007.

González-Villarreal, F. J., Rodríguez Briceño, E., Padilla Ascencio, E. y Lartigue Baca, C. (2015). Percepción del servicio y cultura del agua en México. *H2O: Gestión del agua*, (7), 20-25. https://issuu.com/helios_comunicacion/docs/h2o_7.

Hernandez-Ramírez, A. G., Martinez-Tavera, E., Rodríguez-Espinosa, P. F., Mendoza-Pérez, J. A., Tabla-Hernandez, J., Escobedo-Urías, D. C., Jonathan, M. P. y Sujitha, S. B. (2019). Detection, Provenance and Associated Environmental Risks of Water Quality Pollutants During Anomaly Events in River Atoyac, Central Mexico: A Real-Time Monitoring Approach. *Science of The Total Environment, 669*(15), 1019–1032. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719311209.

Hurtig, A. K. y San Sebastián, M. (2002). Geographical Differences in Cancer Incidence in the Amazon Basin of Ecuador in Relation to Residence Near Oil Fields. *International Journal of Epidemiology, 31*(5):1021-7. https://doi.org/10.1093/ije/31.5.1021.

Instituto Nacional de Geografía y Estadística [Inegi]. (2020). *Junta Auxiliar de San Baltazar Tetela. Censo de Población y Vivienda 2020*. https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados.

Khalid, S., Shahid, M., Natasha, I., Sarwar, T., Shah, A. H. y Niazi, N. K. (2018). A Review of Environmental Contamination and Health Risk Assessment of Wastewater Use for Crop Irrigation with a Focus on Low and High-Income Countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 15*(5), 895. https://doi.org/10.3390/ijerph15050895

Laug García, C. B. (2016). *Diagnóstico de eutrofización en la presa de Valsequillo (Manuel Ávila Camacho)*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, (BUAP). https://hdl.handle.net/20.500.12371/2175

López-Roldán P. y Fachelli, S. (2017). El diseño de la muestra. En P. López-Roldán y S. Fachelli (eds.). *Metodología de la investigación social cuantitativa* (pp. 5-58). Bellaterra (Cerdanyola del Vallés): Dipòsit Digital de Documents, Universitat Autònoma de Barcelona.

Martinez-Tavera, E., Duarte Moro, A. M., Sujitha, S. B., Rodríguez-Espinosa, P. F., Rosano- Ortega, G. (2021). Microplastics and Metal Burdens in Freshwater Tilapia (Oreochromis Niloticus) of a Metropolitan Reservoir in Central Mexico: Potential Threats for Human Health. *Chemosphere 266*, 128968. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520331659.

Martinez-Tavera, E., Rodríguez-Espinosa, P. F., Shruti, V. C., Sujitha, S. B., Morales-García, S. S. y Muñoz-Sevilla, N. P. (2017). Monitoring the Seasonal Dynamics of Physicochemical Parameters from Atoyac River Basin (Puebla), Central Mexico: Multivariate Approach. *Environmental Earth Science*, *76*(95), 1-15. https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-6406-2.

Montero, R., Serrano, L., Araujo, A., Dávila, V., Ponce, J., Camacho, R. y Méndez, A. (2006). Increased Cytogenetic Damage in a Zone in Transition from Agricultural to Industrial Use: Comprehensive Analysis of the Micronucleus Test in Peripheral Blood Lymphocytes. *Mutagénesis*, *21*(5), 335-342. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16971395/.

Mora, A., García-Gamboa, M., Sánchez-Luna, L., Gloria-García, L., Cervantes-Avilés, P. y Mahlknecht, J. (2021). A Review of the Current Environmental Status and Human Health Implications of one of the Most Polluted Rivers of Mexico: The Atoyac River, Puebla. *Science of The Total Environment*, *782, 146788*. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721018568.

Morales-García, S. S., Rodríguez-Espinosa, P. F., Shruti1, V. C., Jonathan, M. P. y Martínez-Tavera, E. (2017). Metal Concentrations in Aquatic Environments of Puebla River Basin, Mexico: Natural and Industrial Influences. *Environmental Science and Pollution Research*, *24(3)*, 2589-2604. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8004-3.

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford, J. M., Cumming, O., Curtis, V., Bonjour, S., Dangour, A., De France, J., Fewtrell, L., Freeman, M., Gordon, B., Hunter, P., Johnston, R. B., Mathers, C., Mäusezahl, D., Medlicott, K., Neira, M., Stocks, M., Wolf, J., y Cairncross, S. (2014). Burden of Disease

from Inadequate Water, Sanitation and Hygiene in Low and Middle-Income Settings: A Retrospective Analysis of Data from 145 Countries. *Tropical Medicine & International Health*, *19*(8): 894–905. https://doi.org/10.1111/tmi.12329

Rose-Burney, J. (2011). *Ficha informativa de los humedales de ramsar (FIR)* https://rsis.ramsar.org/RISapp/files/RISrep/MX2045RIS.pdf

Rodríguez-Espinosa, P. F., et al. (2011). *Servicio ambiental de la presa Valsequillo para las cuencas de los Ríos del Atoyac-Sahuapan y Alseseca, Puebla, Tlaxcala, México.* Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2020/03/Servicio-Ambiental-de-la-Presa-Valsequillo-para-las-cuencas-de-los-R%C3%ADos-del-Atoyac-Sahuapan-y-Alseseca-Puebla-Tlaxcala-M%C3%A9xico.pdf

Saldaña Munive, J. A., Ruiz Suárez, L. G., Mangas Ramírez, E. y Torres Trejo, E. Actividades antropogénicas y emisiones de GEI en la Presa de Valsequillo, Puebla, Méx. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, *5*(1), 1-6. http://www.reibci.org/publicados/2018/feb/2400103.pdf.

Tabla-Hernandez, J., Rodríguez-Espinosa, P. F., Mendoza-Pérez, J. A., Sánchez-Ortiz, E., Martinez-Tavera, E. y Hernandez-Ramírez, A. G. (2019). Assessment of Potential Toxic Metals in a Ramsar Wetland, Central Mexico and its Self-Depuration through Eichhornia Crassipes. *Water*, *11*(6), 1248. https://doi.org/10.3390/w11061248.

Villanueva, C. M., Kogevinasa, M. y Grimalt, J. O. (2001). Cloración del agua potable y efectos sobre la salud: revisión de estudios epidemiológicos. *Medicina clínica 117*(1), 27-36. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025775301720003?via%3Dihub

Walter, P. y Viguerie, L. (2018). Materials Science Challenges in Paintings. *Nature Materials*, *17*, 106-109. https://www.nature.com/articles/nmat5070.

Tercera parte

CONFLICTO Y DERECHOS HUMANOS

VISIÓN DE LAS COMUNIDADES

3.1 Cambios y esperanzas ante la devastación del río Tenexac y sus manantiales

Inés del Rosario Rojas Martínez
María de los Ángeles Rugerio Rojas

La tierra provee lo suficiente para satisfacer las necesidades de cada hombre, pero no la avaricia de cada hombre.

MAHATMA GANDHI

INTRODUCCIÓN

Valorar los recursos naturales y la defensa de éstos son acciones que a lo largo de la historia han realizado diversas comunidades, y la de Panzacola, perteneciente al municipio de Papalotla de Xicohténcatl, no es la excepción. En el presente texto daremos a conocer cómo el agua que fluyó por los ríos y sus manantiales dio calidad de vida a sus pobladores, y cómo la llegada de la industrialización (1821), producto del sistema capitalista, transformó el entorno.

Daremos a conocer nuestras luchas y cuáles son nuestras esperanzas ante la devastación socioambiental que vivimos, así como las acciones que hemos emprendido y que estamos realizando.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La comunidad de Panzacola, municipio de Papalotla, está rodeada por los majestuosos volcanes que forman la cordillera neovolcánica: al poniente, el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl y el monte Tláloc; al oriente nuestra emblemática montaña, la Matlalcuéyetl.

Fotografía 1. Amanecer en la Matlalcuéyetl, visto desde el Cerro de la Luna el 24 de abril del 2023



Foto: Inés del Rosario Rojas Martínez.

Fotografía 2. Volcanes de Popocatépetl e Iztaccíhuatl, y el monte Tláloc. Tomados desde el Cerro de la Luna, ubicado en el municipio de Papalotla de Xicohténcatl, Tlaxcala



Foto: Tonatiuh Galicia Rojas.

Panzacola se encuentra al sur del estado de Tlaxcala y colinda, al norte, con la comunidad de Xicohtzinco; al sur, con la ciudad de Puebla; al oriente, con Tenancingo y San Cosme Mazatecochco; al poniente, también con Puebla, y tiene como límite natural el cauce del río Zahuapan-Atoyac y San Lorenzo Almecatla del estado de Puebla.

Las y los primeros pobladores que se asentaron en nuestra comunidad comulgaban y vivían en armonía con la naturaleza, y quienes ahora vivimos en esta región tenemos el privilegio de contar todavía con una zona arqueológica localizada en el Cerro de la Luna. Desde allí podemos acompañar el recorrido del sol en las cuatro estaciones del año, encontrando el punto exacto donde cae el sol:

- El solsticio de invierno (21 de diciembre), en la falda sur del Popocatépetl.
- El solsticio de verano (21 de junio), en la cúspide del monte Tláloc.
- Los equinoccios de primavera y otoño, al sur de la estructura del volcán Iztaccíhuatl.

Esto se da con base en un calendario de uso agrícola-religioso para sembrar y cosechar, relacionado con el calendario que regía el valle central del Puebla–Tlaxcala (Fernández, 1907).[1] Todavía hoy celebramos el Altepeilhuitl en el templo de San Francisco, en Papalotla, y en el Cerro de la Luna, en donde se realizan danzas tradicionales del carnaval.

[1] Se trata de los calendarios elaborados en el siglo XVIII por Mariano Fernández Echeverría y Veytia, en su intento de correlacionar la secuencia temporal mostrada en las fuentes indígenas con la secuencia cronológica cristiana.

Fotografía 3. Montículo del Cerro de la Luna. Considerado como el Teocalli, hoy lugar de celebraciones culturales. La festividad más longeva es el Altepeilhuitl



Foto: Inés del Rosario Rojas Martínez.

Fotografía 4. Figuras de cerámica y puntas de flecha. En el Cerro de la Luna se suelen encontrar vestigios de cerámica



Foto: Inés del Rosario Rojas Martínez.

ESTADO DE LOS RÍOS TENEXAC Y HUEHUEXOTLA ANTES DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

Los ríos Tenexac y Huehuexotla fueron afluentes de la Cuenca del Alto Atoyac, los cuales corrían de oriente a poniente. El río Tenexac, que fue un lugar de esparcimiento familiar y comunitario en donde los niños y las niñas aprendieron a nadar, también era un punto donde las mujeres de otras comunidades de Tlaxcala y Puebla trabajaban como lavanderas y realizaban muchas otras actividades. En la zona conocida como "agua de gloria" cada una de las señoras tenía su laja, la cual se quedaba en ese lugar o la llevaban y traían y, ya estando en el río, utilizaban la "piedra bola" para lavar las cobijas.

Fotografías 5 y 6. Barranca de Huehuexotla, antes río Huehuexotla



Foto: Inés del Rosario Rojas Martínez.

En el río y en su ribera las personas bebían o aseaban a sus vacas, cabras, caballos, mulas y burros; estos últimos eran utilizados para acarrear el agua a las casas de la población que así lo requerían. También fue un lugar que proporcionó alimentación a la población, con acociles, ranas, cangrejos, pez fino, patos y muchos otros.

El río Tenexac alimentaba a tres zanjas que median entre 30 a 40 cm de ancho, recorrían la comunidad de norte a sur y servían para irrigar los

cultivos en El Batán (hoy calle Constitución), con alfalfa en abundancia y maíz en menor cantidad; había árboles como el sauce llorón, álamos y también frutales como chabacano, capulín y zarzamora.

Fotografía 7. Fundición de Fierro y Bronce de Panzacola



PUEBLA. 83

FUNDICION.

FUNDICION

—DE—

FIERRO Y BRONCE DE PANZACOLA,

(ESTABLECIDA EN 1832.)

—DE—

ACEDO HERMANO Y RIVERO.

En este acreditado establecimiento se construyen *Motores* de todas clases de los que un gran número trabajan actualmente con buen exito en diferentes lugares de los Estados de Puebla y Tlaxcala; *Motores* para fuerza animal; *Arados* de todas clases segun las últimas reformas adoptadas en Inglaterra y los Estados Unidos: *Implementos* de Agricultura; *Desterronadores*, *Cortadores* de paja y forrages; *Molinos* de olote, *Aventadores* para limpiar trigo y otras semillas, *Mayadoras* para sembrar; *Calderas* de todas dimensiones; *Molinos* de aceite y de maiz; *Prensas* de copiar; *Tubos* de todos diámetros para conduccion de aguas ó de vapor; *Retortas* para fabricacion de gas hidrógeno; *Columnas* para faroles, para corredores, escaleras, balcones etc; *Barandales* para los mismos de varios dibujos; *Rejas* para jardines; *Bancos* de fierro, *Mesas*, *Columnas*, *Jarrones*, *Macetas*, etc.

El favor que el público dispensa á esta casa, aumentando considerablemente el consumo de sus productos, es una prueba de la buena calidad de estos, y para mejorarlos, no se omite sacrificio de ningun género á pesar de lo cual los precios son moderados, pudiendo competir con los de los efectos extrangeros, como lo demuestran los numerosos pedidos que se reciben sin interrupcion de Veracruz y otros puntos de la costa.

El esmero y prontitud con que siempre se procura desempeñar toda clase de obras, y la buena cualidad de los materiales empleados, hacen que este establecimiento sea preferido á los otros del mismo género que existen en la República.

Nota: página 83 del *Directorio comercial, agrícola, industrial, profesiones, artes y oficios de las principales poblaciones de la República mexicana del año de 1886*. Biblioteca Histórica José María Lafragua de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
Foto: Iván Pérez Pineda.

INSTALACIÓN DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

El proceso de industrialización de esta región inició en la primera mitad del siglo XIX con la ferrería La Vizcaína, que más tarde dio lugar a la fundición de hierro y acero de Panzacola, de la familia Hermano Acedo y Rivero, fundada en 1832, lo cual contribuyó a dicha transformación (Santibáñez Tijerina, 2018; Sánchez Díaz, 2009; Rosas Salas, 2011).

La fundición y las fábricas textiles que se instalaron posteriormente en la ribera del río Atoyac-Zahuapan -como El Valor, La Josefina (1883), La Tlaxcalteca (1884), Textiles Tenexac (1942)- aprovechaban el gran volumen de su caudal para su funcionamiento, y transformaban la energía hidráulica en energía eléctrica.

Fotografías 8 y 9. Fuente octagonal del tercer patio del edificio Carolino de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (Puebla)





Nota: fue una de las obras de herrería artística de la fundición de hierro y acero de Panzacola, las cuales persisten.
Foto: Inés del Rosario Rojas Martínez.

Fotografía 10. Fábrica de hilados y tejidos "La Josefína"



Nota: página 99 del *Directorio comercial, agrícola, industrial, profesiones, artes y oficios de las principales poblaciones de la República mexicana del año de 1886*. Biblioteca Histórica José María Lafragua de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
Foto: Iván Pérez Pineda.

Fotografía 11. "El Valor" gran fábrica de hilados y tejidos de algodón



Nota. *página 85 del Directorio comercial, agrícola, industrial, profesiones, artes y oficios de las principales poblaciones de la República mexicana del año de 1886*. Biblioteca Histórica José María Lafragua de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México.
Foto: Iván Pérez Pineda.

Al principio se apoyaban para surtirse de materias primas a través del uso de carretas, tranvía de mulas conocidas como "vía de sangre", y posteriormente fue con el ferrocarril de vapor que se inauguró en la estación principal en la ciudad capital del estado de Puebla, por el presidente Benito Juárez García el 16 de septiembre de 1869.

Bien entrado el siglo XX, el sonido de las sirenas textileras y el pito del ferrocarril armonizaban el discurrir del tiempo de Panzacola, así como la algarabía de la gente al recibir agua caliente cuando la máquina del ferrocarril era recargada con el agua fría que se almacenaba en el tanque alto que estaba en la estación ferroviaria de Panzacola.

Fotografía 12. Estación del ferrocarril en Panzacola



Nota: al fondo, convivencia en un domingo entre 1955-1957.
Foto: colección de Francisco Solís.

Fotografía 13. Estación del ferrocarril en Panzacola



Nota: en la estación se abrió un pozo de agua para alimentar a las máquinas que pasaban por esta vía (ruta México-Puebla). Cuando el tren se recargaba de agua fría, sacaban el agua caliente y las personas de Panzacola iban por ella.
Foto: anónimo.

Para resguardar las mercaderías de la fundición y de las textileras, y conservar el orden social, se instaló la partida militar núm. 38 (cuartel militar) que dejó de funcionar hasta 1974, según lo refiere la comunidad.

Con el transcurrir del tiempo, el entorno fue transformándose con el establecimiento de muchas más industrias como un efecto de la estrategia de expansión del sistema capitalista. Se deterioraron las zonas en donde había vida y bienestar social, pues nunca consideraron que debería trabajarse con un plan de desarrollo que cuidara a las personas, los recursos y el medio ambiente. Así se llevó a cabo un proceso de industrialización y urbanización sin controles adecuados extendido a toda la cuenca, que ha provocado la grave contaminación y las afectaciones a la salud de la población.

Ya para la década de 1960, con el proyecto de la autopista México-Puebla, la llegada de Volkswagen a Puebla provocó que se instalara el corredor industrial Panzacola a la vera del río Atoyac, con industrias como: Oso Negro, Malta-Cleyton, Bencafser, Textiles Zaldo, ITISA, todas ellas dotadas de agua a través de pozos; por ejemplo, Oso Negro tenía tres pozos, Textiles Zaldo uno, e ITISA tenía dos pozos. Hasta la fecha, el corredor industrial Panzacola sigue activo, y aunque la industria Oso Negro ya no produce, otras empresas utilizan sus instalaciones.

La gente de Panzacola y del municipio de Papalotla ha sabido adaptarse a los cambios; aunque trabajaba en las fábricas, nunca se separaron del trabajo del campo. A su vez, la industrialización fue detonando procesos de adaptación comunitaria; por ejemplo, la Asamblea Ciudadana de Panzacola, en su mayoría conformada en aquel entonces por varones, planificó tener una escuela secundaria técnica que se instaló hasta el año de 1990 con el nombre de Jesús Reyes Heroles, para que las nuevas generaciones pudieran trabajar como operarios y administrativos en las industrias del corredor industrial.

CONSECUENCIAS DE LA INDUSTRIALIZACIÓN

El río Tenexac tenía un gran caudal que fue disminuyendo sobre todo entre 1995 y 1998, y en este último año quedó totalmente sin agua. Hoy tenemos ahí sólo arena, y se ha transformado en un espacio en donde las personas arrojan cualquier tipo de basura: llantas de automóviles, cortes de tela, plásticos, escombros de construcción y otros desperdicios. Que hoy ya no exista el río Tenexac le quita a las nuevas generaciones la oportunidad de tener un espacio de convivencia con sus familias, con la comunidad y, sobre todo, con la madre tierra.

Consideramos que algunas de las causas de la desaparición del agua en el río Tenexac fue el agotamiento de los manantiales por los pozos de extracción de agua potable e industrial y el crecimiento poblacional con el

establecimiento de las unidades habitacionales de interés social, como el Infonavit-Misiones.

Fotografía 14. Cantera del Cerro de la Luna



Nota. al fondo a la derecha encontramos la barranca Tenexac, por donde fluyó el río Tenexac.
Foto: César Acosta Ortega.

Fotografía 15. Barranca Tenexac



Nota. por ahí corría el río Tenexac. Fotografía tomada después de una jornada de limpieza organizada por la Dirección de Ecología del Ayuntamiento de Papalotla en octubre del 2021.
Foto: César Acosta Ortega.

Fotografía 16. Barranca Xalatla



Foto: César Acosta Ortega.

Fotografías 17 y 18. Brazos adyacentes de la barranca Tenexac (antes, río Tenexac)



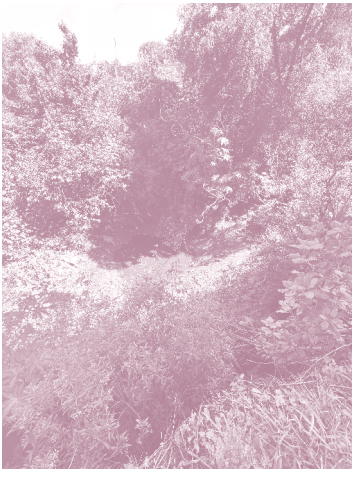


Foto: César Acosta Ortega.

En el año 1999, la presidencia auxiliar de Panzacola solicitó un estudio de factibilidad para abrir un pozo de agua[2] a la empresa Servicios y Estudios Geohidrológicos Unificados S. A. de C. V. de México (SEGUSA), pues el agua ya no era suficiente para la comunidad. Después de este estudio (hace 22 años) se le dio más profundidad al pozo de agua de nuestra comunidad, se limpió el cárcamo y se hizo un tanque elevado, pero se advirtió en el estudio que, si se rascaba más, el agua ya sería fósil, es decir, ya no era recomendable para consumo humano. El día de hoy, como ciudadanía, ya no confiamos en el consumo del agua potable de nuestro pozo; prueba de ello es la existencia de once purificadoras de agua en la comunidad de Panzacola.

Un problema que agrava esa situación es el de las aguas residuales de la tasa de oxidación del municipio de Mazatecochco, que no funciona adecuadamente. En tiempo de lluvias el agua de la tasa de oxidación se desborda en la barranca Huehuexotla y en el cauce del Tenexac, y esto es muy preocupante porque a 20 m de esa barranca está el pozo de donde se extrae el agua potable para la población de Panzacola.

> A pesar de que se han implementado algunas estrategias de saneamiento a nivel estatal, la mejora no existe en las condiciones de nuestro río Atoyac dentro de la comunidad de Panzacola, sea por procesos de corrupción o de omisión por parte de las autoridades sobre el manejo de las aguas residuales, ya que a lo largo del río se han identificado descargas industriales provenientes de fábricas con giro textil que operan sin la aprobación municipal de Papalotla, pero sí cobijados por las esferas más altas del gobierno, una de ellas, Telas del Continente S. A. de C. V., que bajo la justificación de generar empleo, contamina en gran medida nuestro río con aguas residuales, sin dejar espacio a los procesos de biorremediaciones.[3]

[2] Aunque la presidencia de comunidad de Panzacola encabeza la operación de esta obra, todo el mérito de este estudio se debe a la comisión ciudadana de la comunidad de la Panzacola de este tiempo.

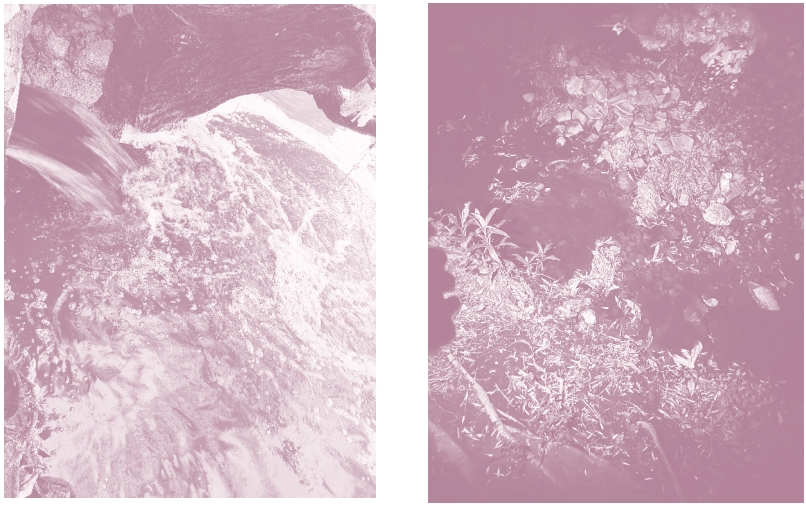
[3] Está afirmación fue realizada en comunicación personal por César Acosta Ortega, director de ecología del municipio de Papalotla del periodo de 2021-2024.

Fotografía 19 y 20. Descargas de la industria textil en el río Atoyac



Nota: fotografías tomadas en el límite entre los municipios de Papalotla y Xicohtzinco.
Foto: César Acosta Ortega.

Fotografía 21. Descarga industrial en el río Atoyac



Notas: fotografías tomadas a la altura del municipio de Papalotla.
Foto: César Acosta Ortega.

VIOLACIÓN A NUESTROS DERECHOS HUMANOS

Retomando hasta aquí, podemos afirmar que el proceso de industrialización se instala en Panzacola en la primera mitad del siglo XIX, y que a partir de la década de 1960 se expande sin control en la cuenca Atoyac-Zahuapan. Desde entonces, permite la explotación de los mantos acuíferos de nuestra comunidad y la descarga industrial de aguas residuales sin saneamiento. Esto se mantiene así, a pesar de que desde el año 2012 se integran en la Constitución el agua y el saneamiento como derechos humanos.

Sabemos entonces que, conforme a la Constitución y a los acuerdos internacionales sobre derechos humanos, los gobiernos, federal, estatal y municipales tienen la obligación de garantizar el derecho humano al agua y su saneamiento, pero hasta ahora no lo han hecho.[4] Con lo que sucede en Panzacola, sabemos que se violan nuestros derechos a un ambiente limpio y sano, a tener agua suficiente y de calidad, y a la salud pues, además de esto que ya vivimos en la comunidad y en el municipio de Papalotla, sabemos que recibimos la contaminación industrial acumulada que proviene de los municipios por los que corren los ríos Zahuapan y Atoyac, antes de unirse en Xicohtzinco.

A la fecha no se visualizan acciones en favor de nuestros derechos; más bien nos quieren seguir engañando con el argumento de que si se instalan más industrias habrá más empleos y desarrollo en la región,[5] y con la imposición de leyes por las que dicen que se administrará mejor el agua cuando en realidad lo que buscan es mercantilizarla y privatizarla, como sucede con

[4] Consultar el artículo 4 de la Constitución mexicana, la observación núm. 15 al Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (PIDESC), y el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales (Acuerdo de Escazú).

[5] Sobre el asunto del empleo que ofrecen las empresas, el maestro Samuel Rosado Zaidi, investigador de la UNAM, ha mostrado en varias intervenciones públicas en Tlaxcala y virtuales que la industria manufacturera genera solamente entre el 16 y el 19% del empleo en la región y en el país.

la iniciativa presentada al congreso en febrero de este año –iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la ley para la prestación de servicios de agua potable y saneamiento del estado de Tlaxcala–.

Fotografías 23 y 24. El río Atoyac, en los límites entre San Lorenzo Almecatla, Puebla y Papalotla, Tlaxcala





Nota: el río alimentaba la industria La Fundición, las textileras La Tlaxcalteca y la Josefina, las cuales se encuentran abandonadas y deterioradas. De acuerdo a la descarga de la industria, cambia el color del río.
Foto: José David López Santos.

Esa iniciativa de ley se orienta a soluciones administrativas que benefician a las empresas e industrias, sin orientar a que asuman su responsabilidad sobre la contaminación del medio ambiente, al que seguirán enfermando y matando. De aprobarse, esta iniciativa de ley afectará a las personas de menos recursos en Panzacola, quienes no podrían pagar altas cuotas por el servicio de agua.

Consideramos que es muy importante capacitar a los ayuntamientos en su competencia para elaborar estrategias para gestionar y obtener recursos para el mantenimiento de las instalaciones y el abastecimiento del agua potable para la población. Igualmente, habrá que generar mayor conciencia comunitaria para cuidar el agua potable y cubrir las cuotas necesarias para cubrir el costo que tiene que el agua llegue a nuestros hogares. En Panzacola el agua, el tanque elevado y el pozo de la comunidad no deben convertirse en una mercancía como plantea la iniciativa de ley. El agua es la fuente de vida de nuestra comunidad y tenemos la tarea de defenderla.

LA ESPERANZA MUERE AL ÚLTIMO

Con todo esto, la vida nos ha enseñado que es a través de la organización consciente y popular que podremos hacer los cambios en beneficio de la comunidad y de la naturaleza. Por ejemplo, la experiencia de la contaminación del río Tenexac y Huehuexotla y la contaminación que provocó la empresa de Procesos Bio Integrales de México, S.A. de R.L. de C.V. frente a la que la ciudadanía incidió para que actualmente exista una autoridad municipal que busca el bien común, como la Dirección de Ecología municipal.

En julio de 2020, quienes escribimos este artículo nos integramos al grupo de Huehuexotla. Sus integrantes ya tenían tiempo organizados para enfrentar diversas situaciones relacionadas con problemas ambientales, y en ese momento estaban organizándose para hacer algo respecto al mal olor que emitía la empresa Procesos Biointegrales de México.

Acudimos a varias reuniones y se fueron gestando marchas; al no tener respuesta favorable de la autoridad municipal, se hizo un primer cierre de la carretera federal entre los límites de los municipios de Xicohtzinco y Papalotla. En las marchas, conocimos a varios grupos organizados como: ejidatarios de Palula, compañeros de Xicohtzinco y mujeres de las cercanías de la empresa.

> La realización de estas acciones provocó que el gobernador pusiera atención a lo que estábamos demandando como ciudadanía, así que convocó a algunos compañeros a una reunión. Se llevo a cabo dicha reunión en el palacio de gobierno de Tlaxcala; entró una comisión y entregó un escrito para dialogar con el gobernador. Continuamos uniéndonos y formándonos sobre la problemática, dirigiendo escritos a las dependencias pertinentes en el estado, pero no había respuesta.

Hartos de las emisiones fétidas, se llevó a cabo una marcha en septiembre de 2021 y se cerró nuevamente la carretera a la altura de la empresa. Después de esa marcha llegaron cartas a varios compañeros del grupo por parte de la Secretaría de Gobernación, citándolos a dialogar.

Las personas convocadas acudieron al palacio de gobierno en Tlaxcala, mientras que las demás nos mantuvimos en plantón afuera. A pesar de la reunión, no hubo una resolución a favor de nuestra demanda para que la empresa Procesos Biointegrales dejara de contaminar a la comunidad con los malos olores.

Tiempo después se relajó la situación y llegó el tiempo electoral. Convocamos a todas las personas que aspiraban a la presidencia municipal de Papalotla para cuestionarles sobre la ecología, el agua potable y el drenaje, pero solamente acudió el candidato de Redes Sociales Progresistas,[6] quien se presentó y nos ofreció a un abogado para asesoría legal sobre el caso.

[6] Redes Sociales Progresistas era el nombre de un partido político que tuvo registro federal del 2020 al 2021, y que logró su aprobación en Tlaxcala como partido local en el 2022.

Uno de los compañeros del grupo de Huehuexotla participó activamente en el partido político que resultó ganador. Así que, en una de nuestras reuniones, se comentó con el coordinador la importancia que tendría asumir la dirección de ecología del municipio de Papalotla de Xicohténcatl, y la propuesta fue aceptada. Fue así como logramos que dos de nuestros compañeros del grupo asumieran la dirección y subdirección de ecología para el actual periodo de gobierno 2021-2024. Desde su responsabilidad como autoridad municipal, el coordinador del grupo Huehuexotla, el maestro biólogo César Acosta Ortega y las personas de la comunidad, a través del debido proceso, logramos cerrar definitivamente la empresa de Proceso Biointegrales de México, en abril de 2022. Esto fue resultado de la creación e implementación del reglamento de ecología y protección al ambiente del municipio de Papalotla de Xicohténcatl que hizo el director de ecología del ayuntamiento actual.

Luego de seis meses en el cargo, para evitar conflictos por cuestiones de parentesco, el coordinador del grupo Huehuexotla dejó la dirección de ecología municipal y asumió el cargo el maestro biólogo César Acosta Ortega, después de restablecerse de un atentado contra su vida en una diligencia en campo, en la zona de las faldas de la Matlalcuéyetl perteneciente al municipio.

Como grupo Cihuatl, y siendo parte del grupo Huehuexotla, seguimos denunciando la contaminación, la sobreexplotación y la no preservación del agua en nuestro municipio y comunidad. Estamos desarrollando acciones de difusión para concientizar a la ciudadanía adulta sobre la importancia de su participación a través de periódicos murales, difusión de infografías, trípticos, carteles, recolección de firmas.

Estamos trabajando con las juventudes, a través de un proyecto en el Colegio de Bachilleres del Estado de Tlaxcala (Cobat), plantel 05, con el fin de generar un pensamiento crítico de la realidad con un grupo de jóvenes, que les permita tener elementos para incidir frente la devastación socioambiental en donde sea que se encuentren.

CONCLUSIONES

Para revertir la devastación socioambiental consideramos necesario tomar en cuenta la importancia de los siguientes aspectos:

- Trabajar con las juventudes sobre sus derechos, obligaciones y fortalezas; promover que se asuman como ciudadanas y ciudadanos conscientes de su propio consumo y capaces de promover la transformación de las causas que generan la devastación socioambiental.
- Reconocer que sólo con organización consciente y popular se puede incidir ante las dependencias gubernamentales y privadas para que asuman su responsabilidad y mantengan un medio ambiente amigable.
- Promover una ciudadanía que se indigne ante la contaminación de la naturaleza y se organice para transformarla.
- Conocer el lugar donde nos tocó nacer y vivir hará que valoremos y reconozcamos que tenemos una identidad y que pertenecemos a un ecosistema por el cual debemos luchar, debemos defender, proteger, cuidar y amar.
- Considerar que la incidencia como ciudadanos y ciudadanas es necesaria para que las autoridades municipales favorezcan y garanticen el derecho a un medio ambiente sano, al agua y al saneamiento.
- Reconocer que la formación y actuación de personal profesional y amante de su vocación facilitará que se regularice el trabajo de las industrias que están en toda nuestra cuenca Atoyac-Zahuapan y las formas en las que deben tratar sus desechos y aguas residuales.
- Instar a que todas las personas que tienen un cargo dentro de una institución gubernamental tengan formación en su área y compromiso social por el medio ambiente.

EXHORTAMOS:

- A que los diferentes municipios de Tlaxcala cuenten con un director de ecología profesional consciente de los daños ambientales que tenemos en la cuenca, y amante de su profesión.
- A la población, para que reconozcamos nuestra identidad indígena y llevemos a cabo acciones para que la armonía y el respeto reine en nuestra madre tierra.

¡No hay justicia social sin justicia ambiental!

REFERENCIAS

Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C. (28 de marzo de 2022). *Foro Cuenca Atoyac-Zahuapan entre la Devastación y la Esperanza*. Facebook. https://www.facebook.com/centrofrayjuliangarces/videos/1647386229015999.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal) Naciones Unidas. (2018). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43595/S2200798_es.pdf

Congreso del Estado de Tlaxcala. (2023). *Iniciativa con proyecto de decreto por el que se expide la Ley para la Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento del Estado de Tlaxcala*. https://congresodetlaxcala.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/14-02-23-Se-Expide-la-Ley-para-la-Prestaci%C3%B3n-de-Servicios-de-Agua-Potable-y-Saneamiento-del-Estado-de-Tlaxcala.pdf

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM). Art. 4, 1917. México.

Fernández de Echeverría, M. (1907). *Los calendarios mexicanos*. Museo Nacional de México. https://bvpb.mcu.es/es/consulta/registro.do?id=469722.

Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales [PIDESC]. *Observación Nº 15: El derecho al agua (artículos 11 y 12 del Pacto Internacional*

de Derechos Económicos, Sociales y Culturales). https://aguaysaneamiento.cndh.org.mx/Content/doc/Normatividad/Observacion15_DESC.pdf.

Rosas Salas, S. F. (2011). Inmigración, inversión e industria en Puebla: La trayectoria empresarial de los hermanos Díaz Rubín, 1878-1914. *Tzintzun. Revista de estudios históricos*, (53), 11-46. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-28722011000100001&lng=es&tlng=es.

Sánchez Díaz, G. (2009). Los orígenes de la industria siderúrgica mexicana: Continuidades y cambios tecnológicos en el siglo XIX. *Tzintzun. Revista de estudios históricos*, (50), 11-60. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188287220090002000001&lng=es&tlng=es

Santibáñez Tijerina, B. E. (2013). *Industria y trabajadores textiles en Tlaxcala. Convergencias y divergencias en los movimientos sociales, 1906-1918*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, (BUAP).

3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial

Ivonne Bagnis Rivadeneyra

INTRODUCCIÓN

Con el fin de contar con un entendimiento cabal de los conflictos y los derechos humanos actuales de Atlihuetzian, es importante disponer de una visión histórica que nos dé el marco del desenvolvimiento de los procesos por los cuales ha pasado esta comunidad.

Por lo tanto, es necesario conocer la historia de Atlihuetzian y su territorio, donde se desarrollaban actividades como la agricultura, comercio, religión y arquitectura, entre otras, así como el dominio espacial que allí se tenía del entorno ecológico para edificar sus aldeas y sus redes de intercomunicación con otros asentamientos.

En la distribución de estos asentamientos existía un equilibrio en la región, lo que permite ver que en Atlihuetzian se daba la interrelación estrecha del hombre con la naturaleza, ajustándose aquel a su medio ambiente y no imponiéndose sobre éste. La visión histórica permite conocer los procesos que se han dado y poder entender cómo, cuándo y por qué se perdió esa íntima relación de la comunidad con la naturaleza, hasta llegar al presente. En la actualidad se ha perdido el sentido de

pertenencia de la tierra en muchos de sus habitantes, quienes venden sus parcelas para que se hagan fraccionamientos, arguyendo que está llegando la modernidad y el progreso. Sin embargo, es todo lo contrario, ya que no sólo se está perdiendo la calidad de vida, sino la armonía hombre-naturaleza.

Esperamos con esto contribuir a crear conciencia y defender nuestro territorio y nuestra cuenca, para que en un futuro no seamos desplazados por este crecimiento desordenado que conlleva el deterioro y desaparición de nuestros recursos, en especial del agua.

ANTECEDENTES HISTÓRICOS. SANTA MARÍA ATLIHUETZIAN

ÉPOCA PREHISPÁNICA

Los primeros grupos que aparecieron en Atlihuetzian se registran del año 12000 al 10000 a.n.e., testimonios que se encuentran manifiestos en las pinturas rupestres de Santa María Atlihuetzian. Estos pueblos se establecieron en las riberas del río Zahuapan y se alimentaban de una agricultura incipiente y de lo que les proporcionaba la naturaleza. En las diferentes fases de la historia de Tlaxcala, Atlihuetzian probablemente se haya transformado poco a poco de aldea a villa, hasta que, en la fase Texcalac, alcanzó el rango de señorío.

En esta fase ya los señoríos dan un vuelco en el tipo de construcciones; sustituyen los altares y templos para dar paso a la arquitectura de carácter civil, centrándose más en la construcción de los palacios y casas de los gobernantes que en las de carácter ritual. Grandes plataformas para soportar las construcciones habitacionales y cívicas hacen la diferencia en esta fase, frente a las que le precedieron. Para el año 1100 a.n.e Tepeticpac ejerció el liderazgo sobre todos los señoríos existentes, entre los cuales estaban Yauhquemehcan y Atlihuetzian.

La consolidación del estado tlaxcalteca se dio gracias a la batalla que libraron contra los huejotzincas en Tepeticpac, donde participaron los guerreros de Yauhquemehcan y Atlihuetzian en 1348 a.n.e, como hace referencia el historiador Diego Muñoz Camargo (como se citó en Paredes, 2003).

El señorío de Yauhquemehcan se estableció al oeste del actual Apizaco, pero fue de menor dimensión que el de Atlihuetzian. La organización social en estos señoríos estaba formada por los señores de la guerra, los artesanos, los comerciantes y los campesinos, quienes obedecían a un Señor, la máxima autoridad que residía en cada una de las cabeceras. Yauhquemehcan y Atlihuetzian son dos de los 24 señoríos que integraban la República de *Tlaxcallan*. Los guerreros de Yauhquemehcan y Atlihuetzian, comandados por Xicohténcatl Axayacatzin, se enfrentaron a los ejércitos de Hernán Cortés, cuando éstos penetró a territorio tlaxcalteca (H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, 2021).

ÉPOCA COLONIAL

Una de las referencias más antiguas de Atlihuetzian (Atlihuetzian, "donde la caída de agua") en esta época se encuentra en el Lienzo de Tlaxcala, donde se observa la llegada de Hernán Cortés. Allí se representa la entrada al pueblo de Atlihuetzian donde fue recibido Cortés y su gente por Piltecutli y Acxotecatl, señores y caciques de aquel pueblo, y por señores de otros lugares, como Xicohtencatl.

Estos señores fueron bautizados con el nombre de don Diego Piltecutli (primer fiscal nombrado en Tlaxcala) y don Gonzalo Acxotecatl, quien fungiría como importante jefe militar en el sitio de México Tenochtitlán, y por sus méritos recibió la custodia de la virgen conocida como La Conquistadora. Estos caciques y sus descendientes gozaban de las mejores tierras cercanas a la caída de agua y se presentaban como beneficiados y depositarios de nombramientos y favores como aliados de Hernán Cortés y del padre Juan Díaz, en lo virtual y espiritual.

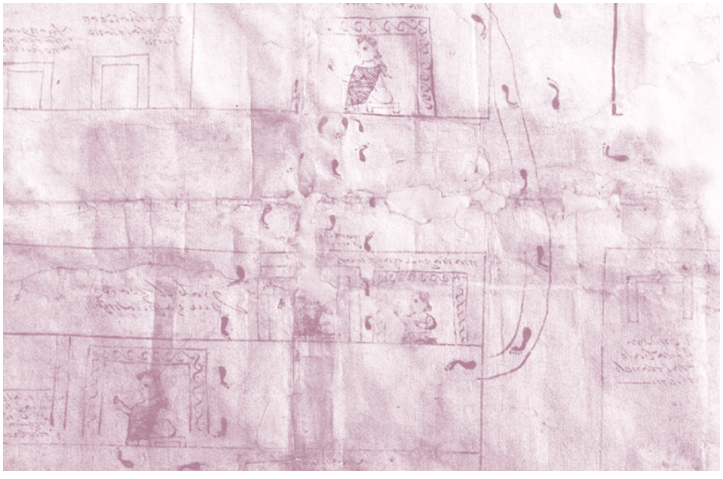
Era clara la jerarquía que Atlihuetzian tenía en la zona; contaba con la presencia de frailes y es sede de uno de los primeros conventos franciscanos fundados en Tlaxcala (La Asunción de Nuestra Señora en Tlaxcala, Santa María Concepción, Concepción Purísima en Atlihuetzian y San Francisco Tepeyanco). Se calcula que la construcción del convento de Atlihuetzian comenzó en el 1554 como una iglesia de doctrina, y de ésta dependían 28 iglesias; probablemente, la terminaron en 1560. El convento fue considerado de visita, construcciones modestas en los pueblos que eran atendidos por clérigos de los conventos (Paredes, 2003). Esta localidad es uno de los tres sitios que han sido sede de los conventos que fueron la avanzada en la evangelización en la Nueva España.

Fotografía 1. Encuentro de Xicohtencatl con Hernán Cortés, detalle



Nota. Lienzo de Tlaxcala, Fragmentos de Texas, 1530-1540.
Foto: Vázquez (2019).

Fotografía 2. Fragmento Códice Atlihuetzian, siglo XVI



Nota. Archivo Fiscales de Santa María Atlihuetzian Tlaxcala (AFSMA).
Foto: Gómez y Mauleon (2020).

Fotografía 3. Fragmento del Códice Atlihuetzian, siglo XVI



Nota. Archivo Parroquial de San Bernabé Amaxac de Guerrero.
Foto: Gómez y Mauleon (2020).

Las fotografías 2 y 3 representan fragmentos del Códice Atlihuetzian del siglo XVI que muestran las tierras de Diego Quetzalcuatzin, situadas en la medianía del sitio de la iglesia. Éstas lindan con las tierras de don Diego Piltecutli hasta el puente del río y suben hasta lindar con las tierras de Acxotecatl, donde se demuestra una convivencia de linajes. Se representa el convento, el río Zahuapan, el puente marcado con claridad, el camino que recorrió Cortés y las casas señoriales de los caciques.

A partir de la secularización de las doctrinas, durante el pontificado de Juan de Palafox y Mendoza Atlihuetzian perderá su antiguo estatus para dar paso a la nueva parroquia en 1641 bajo el patronato tutelar de San Dionisio Obispo de París, parroquia adscrita a la cabecera municipal (San Dionisio Yauhquemehcan). Los religiosos abandonaron el claustro del convento de Atlihuetzian en 1770.

Fotografía 4. Convento de la Purísima Concepción, Santa María Atlihuetzian



Nota: hasta la fecha no ha podido constituirse como parroquia por conflictos en la comunidad. Actualmente es Vicaría Territorial y Santuario de los Niños Mártires.
Foto: Myriam Mercado Acosta (2010).

Atlihuetzian y Yauhquemehcan pasaron a formar parte de la Provincia de Tlaxcala, una república gobernada por indios. Yauhquemehcan se resistió a enajenar sus tierras gracias a que predominaba la población indígena, ya que era lugar de residencia de las casas nobles. Sin embargo, ya para fines del siglo XVII se empezó a poblar de españoles. A finales de La Colonia, las poblaciones de Yauhquemehcan y Atlihuetzian dependían de la producción agrícola y pecuaria, y tal vez de algún obraje que funcionaba en la región. Políticamente, las dos poblaciones se encontraban dentro del *tenientazgo* (cuarteles) de Santa Ana Chiautempan de conformidad con la división territorial, los cuales funcionaban como gobiernos locales.

SIGLO XIX

LA INDEPENDENCIA

No se sabe acerca de los motivos que tuvo el Ayuntamiento de San Dionisio Yauhquemehcan de sumarse a los anexionistas, pero probablemente fueron las presiones que ejercieron algunos notables del lugar. El territorio de Tlaxcala quedó organizado en siete partidos, y el municipio de Yauhquemehcan quedó dentro del de Santa Ana Chiautempan.

Yauhquemehcan participó en el Congreso Constituyente de Tlaxcala y votó para que fuera electo primer gobernador don Guillermo Valle, quien se hizo cargo de la gubernatura el 9 de junio de 1837. Una de las preocupaciones inmediatas del nuevo gobierno fue el ramo de educación primaria, para lo cual establecieron siete juntas directivas que tendrían a su cargo la promoción, fomento y dirección de la instrucción pública. Yauhquemehcan quedó dentro de la quinta sección, con cabecera en Apetatitlán (H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, 2021).

LA REFORMA

Durante la ocupación francesa, Tlaxcala fue uno de los 50 departamentos en los que se organizó políticamente el Imperio. Para sorpresa de los poblanos, entre los cuatro distritos en que quedó dividido el departamento de Tlaxcala, Zacatlán fue uno de ellos. Los demás fueron Tlaxcala, Huamantla y Tlaxco. Yauhquemehcan fue considerado un municipio bajo la jurisdicción del distrito de Tlaxcala.

EL PORFIRIATO

Los cambios que se dan en la época del porfiriato en el municipio de Yauhquemehcan, durante el periodo de Próspero Cahuantzi, consisten en que en lugar de pertenecer al distrito de Hidalgo se integran al distrito de Cuauhtémoc, y después de cinco años desaparecen éstos y quedan sólo cuatro municipios.

Próspero Cahuantzi buscaba obtener una mayor recaudación fiscal a través de incrementar los impuestos, así como la base fiscal, para lo cual expidió la Ley de Hacienda que entró en vigor el 5 de mayo de 1897. En esta ley se establecía que los predios rústicos con valor superior tendrían que pagar el 8 al millar a la tesorería del estado, y los predios con valor entre 50 y 100 pesos tendrían que pagar el impuesto a los municipios. Para tener más recaudación fiscal, Cahuantzi empezó a reevaluar las propiedades. Por consiguiente, los dueños de predios de Yauhquemehcan consideraban injusta dicha ley, ya que no sólo se incrementarían los impuestos existentes, sino que además se cobrarían nuevos impuestos por los terrenos que estaban exentos de pago por el poco valor que tenían. Además de Yauhquemehcan, los pueblos que se unieron para la derogación de esta ley fueron Chiautempan, Xaltocan y Santa María Atlihuetzian.

Mientras se peleaban centralistas contra federalistas, en Atlihuetzian se empezaba a formar un incipiente desarrollo de industrias como el

molino de trigo Molino de Jesús y la fundidora de hierro El Esfuerzo Mexicano. Ésta se estableció frente la cascada de Atlihuetzian y la Cascada del Toro (Paredes, 2003).

LA REVOLUCIÓN MEXICANA Y POSREVOLUCIÓN

Durante la etapa de la Revolución mexicana no se dio ningún suceso relevante en Atlihuetzian ni en Yauhquemehcan y, al parecer, tampoco durante la gubernatura en Tlaxcala de Antonio Hidalgo. En 1923, el Molino de Jesús pasó a propiedad de Guillermo Carbajal, quien era industrial en el ramo eléctrico; éste lo convirtió en la primera planta hidroeléctrica y así, con la cooperación de los vecinos de 25 pesos y postes chuecos de sabino, instaló un foco en la calle principal (Paredes, 2003).

ÉPOCA CONTEMPORÁNEA

Las dos poblaciones más importantes del municipio de Yauhquemehcan, San Dionisio –su cabecera– y Atlihuetzian, se han mantenido como zonas habitacionales con producción agrícola para el autoconsumo. Su población se dedica a los servicios, el comercio y a trabajar en las empresas fabriles de Apizaco y, en menor proporción, a las empresas y comercios de Santa Ana Chiautempan y Tlaxcala.

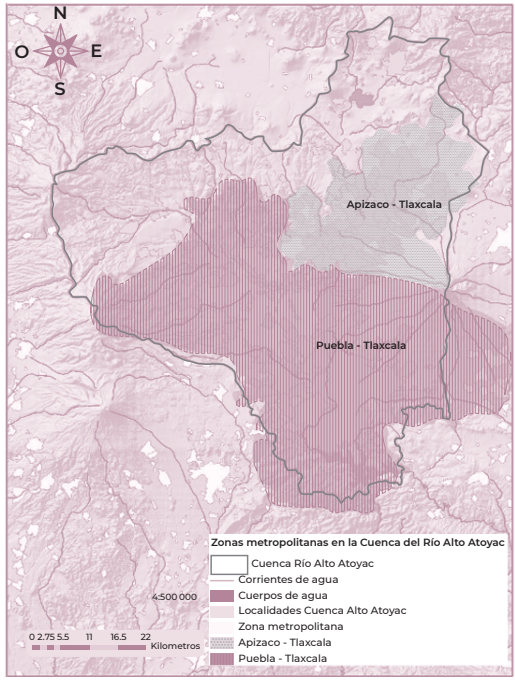
El crecimiento poblacional de Atlihuetzian durante el siglo xx se sustentó en los indicadores propios de la comunidad, sin interferencias externas. Pero a partir del crecimiento de la conurbación de la ciudad de Apizaco, Atlihuetzian está en la mira de la expansión de la zona metropolitana, ocasionando la embestida de los desarrolladores inmobiliarios (H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, 2021).

VISIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

El 80% de los municipios de Tlaxcala forman parte de la cuenca de Atoyac-Zahuapan, reconocida como una región de emergencia sanitaria y ambiental. Esta zona tiene un alto impacto negativo por la contaminación de los ríos, ocasionada por la desmedida urbanización y la industrialización en el estado, así como por la falta de una regulación o la omisión de las autoridades.

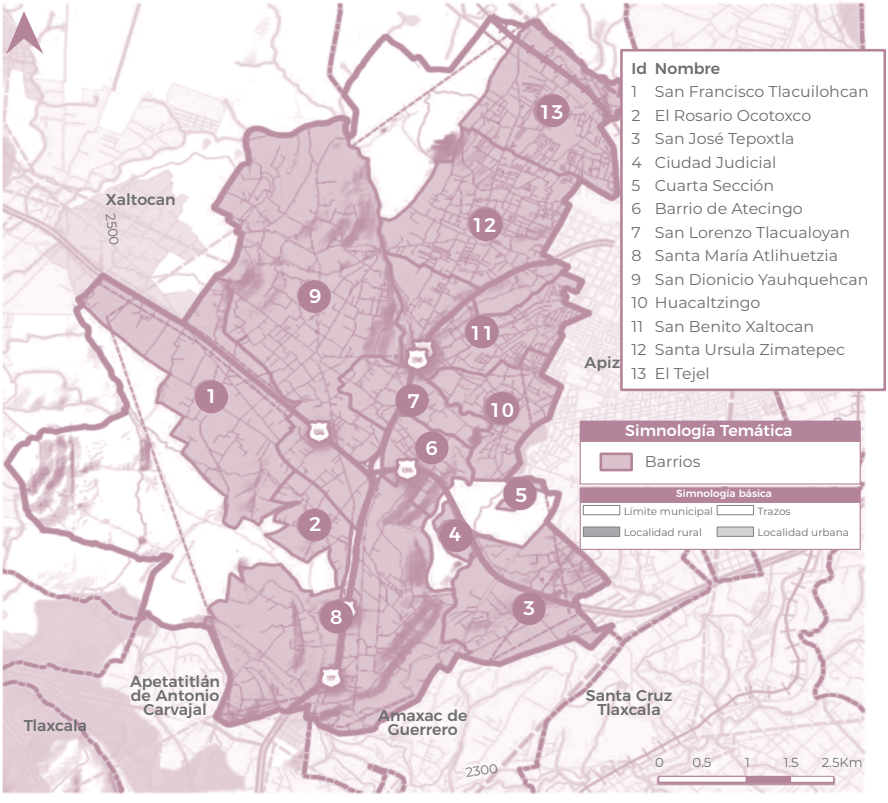
El municipio de Yauhquemehcan y la localidad de Santa María Atlihuetzian forman parte de esta cuenca, y no son ajenos a lo antes mencionado.

Mapa 1. Zona metropolitana de la Cuenca del Alto Atoyac



Fuente: Altieri-Ramírez (2019).

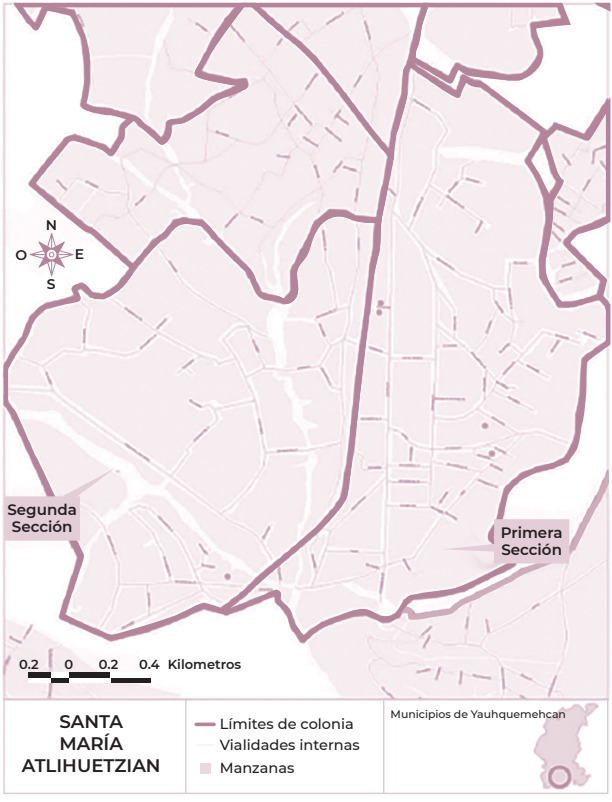
Mapa 2. Municipio de Yauhquemehcan



Fuente: Programa Municipal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, H. Ayuntamiento Yauhquemehcan (2023).

A partir de los años cincuenta del siglo pasado, debido a los grandes latifundios que existían en Tlaxcala y a la gran desocupación en el campo, las personas campesinas empiezan a invadir las haciendas y a demandar tierras. Como consecuencia de esto, se hace inminente impulsar la industrialización del estado para dar trabajo a las personas del campo que no tenían tierras, y por esta razón se crea un corredor industrial en el sur del estado.

Mapa 3. Santa María Atlihuetzian y sus localidades



Fuente: H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan (2011).

En 1965 se impulsa, con el Plan Tlaxcala, una industrialización moderna y se incentiva a los capitalistas para que inviertan en el estado, con la finalidad de crear trabajo para quienes están desempleados. A la vez, se promulga la Ley de Fomento Industrial que promueve la exención de impuestos y predial por 25 años a todos los que quieran invertir en Tlaxcala; ya para 1970 había seis parques industriales. En 1972, con la descentralización de la industria en la Ciudad de México, Tlaxcala se ubica en una zona prioritaria para su reubicación.

De 1975 a1981 el gobernador de Tlaxcala, Emilio Sánchez Piedras, inspirado en la teoría desarrollista del momento, impulsa todavía más la industria; el estado contaba con la infraestructura carretera y mano de obra barata como incentivo para que los capitales invirtieran en Tlaxcala, por lo que crea los corredores industriales.

Con la finalidad de capacitar mano de obra para las nuevas industrias se creó el Instituto Tecnológico de Apizaco, la Universidad Autónoma de Tlaxcala, los subsistemas CECyTE, Cecati y Conalep. Durante este periodo se construyeron 250 empresas entre las que están Resistol, Aplicaciones Electrónicas, Sanitaria de Tlaxcala, Aceros Duramex, entre otras, y se crearon 12 863 empleos (González, 2006).

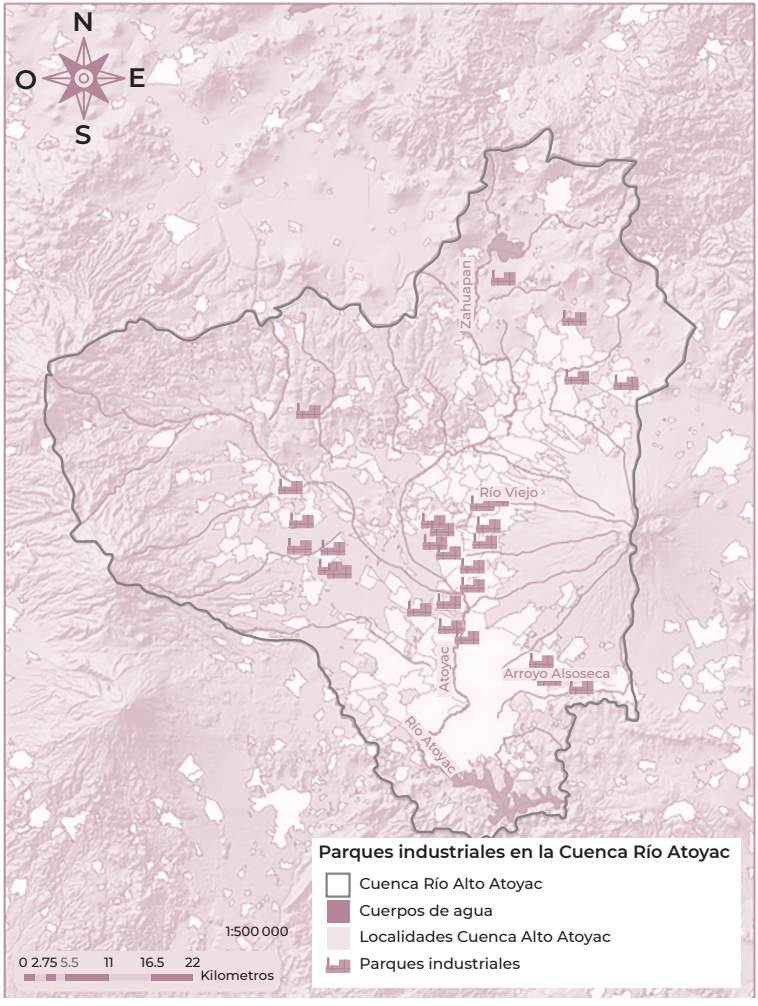
En 1979 se crea Ciudad Industrial Xicohténcatl I en Tetla de la Solidaridad; en el 2000, Ciudad Xicohténcatl II en Tlaxco y Ciudad Xicohténcatl III en Huamantla (González, 2006).

La industrialización del país tuvo como consecuencia un desequilibrio entre la naturaleza y el ser humano; transformó la vocación por la tierra y el cambio en los usos de suelo; zonas de bosque pasaron a ser zonas de cultivo y pastoreo, y luego a procesos de urbanización. Se fue modificando el territorio con una política estatal de expropiación de tierras destinadas a la agricultura para crear la infraestructura necesaria que satisficiera las necesidades demandadas por esta industrialización y, como consecuencia de esto, la creación de asentamientos humanos irregulares.

En las zonas metropolitanas Puebla-Tlaxcala y Tlaxcala-Apizaco se ha provocado un desarrollo poco equitativo entre los pueblos que se interconectan. Además, no se han dado los mismos procesos de desarrollo ni de integración, ya que sólo se benefician las ciudades de estas zonas metropolitanas y los corredores por donde pasa la carretera. Los corredores urbanos han transformado el ambiente natural de las comunidades, dado que se establecen más asentamientos humanos en terrenos de cultivo con deficiencia en infraestructura, servicios, equipamiento urbano, entre otros, lo cual ocasiona un deterioro ambiental. Este crecimiento se

ha llevado a cabo sin un plan de urbanización sustentable que resuelva las desigualdades sociales e inequidad entre las zonas urbanas y las periferias, así como sin acciones que mitiguen y restauren el medio ambiente.

Mapa 4. Parques y corredores industriales en la Cuenca del Alto Atoyac



Fuente: Altieri-Ramírez (2019).

Ya en 2006 se veía cómo crecía la mancha urbana de la zona metropolitana de Apizaco, la cual estaba invadiendo la reserva territorial de los ejidos de Santa Anita Huiloac y el de San Miguel Contla, y teniendo un inminente crecimiento hacia las comunidades de Atlihuetzian, Yauhquemehcan y Tetla. Para apoyar el Programa Director Urbano de la Zona Conurbada Intermunicipal de Apizaco, Santa Cruz Tlaxcala, Tetla, Atlihuetzian, Xalostoc y Yauhquemehcan se hacía inminente promover programas parciales para identificar con claridad la problemática particular de cada municipio conurbado (Sesin-Marín, 2006).

Un grupo de vecinos, preocupados por el crecimiento de la mancha urbana y de los problemas ocasionados por una falta de ordenamiento en la comunidad de Santa María Atlihuetzian, se dieron a la tarea de impulsar un diagnóstico de desarrollo urbano –Estudio de Mejoramiento Urbano de la Zona Oriente de Santa María Atlihuetzian–, realizado por parte de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y apoyado con recursos del gobierno estatal.

Este diagnóstico fue el detonante para que en el 2006 se hiciera, por parte del presidente municipal de Yauhquemehcan, Carlos Tamayo, el estudio para promover el Programa Parcial de Desarrollo Urbano de Santa María Atlihuetzian, Tlaxcala (Gobierno del Estado de Tlaxcala, 2013). Este programa tenía como objetivo fomentar el desarrollo, el reordenamiento territorial y la protección del medio ambiente en la localidad, buscando el mejoramiento de la calidad de vida de la población, y coadyuvar al desarrollo social y económico de la localidad y zona de influencia.

La ubicación de la comunidad de Santa María Atlihuetzian permite que el gran proyecto de comunicación carretero entre los estados de México, Morelos, Hidalgo, Puebla, Veracruz, Tlaxcala y la Ciudad de México la sitúe en un punto estratégico para su desarrollo, a lo que se suman sus atractivos turísticos, paisajes, zonas culturales, tradiciones, etc. Además, cuenta con una gran extensión de tierra de cultivo que durante mucho tiempo ha servido para satisfacer el autoconsumo de sus habitantes; sin embargo, esta misma tierra hace que la comunidad esté en la mira de los

agentes inmobiliarios para la construcción de fraccionamientos dirigidos a una población de altos ingresos, así como para una expansión de la zona metropolitana Tlaxcala-Apizaco. Esta situación ha ocasionado que las y los pobladores de la comunidad vean con buenos ojos obtener ingresos con la venta de estas tierras, sin tener en cuenta las repercusiones negativas que esto pueda tener, como se señala más adelante.

En la zona de delimitación del área de estudio del Plan Parcial de Desarrollo de Atlihuetzian no entran todos los barrios que conforman la comunidad, como El Llano, Atencingo, Tepoztla, Chimalpa y El Cerro de Tepenacasco. Si bien no están dentro del plan, éstos están determinados como zona agrícola y de reserva ecológica; tienen una densidad de una a cinco viviendas por hectárea con un coeficiente de ocupación del suelo (COS) del 30% y con densidad máxima de 0.03 de coeficiente de utilización del suelo (CUS), superficie mínima de terreno por vivienda de 2 000 m, de acuerdo al Programa Director Urbano de la Zona Conurbada Intermunicipal de Apizaco, Santa Cruz Tlaxcala, Tetla, Tzompantepec, Xalostoc y Yauhquemehcan (PDUZC).

Actualmente el Plan Parcial de Desarrollo Urbano tiene definido el uso de suelo de la localidad de Santa María Atlihuetzian en concordancia con diferentes ordenamientos jurídicos:

- Marco Jurídico del H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, año 2006.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General de Asentamientos Humanos.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.
- Ley Federal de Vivienda.
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala.
- Ley de Ordenamiento Territorial para el Estado de Tlaxcala.
- Ley de Ecología y Protección al Ambiente del Estado de Tlaxcala.
- Ley de Aguas del Estado de Tlaxcala.
- Ley de Protección y Conservación de Monumentos y Edificios del Estado de Tlaxcala.
- Ley Municipal del Estado de Tlaxcala.

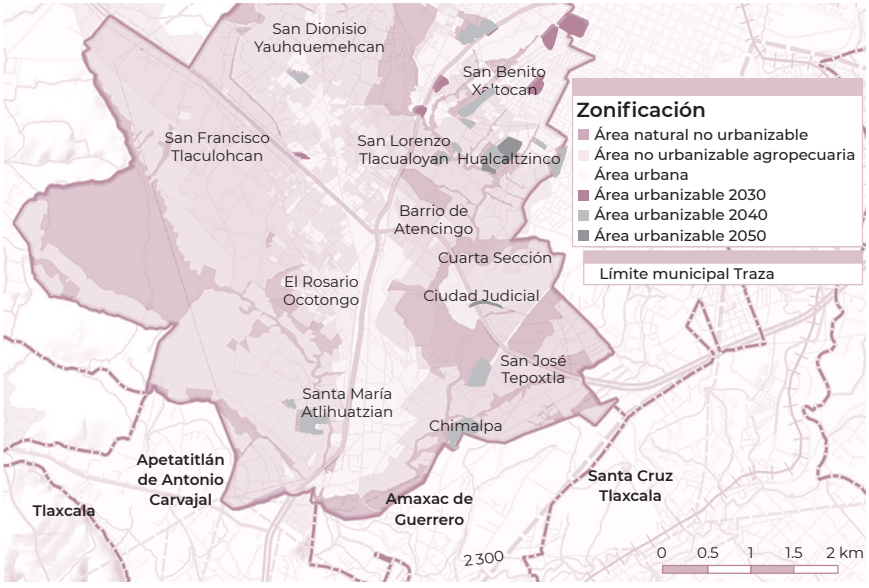
Mapa 6. Ubicación geográfica Programa Carretero



Fuente: Programa Parcial de Desarrollo Urbano de Santa María Atlihuetzian Municipio de Yauhquemehcan, Tlaxcala (junio de 2006).

En el Programa Parcial de Desarrollo Urbano está establecido el uso de suelo, y se definen los usos habitacional, industrial y mixto. El uso de suelo en Atlihuetzian es H1: es habitacional unifamiliar de baja densidad, de una a cinco viviendas con el adecuado aprovechamiento de la infraestructura y el equipamiento urbano (H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, 2006). El plan parcial prevé el crecimiento natural de la población y establece zonas urbanizables y zonas de preservación, y no un crecimiento acelerado y desordenado como el que se está dando actualmente.

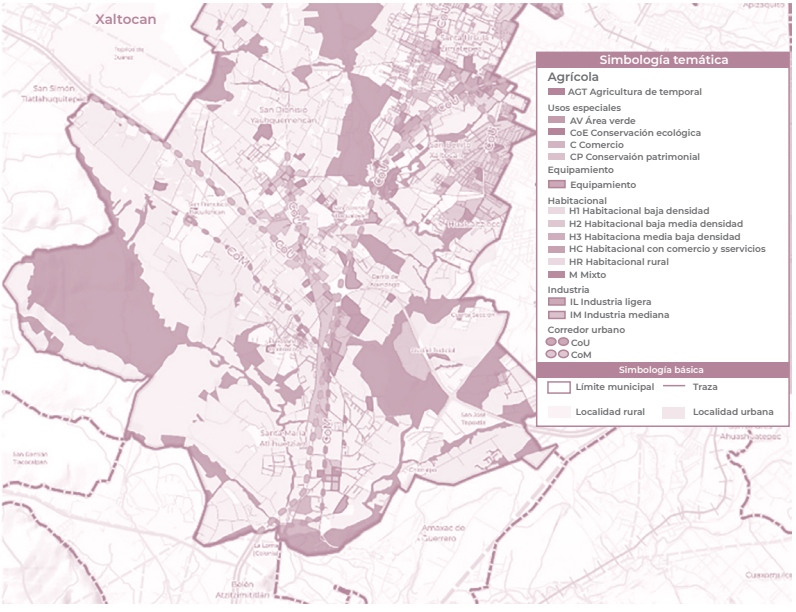
Mapa 7. Plano de zonificación primaria Santa María Atlihuetzian



Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial H. Ayuntamiento Yauhquemehcan (2023).

Otro de los inconvenientes que se presentan en este programa parcial es la conformación de la tenencia de la tierra, ya que en su mayoría es el régimen de propiedad privada y el régimen de propiedad federal que presentan características peculiares. Sobre este aspecto, el artículo 27 constitucional establece diferentes formas de propiedad: propiedad privada, propiedad pública (federal, estatal y municipal) y propiedad social, que es un tipo de propiedad que abarca la mitad del territorio nacional y que comprenden los ejidos y las tierras comunales.

Mapa 8. Plano de zonificación secundaria usos de suelo H1 habitacional de Santa María Atlihuetzian



Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial, H. Ayuntamiento Yauhquemehcan (2023).

Tabla 1. Tipos de propiedad

CONCEPTO	M^2	%
Propiedad privada	1'266 805	54.85
Municipal o estatal	2000.00	0.09
Federal	1'040 935	45.06
TOTAL	2'309 740	100

Nota: formas de propiedad en Santa María Atlihuetzian, municipio de Yauhquemehcan.
Fuente: Programa Parcial de Desarrollo Urbano de Santa María Atlihuetzian, municipio de Yauhquemehcan, Tlaxcala (2006).

A los bienes de dominio público de la federación también se les conoce con el nombre de bienes comunes. El Estado tiene propiedades sobre ellos, sean muebles o inmuebles, y están sujetos a un régimen de derecho público. Por ello, estos son inalienables (no se pueden enajenar válidamente), inembargables (no son susceptibles de embargo) e imprescriptibles -aun cuando se posea por alguna persona, no opera a su favor la prescripción positiva, que es la adquisición de un hecho por el transcurso de tiempo-. Los bienes del dominio público comprenden aquellos que por su naturaleza son del uso de todos y, los que en general están destinados a una causa de utilidad pública.

Por otro lado, la propiedad privada se entiende como la que individualmente corresponde a una persona, ejerciendo sobre la misma el derecho absoluto sobre su uso, goce, disfrute y enajenación. En cuanto a la propiedad comunal, existen dos tipos de comunidad: la de derecho y la de hecho.

La zona agrícola, fuera del área urbana, cuenta con predios que pertenecen al régimen de propiedad privada. El resto del territorio del área de estudio comprende el cauce del río Zahuapan, de propiedad federal, así como los derechos de vía de las carreteras federales. Las zonas agrícolas, al ser privadas, pueden ser vendidas por sus propietarios para obtener ingresos por la venta de la tierra. A esto se aúna el hecho de que los jóvenes ya no ven con buenos ojos dedicarse al campo; es por esto que los desarrolladores inmobiliarios están al acecho de estas tierras para hacer sus fraccionamientos, y propician la especulación.

Figura 1. Predio agrícola en el 2006



Fuente: Maxar Technologies Image y Google Earth (2006).

Figura 2. Mismo predio en el 2016



Fuente: Maxar Technologies Image y Google Earth (2016).

Otro de los aspectos que también ha propiciado este crecimiento acelerado de los fraccionamientos en la comunidad es que en el municipio los presidentes de los tres últimos periodos han sido constructores, del 2012 al 2018 sólo había dos fraccionamientos, del 2018 al 2024 ha proliferado la construcción de estos desarrollos inmobiliarios, ya que los permisos de obra se otorgan sin respetar los usos de suelo determinados dentro de Plan Parcial de Ordenamiento Urbano de Atlihuetzia. Estos fraccionamientos están infringiendo la Ley General de Asentamientos Humanos en su artículo 35, al no cumplir la normatividad que marca el Plan Parcial de Desarrollo Urbano.

Fotografías 5 y 6. Fraccionamientos en Atlihuetzian

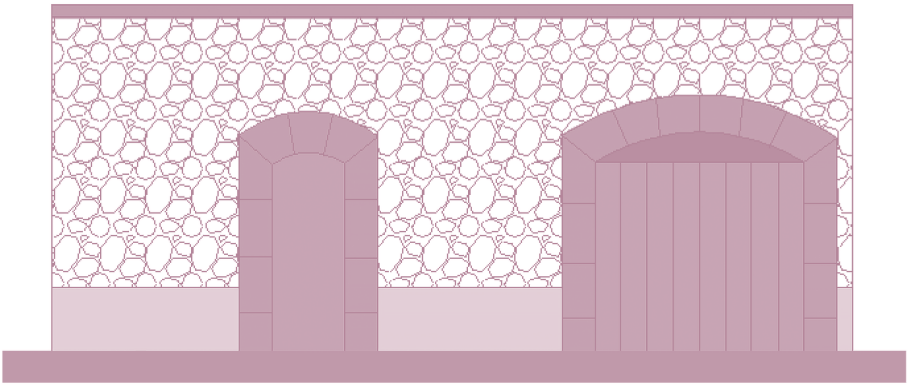


Foto: David López (2022).

Lo anterior muestra el poco interés que han tenido las autoridades locales de conocer, estudiar y aplicar la normatividad del programa parcial. Se han dedicado a negociar con los fraccionadores inmobiliarios en perjuicio de los habitantes de la localidad, ya que este crecimiento no va a la par con la implementación de la infraestructura urbana que está señalada en dicho plan.

También se ha modificado la imagen urbana de la localidad, al no integrarse a la arquitectura vernácula del lugar y no respetar alturas, colores y relación de vanos sobre macizos.

Figura 3. Propuesta tipológica de fachada con estacionamiento



Nota: Brigada de Iniciación del Servicio Social Comunidad Santa María Atlihuetzian.
Fuente: Facultad de Arquitectura de la UNAM (2008).

En cuanto a la infraestructura, el programa planteaba definir una traza para optimizar las redes de servicios básicos de agua y drenaje. Al respecto de la factibilidad del servicio de agua potable en la localidad de Atlihuetzian, desde hace más de 20 años ha sufrido de la escasez en el suministro de agua en las partes altas de la localidad, sobre todo en el cerro de Tepenacasco, debido a que no existía una línea de conducción apropiada. Después de 13 años se concluyó la obra de conducción y distribución de agua potable; sin embargo, es insuficiente, ya que sólo se suministra dos días a la semana durante tres horas.

Este crecimiento acelerado y desordenado de los fraccionamientos está ocasionando sobreexplotación de los pozos y falta de agua para la población, ya que en la comunidad sólo hay dos pozos que surten agua cada tres días por semana durante tres horas a las localidades de Chimalpa, Cerro de Tepenacasco y Centro de Atlihuetzian. Esto trastoca nuestro derecho al agua, que aparece en el artículo 4° de la Constitución, párrafo 6: "Toda persona tiene el derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre y asequible".

CONSUMO DE AGUA SEGÚN EL REGLAMENTO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

En el reglamento se estipula que el consumo de agua debe de ser:

- 150 L por usuario más un usuario.
- 2 L por m^2 para limpieza de patios.
- 5 L por m^2 para riego.

Hay que considerar que en las zonas urbanas y rurales hay animales de crianza (gallinas, conejos, borregos, vacas, cerdos, etc.).

Fotografía 7. Tanque Cisterna del Cerro de Tepenacasco, Atlihuetzian



Foto: Ivonne Bagnis Rivadeneyra.

En el Programa Parcial de Desarrollo Urbano de Atlihuetzian (2007) se proponía como medida a mediano plazo (cuatro a nueve años, de 2009 a 2014) la perforación de otro pozo; sin embargo, debido a que las autoridades locales han hecho caso omiso a dicho plan, por desconocimiento o negligencia, hasta la fecha no se ha gestionado el pozo.

Otro de los problemas que se presentan en la cuenca y que contribuye a la contaminación del río Zahuapan es la falta de soluciones integrales acordes a las condiciones del lugar, para determinar qué es lo más adecuado para el saneamiento de las aguas residuales. El plan propone hacer plantas individuales o por sectores, de acuerdo a la norma NOM-006-CNA-1997, para reducir el tratamiento de las aguas residuales y el mantenimiento de las redes (H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, 2006).

Actualmente sólo existen redes de drenaje, lo que provoca que las aguas negras se tiren hacia las barrancas o a otros sitios bajos. Si existe alguna planta de tratamiento o fosa estas son insuficientes o no funcionan, por el costo de la energía eléctrica al ser operadas. Muchos de estos fraccionamientos no cuentan con plantas de tratamiento como está establecido en el reglamento de construcción del Estado y, como se señaló anteriormente, echan sus desechos al río, cascadas o barrancas.

Otro de los aspectos importantes es la canalización de las aguas pluviales, las cuales deben de ser enviadas a zonas inundables de poca permeabilidad para formar cuerpos de agua o a zonas permeables para la recarga acuífera, o bien, reutilizarlas para uso agrícola o urbano. Sin embargo, en la construcción de estos fraccionamientos no se respeta el cos de un predio, el cual debe de ser del 30% del total del terreno, para que el 70 % restante sea destinado para área verde, jardín o arborización, con el fin de cumplir con la absorción de agua en el suelo. Estos fraccionamientos no cumplen con esto y contribuyen a la contaminación, ya que están saturando el suelo con materiales impermeables y no permiten la absorción y la recarga de las aguas superficiales de los predios, ocasionando la modificación del medio ambiente.

Fotografía 8. Contaminación del río Zahuapan y las cascadas por descargas sin tratamiento previo.



Foto: Ivonne Bagnis Rivadeneyra.

Fotografía 9. Red de drenaje



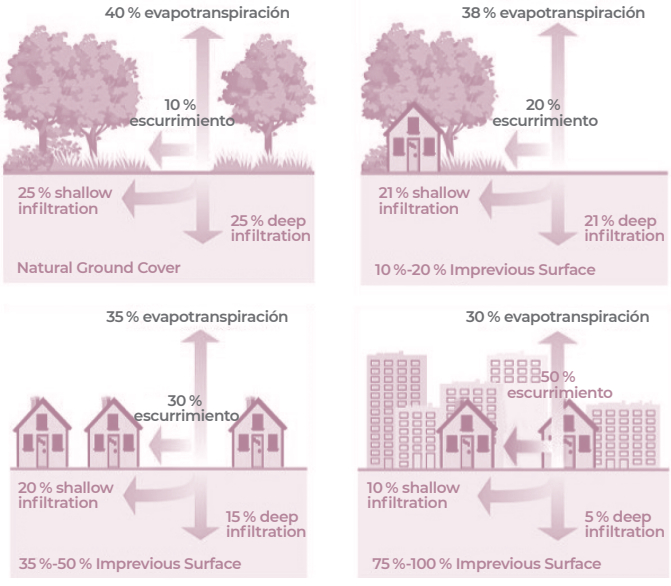
Foto: Ivonne Bagnis Rivadeneyra.

Fotografía 10. Planta de tratamiento sin funcionar en Atlihuetzian



Foto: Ivonne Bagnis Rivadeneyra.

Figura 4. Impacto de los fraccionamientos



Nota: porcentajes que se manejan teóricamente como impacto de la urbanización en el ciclo del agua por la presencia de zonas impermeables.
Fuente: Gleason (2017) en Altieri (2019).

Desde el 2004, el Comité de Derechos Humanos Luis Munive y Escobar de Santa María Atlihuetzian ha trabajado en la promoción, difusión y defensa de los derechos humanos, en especial en la defensa del medio ambiente. En el 2013 presentó una denuncia ante el Tribunal Permanente de los Pueblos, por la contaminación del río Zahuapan, la Barranca del Toro y las cascadas de Santa María Atlihuetzian.

Las cascadas de Atlihuetzian están formadas por dos caídas de agua que se conocen como cascada mayor, que cuenta con una altura de 42 m y cascada menor, ambas alimentadas por el río Zahuapan. La cascada mayor recibe el agua del río Zahuapan, que nace en la región montañosa de Tlaxco; descansa en la presa de Atlangatepec; sigue su paso por Muñoz de Domingo Arenas hasta llegar a Yauhquemehcan; atraviesa su territorio desde la parte norte hasta el sur, y pasa por la comunidad de Atlihuetzian, donde, tras su caída, se encuentra con las aguas de la cascada menor que vienen de la Barranca del Toro.

A su vez, la comunidad cuenta con dos presas: presa Molino de Jesús y presa Cristobalito, de la que se deriva el canal de riego con que cuenta la comunidad para uso agrícola. Este canal desemboca en la Barranca del Toro, donde nace la caída de la cascada menor.

Comentaban los abuelos y abuelas que, cuando eran niños y niñas, solían pasear las familias por las cascadas y disfrutar de las frescuras de sus aguas y del verdor de su abundante vegetación, donde las vacas, borregos y caballos pastaban. A la orilla del río se sembraba maíz, frijol, habas, calabazas y crecían los quelites que se regaban con la presa Cristobalito. Se podía comer del río. En la Barranca del Toro las mujeres lavaban la ropa. También eran tiempos en que el campo se tupía de cultivos nativos y eran abonados con abono natural.

Pasados los años, las aguas de las cascadas han cambiado; ya no brillan como antes, no crece la vegetación, ya las y los pobladores y las personas visitantes no bajan a las cascadas por la contaminación, el mal olor y la espuma que se hace por los contaminantes. Son pocas las personas campesinas que siembran cerca del río, además, los animales ya

no pastan a la orilla de su cauce. Las cascadas se encuentran altamente contaminadas, principalmente por sustancias fecales y residuos agrotóxicos que se usan en la tierra, como lo determinó el estudio realizado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN) en 2017, "Evaluación de condiciones ambientales generales de las cascadas de Atlihuetzian, Tlaxcala, mediante análisis microbiológicos y fisicoquímicos".

Las aguas del río Zahuapan, que llegan a las cascadas de Atlihuetzian, a lo largo de su recorrido reciben innumerables descargas domiciliarias de los municipios que atraviesan: Tlaxco, Atlangatepec, Muñoz de Domingo Arenas, Yauhquemehcan, Apizaco y Amaxac de Guerrero e, inclusive, las descargas de la comunidad de Atlihuetzian. Este río recibe también todos los lixiviados de las tierras agrícolas que llevan residuos agrotóxicos.

Esta problemática se agudiza por la unión al río Zahuapan de los ríos Atenco y Tequisxquiatl, con las descargas municipales e industriales del corredor industrial Xicoténcatl en el municipio de Tetla; también se descargan desechos industriales y municipales de Apizaco. Finalmente, el afluente del río Zahuapan desemboca en el río Atoyac y aporta otro tanto de contaminantes industriales, agrotóxicos y descargas municipales a la ya de por sí contaminada Cuenca del Alto Atoyac (Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C, 2013).

Dentro del Plan Parcial de Desarrollo de Atlihuetzian desarrollado por el H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan, Tlaxcala (2006) se nombran algunos criterios a seguir para buscar el equilibrio entre el medio natural, los usos de suelo y el equipamiento:

- No se permitirá ningún uso urbano en terrenos fértiles de vocación agrícola o forestal.
- No se permitirá ningún tipo de edificación en cauces de ríos o sobre cuerpos de agua, como el río Zahuapan.
- Se debe de prohibir la descarga directa de aguas residuales sobre el río Zahuapan.
- Se implementarán acciones de preservación de vegetación que

tengan valor ecológico o paisajístico.

- Se preservarán las áreas agrícolas productivas de riego o de temporal, a fin de proteger los recursos naturales.
- Se propiciará la edificación de asentamientos con áreas verdes para protección del medio ambiente.
- Se propiciarán espacios verdes para recreación y para el esparcimiento de las familias y visitantes.
- Se preservarán las zonas aledañas al río y se destinarán para espacios recreativos.
- Se establece que las zonas agrícolas deben de ser protegidas de la expansión urbana, ya que representan un elemento rural para la imagen de Santa María Atlihuetzian.
- Se conservará la imagen de pueblo como atractivo del lugar.
- Se considera dentro del plan el rubro del rescate de las cascadas, en el cual se plantea limpiar la cascada de basura.
- Se establece a las cascadas como un área natural protegida y promover el ecoturismo.
- Se fomenta el sentido de pertenencia y responsabilidad de los habitantes de Atlihuetzian sobre su riqueza natural.
- Se debe conservar su patrimonio cultural, el Convento de San Francisco y la Iglesia de la Purísima Concepción, así como su arquitectura vernácula, etcétera.

CONCLUSIONES

Por tener un plan parcial de ordenamiento urbano de Atlihuetzian se pensaba que se podría generar en Atihuetzian un desarrollo en beneficio de la comunidad. Sin embargo, no hubo tal, pues este esfuerzo fue echado por la borda ya que, desde el 2007 que salió publicado en el *Diario Oficial de la Federación*, todos los presidentes de comunidad que han pasado por la administración no se han dado a la tarea de conocerlo, estudiarlo y mucho menos implementarlo; si acaso lo conocen, han hecho caso omiso

de la normatividad que marca la ley. Además, se hace evidente la incompetencia, indolencia y contubernio de las autoridades con algunos grupos de la comunidad que negocian con los permisos de construcción de los fraccionamientos, sin importarles que no cumplan con la normatividad que establece dicho plan con respecto al uso de suelo, al COS y al CUS.

Las autoridades están violentando nuestro derecho a tener una comunidad, al no cumplir con el ordenamiento territorial. Además, se nos está negando el derecho a participar y decidir cómo queremos que sea nuestra comunidad hoy y para el futuro de nuestros hijos y nuestros nietos. Queremos participar y decidir si permitimos que se establezcan fraccionamientos en nuestra comunidad o no y, de ser así, cuales serían la condiciones para que se construyan dichos fraccionamientos. Queremos respetar el crecimiento natural de la población dentro nuestro territorio, ya que acceder a estos fraccionamientos va en detrimento del suministro del agua para la población. A mayor crecimiento de la urbanización mayor decremento en el nivel de los pozos que abastecen a la comunidad; esto es una violación a nuestro derecho al agua y al saneamiento de las aguas residuales.

La no observancia de la normatividad por parte de las autoridades es una flagrante violación a los derechos económicos, políticos, sociales y ambientales (DESCA) de la población. Nos están negando el derecho a tener un medio ambiente sano, al disfrute de las cascadas y del río Zahuapan; nos han deteriorado la relación histórica que teníamos con el agua y con la tierra.

REFERENCIAS

Altieri, R. M. (2019). L*os impactos de los procesos urbano territoriales y de gestión en la Cuenca del Alto Atoyac*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Bernard, J. y Tuttle, R. (1998). Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. *Engineering Approaches to Ecosystem Restoration*, https://doi.org/10.1061/40382(1998)5

Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C. (2013). *Fortalecimiento comunidad, generamos esperanza*. https://www.centrofrayjuliangarces.org.mx/wp-content/uploads/2023/04/XII-Informe-CFJG.pdf

Gobierno del Estado de Tlaxcala. (2013). Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para el Estado de Tlaxcala. *Periódico Oficial*, 1(Extraordinario), junio 4 de 2013. https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/Programa%20de%20Ordenamiento%20Territorial%20y%20Desarrollo%20Urbano%20para%20el%20Estado%20de%20Tlaxcala.pdf.

Gómez, G. L. y Mauleon, R. G. (2020). El mapa de Atlihuetzian y la territorialización del culto divino: los barrios de músicos y cantores de las Repúblicas. *Relaciones. Estudios de historia y Sociedad*, *40*(160), 73-101. https://doi.org/10.24901/rehs.v40i160.666.

González, G. D. (2006). La industrialización como detonante de procesos históricos de polarización regional: el caso de la región Puebla Tlaxcala. *Revista bibliográfica de geografía y ciencias sociales*, *11*(676). http://www.ub.es/geocrit/b3w-676.htm.

H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan. (2006). *Tu municipio. Conoce a detalles temas relacionados con tu municipio*. https://yauhquemehcantlax.gob.mx/.

H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan. (2011). *Programa de Ordenamiento Territorial*. https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/40c0a3a6-e8fb-4b89-9cd9-afde8d4fbf8f/content.

H. Ayuntamiento de Yauhquemehcan. (2021). *Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano*. https://yauhquemehcantlax.gob.mx/

Instituto Politécnico Nacional [IPN]. (2017). *Evaluación de condiciones ambientales generales de las cascadas de Atlihuetzia, Tlaxcala, mediante análisis microbiológicos y fisicoquímicos*. Instituto Politécnico Nacional. https://es.scribd.com/document/453466371/Cascadas-de-Atlihuetizia.

Maxar Technologies Image y Google Earth. (2016). *Evolution of Basemaps*. https://explore.maxar.com/Evolution-of-Basemaps.

Paredes, L. A. (2003). *En la caída del agua Atlihuetzia. Señorío Mágico*. Conaculta – Instituto Tlaxcalteca de Cultura.

Sesin-Marín, J. de J. (2006). *Estudio de ordenamiento territorial y urbano de Apizaco y su zona conurbada*. Universidad Nacional Autónoma de Tlaxcala.

Vázquez, M. L. (2019). El encuentro de Cortés y Xicoténcatl. La visión de los conquistadores de México. *Noticonquista*. http://noticonquista.unam.mx/a

3.3 Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan

Melitón Aztatzi Cuapio

Miheh tlazohcamathi suame uan tlatlaca tosepan ni cancah itech nin tlapoal

(Muchas gracias hombres y mujeres, aquí reunidos en esta narrativa)

INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo es presentar una recopilación de información que permita interpretar algunos rasgos de la problemática socioambiental que afecta principalmente el ecosistema del bosque de la montaña Malintzi o Matlalcuéyetl. Algunas expresiones de dicha problemática son los asentamientos humanos (gentrificación), exclusión social, leyes creadas al vapor, malos gobiernos municipales y estatales, apoyo del gobierno a grupos con intereses creados o cambio climático, hechos que traen consigo diversas plagas y enfermedades como desnutrición, enfisema pulmonar, obesidad y cálculos renales.

Si bien es cierto que este planteamiento nace de la problemática en el municipio de San Francisco Tetlanohcan, esto se vincula de muchas

maneras con todos los procesos de desarrollo social que involucran a los municipios vecinos en la franja de la montaña.

DESCRIPCIÓN GENERAL

En términos muy generales, este volcán, llamado Matlalcuéyetl o Malintzi, tiene diversas escorrentías en toda la falda que abarca los municipios Coaxomulco, Chiautempan, Huamantla, Mazatecochco, Contla de Juan Cuamatzi, Acuamanala, San Pablo del Monte, Santa Cruz Tlaxcala, Teolocholco, Tocatlán, Xalostoc, Tetlanohcan y Teacalco, los cuales forman parte de la Cuenca del Alto Atoyac. Las escorrentías han beneficiado a los habitantes de los municipios cercanos y han alimentado los afluentes del río Zahuapan.

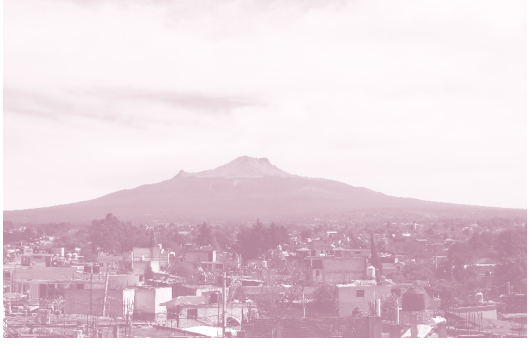
Este importante volcán se formó durante el cuaternario inferior. Tiene una altitud de 4462 m sobre el nivel del mar, y en sus faldas se encuentran una serie de volcancitos –a veces no tan visibles a lo lejos–; el más sobresaliente es el famoso cerro del Cuatlapanga, sobre el cual se cuentan diferentes leyendas. Lo más importante es la rica vegetación y fauna que ha existido y que de alguna forma todavía existe, aunque en menor cantidad. También podemos hablar de especies forestales como pino, encino, abetos y en sus principales laderas algunas plantas arbustivas como el tepopote, magueyeras y jarillas que ayudan a la conservación de los suelos; estas plantas cada vez son más escasas, al igual que sus usos tradicionales. De igual forma, encontramos muchas plantas curativas y hongos que los habitantes han usado a lo largo de su historia.

En cuanto a la fauna, encontramos conejos, tlacuaches, cacomiztles, diferentes especies de pájaros, ardillas, ratas de campo, diversas especies de reptiles, zorrillos y coyotes. La alternancia térmica está arriba o debajo de los 0 °C.

La montaña fue establecida como parque nacional, según el decreto presidencial publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 6 de octubre de 1938 -que luego dio lugar al Programa de Manejo del Parque Nacional La

Montaña Malinche o Matlalcuéyatl (Acuerdo 27/02/1996)-, y comprende los territorios de Tlaxcala y Puebla. El mencionado decreto no desconoce el derecho de pequeña propiedad. Los gobiernos de Lázaro Cárdenas y Adolfo López Mateos crearon algunos programas para llevar a cabo diversas tareas de conservación natural, arte y educación, y para el mejoramiento de los pueblos asentados en esta importante región de la montaña.

Fotografía 1. Tetlanohcan centro



Nota. cuentan los abuelos que el bosque comenzaba desde el paraje Santa Rosa. Ahora sólo algunos árboles resisten; la mancha urbana crece, invadiendo lo que antes fue monte.
Foto: Deric Garza Xicoténcatl.

En 1995, mediante un acuerdo de coordinación entre el gobierno federal y los gobiernos estatales, el parque nacional pasó a ser administrado por los gobiernos de Tlaxcala y Puebla, en su respectivo territorio. El acuerdo se publicó el 27 de febrero de 1996 en el *Diario Oficial de la Federación* (Acuerdo 27/02/1996). Actualmente, según la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en su título segundo, sección segunda, artículo 46, el Parque Nacional Malintzi o Matlalcuéyetl se encuentra en la categoría de área natural protegida.

Pareciera que al paso del tiempo en realidad nadie sabe qué hacer para preservar el Parque Nacional Malintzi, ya que las problemáticas de calentamiento, desabasto de agua, cambio en la geografía, desertificación

y uso excesivo de los materiales de la montaña crecen, a la par de una sociedad cambiante. Véase que con el decreto de 1938 el Gobierno federal se compromete a cuidar esta importante reserva natural; sin embargo, en 1996, con el acuerdo de coordinación, el poder federal traslada dicho cuidado a los gobiernos estatales de Tlaxcala y Puebla, que a partir del año 2000 buscan en qué categoría puede encajar el parque nacional, y deciden, finalmente, que sea área natural protegida. Así que, por ley, el cuidado debe de estar en manos del gobierno del estado de Tlaxcala.

A lo largo de nuestra historia hemos escuchado infinidad de discursos oficiales adornados de mucha hipocresía cuando se refieren a la Malintzi o Malinche, como le dicen ellos, con los que tratan de llegar al corazón de la gente cuando hablan de identidad. Utilizan la promesa de preservar el bosque y la calidad de vida de los habitantes de la región, con discursos y palabrería que han repetido por lo menos seis diferentes gobernantes del municipio de Tetlanohcan, y seguramente el discurso se usa en otros muchos lugares de la República.

A grandes rasgos, podemos describir a los habitantes de San Francisco Tetlanohcan como gente pacífica que llegó a habitar con mucho respeto este lugar, pues toda actividad que se realizaba se hacía pidiendo permiso a Tonantzin, la así llamada madre tierra.

El nombre de Tetlanohcan, que significa "entre los pedregales", no es casual. A nuestros antepasados les parecía que aquí nace la piedra porque, en efecto, es un territorio donde hay muchísimas piedras de formas singulares, dignas de ser estudiadas, pero no saqueadas. De igual forma, todos los parajes o lugares tienen nombres en náhuatl, según lo que vieran o la manera en que su lengua los describía, por ejemplo: saulisca, que significa "lugar donde hay moscas"; *cantel*, "donde está la piedra"; *aquiahuac*, "donde hay agua"; *Matlalcahuacan, Xolalpan*, y una infinidad de nombres, apellidos y denominaciones que aún existen en la lengua y en su cotidianidad.

San Francisco Tetlanohcan se localiza en la zona central oriente de México, formando parte de la cordillera neovolcánica; colinda con las

poblaciones siguientes: al sur, con la comunidad de Acxotla del Monte, del municipio de Teolocholco; al norte, con la comunidad de Muñoztla, del municipio de Chiautempan; al poniente, con La Magdalena Tlaltelulco, y al oriente con la montaña Malintzi.

Fotografía 2. Bosque de oyameles, *abies religiosa*, ubicado en la zona conocida como Popozo



Nota. en tiempos pasados los antiguos tenían este lugar como centro religioso por ser un referente acuoso; actualmente se realizan eventos religiosos en honor al señor del monte, el 5 de mayo.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Mapa 1. Detalle de una copia de un mapa topográfico de Tetlanohcan, 1892



Fuente: Deric Garza Xicohténcatl, facilitada por C. Fidel Mendieta.

Las primeras vestimentas en Tetlanohcan fueron de manta blanca y lana de borrego, para no contaminar los manantiales de agua de los que se servían; además, las viviendas fueron hechas de los mismos materiales de la región, como tepetate, piedra, madera y zacate de pasto, para no cambiar el paisaje natural de ninguna manera.

Fotografía 3. Temazcal de piedra



Nota: en un recorrido por Tetlanohcan en busca de elementos que pudieran contestar a la pregunta "¿Qué es Tetlanohcan?" nos encontramos con sutiles respuestas que coexisten todavía, evidencia clara de un pasado con legado ancestral.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Fotografía 4. Vestimentas clásicas de las zonas nahuas de montaña.



Nota: una pareja de novios posando junto a una nopalera joven; usan huaraches, sombrero faja, y conjunto blanco, vestido, reboso a pie pelón.
Foto: Dirección de Cultura Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo (Facebook). Dominio público y fotógrafo desconocido.

Fotografía 5. Casa de piedra



Nota: en un recorrido por Huexotitla, la lluvia cayó sobre el grupo que caminaba en busca de hongos. Esa casita nos salvó de la lluvia de montaña, pasajera pero intensa. Nos recuerda el uso de los materiales de construcción y el ingenio de aquellas personas y su convivir con el entorno natural.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Mapa 2. Copia de mapa Tetlanohcan, caminos y veredas



Nota: en una entrevista, el señor Valentín Aztatzi nos muestra copias de mapas de Tetlanohcan y de cada barrio; hace énfasis en caminos y veredas, pues los primeros caminos fueron hechos para el ganado y por el ganado.
Fuente: Deric Garza Xicohténcatl.

En un principio, los habitantes de Tetlanohcan no llegaron con la finalidad de destruir, al contrario: ellos se sabían parte de la misma naturaleza por lo que, en vez de abrir calles, únicamente trazaron veredas; en vez de cortar un árbol, dieron utilidad a los árboles derrumbados por el viento, creando así diversos oficios a partir de elaborar tejamanil (tabla delgada y cortada en listones que se coloca como tejas en los techos de las casas), carbón, escobetas, *chiquipestle* (cestos para las tortillas) utensilios de cocina como los *apascles* (platos de mesa) y cucharas.

La actividad agrícola, sobre todo en la producción de maíz y frijol, siempre ha sido tradicional, conforme las estaciones del año y usando como fertilizantes los diferentes excrementos animales para no alterar al suelo.

Fotografía 6. Piedra de Cantetl



Nota: piedras como ésta, de 1.60 m de alto por 1 m de ancho, existen en Tetlanohcan. Vigilan los campos de cultivo, delimitan parcelas y deleitan a los curiosos que buscan escalar una piedra y sentarse en ella. Foto tomada en un recorrido a un pozo de agua y una filtración de agua en Santa Cruz, Matlacahuacan, Tetlanohcan.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

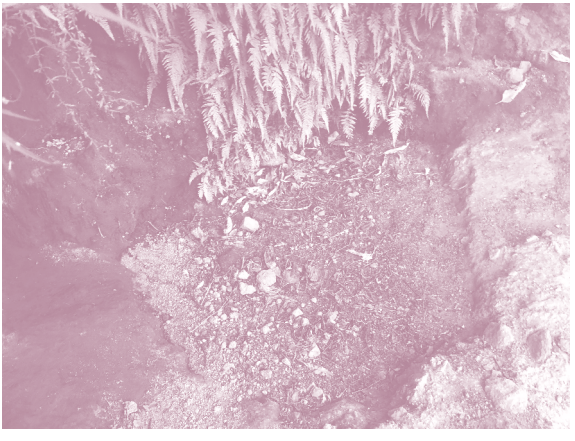
Hasta 1994, San Francisco Tetlanohcan fue una comunidad perteneciente al municipio de Santa Ana Chiautempan. Sus reservas de agua se formaban, hasta 1975, a través de los escurrimientos del bosque y de pequeños pozos artesanales y manantiales. Fue así como sobrevivió la población humana y el poco ganado con que contaba cada familia.

Fotografía 7. Bebedero rústico en Santa Cruz Matlacahuacan, Tetlanohcan



Nota: bebedero que se hizo con la finalidad de abastecer al ganado del barrio de Matlacahuacan. El pozo está cerca de otro de tiempo atrás y de un escurrimiento natural, debido a las cañadas y formaciones rocosas que decoran aquel lugar maravilloso.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

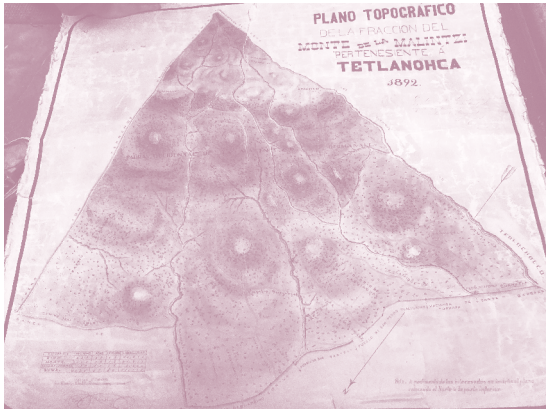
Fotografía 8. Manantial de Ichichipitl



Nota: este escurrimiento natural en temporadas de lluvia se llena de vida. Cerca de allí se encuentran un pozo y un bebedero utilizado para ganado y uso doméstico. Se cuenta entre las personas que frecuentan el lugar que en temporadas de lluvia se escucha vibrar el suelo.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Ahora, el área natural protegida Malintzi pertenece en su mayoría al municipio de Tetlanohcan y es de gran importancia dentro de la cuenca Atoyac-Zahuapan,[1] por contar con numerosos humedales en su parte alta, que con el paso del tiempo se han deteriorado, contaminado y en algunos casos ya han desaparecido.

Fotografía 9. Plano topográfico de San Francisco Tetlanohcan



Nota: en este plano se observa su territorio y topografía (1892).
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Los testimonios de la gente mayor dicen, en términos generales, que "pareciera que las nubes nacen del suelo boscoso, de esa gran alfombra de suelo y ocoxal." Esto, en realidad, es lo que conocemos como evapotranspiración, al igual que la retención de agua de lluvia que da lugar a la formación de acuíferos subterráneos que pueden abastecer poblaciones, a veces distantes del sitio de infiltración natural. De esta forma es como el testimonio de gente mayor de 60 años relata su vivencia al conocer el río Zahuapan: como agua sanadora y fuente de alimentos para toda la región.

[1] Se refiere a la cuenca hidrológica del Alto Atoyac.

Fotografía 10. Jagüey de Santa Rosa, Xolalpan, Tetlanohcan



Nota: el descuido e indiferencia de una sociedad que está olvidando el *tequio* o *tequitilis* el trabajo comunitario. Aquel día un grupo de personas hicieron faena con la intención de contagiar a más personas en la conciencia de la responsabilidad ecológica y el cuidado de pozos, jagüeyes, manantiales y barrancas.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Fotografía 11. Pozo artesanal de agua en Tetlanohcan



Nota: debido al descuido en los mantos de agua, pozos, jagüeyes, en Tetlanohcan sólo quedan los recuerdos de los pozos comunitarios que fueron tapados en su mayoría por la apertura de los pozos por barrio.
Foto: Casa Tequitilis, Cafami.

Fotografía 12. Sin pasado, no hay presente



Nota: en una mañana fría de otoño fuimos a reforestar animados por los compañeros de San Pedro Muñoztla, jóvenes, escuelas, gente mayor, niños, todos con el objetivo de sembrar un árbol con el lema "Si cae uno, sembramos diez".
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Lo que se está presentando en este texto son los testimonios de pobladores de Tetlanohcan; algunos han partido de este mundo y otros aún están con nosotros, dando fe de nuestros actos. De igual forma, a partir de esta investigación podemos afirmar que el grave problema de la contaminación –descarga de aguas negras a los principales afluentes que alimentan el río Zahuapan, creación de tiraderos clandestinos en los municipios circundantes desde finales del siglo XVIII– empezó con la instalación de las primeras manufactureras textiles que fueron ubicadas estratégicamente en los márgenes del Zahuapan, para facilitar el suministro de energía y aprovechar el río como drenaje.

Nuestros antepasados conocieron este río como "agua sanadora de granos", pero con el paso del tiempo la grave contaminación se convirtió en un problema de salud para la población: las personas se comenzaron a enfermar de su sistema respiratorio y sanguíneo, desaparecieron diversas especies animales y vegetales. Después de 52 años de altísimo deterioro ecológico en toda la cuenca Atoyac-Zahuapan, podemos preguntarnos si el argumento de los gobiernos del estado de Tlaxcala y federal, sobre el

desarrollo económico del país, fueron o son válidos; si se justificó dar tantas facilidades a los industriales inversionistas, sobre todo de la industria textil, a costa de vulnerar nuestros derechos humanos.

Fotografía 13. Plática con ciudadanos que conocen los límites territoriales



Nota: como parte de pláticas y búsqueda de mapas, documentos e información, se visitó a ciudadanos de los tres barrios de Tetlanohcan y se registró su aporte.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Fotografía 14. Tiaxca



Nota: en recuerdo de Don Hilario Lima, quien desempeñó cargos sociales y eclesiásticos, reconocido por su trabajo dedicado al municipio.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Fotografía 15. Maestro Magdaleno Meléndez Bello.



Nota: en ese momento pintaba en la parroquia de San Francisco de Asís, Tetlanohcan (12 de agosto de 2021).
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Por otro lado, el deterioro del bosque comenzó cuando de manera indiscriminada la industria de la construcción motivó la explotación irracional de los productos maderables, así como diferentes materiales pétreos que se extraen de los suelos.

Se contaminó el Parque Nacional Malintzi con agroquímicos, se dividió el territorio, se provocaron problemáticas sociales en lugar de apoyar el campo y la educación, se olvidaron los trabajos ancestrales que mantenían el equilibrio natural y, sobre todo, se exigieron grandes cantidades de madera y material pétreo para usarlo en construcción. Un antiguo ejemplo de esto son las vigas que sostienen el portal grande de Tlaxcala. El sector de la construcción es y ha sido uno de los clientes principales de estos materiales a pequeña y gran escala; cimbra de techos, andamios y refuerzos son usados a diario, pero valdría plantear una pregunta: ¿realmente a dónde van esos árboles completos de madera valiosa que se extraen legal y clandestinamente? Es un mercado codicioso.

Como ya comentábamos, las personas mayores, con base en su experiencia, describen la actividad de los bosques como gigantescas esponjas que absorben el agua de lluvia y la liberan en forma de vapor de agua

que crea precipitación en la misma zona, como si fuera un nacimiento desde el suelo. En el caso de la montaña Malintzi, consideramos que es el ecosistema madre en el estado de Tlaxcala porque es una zona de amortiguamiento y mitigación de importantes fenómenos meteorológicos, y beneficia a los estados de Puebla y Tlaxcala principalmente.

La Malintzi o Matlalcuéyetl actualmente tiene importantes asentamientos humanos, muchos de ellos muy antiguos. Por esta razón somos llamados pueblos originarios.

PROBLEMÁTICA MUNICIPAL

TALA INMODERADA PROPICIADA DESDE LAS MISMAS AUTORIDADES LOCALES Y SAQUEO DE RECURSOS PÉTREOS

Las autoridades locales han facilitado estas actividades, al defender a grupos con intereses creados para permanecer en el poder político. Funciona como una especie de intercambio: te beneficio y me beneficias.

Fotografía 16. Tala inmoderada y uso desmedido de los maderables



Nota: en una caminata en la montaña Matlalcuéyetl es posible observar la bajada de carros de trabajo llenos de madera, en diferentes formas: tablas, polines, árboles jóvenes y enteros.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Actualmente las personas mayores afirman que se ha perdido por lo menos el 60% de la superficie boscosa de nuestra querida Matlalcuéyetl, por lo que la recarga de acuíferos también ha sido afectada.

Fotografía 17. Consecuencias cercanas



Nota: desertificación y aridez del suelo son algunas de las consecuencias que cada día son más notables en varios parajes de la montaña.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

DESABASTO DE AGUA

El municipio de Tetlanohcan tiene tres barrios, cada uno de ellos con un pozo de agua. El primer pozo de agua potable tiene alrededor de 55 años y actualmente está en desuso; mientras se perfora el siguiente para reemplazarlo, la población ya ha sufrido la escasez de agua por más de cuatro meses. Existen otros dos pozos que tienen una edad aproximada de 40 años, pero ha bajado su nivel de agua y el suministro a la población es menor.

Cuando los tres pozos de agua potable funcionaban, tenían que alimentar a una población de más de 16 000 habitantes. El agua potable sólo tiene uso doméstico y, sin embargo, la escasez en algunas ocasiones ha creado diversos conflictos entre los habitantes y las autoridades locales, principalmente debido a que actualmente la administración de los pozos es a través del ayuntamiento.

Hasta 2010 el agua era administrada por un comité comunitario, que sin pago alguno realizaba esta tarea y por el que cada barrio votaba para definir quién se encargaría. Después pasó a manos del ayuntamiento, y ahora cuenta con oficinas y más de 10 personas laborando.

PÉRDIDA GRADUAL DE USOS Y COSTUMBRES (SE PERDIÓ TOTALMENTE EL TEQUIO Y SE ESTÁ EXTINGUIENDO LA LENGUA NÁHUATL)

Fotografía 18. Tequitillis o tequio



Nota: así los abuelos nombraron al trabajo comunitario que cada familia de Tetlanohcan aportó para la formación de la comunidad, calles, pozos, brechas, jagüeyes, canchas, etc. Se ve a los abuelos de la comunidad haciendo tequio, abriendo brecha para los tubos de agua.
Foto: Pepe Ledezma, Archivo Cafami.

Siendo una comunidad nahua la de esta zona, los diferentes usos y costumbres se relacionaban con el respeto a los demás; los principales problemas se resolvían en asamblea pública y mediante aporte voluntario de

mano de obra o en especie a través del tequio. Actualmente, ya no existe esta dinámica debido a las prácticas corruptas de las autoridades locales. Por ejemplo, ya no hay elección directa para elegir comités comunitarios y de obra, pues la autoridad elige a los que le conviene, y en ello hay compra de votos. La lengua náhuatl también se extingue por falta de interés de las autoridades educativas y la falta de motivación para sostenerla por parte del ayuntamiento, a pesar de que existe en el cabildo una comisión de educación. Por ello, el interés de la población es nulo.

ESTAR EN LA MIRA DE GRUPOS DE DESARROLLADORES DE VIVIENDAS, FRACCIONAMIENTOS E INVASIONES, SIN CONSULTAR A LA COMUNIDAD

Por lo atractivo de Tetlanohcan, debido a la cercanía con el bosque de la montaña Malintzi, se ha pretendido crear no sólo vivienda de interés social sino diversos talleres de manufactura. A la fecha esto no ha progresado, pero se tiene que seguir impulsando la resistencia.

MIGRACIÓN, DESINTEGRADORA DE FAMILIAS

Este fenómeno –que se vive no sólo en este municipio–, si bien es cierto que ayuda a mejorar las condiciones de vida en nuestra sociedad, también desintegra el núcleo familiar. Se dejan de compartir saberes comunitarios sobre la tierra, por lo que a la población deja de interesarle el tema medioambiental y hasta se llega a mirar como normal el saqueo indiscriminado de madera.

Fotografía 19. El poder de la familia



Nota: familias desintegradas por la migración. No sólo separa familias, sino que también desintegra comunidades y altera los ritmos de vida.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

INEXISTENTE EL APOYO PARA PROYECTOS PRODUCTIVOS POR NO CUMPLIR LOS REQUISITOS EN LAS REGLAS DE OPERACIÓN

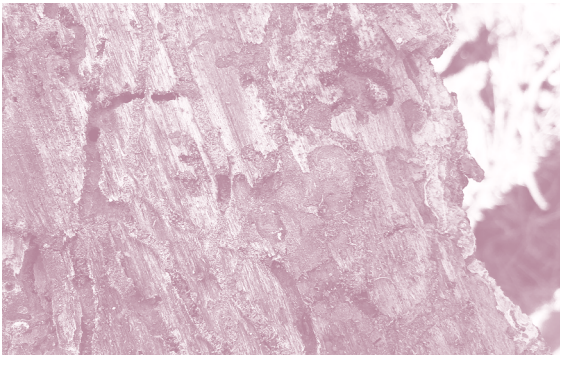
Los proyectos productivos no son accesibles, los requisitos solicitados son complicados de obtener para la población. Esto se refiere a proyectos productivos de tipo agrícola en los que no se cumplen los requisitos, debido al alto grado de minifundio en esta zona. La tenencia de la tierra está muy pulverizada; una familia cuenta, máximo, con una hectárea de tierra de cultivo, pero en pequeñas fracciones divididas en distintos parajes de la población.

Fotografía 20. Plagas y enfermedades



Nota: se ha generado la plaga del gusano descortezador, debido a que su depredador natural ha bajado en números de especie. En un recorrido para contabilizar árboles contagiados, nos encontramos con hongos como el muérdago.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Fotografía 21. Gusano descortezador



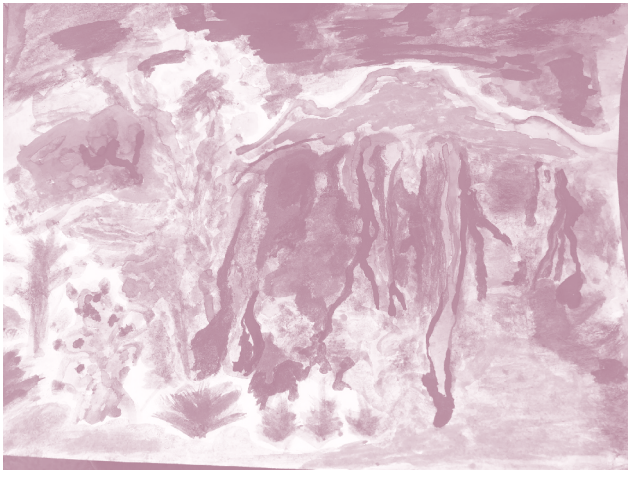
Nota: el calentamiento global ha implicado la baja considerable del pájaro carpintero, depredador natural del gusano. Debido a eso, las bajas a los árboles sabinos, que eran hogar de esas aves, han beneficiado a plagas invasivas como el gusano. El 13 de diciembre del 2022 se llevó a cabo una caminata de reconocimiento de la plaga en territorio de Tetlanohcan.
Foto: Deric Garza Xicohténcatl.

Figura 1. Camaleón de montaña o Rey, como le dicen en San Francisco



Fuente: ilustración de Deric Garza Xicoténcatl.

Figura 2. Montaña Matlalcuéyatl



Nota: vista desde los ojos de un niño que imaginaba historias con la montaña y sus pequeños volcancitos.
Fuente: Deric Garza Xicoténcatl.

CONCLUSIONES: PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta todo lo expuesto, como comunidad exigimos:

- En cuanto al cuidado y preservación del bosque de la montaña Malintzi y los recursos pétreos, que el gobierno federal asuma su responsabilidad y que realmente ésta sea tratada como área natural protegida, como la misma ley lo dicta.
- Para evitar el clientelismo político en las elecciones locales, que la autoridad electoral sancione al candidato que motive la tala del bosque y el saqueo indiscriminado de recursos pétreos en pro del desarrollo.
- Que la administración y el abasto de agua sea determinado por la misma población en asambleas públicas.
- Que el respeto a los usos y costumbres sea reconocido por el congreso del estado de Tlaxcala y las autoridades municipales, por tratarse de una comunidad originaria.
- Que los programas sociales lleguen a toda la población y que el gobierno federal facilite el acceso a éstos, por tratarse de una comunidad altamente minifundista.
- Que las iniciativas de la población migrante sean apoyadas por el gobierno estatal y federal, con prácticas de inclusión social.

REFERENCIAS

Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (6 de octubre de 1938). Acuerdo. Por el que se da a conocer el resumen del programa de manejo del parque nacional La Montaña Malinche o Matlalcueyatl. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5294346&fecha=03/04/2013#gsc.tab=0.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (27 de febrero de 1996). Acuerdo. De coordinación mediante el cual se transfiere la

administración del parque nacional denominado La Malinche a los gobiernos de Tlaxcala y Puebla. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4872952&fecha=27/02/1996#gsc.tab=0

Cuarta parte

ACCIONES INTEGRALES HACIA LA RESTAURACIÓN
DE LA CUENCA (PROPUESTAS DE ATENCIÓN)

4.1 Propuestas de acción comunitaria como marco organizativo de las diversas propuestas científicas y de políticas. Proceso de intervención en la Cuenca del Alto Atoyac: un caminar de esperanza

Federico Luis Pöhls Fuentevilla
Emilio Muñoz Berruecos

INTRODUCCIÓN

La dimensión pastoral de los derechos humanos de la diócesis de Tlaxcala tiene un fuerte trabajo a través de grupos parroquiales y comunitarios en contra de la trata de mujeres y niñas para la explotación sexual; también en favor de la restauración integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan, o del Alto Atoyac, entre otros temas locales, toda vez que este territorio se comprende ahora como una de las más de 50 regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA) que tenemos en la República.

En este capítulo, trataremos de revisar sólo un poco más, y de manera muy breve, cómo se ha organizado este proceso comunitario, de dónde viene en el contexto latinoamericano y nacional, y por qué podemos afirmar hoy que en Tlaxcala hay un sujeto social comunitario que ha logrado

que sus propuestas de acción sean (y deban ser) la base y estructura para organizar las proposiciones científicas y de políticas públicas que sustenten y orienten las acciones a realizar para resolver los problemas que han devastado socioambientalmente toda la región.

¿DE DÓNDE SURGE Y CÓMO EVOLUCIONA EL PROCESO ORGANIZATIVO DE BASE EN LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC?

ANTECEDENTES ACTUALIZADOS

En general, podemos afirmar que la organización de las y los habitantes de las comunidades en Tlaxcala tiene raíces muy profundas, ancladas en su historia como pueblos originarios de esta región: enfrentaron el dominio del imperio central, se afirmaron frente a la utilización y sometimiento total en La Colonia, resistieron los embates asimiladores e integracionistas de todo el periodo liberal y, en los últimos 40 años, la tendencia destructora del modelo neoliberal.

Sin embargo, se puede afirmar también que, a partir de las décadas de los sesenta y setenta del siglo XX, la región, en particular algunas de las parroquias y comunidades de la diócesis, empezó a nutrirse del movimiento social y eclesial que se inició entonces y hasta la fecha sigue vivo y activo en el centro y el sur de América Latina. Así, aquí, como en otros lugares, se empezó a vivir y compartir el modelo de "Iglesia a partir de los pobres", que surge de una lectura histórico-teológica del evangelio y de la concientización en las comunidades sobre los mecanismos que causan el subdesarrollo, según lo expone Leonardo Boff, un subdesarrollo que es:

> consecuencia del tipo de desarrollo capitalista que se da dentro de los países céntricos … los cuales, para mantener los niveles de aceleración y acumulación adquiridos, necesitan establecer unas relaciones profundamente disimétricas con los países más atrasados tecnológicamente y ricos en materias

> primas. A estos países se les *mantiene* en el subdesarrollo, el cual aparece entonces … como un desarrollo dependiente y asociado al desarrollo de los países ricos (Boff, 1985, p. 22).

Se trata de una dependencia que, siguiendo a Boff, se manifiesta en opresión en todos los ámbitos: económico, político, cultural y, ahora lo sabemos y vivimos con toda claridad, también en los ámbitos sanitario y ambiental.

A partir de los años sesenta, se comienza a instalar en la Iglesia latinoamericana el análisis de realidad como una herramienta necesaria para entender los *signos de los tiempos*, enriquecer la reflexión y ayudar en el proceso de toma de decisiones en las organizaciones sociales, los grupos comunitarios, en algunas parroquias y diócesis. Así se trabajó a partir de la conferencia episcopal que se llevó a cabo en Medellín en 1968, y luego en todas las demás: Puebla 1979, Santo Domingo 1992 y Aparecida en 2007. Desde la primera conferencia, en un intento de volver a las fuentes y poniendo atención a lo que se estaba construyendo en sus territorios en particular, los obispos latinoamericanos determinaron que debían explicitar y orientar su reflexión y todas sus acciones conforme una opción preferencial por los pobres.[1]

[1] Esta opción empezó a explicitarse y a tener carácter oficial durante las discusiones del Concilio Vaticano II, y con la firma del "Pacto de las Catacumbas" (1965). De acuerdo a Víctor Codina, teólogo jesuita, "Durante el conciclio Vaticano II (1962-1965) un grupo de obispos, principalmente de América Latina, lidrados por Helder Cámara, se reunían periódicamente para reflexionar sobre el lema de la Iglesia de los pobres que Juan XXIII había propuesto para el concilio. Les motivaba a ello un deseo de fidelidad al Jesús pobre de Nazaret y también el testimonio del sacerdote Paul Gauthier y de la carmelita Marie Thérese Lescase que trabajaban como obreros en Nazaret. Tras un largo tiempo de diálogo y discusiones, pocos días antres de la clausura del Vaticano II, el 16 de noviembre de 1965, 40 obispos se reunieron en las Catacy¿umbas de Santa Domitila de Roma para celebrar la eucaristía y firmar u compromiso, el llamado Pacto de las Catacumbas, al que se adhirieron otros 500 obispos del concilio." (https://www.religiondigital.org/opinion/anos-Pacto-Catacumbas_0_1738626152.html) Se puede consultar el texto firmado y una reflexión más amplia sobre este proceso en la iglesia católica en: https://verbodivino.es/hojear/4209/el-pacto-de-las-catacumbas.pdf

Esto se dio a partir del reconocimiento de lo que ya se vivía en muchas comunidades en el territorio, en medio de un ambiente de brutal represión por las dictaduras en Centro y Sudamérica y por la Guerra Sucia en México:[2] "comenzaron las bases de la Iglesia a adquirir una excepcional importancia, tanto desde el punto de vista eclesiológico como político. Era el pueblo mismo el que asumía su propio destino" (Boff, 1985, p.23).

Desde entonces y hasta ahora, más por el impulso de las mismas comunidades que de la estructura jerárquica, la organización comunitaria de base o Comunidad Eclesial de Base se lleva a cabo, en términos generales, con los pasos siguientes que no son excluyentes, sino que se van integrando en el camino:

- El estudio histórico crítico de la Biblia, atendiendo con detenimiento al proceso de liberación del *Poblado de la Biblia* (Saravia, s/f) de diversas situaciones de opresión, dominio y explotación, siempre desde la perspectiva propuesta por los textos evangélicos de la construcción de un mundo de hermanas y hermanos, donde todas y todos podamos caber, y al que se llega solamente a través de un proceso constante de lucha por la justicia.

[2] En general, se considera que el periodo conocido como Guerra Sucia en México abarca desde finales de los años sesenta hasta inicios de los ochenta. Sin embargo, Carlos Montemayor ubica su inicio desde el 7 de junio de 1952, cuando el presidente Miguel Alemán "efectuó uno de los hechos más brutales al reprimir una manifestación pacífica en oposición al resultado de la elección presidencial del periodo de 1952–1958, donde se le otorgaba el triunfo a Adolfo Ruiz Cortines. Los manifestantes estaban seguros de que su candidato el General Miguel Henríquez Guzmán había resultado ganador" (Montemayor, s/f). De acuerdo a J. J. Morales Hernández, el periodo es llamado "Guerra Sucia en referencia directa a la forma en que el Estado mexicano condujo las acciones de contrainsurgencia para contener la insurrección popular. Las autoridades responsables de la seguridad del país implicaron al Ejército Mexicano en actos contrarios al honor, a la ética y al derecho … Las instituciones militares, las de procuración y administración de justicia y las de representación popular fueron utilizadas como estructuras criminales con cuyos recursos y a cuyo cobijo se realizaron y se protegieron crímenes que, de manera sistemática, agraviaron a amplios sectores de la población y a combatientes prisioneros, sin reconocerlos como prisioneros de guerra, ni darles el trato como tales" (Morales Hernández, s/f).

- La reflexión sobre sus creencias y su situación actual a la luz de esos estudios bíblicos y del análisis crítico de la realidad, con el apoyo, ahora en muchos lugares, de investigadoras e investigadores de las más diversas disciplinas.
- La planeación y realización de tareas de ayuda mutua para resolver problemas de las y los integrantes del grupo. Tareas que, de acuerdo a la cultura de cada territorio, en muchas comunidades tienen como base y se armonizan con las prácticas solidarias que de por sí llevan a cabo en momentos importantes de la vida como funerales, enfermedades, bodas, bautizos y otras fiestas o faenas (trabajos comunitarios).
- Conforme se avanza en la reflexión de los problemas y sus causas, y en la búsqueda de formas de actuar sobre ellas y solucionarlas, el horizonte del análisis de las comunidades se amplía hacia la comprensión de que los problemas no son solamente locales, y mucho menos situaciones aisladas, sino que son estructurales. La situación en que se vive es consecuencia de una organización social basada en la acumulación privada, en el fomento del individualismo y el consumismo, con la estructura económica y política del capitalismo, hoy en su modelo neoliberal que ha resultado el más salvaje y destructor de todos.

De esta manera, desde el proceso de las Comunidades Eclesiales de Base se estableció, y se ha extendido en la Iglesia latinoamericana y en la de muchas otras regiones, el método que se conoce como *ver*, *pensar*, *actuar*, *revisar*, *celebrar* como método para organizar los planes y las acciones a realizar. Esto, en el entendido de que se trata de un proceso continuo y cíclico al mismo tiempo, que es abierto para la participación solidaria de otros sectores de la población –como la que se ha dado en Tlaxcala por parte de investigadoras e investigadores universitarios, por ejemplo– y que tiende a la construcción del bien común.

Tabla 1. Método ver – pensar – actuar – revisar – celebrar

MOMENTO	SENTIDO
Ver	Momento de toma de conciencia de la realidad
Pensar	Momento de analizar los hechos de la realidad a la luz de la fe y de la vida
Actuar	Momento de concretizar en una acción transformadora lo que se ha comprendido acerca de la realidad y lo que se ha descubierto sobre ésta
Revisar	Momento de la evaluación, para tomar conciencia hoy de lo realizado ayer y así mejorar la acción que se realizará mañana
Celebrar	La percepción del conjunto de todo el proceso que lleva a la celebración gratuita y agradecida de la experiencia vivida

Fuente: elaboración a partir de pastoral de juventud.

En este sentido, y conforme se evidencia en los análisis, se ha mostrado que la situación de opresión sufrida en los años sesenta y setenta se ha complejizado, sin que una elimine a la otra, con las de marginación, exclusión y, en los últimos años, con una cultura del descarte. Esto se ha expresado en los más recientes documentos de la iglesia católica, para la que "partes de la humanidad parecen sacrificables en beneficio de una selección que favorece a un sector humano digno de vivir sin límites" (Papa Francisco, 2020, p. 18).

Este último se refiere a un sector minoritario de la población que, tan solo en la realidad mexicana, comprende apenas al 1% de la población que concentra el 40% de toda la riqueza del país. Se trata de una cultura en la que "no se considera ya a las personas como un valor primario que hay que respetar y amparar, especialmente si son pobres o discapacitadas" (p. 18). Así, como sucede en muchas partes del mundo, "objeto de descarte no es sólo el alimento o los bienes superfluos, sino con frecuencia los mismos seres humanos" (p. 19).

En este proceso de años, las personas en las comunidades poco a poco se han convertido en sujetos históricos de su propio proceso de liberación,

conforme adquieren una conciencia de la situación de opresión, marginación, exclusión y descarte en la que viven. Gracias a esto se organizan, planean y ejecutan una serie de prácticas y acciones que tienen como objetivo "el logro de una sociedad alternativa menos dependiente e injusta"; un mundo de hermanas y hermanos en el que todas y todos podamos caber y vivir con dignidad. Otro mundo posible (Boff, 1985, p. 23).

LA ORGANIZACIÓN COMUNITARIA EN TLAXCALA DE 23 AÑOS A LA FECHA

La Pastoral de los Derechos Humanos y el Centro Fray Julián Garcés

Con este marco de referencia, varias organizaciones sociales, eclesiales y no eclesiales se formaron y actuaron en Tlaxcala también desde los años setenta, sabiéndose todas, aunque con énfasis diferentes, parte de un gran movimiento nacional y latinoamericano. En todo este tiempo, algunas organizaciones desaparecieron, otras se fueron acomodando al sistema y las demás continuaron trabajando en la búsqueda de caminos para clarificar y resolver los problemas, recuperar y fortalecer los bienes comunes, y colaborar en la construcción de ese otro mundo posible, libre y digno para todas y todos. Entre esas últimas está la Pastoral de los Derechos Humanos de la diócesis de Tlaxcala y las organizaciones que se formaron por decisión y aprobación de la asamblea, para acompañar el proceso, como el Centro Fray Julián Garcés y el Centro de Economía Social.[3]

Como recupera Óscar Castro en su trabajo de sistematización, "Comunidades Eclesiales de Base, junto con otros grupos parroquiales de pastoral, instituciones sociales y profesionistas conformaron desde

[3] Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C., establecido en noviembre del 2001, y el Centro de Economía Social Julián Garcés, A.C., en 2005.

1998 la Pastoral Social de la Diócesis de Tlaxcala, precedida a su vez por intentos de articulación en torno a los derechos humanos" (Castro, 2008, p. 141). A partir de ahí, con el respaldo de las personas en sus comunidades, sacerdotes, religiosas y profesionistas que se sumaron al proceso, se acompañaron de varias organizaciones de derechos humanos y desarrollo local, como el Centro de Estudios Ecuménicos, el Centro Pro, el Vittoria, el Antonio de Montesinos y el Centro de Servicios Municipales Heriberto Jara, entre otros.[4]

Estos centros colaboraron en diversos momentos para llevar a cabo un proceso de diagnóstico participativo en las comunidades, por el que en el año 2000 se definieron las prioridades en las que la Pastoral Social debería orientar sus acciones los años siguientes. Estas prioridades fueron cinco:

1. Combatir la pobreza, referida a la ausencia de condiciones mínimas de subsistencia, y defender los derechos humanos.
2. Denunciar y exigir atención para las enfermedades causadas por la contaminación en la región poniente del estado, donde se asienta el río Atoyac, y donde ya se habían presentado denuncias en contra de Pemex.
3. Recuperar y fortalecer el proceso comunitario de elección de los fiscales y el sistema de cargos cívico-religiosos, ya influenciados por la dinámica liberal de elecciones, haciendo un híbrido en los sistemas tradicionales de servicio y representación.
4. Fomentar la participación ciudadana, con el enfoque de que la población en sus comunidades participe de manera consciente más allá de los tiempos electorales, en la búsqueda de soluciones para los problemas de interés público.

[4] Centro de Estudios Ecuménicos, A.C., Centro de Derechos Humanos Miguel Agustín Pro Juárez, A.C., Centro de Derechos Humanos Fray Francisco de Vittoria, A.C., Centro de Estudios Sociales y Culturales Antonio de Montesinos, A.C., y Centro de Servicios Municipales Heriberto Jara, A.C. Además de estos, se contó también con apoyo de la Comisión Mexicana para la Defensa y la Promoción de los Derechos Humanos, A.C., el Movimiento Ciudadano por la Democracia, la Convergencia de Organismos Civiles por la Democracia.

5. Investigar sobre los *focos rojos* expresados como la presencia del fenómeno de la prostitución en el estado, que en poco tiempo se identificó con toda claridad como trata de mujeres y niñas para la explotación sexual (Castro, 2008, p. 143–144).

En el año siguiente, 2001, se llevó a cabo un proceso electoral estatal (congreso local, presidencias municipales y presidencias de comunidad), por el que los grupos de la Pastoral Social, con base en las prioridades definidas, se dedicaron a la construcción de una agenda ciudadana de propuestas para las candidatas y candidatos. "Esta acción ciudadana … sentó un precedente en el ánimo de los laicos que, en el ejercicio de la ciudadanía se articularon para la definición de los problemas que querían que los gobernantes atendieran por su gravedad y magnitud" (Castro, 2008, p. 147).

A mediados de ese mismo año, al tiempo en que se revisaban los trabajos que habían llevado a cabo hasta ese momento por la Pastoral Social, en asamblea se decidió que debería crearse un centro de derechos humanos y desarrollo local que ayudara en la atención de los problemas y sus necesidades de organización. Así, se decidió crear el Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, que tiempo después se registró como asociación civil por la exigencia de tener personalidad jurídica, de acuerdo a lo requisitos impuestos por las instancias gubernamentales para intentar cualquier tipo de diálogo con ellas de manera formal.

Se escogió el nombre de Fray Julián Garcés porque fue el primer obispo de Tlaxcala y de la Nueva España, dominico, que colaboró en la elaboración y gestionó la aprobación de la bula *Sublimis Deus*, por la que se reconocía la racionalidad de los indígenas. Esto tiene un significado social y religioso muy importante entre las y los habitantes de la región Tlaxcala-Puebla, y es un símbolo del trabajo por los derechos humanos de los pueblos. En el momento de creación del centro y hasta la fecha, Fray Julián Garcés fue un personaje gracias a quien se pudo conectar el proceso de organización anterior desde las Comunidades Eclesiales de Base,

en términos de opción por las y los empobrecidos, marginados y excluidos con los problemas concretos que se habían detectado y priorizado.

Poco tiempo más adelante, conforme se fueron perfilando mejores formas de abordar y trabajar sobre los problemas, se definió que el centro actuaría al respecto de la trata de mujeres y niñas para la explotación sexual y de daños a la salud por la contaminación ambiental; los demás se fueron abordando por grupos creados ex profeso, de los que hoy permanecen el Centro de Economía Social, que ya mencionamos, y el Colectivo Mujer y Utopía que siguió después su camino de manera independiente de las comunidades de la Pastoral.

Un par de años después, la diócesis tomó la determinación de crear la Pastoral de los Derechos Humanos como otra dimensión dentro de la Pastoral Social; de esta manera la visión de derechos humanos continuó trabajándose de manera directa desde ahí. La decisión tomada permitió seguir acompañando con cercanía a las personas en las parroquias y las comunidades que, además, aumentaron en número conforme pasó el tiempo. Así, la Pastoral de Derechos Humanos se dio a la misión de formar, acompañar y fortalecer al sujeto comunitario, del que las y los integrantes del equipo de trabajo del Centro Fray Julián Garcés también formamos parte.

Por último, en este apartado es importante mencionar dos puntos: el primero, que el Centro Fray Julián Garcés, desde su establecimiento, trabaja para las personas que integran los grupos comunitarios y parroquiales en las diversas localidades, y desde ahí con la diócesis. Segundo, que la visión de pastoral que se ha manejado también desde el inicio es la de un ámbito de acción–construcción de las y los integrantes de los mismos grupos, de otras organizaciones y nuestra, como sujeto social comunitario, con la intención de establecer relaciones de sororidad y fraternidad ecuménica en todos los ámbitos en los que colaboramos. Y cuando hablamos de ecumenismo nos referimos no sólo al diálogo posible entre diversas confesiones o manifestaciones religiosas, sino que asumimos la visión más amplia como la expresó Dom Hélder Cámara, arzobispo de Brasil, cuando dijo:

> Discúlpenme si di la impresión de que sólo los creyentes, los cristianos pueden trabajar por un mundo mejor. De ninguna manera pienso eso. Cuando miro a mi alrededor veo que no todos los que se dicen creyentes tienen verdadera esperanza de paz, justicia, felicidad para los hombres, y que muchos de aquellos que no creen en nada, que ni siquiera reconocen la existencia de Dios, están dispuestos a participar en los combates de la esperanza sin temor a poner sus vidas en juego.[5]

Otros avances organizativos en el proceso

También en los primeros años, ya establecida la dimensión de la pastoral de los derechos humanos y en la búsqueda de formas para organizar mejor el trabajo sobre las diversas problemáticas, se fueron estableciendo diversos espacios de articulación, como instancias autónomas de encuentro entre integrantes de los grupos comunitarios y parroquiales, otros grupos interesados en los temas, colectivos y organizaciones sociales y civiles. A la fecha permanecen dos de estos espacios que sólo mencionaremos: la Coordinadora por un Atoyac con Vida, que tiene un capítulo propio en este libro, y el espacio de organizaciones impulsoras de la iniciativa popular, que trabaja sobre el problema de la trata de mujeres y niñas.

En el marco del proceso que ya venía desde los años anteriores, desde el principio era claro que los problemas detectados y priorizados por las comunidades son la expresión local de los grandes problemas estructurales que tenemos en México, en Latinoamérica y, ahora sabemos, prácticamente en todo el mundo. De esta manera era claro que, para su atención y para el armado de propuestas de solución, así como para tener cobertura de seguridad -pues en ambos casos se trata de asuntos con dinámicas

[5] Citado por Mattos Viola en *"Si doy comida a un pobre, me llaman santo, pero si pregunto por qué es pobre, me llaman comunista."* Publicado en: https://www.herrieliza.org/articulos/colaboraciones/centenario-de-helder-camara

de delincuencia organizada- se tendría que contar con el apoyo de otros grupos organizados y de investigadoras e investigadores que ayudaran a comprenderlos y explicarlos mejor. Desde ahí se tendrían argumentos para incidir en los espacios gubernamentales y legislativos para hacerles ver las problemáticas, urgirles a tomar las decisiones adecuadas, realizar las acciones necesarias para enfrentarlos, solucionarlos o erradicarlos y evitar su repetición.

Así, además de las organizaciones que ya mencionamos, se participa en la Red de Organismos Civiles de Derechos Humanos "Todos los derechos para todas y todos", se participó en la Asamblea Nacional de Afectados Ambientales, y se participa ahora en el espacio de organizaciones ubicadas en regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA) que surgió a partir de la realización de la Caravana Toxitour en diciembre de 2019 y los primeros días de 2020.

En el ámbito internacional hay colaboración con el Observatorio Latinoamericano contra la Trata (Observa La Trata) y con organizaciones alemanas de la Red México Alemania por los Derechos Humanos en lo que tiene que ver con la problemática socioambiental. En este último tema, también desde el principio se buscó la relación y colaboración con investigadoras e investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), quienes se han sumado con sus investigaciones, desde el año 2003, a las acciones de formación del sujeto y de incidencia ante autoridades y dependencias.

Con esto, terminamos este apartado comentando que en el año 2017 encontramos en la visión de ecología integral propuesta por el Papa Francisco en la carta encíclica *Laudato si'* (2015), un instrumento que ayudó a comprender mejor lo que las personas y grupos en las comunidades venían mostrando desde tiempo atrás. Es decir, que no son varias crisis las que estamos enfrentando, sino que es una sola que se manifiesta en todas las dimensiones de la vida y que, si bien estas dimensiones se pueden trabajar temporalmente por separado para

comprenderlas mejor, las propuestas de acción directa para solucionar los problemas y de políticas para incidir en la toma de decisiones deben construirse de manera integral.

En términos generales, todo el trabajo organizativo que se realiza con las personas integrantes de los grupos comunitarios y parroquiales se enmarca en una doble vertiente:

- La primera y principal, que da sentido a todo el proceso, es la formación de un sujeto social comunitario que se va integrando con la participación de todas y todos. Esto, a través de un camino de acompañamiento que incluye las dimensiones económica, social, cultural y ambiental, y que se busca que converjan en la dimensión política y de políticas como espacio de construcción del bien común.
- La segunda, que se entiende en función de la primera, es la realización de acciones de incidencia a través de la protesta, la denuncia y el diálogo con autoridades y dependencias, y la elaboración de propuestas de políticas públicas que también deberán tener una perspectiva integral y tender a la construcción del bien común.

  Sobre esta segunda vertiente hablaremos con un poco más de amplitud en los apartados que siguen, en concreto en lo que se refiere al problema de daños a la salud de las personas provocados por la devastación socioambiental en la Cuenca del Alto Atoyac.

EN EL CAMINO DE LA PROTESTA A LA PROPUESTA, SE AVANZA DE LO POLÍTICO A LAS POLÍTICAS

En todos estos años hemos aprendido que, si se quiere avanzar en los caminos de solución de los problemas de interés público –en este caso la devastación socioambiental, sus causas y sus consecuencias en la salud de las personas y en la vida de las comunidades en la Cuenca del Alto Atoyac–, es necesario formarse y apropiarse de los elementos necesarios para emprender un proceso de incidencia.

SOBRE LA INCIDENCIA EN POLÍTICAS PÚBLICAS

Hablamos de incidencia comunitaria en políticas públicas, para la que tomamos como base la definición sistematizada por WOLA (1998)[6] que da cuenta de lo que se ha vivido en esta experiencia concreta. Se trata de:

- Esfuerzos planificados de la ciudadanía organizada para influir en las políticas y programas públicos por medio de información verdadera, persuasión y presión ante los gobiernos, ante diputados y diputadas u otras instituciones como la parroquia o la diócesis.
- Un proceso fluido, dinámico y multifacético que tiene que ver con políticas, programas y propuestas de modificaciones en el comportamiento y los hábitos de las personas para el cambio que se quiere lograr.
- Ganar el acceso y generar influencia (incidir) sobre las personas que tienen el poder de decisión en asuntos de importancia para las comunidades y para la sociedad en general.

Para ubicarnos en el marco de las políticas públicas, tomamos como base la definición elaborada por Manuel Canto Chac (2002), luego de sistematizar diversas experiencias comunitarias en varios lugares del país, que dan cuenta de la forma en que se han construido las propuestas durante este proceso. A saber, entendemos por políticas públicas:

> Cursos de acción tendentes a la solución de problemas públicos, definidos a partir de la interacción de diversos sujetos sociales, en medio de una situación de complejidad social y relaciones de poder, que pretenden utilizar de manera más eficiente los recursos públicos y tomar decisiones a partir de mecanismos democráticos, con la participación de la sociedad (Canto, 2002, 70).

6 Oficina en Washington para Asuntos Latinoamericanos (WOLA, por sus siglas en inglés.)

Podemos desglosar la definición de la siguiente manera, respecto a la forma en que se elaboró en 2017 la "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las víctimas", luego de que se logró la emisión de la Recomendación 10/2017 por parte de la Comisión Nacional de Derechos Humanos.[7]

- Por "cursos de acción", Canto entiende acciones múltiples que apuntan en un mismo sentido, en las que unas sirven para la realización de otras, que se concatenan y avanzan con una estrategia común. Así se estructuró la propuesta, en seis puntos principales, cada uno sobre un aspecto concreto, pero a la vez relacionados entre sí, a saber:

    1. El saneamiento de los cuerpos de agua de la cuenca: ríos, arroyos, canales y zanjas.
    2. La restauración de los suelos de las riberas y terrenos aledaños.
    3. La prevención de la contaminación futura.
    4. La elaboración de un plan emergente de salud.
    5. La programación e inclusión en el presupuesto de egresos de recursos económicos para todas las acciones necesarias.
    6. La reparación del daño ocasionado a las personas, las familias y las comunidades en su salud, su economía, su cultura y su dignidad.

- Por "interacción de diversos sujetos sociales": en la elaboración de la propuesta intervinieron habitantes de diversas comunidades de la región, las y los investigadores que han colaborado en este proceso desde el 2003, las y los integrantes del Centro Fray

[7] La "Propuesta comunitaria" se estudia con detalle en este libro en los capítulos presentados por Laura Méndez Rivas y Alicia Lara Vázquez, de la Coordinadora por un Atoyac con Vida, y por Alejandra Méndez Serrano, directora del Centro Fray Julián Garcés.

Julián Garcés y de la Coordinadora por un Atoyac con Vida, otras organizaciones comunitarias, sacerdotes y religiosas de la Pastoral de los Derechos Humanos, y para la realización de las acciones propuestas en cada uno de sus puntos se requiere de la acción decidida de los gobiernos pero también la participación de la ciudadanía.

- Por "una situación de complejidad social y relaciones de poder": nos referimos a una como la que se vive en esta cuenca, reconocida desde hace varios años como RESA en la que, por causa probada de la contaminación industrial, tan solo basados en información del Inegi sabemos que muere una persona cada dos horas y media a causa de enfermedades crónicas no transmisibles relacionadas con sustancias identificadas en la producción automotriz, entre otras.

A partir de los trabajos realizados por el equipo de investigación[8] en cuerpos de agua tributarios de los ríos Atoyac y Zahuapan y con habitantes del territorio de la cuenca, se ha detectado la presencia de al menos 102 compuestos tóxicos. Por ejemplo, se han encontrado xilenos, que tienen efectos neurológicos, respiratorios y de bajo peso en personas recién nacidas; benceno, que puede producir leucemia; metales como plomo, bario y níquel, que pueden generar insuficiencia renal, además de que el níquel y el cromo pueden generar cáncer.

Se trata de una situación en la que los gobiernos estatales y municipales, a pesar de contar con toda la información sobre los agentes tóxicos y sus efectos y de conocer la "Propuesta comunitaria", no hacen nada de fondo para que las circunstancias se corrijan y los problemas se

[8] El equipo de investigación actualmente está formado por Inés Navarro González, del Instituto de Ingeniería; Regina Montero Montoya, del Instituto de Investigaciones Biomédicas; Omar Arellano Aguilar, de la Facultad de Ciencias; Rodrigo Gutiérrez Rivas, del Instituto de Investigaciones Jurídicas; Yacotzin Bravo, del Instituto de Investigaciones Jurídicas; Paola Velasco Santos, del Instituto de Investigaciones Antropológicas, todas estas de la UNAM; Alfredo Delgado Rodríguez, del Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional de la UATx, y Gabriela Pérez Castresana, del Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente Xabier Gorostiaga, sj., de la UIA Puebla.

solucionen; una situación en la que las grandes industrias nacionales e internacionales presionan para que nada cambie.

- Por "uso eficiente de los recursos públicos": se entiende que no se haga uso discrecional y corrupto de los mismos, sino que se apliquen en acciones reales que lleven a la solución de los problemas de salud, contaminación y destrucción de la vida comunitaria.

Ahora bien, cuando se habla de "toma de decisiones con mecanismos democráticos, con la participación de la sociedad", el esfuerzo ciudadano está en que se supere de una vez la definición tradicional de políticas públicas, a saber, en voz del mismo autor: "cursos de acción tendentes a la solución de problemas públicos acotados" (Canto, 2002, 60), en la que se escudan los gobiernos para afirmar que son sólo ellos quienes saben cuáles son los problemas de interés público y qué se tiene que hacer para solucionarlos. El esfuerzo también está en que se supere la práctica de corrupción y captura normalizada por la que gobiernos como el de Tlaxcala y los de algunos municipios favorecen siempre los intereses de las grandes y medianas industrias y sus grupos de poder sobre las necesidades y derechos de la ciudadanía.

Una muestra de lo anterior es que el gobierno estatal y los municipales siguen culpando y sancionando a las microindustrias de lavado de mezclilla, como si fueran éstas las principales contaminadoras del río Atoyac, sin querer reconocer, como ya también se ha probado, que son éstas y las demás microempresas en el estado y en la cuenca las que generan la mayor parte del empleo en las comunidades. La propuesta es que, en vez de perseguirlas y usarlas como chivos expiatorios, además de instrumentos para disfrazar su corrupción, el gobierno debería promover apoyos para que puedan transitar a una producción limpia, y presionar legalmente a la mediana y gran industria, que son las que arrojan los contaminantes más agresivos, para que adecúen sus procesos de producción y dejen de contaminar.

Más allá de los tropiezos que se han tenido en el diálogo con los gobiernos de Tlaxcala, incluyendo el actual –por sus acciones de simulación en torno a la solución de estos problemas y por sus intentos de sólo administrar el conflicto simulando que se interesan por las opiniones y propuestas de la ciudadanía–, podemos afirmar que, a partir de la Caravana Toxitour llevada a cabo en el 2019, hemos encontrado interés y voluntad política para actuar en la cuenca de manera integral en la Secretaría de Salud y en el Conahcyt. Con base en el diálogo con habitantes de ésta y las demás regiones de emergencia sanitaria y ambiental que participaron en la caravana, se están desatando acciones por las que se puede tender a empezar un proceso integral de restauración en la Cuenca del Alto Atoyac.

Entre esas acciones destacamos, por parte de la Secretaría de Salud, la búsqueda de implementar un modelo de atención basado en unidades de gestión de salud ambiental, que se comenta con detalle en un capítulo de este libro. Por parte del Conahcyt, destacamos que pone a disposición todo lo que surge de los Programas Nacionales Estratégicos y sus proyectos construidos de manera interdisciplinaria y transdisciplinaria, compartiendo saberes entre investigadoras, investigadores y ciudadanía. Sobre estos proyectos hablaremos a continuación.

SOBRE LOS PROCESOS DE INVESTIGACIÓN Y LAS PROPUESTAS CIENTÍFICAS

Ya comentamos que, desde el año 2003, hemos mantenido una estrecha relación de colaboración con un conjunto de investigadoras e investigadores que ha crecido con el tiempo, y que poco a poco se ha convertido en un equipo de trabajo inter y transdisciplinar. Podemos decir, entonces, que nos vamos construyendo poco a poco como un sujeto organizado colectivamente entre la Pastoral de Derechos Humanos, la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro Fray Julián Garcés y el equipo de investigación.

En el proceso de los años anteriores, además del servicio prestado con los resultados de sus investigaciones para los procesos de gestión que hemos llevado a cabo ante diversas instancias nacionales e internacionales, destaca su participación, entre 2011 y 2017, en la gestión de la queja interpuesta ante la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, por la que se obtuvo la Recomendación 10/2017, y en la elaboración, revisión y validación técnica de la "Propuesta comunitaria".

Así, durante el proceso de gestión de la propuesta llegamos en los años siguientes a la apertura de las convocatorias para los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii), para los que la misma propuesta y su proceso de elaboración nos sirvió como base para decidirnos a participar directamente en dos de esas áreas, Agua y Salud, y articularnos con el equipo de trabajo que participó con un proyecto en la de Ciencia de Datos en Salud.

El alcance de los resultados técnicos de estos proyectos en el proceso completo de trabajo se detalla en sus capítulos correspondientes. Aquí nos limitaremos a compartir lo que nos parece que aportan al fortalecimiento del sujeto para la incidencia:

1. En la construcción de los dos Pronaii con los que participamos directamente, a saber, Reapropiación Socioambiental para el Manejo Integral y Comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan (en el Pronace Agua) y Creación de un Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental para la Depuración Integral del Ambiente en la Cuenca Atoyac-Zahuapan que Garantice los Derechos Socioculturales, Económicos y de Salud de la Población Residente (en el Pronace de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes) tomamos como base la "Propuesta comunitaria" para su diseño y operación; por esto, las investigaciones que se van llevando a cabo y las propuestas que se van generando responden a varios de esos planteamientos.
2. El trabajo en los Pronaii enriquece la comprensión de las problemáticas y ha permitido fortalecer el modelo de trabajo. Es decir, es muy

importante contar con recursos para que las investigadoras e investigadores aporten al estudio de las problemáticas desde las perspectivas jurídica, antropológica, de la salud, biológica, química y agroecológica, y trabajen de manera transdisciplinar con las personas en las comunidades. En nuestro caso, los datos que han generado confirman y profundizan lo que las comunidades han señalado desde hace dos décadas: la contaminación más peligrosa es la generada por las industrias, y los impactos en la salud y la vida comunitaria son graves. Los datos han permitido ubicar con mayor precisión cuáles son las comunidades más afectadas.

Además de los resultados encontrados para Nativitas y Tepetitla, hoy sabemos, con base en los estudios de la doctora Gabriela Pérez Castresana, que la población más afectada por daños renales y leucemia se encuentra en un rango de edad entre los 10 y los 24 años, y que la mayoría habita en municipios que se encuentran cerca de zonas industriales y a las faldas de la Matlalcuéyetl.

3. Contamos con más voces de expertos y expertas que participan en los diálogos que hemos tenido con las autoridades. Compartimos dos ejemplos:

   - En los diálogos que hemos tenido con el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (Cenaprece), las doctoras Gabriela Pérez Castresana y Regina Montero Montoya, y el equipo Plataforma del Pronaces de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes han aportado elementos importantes para el diseño de una política de atención a la salud, en torno al establecimiento de unidades de gestión de salud ambiental, que actualmente está en diálogo con el secretario de salud y con la directora del Conahcyt.
   - El proceso para detener la iniciativa de ley estatal de aguas. En el diálogo que tuvimos con la diputada que presentó la iniciativa, las participaciones del doctor Rodrigo Gutiérrez, la doctora

Yacotzin Bravo, el doctor Alfredo Delgado, el doctor Omar Arellano y la Maestra Inés Navarro fueron determinantes para señalar las razones por las cuales esta iniciativa no garantiza el derecho humano al agua ni contempla a la principal contaminadora, que es la gran industria. En la etapa actual del proceso, el documento crítico enviado por el comité técnico del Pronace Agua también fue muy importante para detener la iniciativa. Ésta todavía no se desecha, por lo que hacia adelante tendremos que mantener y fortalecer nuestra estrategia de incidencia.

4. Esta experiencia de trabajo como equipo integrado ahora en los Pronaii ha permitido que conozcamos a otros investigadores e investigadoras que también trabajan sobre las problemáticas en la cuenca. Por ejemplo, los estudios de los doctores Cuauhtémoc Juárez y Olivier Barbier, y la doctora Rosana Pelayo que desde sus proyectos aportan elementos para tener una mejor comprensión de las causas de las problemáticas, sus efectos y las posibilidades para enfrentarlas.

CONCLUSIONES

Como decíamos al principio, conforme a la experiencia compartida, podemos afirmar que en Tlaxcala estamos construyendo un sujeto social comunitario, formado hasta hoy por integrantes de la Pastoral de los Derechos Humanos, la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro Fray Julián Garcés y las y los investigadores, quienes hemos logrado elaborar propuestas de acción inter y transdisciplinarias. También hemos conseguido que algunas de esas propuestas sean la base y estructura para organizar propuestas científicas y de políticas públicas que sustenten y orienten las acciones a realizar para resolver los problemas que han devastado socioambientalmente toda la cuenca.

Desde su participación en este proceso de construcción, el doctor Omar Arellano Aguilar (2023) destaca algunas características por

las que podemos ir definiendo al sujeto social, de las que anotamos las siguientes:

- Los principios se basan en la confianza y comunicación constante entre los miembros; si bien se pueden dar diferencias de tipo epistemológico o pragmático en las formas de trabajo, el colectivo se mantiene integrado por el compromiso que se ha adquirido a lo largo de los años.
- El sujeto social está amalgamado por el grupo comunitario que mantiene un horizonte común, mientras que los demás integrantes experimentan una inmersión en el territorio y empatizan con las necesidades de la comunidad.
- Se fortalecen los lazos, pero también se facilita el diálogo entre los miembros que permite comprender la problemática desde una perspectiva multidimensional y multiescalar.
- Con el fortalecimiento de una esperanza, con la documentación sistemática de los procesos metodológicos, teóricos y pragmáticos, emerge un conocimiento multidimensional (técnico, científico, social, político y filosófico) que permite la construcción de herramientas para las comunidades que responderán de manera coordinada y resiliente a los desafíos que se vislumbran.

También desde nuestra experiencia, apuntamos algunas de las maneras que vamos experimentando para fortalecernos como sujeto social, a saber: mantener la articulación y el compromiso de colaboración con otros sujetos comunitarios; profundizar en la investigación integral para el conocimiento de causas, relaciones, consecuencias y propuestas de solución; sostener y fortalecer el compromiso de la participación comunitaria, intercambiando saberes, experiencias comunitarias y académicas en todas las etapas de los procesos de investigación e incidencia, y en el seguimiento a las propuestas; fomentar la articulación regional para construir propuestas integrales para enfrentar y apuntar a la solución de las problemáticas.

Sabemos, como ya lo hemos comentado en otras ocasiones respecto a la dinámica de trabajo colaborativo fortalecido por los Pronaces y los Pronaii, que debemos seguir buscando caminos y otras formas de acción para fortalecernos como sujeto, ampliar el alcance de nuestras propuestas y la posibilidad de que sean base para la elaboración de políticas públicas integrales, que miren siempre hacia la construcción del bien común, de otro mundo posible, en el que todas y todos quepamos libremente.

REFERENCIAS

Arellano Aguilar, O. (2023). El sujeto social no se construye de la noche a la mañana. *La Noria Digital*, (6). https://cimav.edu.mx/lanoriadigital/upload/portfolio/LaNoriaDigital6.pdf.

Boff, L. (1985). *Iglesia: carisma y poder. Ensayos de eclesiología militante*. Sal Terrae.

Canto Chac, M. (2002). Introducción a las políticas públicas. En M. Canto Chac (ed.). *Participación ciudadana y políticas públicas en el municipio* (59-77). Siglo XXI.

Castro Soto, O. (2008). *La iniciativa popular en Tlaxcala. Acciones colectivas para el combate a la trata de mujeres*. Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.

García Amaro, L. A. y Osorio Pérez, M. C. (2018). *Estrategias y herramientas para la incidencia en políticas públicas*. Alternativas y Capacidades, A. C.

Gomá, R. (2007). La acción comunitaria: transformación social y construcción de ciudadanía. *Revista de educación social*, (7). https://www.eduso.net/res/revista/7/marco-teorico/la-accion-comunitaria-transformacion-social-y-construccion-de-ciudadania/

Mattos Viola, E. (2009). Si doy comida a un pobre, me llaman santo, pero si pregunto por qué es pobre, me llaman comunista. *Atrio*, (7 de febrero, 2009) https://pastoral-vocacional.org/corazon/desierto1.html

Montemayor, C. (s/f). Masacre en la Alameda. Inicio de la guerra sucia. CNDH, México. https://www.cndh.org.mx/noticia/masacre-en-la-alameda-inicio-de-la-guerra-sucia-0

Morales Hernández, J.J. (2010). La Guerra sucia. *Noche y neblina: Los vuelcos de la muerte. La historia de los campos de concentración en México y los desaparecidos de la guerra en el Siglo xx*. Plaza Editores, Guadalajara, México. https://www.marxists.org/espanol/tematica/guerrilla/mexico/noche/02.htm

Oficina en Washington para Asuntos Latinoamericanos, [wola]. (1998). *La planificación participativa para la incidencia. Una guía práctica*.

Papa Francisco. (2015). *Encíclica Maudato Si': sobre el cuidado de la Casa Común*. https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html

Papa Francisco. (2020). *Encíclica Fratelli Tutti: sobre la fraternidad y la amistad social*. Dicasterio para el Servicio del Desarrollo Humano Integral.

Pastoral de Juventud. (s.f.). *La metodología del ver-juzgar-actuar-revisar-celebrar* https://pastoraldejuventud.files.wordpress.com/2008/09/la_metodologia.pdf

Pastoral Social, Diócesis de Tlaxcala. (2002). *Resolutivos de la III Semana Social*. Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo Local, A. C.

Saravia, J. (s.f.). *El poblado de la Biblia*. Equipo Rural Interreligioso de Tabasco.

Tapia Álvarez, M. (2010). *Manual de incidencia en políticas públicas*. Alternativas y Capacidades, A. C.

4.2 Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal en la Cuenca del Alto Atoyac

Jhonatan Méndez Valencia
Eneida Reyes Pérez
Lenin Sánchez Calderón

INTRODUCCIÓN

El diseño de procesos amigables con el medio ambiente para el tratamiento de aguas residuales se ha convertido en una prioridad ambiental y sanitaria en muchas regiones del mundo. En México, el área de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) cuenca hidrológica que abarca parcialmente los estados de Tlaxcala, Puebla y México enfrenta desafíos significativos en términos de contaminación del agua, debido a actividades industriales, agrícolas y urbanas en las que la gestión sostenible del recurso hídrico es crucial.

En este contexto, los humedales son ecosistemas naturales o artificiales que han emergido como una tecnología prometedora para la depuración de aguas residuales. Ofrecen una solución eficaz, de bajo costo y amigable con el medio ambiente, que se caracteriza por la presencia temporal o permanente de agua; estos se pueden encontrar en los 18 municipios más importantes a lo largo de la CAA. Existen diferentes tipos de

humedales según el tipo de vegetación, los organismos que los habitan, el nivel de inundación, las características del agua, entre otros parámetros. Son un importante refugio de la biodiversidad y su extensión global abarca poco menos el 9 % de la superficie terrestre (Antón, 2016).

Las interacciones biológicas, físicas y químicas que se desarrollan en los humedales permiten un control hídrico en caso de inundaciones, depuran sustancias de origen natural o antropogénico y mejoran la calidad del agua. Estos servicios ambientales hacen a los humedales un sistema potencial para el tratamiento de aguas contaminadas provenientes de la industria, hogares, escorrentías urbanas y agropecuarias (Parrao, 2018). Este trabajo se enfoca en el diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH) adaptado específicamente a las necesidades y características de la CAA. Se presenta una breve descripción de los humedales naturales y de los artificiales, sus ventajas y desventajas, así como su clasificación, la constitución y los mecanismos de remoción del contaminante en los humedales artificiales. El objetivo es desarrollar el diseño de un HSSH a medida para esta cuenca, que no sólo busca mitigar la contaminación, sino también contribuir a la conservación y restauración de los ecosistemas acuáticos locales.

HUMEDALES NATURALES

Los humedales naturales son sistemas de superficie plana, los cuales se inundan permanente o parcialmente. Al cubrirse de agua el suelo se satura, queda sin oxígeno y da como resultado un ecosistema híbrido entre lo terrestre y lo acuático; el agua que se encuentra en estos permanece cercana a la superficie, al menos de forma periódica (Moreno-Casasola, 2012). Dentro de los servicios ambientales que los humedales brindan se encuentran: soporte de la cadena trófica y del ciclo de los nutrientes; refugio para la biodiversidad; servicios culturales de investigación y recreativos; control de los sedimentos; protección de zonas costeras; recarga del humedal y descarga de aguas subterráneas; sistemas de

detoxificación de sustancias de las aguas, tanto contaminantes naturales como de origen humano (Moreno-Casasola, 2012).

HUMEDALES ARTIFICIALES

Los humedales artificiales son sistemas de fitodepuración, en los cuales se desarrolla un cultivo de macrófitas sobre un lecho impermeabilizado y cubierto de grava. Se han utilizado para tratar: aguas domésticas y urbanas; aguas industriales, incluyendo las provenientes de la fabricación de papel, productos químicos y farmacéuticos, cosméticos, alimentación, refinerías y mataderos; aguas de drenaje de extracciones mineras y aguas de escorrentía superficial agrícola y urbana (Delgadillo et al., 2010). Así mismo, son sistemas de ingeniería que se diseñan, construyen y optimizan aprovechando las funciones naturales de los mismos para mejorar su eficiencia para el tratamiento de aguas contaminadas.

Se pueden identificar dos tipos básicos de humedales artificiales: el de flujo superficial, donde el agua circula por encima del sustrato y el de flujo subsuperficial, donde el agua circula a través del sustrato de forma vertical u horizontal (Delgadillo et al., 2010). Gran parte de los procesos de depuración se llevan a cabo por la vegetación y los microorganismos que crecen en éste y están sujetos a las variables climáticas (López y Rodríguez, 2016).

Los humedales artificiales son sistemas versátiles que pueden ser utilizados individualmente en hogares, en comunidades e incluso en laboratorios. Estos pueden ser adaptados en diferentes ubicaciones; el costo de un humedal es relativamente bajo y no se requiere gran capacitación para su operación (Pérez, 2013). Este tipo de tecnología representa una buena opción para el tratamiento de las aguas residuales grises, donde la materia orgánica es el contaminante más abundante (Antón, 2016). A lo largo de la CAA se pueden encontrar humedales naturales que pueden rehabilitarse para tener una mejor calidad de agua a lo largo de toda la cuenca.

LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

Ventajas

Dado que el oxígeno requerido para el funcionamiento eficiente del humedal artificial es proporcionado principalmente por las plantas, no es necesario el uso de equipos electromecánicos. Esto disminuye drásticamente la contaminación acústica, la producción de malos olores, cantidad de lodos residuales y el consumo de energía eléctrica. Además, los hace eficientes para la remoción de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), SS (sólidos suspendidos), patógenos y nutrientes como el nitrógeno (N) y fósforo (P).

Los humedales artificiales presentan una amplia flexibilidad o tolerancia a variaciones de carga, tanto hidráulica (caudal) como orgánica; pueden diseñarse desde unipersonales y unifamiliares hasta ciudades medianas con disponibilidad de terreno; su operación y mantenimiento demandan un mínimo de operadores con una sencilla capacitación; el agua tratada que allí se utiliza puede reutilizarse en varios usos (riego de áreas verdes, riego de cultivos, acuicultura, recarga de acuíferos, protección de la vida acuática de ríos y lagos); generan subproductos aprovechables (flores, forrajes, materias primas para manufacturas de artesanías); además, Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua), son estéticos ya que muestran áreas verdes agradables a la vista y se integran de manera armónica con el ambiente (2007).

Desventajas

Dado que los humedales artificiales tienen un mayor tiempo de retención hidráulica, demandan hasta 20 veces más terreno que los sistemas intensivos, lo que incrementa los costos de inversión si los terrenos son costosos. Los cambios estacionales a lo largo del año afectan la velocidad de remoción de los contaminantes; por ejemplo, en lugares con inviernos

marcados o en sitios con periodos largos de estiaje, la velocidad de remoción de contaminantes se reduce drásticamente.

Además, si no se hace un manejo correcto de la vegetación, la eficiencia de remoción de contaminantes se reduce, puede acumular sales y en los humedales de flujo superficial existe el riesgo de dar lugar a criadero de moscas y mosquitos. El hecho de que se tenga poca información de los procesos biológicos e hidrológicos que intervienen en la depuración del agua, deja una ventana de oportunidades para la investigación (Conagua, 2007).

CLASIFICACIÓN Y COMPONENTES DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES

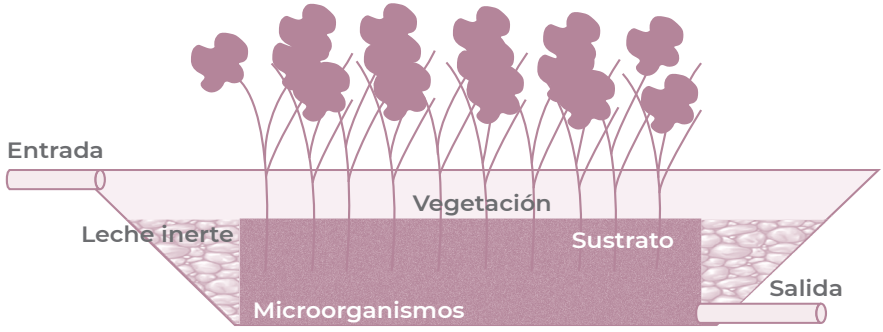
Con base en el tipo de flujo podemos encontrar el superficial y el subsuperficial; este último, a su vez, se subdivide en horizontal y vertical. En un humedal de flujo superficial, el agua se encuentra expuesta a la atmósfera y circula entre los tallos y las raíces de la vegetación emergente, donde se lleva a cabo su depuración (Delgadillo et al., 2010).

En los humedales subsuperficiales de flujo vertical, el agua se infiltra de forma vertical a través de un sustrato inerte del sistema radical de las plantas, el cual se recoge en una red de drenaje situada al fondo del humedal. Estos sistemas son cargados intermitentemente, con el fin de que las condiciones de saturación con agua en la cama matriz sean seguidas por periodos de instauración, estimulando el suministro de oxígeno y las condiciones aerobias (Delgadillo et al., 2010).

En la figura 1 se muestra el lecho inerte, sustrato, vegetación y microorganismos de un humedal subsuperficial de flujo horizontal. El nivel del agua se conserva inferior a la superficie, ésta ingresa al humedal de forma permanente, se va tratando a medida que fluye de forma lateral a través del medio poroso y el sistema de raíces de las macrófitas, hasta llegar al tubo de drenaje cribado (Delgadillo et al., 2010). Un humedal es un sistema combinado entre sistema terrestre y acuático en donde

se desarrolla vegetación. Los componentes del diseño hidráulico son: el sustrato, los microorganismos y la vegetación (García y Corzo, 2009).

Figura 1. Humedales artificiales flujo subsuperficial horizontal y componentes



Fuente: adaptada de Delgadillo y colaboradores (2010, p. 10).

El sustrato se considera como el medio granular, el cual suele estar formado por arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se van acumulando en el fondo del humedal (Pérez, 2013). Los microorganismos son los principales responsables del tratamiento biológico. Estos microorganismos llevan a cabo procesos de degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y algunos elementos traza (Pérez, 2013). La actividad microbiana es la encargada de transformar las sustancias orgánicas e inorgánicas (Delgadillo et al., 2010) en sustancias inocuas e insolubles.

La vegetación es una parte esencial en los humedales; las plantas que allí se utilizan deben contar con la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera hasta el medio donde se encuentran las raíces (Delgadillo et al., 2010). Éstas contribuyen al tratamiento del agua residual estabilizando el sustrato, limitando la canalización del flujo, y dando lugar a velocidades de agua bajas que permiten que los materiales suspendidos se depositen. Las macrófitas transfieren gases entre la atmósfera

y los sedimentos permitiendo la oxigenación de los espacios dentro del sustrato. Además, sus tallos y sistemas radicales sirven como sustratos para los microorganismos (López y Rodríguez, 2016).

En el estado de Tlaxcala se han reportado plantas como: duraznillo de agua (*Ludwigia peploides*), estrella amarilla (*Nymphoides fallax*), perrito de agua (Utricularia livida), espiguilla (*Luziola fluitans*), junco bastardo (Triglochin maritima), hoja de flecha (Sagittaria latifolia) y tule (Cyperus articulatus), que son usadas en humedales artificiales (Helguera y García, 2015, p. 124).

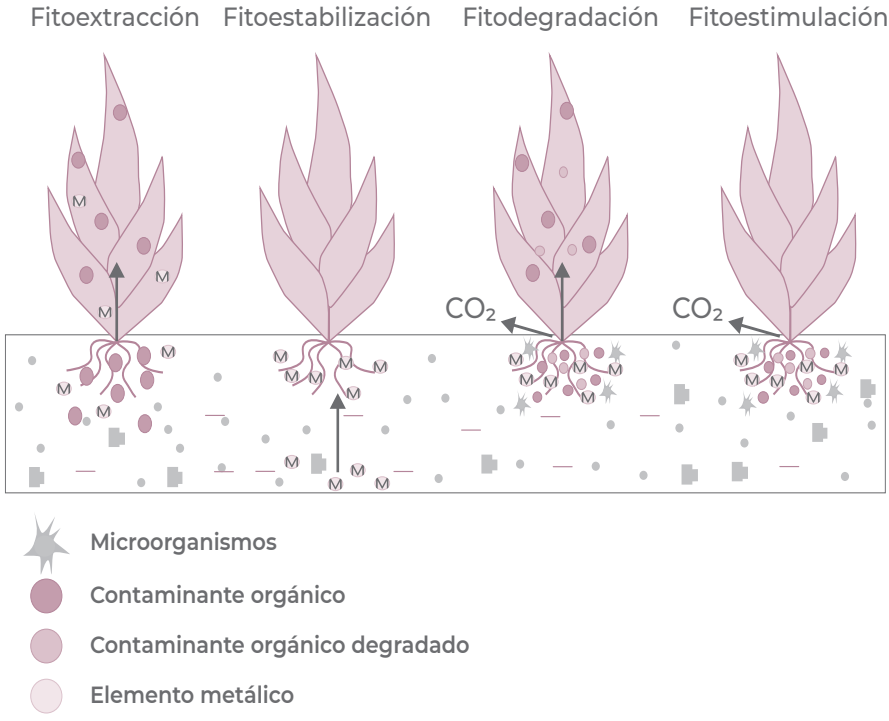
En los humedales se lleva a cabo la depuración de aguas residuales por medio de fitorremediación, como se muestra en la figura 2. En la fitoextracción las plantas con ayuda de sus microorganismos asociados extraen contaminantes, los almacenan en su biomasa, preferentemente en partes aéreas, y posteriormente las plantas se cosechan y se incineran. Este tratamiento es utilizado principalmente para tratar metales biodisponibles (Colombano et al., 2010). La fitoestabilización consiste en reducir la movilidad de los contaminantes esencialmente metálicos por medio de absorción, adsorción, precipitación, confinamiento, para así evitar su migración. La estabilización se da principalmente en las raíces y en zonas periféricas de las raíces (Colombano et al., 2010).

En la fitodegradación, algunas plantas a través de su actividad metabólica, y por tanto de la producción de numerosas enzimas, pueden degradar contaminantes orgánicos. La degradación puede ocurrir al interior y al exterior de la planta; en el interior de la planta se realiza la adsorción previa del contaminante, mientras que en el exterior se lleva a cabo la producción de enzimas extra raíces (Colombano et al., 2010).

En el proceso de fitoestimulación se observan las diferentes interacciones naturales entre la planta y los microorganismos. Esta interacción consiste en estimular la actividad de biodegradación de los contaminantes orgánicos a nivel de la raíz, en particular a través del aumento de la infiltración de agua y la aireación durante el desarrollo del sistema radicular (Colombano et al., 2010).

Para el proceso de fitorremediación es de gran importancia la elección de las plantas (Colombano et al., 2010). Éstas deben estar adaptadas al lugar en donde se quiera llevar a cabo el tratamiento; se deben tomar en consideración las cualidades agronómicas del sustrato en donde crecerán y el tipo de humedal al cual se incorporarán. En humedales construidos podemos encontrar sistemas de tratamiento con macrófitas, las cuales pueden ser sumergidas, enraizadas, emergentes o de hojas flotantes.

Figura 2. Tipos de fitorremediación



Fuente: adaptado de Colombano (2010, p. 182).

MECANISMOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

En humedales artificiales construidos se desarrollan diferentes mecanismos de remoción de contaminantes, los cuales se pueden clasificar en físicos, químicos y biológicos (Conagua, 2007). Los físicos son la filtración, sedimentación, fisisorción. Los químicos son la precipitación, quimisorción, hidrólisis, oxidación y reducción. El biológico es la interacción de especies vegetales y microorganismos adheridos a las raíces de las plantas. El conjunto de elementos que integran el humedal como las especies vegetales, los microorganismos y el medio filtrante tiene una influencia directa sobre los procesos fisicoquímicos y biológicos, ya que en conjunto logran la depuración del agua residual. Los productos obtenidos de la degradación de contaminantes son utilizados por la vegetación del humedal, que a su vez proporciona el oxígeno necesario a los microorganismos que se desarrollan en el medio filtrante que sirve como soporte (Conagua, 2007).

La remoción de contaminantes se lleva a cabo por diferentes sistemas físicos, biológicos y químicos. La materia orgánica es removida mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica. El nitrógeno que ingresa al humedal generalmente está en forma de amonio o en forma de compuesto inestable que es convertido a amonio (Delgadillo et al., 2010). La nitrificación y la desnitrificación son los principales mecanismos de remoción de nitrógeno en humedales; estos ocurren en diferentes zonas del sustrato.

Este proceso de remoción de nitrógeno se divide en tres pasos: *1*) amonificación, *2*) nitrificación y *3*) desnitrificación; los tres productos obtenidos en la desnitrificación son gaseosos, y el gas nitrógeno de los primeros dos productos es liberado a la atmósfera, ya que estos productos son pasajeros (Delgadillo et al., 2010). La remoción de sólidos suspendidos es realizada por un tratamiento previo antes de la entrada al humedal; sin embargo, los humedales filtran y sedimentan los remanentes, complementando esta remoción. En efecto, las raíces de las macrófitas y el sustrato reducen la velocidad del agua, y favorecen ambos procesos (Delgadillo et al., 2010).

El tratamiento previo es muy importante para evitar obstrucciones y la rápida colmatación del humedal. El fósforo se encuentra en las aguas residuales de tres diferentes formas: como ortofosfato, polifosfato y fosfato orgánico. Este último es un constituyente menor y requiere descomponerse a ortofosfato, al igual que el polifosfato. Cerca del 25% del fósforo total fijado está presente como ortofosfatos tales como: ion fosfato ($P0_4 3-$), ion hidrógeno fosfato ($HP0_4^{2-}$), dihidrógeno fosfato (H_2PO-_4) y ácido fosfórico (H_3PO_4), que están disponibles para el metabolismo biológico inmediato (Delgadillo et al., 2010).

En un humedal la remoción de ortofosfato ocurre principalmente como una consecuencia de la adsorción y reacciones de precipitación con aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca) y materiales arcillosos en la matriz del sustrato. También, el fósforo puede estar presente en el sustrato en la forma de sal soluble o minerales insolubles, lo cual significa que el fósforo puede ser transferido dentro de un humedal construido (Delgadillo et al., 2010).

DISEÑO DEL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL

A continuación, se expondrán los diferentes parámetros y conceptos utilizados en el diseño del humedal artificial subsuperficial de flujo horizontal. En el humedal artificial intervienen diferentes aspectos climáticos, variedad de especies vegetales, diferentes tipos de medios filtrantes y tiempos de operación. Todos estos aspectos intervienen en el funcionamiento del humedal y su eficiencia en la remoción de contaminantes (Conagua, 2007).

Para poder entender de forma correcta el funcionamiento de un humedal artificial (Conagua, 2007) se proporciona el balance de materia (agua), el cual se obtiene por medio de la siguiente ecuación (ecuación 1); se analiza el cambio del volumen de agua que ingresa al humedal de acuerdo al tiempo de retención en este $Qi - Qe + P - ET = \left[\frac{dV}{dt}\right]$. (1). Donde: Qi = afluente de agua residual (m^3/s), Qe = caudal del efluente (m^3/s), P = precipitación (m^3/s), ET= evapotranspiración (m^3/s), V = volumen de agua (m^3), t = tiempo (s).

Para poder encontrar los parámetros que gobiernan las tasas de cambio importantes en el tratamiento es necesario recurrir a las relaciones de la cinética de degradación; en general es de interés la velocidad de remoción de sustrato y la tasa de aumento de biomasa (Ocaña y González, 2020). La cinética de las reacciones –que estudia el camino que siguen los reactivos para convertirse en productos– se puede determinar estableciendo que la tasa es proporcional a la concentración de los reactantes.

Esta tasa de reacción es función de una constante k y de la concentración de los reactantes C_A, C_B Ocaña y González (2020) utilizan la siguiente ecuación (ecuación 2) $\frac{dC_A}{dt} = -k(C_A, C_B, \dots)$. (2). Donde: K = constante cinética de primer orden (d^{-1}), C_A, C_B= concentración de reactantes (mg/lts $^{-1}$), t = tiempo (s). La cinética de tratamiento biológico de las condiciones ambientales puede controlarse regulando el potencial de hidrógeno (pH), la temperatura (T), así como suministrando o retirando oxígeno. El control de las condiciones ambientales asegura que los microorganismos tengan un medio adecuado para crecer (Ocaña y González, 2020), ya que la homogeneización de los caudales es útil para homogeneizar la tasa de flujo, así como la tasa de carga orgánica.

En un modelo de primer orden en humedal artificial las ecuaciones derivadas del modelo de cinética de primer orden son las más utilizadas. Un humedal artificial suele comportarse como un reactor de flujo pistón (ecuación 3), por lo cual la ecuación derivada del balance de masa contempla que la concentración del constituyente de interés se encuentra distribuida uniformemente en toda la sección transversal del volumen de control y en el cual no existe dispersión longitudinal. Se puede establecer a partir del análisis sobre un elemento diferencial de volumen (Ocaña y González, 2020); $\left[\frac{Ce}{Co}\right] = e^{(-kt)}$. (3). Donde: = constante cinética de primer orden (d^{-1}), Co = concentración de contaminante en el efluente (mg/L), Ce = concentración de contaminante en el afluente (mg/L), T= tiempo de retención hidráulico (días).

Por otro lado, la constante de reacción de primer orden "k" de la siguiente ecuación (ecuación 4) da un panorama del tiempo de retención

hidráulico de acuerdo a las concentraciones que entran y salen del humedal. Ocaña y González (2020) proponen la siguiente expresión $k = k_{20}\theta^{(T-20)}$. (4). Donde: T= temperatura media del sistema (°C), K_{20}= constante de degradación (d^{-1}), θ = coeficiente de Arrhenius. La constante de reacción de primer orden "k" es altamente dependiente de la temperatura que se tenga dentro del sistema de tratamiento, para los humedales de flujo subsuperficial, K_{20} es igual a 0.2779 d^{-1}, mientras que para el coeficiente de Arrhenius es igual a 1.06 (Pérez, 2013).

Las ecuaciones de regresión en la remoción de contaminantes se enfocan en la observación de datos a la entrada y salida de estos sistemas, dejando fuera el comportamiento interno y los datos del proceso de depuración. Esta interpretación de datos ha dado lugar a modelos empíricos y ecuaciones de regresión (ecuación 5-8,) las cuales representan una muy buena herramienta en la interpretación de datos y cálculos relacionados. Pérez (2013) expone cuatro ecuaciones de regresión que son utilizadas para el cálculo de remoción de demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO_5): $C_{out} = (0.099 * C_{in}) + 3.24.$ (5); sólidos sedimentables totales (SST): $C_{out} = (0.099 * C_{in}) + 9.17.$ (6), nitrógeno total (NT): $C_{out} = (0.099 * C_{in}) + 7.68.$ (7), fósforo total (FT): $C_{out} = (0.099 * C_{in}) + 0.71.$ (8); donde: C_{out} = concentración de salida (mg/L), C_{in}= concentración de entrada (mg/L). Lo anterior proporciona herramientas útiles para interpretar datos y realizar cálculos para el diseño del humedal subsuperficial de flujo horizontal.

PRETRATAMIENTO. TANQUE SÉPTICO (TS)

Un tanque séptico es un contenedor para descargas de aguas residuales, donde el efluente tiene la posibilidad de conectarse a otro sistema. El tanque séptico puede contar con una a tres cámaras para mejorar su eficiencia. En este dispositivo se realiza la separación de sólidos mediante gravedad; una vez sedimentados los sólidos se convierten en productos inertes; esta remoción de sólidos se puede medir en DBO, pero al ser un

pretratamiento esta remoción va de un 30 a un 40%, es decir, el agua aún contendrá materia orgánica (MO).

Se propone en el pretratamiento las siguientes ecuaciones (ecuaciones 9-13) que son utilizadas en el dimensionamiento del TS: volumen útil: $V_u = Q * 0.5$. (9). Donde: V_u = volumen útil (m^3), Q = caudal (m^3/s). Cálculo de ancho: $A = \frac{L}{3}$. (10). Donde: A = ancho (m), L = largo (m). Cálculo de volumen útil real: $V_{Ureal} = h_u * L * A$. (11). Donde: V_{UrealL} = volumen útil real (m^3), h_u= altura útil (m), L = largo (m), A = ancho (m). Conocido el volumen útil real y el ancho del TS es común usar las relaciones de largo; se puede considerar una relación de 2/3 y de 1/3. La ecuación 12 es utilizada para el cálculo de altura del TS: $A_T = h_u + B_L$. (12). Donde: A_T= altura del tanque (m), h_u = altura útil (m), B_L= borde libre (m). La eficiencia de remoción para MO se calcula con la ecuación 13. La eficiencia de los TS es del 30 a 40 %, $DBO_{salida} = DBO_{sinicial} * (1-\mu)$. (13). Donde: μ = eficiencia (%). Las anteriores son herramientas útiles para interpretar datos y realizar cálculos para el diseño del humedal subsuperficial de flujo horizontal.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL (HSSFH)

Para el diseño del tratamiento por humedal subsuperficial de flujo horizontal se toman en cuenta consideraciones, ecuaciones y conceptos que son de gran importancia para su dimensionamiento. Una de las principales consideraciones en el diseño es que la remoción de contaminantes puede ser descrita por un modelo cinético de primer orden (Pérez, 2013), al considerar que el humedal se comporta como un reactor tubular y al realizar un análisis teórico del sustrato y de los costos.

Dentro de las ecuaciones y conceptos que podemos resaltar en el diseño hidráulico de un HSSFH son los proporcionados por la Ley de Darcy, la cual nos ayuda a entender el comportamiento de un fluido en un medio poroso y así mismo el concepto del flujo pistón. De igual forma

existe información típica usada durante el diseño del humedal tal como materiales comúnmente usados en el sustrato del humedal, información de pendientes y las plantas típicas usadas en el tratamiento.

En el reactor tubular las partículas del flujo pasan a través del tanque y salen en la misma secuencia en que entran. Las partículas mantienen su identidad y permanecen en el interior del tanque a un tiempo igual al de retención teórico. Las concentraciones del compuesto de interés se encuentran distribuidas uniformemente en toda la sección transversal del volumen de control, en el cual no existe dispersión longitudinal en un reactor flujo pistón, ya que es un modelo simple de perfil de velocidad con un fluido el cual fluye a través de una tubería. En éste se supone que la velocidad es constante a través de cualquier sección transversal de la tubería perpendicular al eje de la misma (Ocaña y González, 2020).

El reactor flujo pistón por medio poroso es un modelo de perfil de velocidad basado en una sola propiedad extensiva, la cual es la masa del fluido. El fluido sólo circula por los poros del material, por lo cual no hay difusión; esto implica que no existen especies separadas. La velocidad del fluido en el medio poroso es proporcional al gradiente hidráulico y al coeficiente de permeabilidad (Sanz y Camacho, 2009).

Las siguientes ecuaciones (ecuaciones 14-20) son utilizadas en el dimensionamiento hidráulico del humedal subsuperficial de flujo horizontal. La ecuación 14 es utilizada para calcular el volumen del humedal en función del tiempo de retención hidráulico, $Vol_H = \frac{THR*Q}{No.sistemas}$. (14). Donde: Vol_H= volumen del humedal (m^3), THR = tiempo de retención hidráulico (días), Q = caudal medio (m^3/s). La ecuación 15 es utilizada para el cálculo de área transversal: Ley de Darcy $A_c = \frac{Q}{K_s*S*0.1}$. (15). Donde: A_c= área transversal (m^2), Q = caudal medio (m^3/s), K_s= conductividad hidráulica (m/s), = pendiente (m/m). La ecuación 16 es utilizada para el cálculo de área superficial: dependiendo del objetivo de tratamiento la calidad y cantidad del efluente, se puede decidir sobre la trayectoria de flujo paralelo y el seccionado de celdas que pueda tener el humedal: $A_S = \frac{Vh}{h}$. (16). Donde: A_s= área superficial (m^2), Vh= volumen del humedal (m^3), h = profundidad del humedal (m).

Para el cálculo de la relación largo-ancho se utiliza la ecuación 17; esta relación retoma el área vertical, ya que el ancho del humedal está en función del área vertical y la profundidad del nivel de agua, $W = \frac{A_c}{h}$. (17). Donde: W = ancho del humedal (m), A_c = área transversal (m_2), h = profundidad del humedal (m). El largo del humedal se calcula en función del ancho y el área superficial con la ecuación 18: . (18) $L = \frac{A_s}{W}$. Donde: L = largo del humedal (m), A_s = área superficial del humedal (m^2), W = ancho del humedal (m). Con los resultados de largo y ancho se calcula la relación entre estos ($\frac{L}{A}$); mientras mayor sea la relación ($\frac{L}{A}$) se tendrá una mejor depuración de las aguas. Se recomienda una relación ($\frac{L}{A}$) entre 2:1, 3:1 y 4:1.

La ecuación 19 es utilizada para el cálculo de carga hidráulica superficial a partir del caudal de entrada de agua al humedal que se quiere tratar por habitante: $CH_H = \frac{Q}{\frac{As}{10000}}$. (19). Donde: CH_H= carga hidráulica del humedal (m^3/hab. día), Q = caudal (m3/día), A_s= área superficial (m^2).

La ecuación 20 es utilizada para el cálculo del número de plantas; se recomienda plantar tres plantas por metro cuadrado en la superficie del humedal (Fonseca-Castro, 2010). $N_{pts} = A_c * 3$. (20). Donde: A_c= área transversal (m2). El sustrato es el tipo de medio filtrante que se selecciona respecto a la porosidad y conductividad hidráulica que está relacionada con la velocidad de dispersión del agua a través del humedal (Delgadillo et al., 2010). Los costos que se toman en cuenta dentro del diseño y la construcción del humedal artificial son el costo de limpieza y preparación de suelo, costo de obra civil, costo de medio filtrante, costo mano de obra (Fonseca-Castro, 2010).

DISEÑO HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL (HSSFH)

Este trabajo diseña teóricamente un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSF) para el tratamiento de aguas grises. Se inicia el diseño con los datos de entrada de una población y el caudal de agua que genera dicha población. Así mismo, se toma el dato de concentración de DBO_5 a la salida del TS como la concentración inicial para el diseño del HSSFH.

Un parámetro de suma importancia es el tiempo de retención hidráulico que proporciona información del comportamiento de las concentraciones de los contaminantes en el humedal respecto al tiempo, el cual garantiza una remoción de un 70% a 90%. En el pretratamiento se proponen diferentes escenarios de población con la finalidad de visualizar el comportamiento de las dimensiones del humedal, de acuerdo a la tabla 1.

Tabla 1. Dimensionamiento del tratamiento del HSSFH

POBLACIÓN	CAUDAL (M^3/DÍA)	VOLUMEN (M^3)	ÁREA SUPERFICIAL (M^2)	ÁREA TRANSVERSAL (M^2)	ANCHO (M)	LARGO (M)	RELACIÓN (L/W) (M)	NO. PLANTAS
200	23.07	231	385	9	15	25	1.63	28
400	46.14	462	770	18	31	25	0.81	55
600	69.21	693	1154	28	46	25	0.54	83
793	91.47	915	1525	37	61	25	0.41	110
800	92.28	923	1538	37	62	25	0.41	110
1000	115.35	1154	1923	47	80	25	0.33	138

Nota: esta tabla muestra la generación del caudal respecto a la población 200, 400, 600, 793, 800 y 1000 habitantes. Como respuesta se observa el dimensionamiento en área de un HSSFH.
Fuente: elaboración propia.

Para el dimensionamiento del humedal se consideran constantes los siguientes parámetros de diseño: thr a 10 días; pendiente del fondo del humedal: 0.50%; profundidad del agua: 0.60 m; profundidad del medio: 0.70 m, y carga hidráulica: 600 (m^3/hab. día). Se define una población de habitantes para estimar los valores de área de la construcción del humedal (figura 3).

SUSTRATO DEL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL (HSSFH)

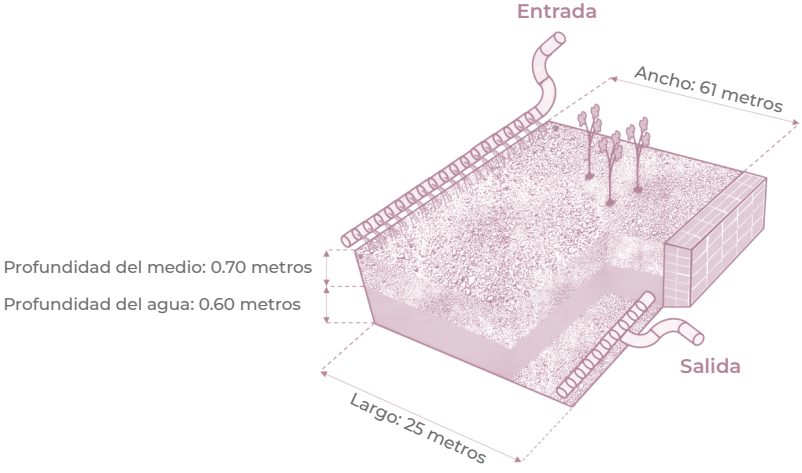
El sustrato proporciona una mejor conductividad hidráulica con la que se garantiza una mayor facilidad del paso del agua a través del HSSFH por

unidad de área transversal, siendo un medio granular arena gravosa. Al ser la combinación de dos materiales proporciona una porosidad media de 30 a 35% comparada con otros materiales como arenas finas y gruesas o roca gruesa. Al seleccionar la combinación de estos materiales se garantiza el crecimiento de las macrófitas en el HSSFH y se asegura el medio suficiente para enraizarse.

MACRÓFITA PARA EL HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL

Para este humedal se ha seleccionado como planta fitodepuradora el tule (*Cyperus articulatus*). Esta es una de las plantas más frecuentemente utilizadas en humedales artificiales de flujo subsuperficial horizontal, ya que son plantas enraizadas emergentes; esta cualidad las vuelve de gran utilidad para ser aplicadas en el diseño del HSSFH, dado que éstas se siembran en el sustrato y soportan la inundación.

Figura 3. Dimensionamiento HSSFH



Fuente: elaboración propia.

El tule tiene una baja eficiencia en la remoción de nutrientes, pero una alta remoción de DBO y DQO, así como una buena fijación de metales pesados y eliminación de coliformes fecales. Esta planta se desarrolla en un rango de temperatura entre 16 a 27°C. Es importante realizar el plantado en épocas calurosas ya que son poco resistentes al frío. Finalmente, la planta es nativa del estado de Tlaxcala, siendo este otro criterio para su selección; esto resulta ser de gran importancia, pues garantiza que la mayor parte de las plantas puedan sobrevivir al momento de ser plantadas.

ANÁLISIS DE DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES

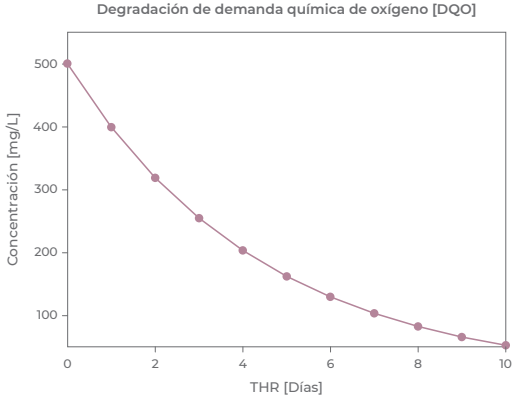
El análisis de la degradación de los contaminantes es un parámetro de suma importancia para conocer el comportamiento de la concentración a través del tiempo en el HSSFH. Aplicando la ecuación 3 podemos conocer el THR; es el tiempo que el agua contaminada permanecerá dentro del humedal para su tratamiento, conociendo las concentraciones del contaminante a la entrada del humedal y la concentración a la salida de éste. Dichos parámetros son obtenidos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 1996; NOM-003-ecol-1997), y establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en el agua.

Se realizaron los cálculos para conocer el comportamiento de cinco parámetros que contaminan el agua: DQO, NT, SST, FT y DBO_5. Para cada uno de ellos se calculó el THR y como resultado se obtuvo un tiempo diferente para cada contaminante. Sin embargo, para evitar la construcción de dos sistemas y evitar el incremento en costos, se decidió ajustar el THR a 10 días, tiempo que tarda en degradarse el contaminante con mayor concentración.

En la gráfica 1 se muestra el comportamiento del DBO con una concentración inicial de 500 mg/L; después de 10 días muestra una concentración de 50 mg/L, valor que está por debajo de los límites permisibles para riego de áreas verdes, comparado con lo establecido por la Semarnat (1996) y la NOM-003-ecol-1997.

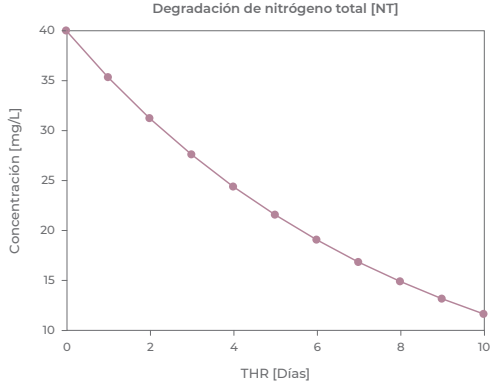
Por otro lado, la gráfica 2 muestra el comportamiento de la degradación de nitrógeno total la concentración inicial de 40 mg/L. Se observa que después de 10 días la concentración llega a un rango menor de 12 mg/L. Estos valores fueron comparados con Semarnat (1996) y la NOM-003-ecol-1997 para riego de áreas verdes del DQO y para ríos del NT, dado que están por debajo de lo que éstas establecen.

Gráfica 1. Degradación de la DQO



Fuente: elaboración propia.

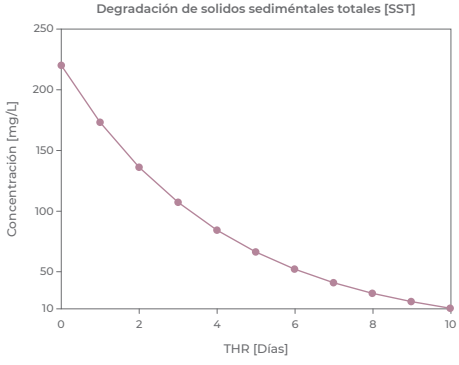
Gráfica 2. Degradación del NT



Fuente: elaboración propia.

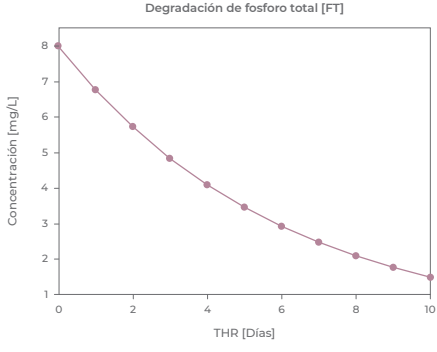
En la gráfica 3 se puede observar el comportamiento de la degradación de los SST, que tiene una concentración inicial de 220 mg/L y desciende hasta llegar a los diez días. En la gráfica 4 se muestra el comportamiento de la degradación del FT, que inicia en 8 mg/L hasta llegar por debajo de 2 mg/L. Comparando los valores obtenidos a 10 días con la Semarnat (1996) y la NOM-003-ecol-1997, para riego de áreas verdes de SST y FT, están por debajo de los parámetros que estas establecen.

Gráfica 3. Degradación de los SST



Fuente: elaboración propia.

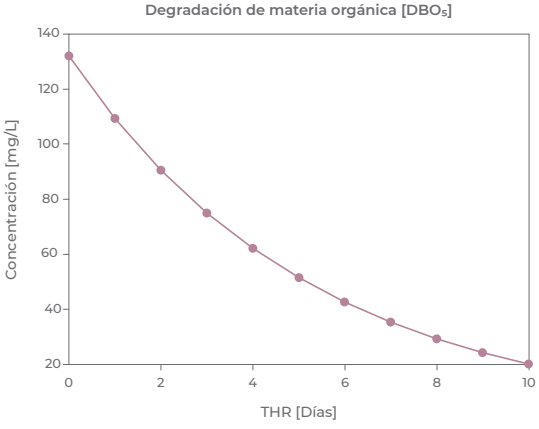
Gráfica 4. Degradación del FT



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 5 se observa el comportamiento de la degradación de dbo_5, que tiene una concentración inicial de 132 mg/L y una concentración por debajo de los 20 mg/L en 10 días.

Gráfica 5. Degradación del DBO_5



Fuente: elaboración propia.

EVALUACIÓN DE COSTOS

Los costos de construcción del tratamiento por humedal son función del área superficial, del volumen, del pretratamiento y el tratamiento. Se recomienda el asesoramiento de un ingeniero civil para llevar a cabo la obra ingenieril de construcción.

Se requiere de inversión en maquinaria pesada para la limpieza del terreno, excavación y compactación de las celdas. Así mismo se requiere un estudio topográfico para la nivelación del suelo y para garantizar el flujo de agua a través del humedal.

En cuanto a la parte del medio filtrante es necesario tomar en cuenta el volumen del humedal, para realizar la adquisición del sustrato, la tubería necesaria y la geomembrana, y así garantizar que el agua que entra al

humedal no se filtre al subsuelo, que se mantenga húmedo el sustrato y así asegurar la vida de las plantas en el HSSFH. El número de plantas utilizadas para el tratamiento es función del área transversal, tomando en cuenta una plantación de tres plantas por metro cuadrado, y el resultado es el total de plantas a utilizar.

Los costos del tratamiento por humedal suelen ser bajos, ya que no se requiere de la utilización de alguna energía externa para su funcionamiento como electricidad o combustible. Además, se pueden tomar consideraciones para reducir costos como la obtención de plantas fitodepuradoras nativas de la zona.

Se presentan los resultados del análisis de costos reales del pretratamiento y el diseño del HSSFH, adicionando un incremento del 20% para una población de 793 habitantes a lo largo de la CAA; el resultado del costo real es de $32541.49 para el tanque séptico. El costo real con un incremento del 20% para el diseño del HSSFH como resultado es de $425488.58; el costo total de inversión es de $458030.07; los costos de mantenimiento no fueron evaluados en este trabajo.

CONCLUSIONES

Este trabajo tiene una gran importancia porque presenta el modelamiento del diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal para el tratamiento de aguas residuales a lo largo de la CAA. Este es un sistema amigable con el medio ambiente, y es un proceso crucial para abordar los desafíos de la contaminación ambiental y la escasez del recurso hídrico.

Este tipo de sistemas ofrecen una alternativa sostenible y efectiva para tratar aguas residuales, contribuyendo a la protección del medio ambiente. Se destaca la importancia de los costos de construcción y operación, la selección de plantas endémicas de la región y la sostenibilidad a largo plazo del sistema, así como la colaboración interdisciplinaria entre ingenieros civiles, ambientales, biólogos (sólo por mencionar algunos). Además, lo más importante, se destaca contar con el apoyo social y

económico de los municipios a lo largo de CAA, para diseñar e implementar soluciones integrales y efectivas en el tratamiento de aguas residuales.

REFERENCIAS

Antón Antón, D. (2016). Diseño y puesta en funcionamiento de un humedal artificial a escala de laboratorio para el tratamiento de aguas contaminadas. Universidad Miguel Hernández. https://dspace.umh.es/handle/11000/3584.

Colombano, S., Saada, A., Guerin, P., Bataillard, P., Bellenfant, G., Beranger, S. y Girardeau, I. (2010). Quelles techniques pour quels traitements–analyses coûts-bénéfices. Bureau de recherches géologiques et minières, Orléans, Francia. https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-58609-FR.pdf

Comisión Nacional de Agua, [Conagua]. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*. Conagua.

Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. y Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro agua).

Fonseca-Castro, M. (2010). *Diseño de humedal construido para tratar los lixiviados del proyecto de relleno sanitario de Pococí*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6158/dise%c3%b1o_humedal_lixiviados_proyecto_relleno_anitario_Poci.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

García Serrano, J. y Corzo Hernández, A. (2008). *Depuración con humedales construidos. Guía práctica de diseño, construcción y explotación de sistemas de humedales de flujo subsuperficial*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/2474/JGarcia_and_ACorzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Helgueras, L. y García, O. (2015). *Guía ilustrada de campo. Plantas indicadoras de humedales*. Universidad Nacional Autónoma de México, (unam).

López, E. y Rodríguez, J. (2016). *Evaluación de un humedal artificial de flujo subsuperficial como tratamiento de agua residual doméstica en la vereda Bajos de*

Yerbabuena en el municipio de Chía, Cundinamarca. Universidad de La Salle, Colombia.

Mena Sanz, J., Rodríguez, L., Núñez, J. y Villaseñor, J. (2008). Depuración de aguas residuales con humedales artificiales: Ventajas de los sistemas híbridos. *Conama* (9), Congreso Nacional del Medio Ambiente, Cumbre del Desarrollo Sostenible, Madrid.

Moreno-Casasola, P. (2012). Los humedales en México. Oportunidades para la sociedad. *Cuadernos de divulgación ambiental*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ocaña, G. L. y González, L. P. (2020). *Cinética de degradación en aguas residuales domésticas con humedales artificiales utilizando Echinodorus paniculatus*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. https://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3446/1/5_Tesis_F%C3%A1tima%20Yaireth%20Garc%C3%ADa%20Ram%C3%ADrez.pdf

Parrao López, L. A. (2018). *Diseño y construcción de un prototipo de humedal artificial de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso, Chile. https://repositorio.usm.cl/server/api/core/bitstreams/1e286c2d-cec6-4637-800e-29587d2bc75f/content

Pérez, E., Samaniego, L., Mandujano-Álvarez, E., Dávila-Ramos, F. (2013). Diseño y construcción de un pantano de flujo vertical a escala piloto. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 2(1), 147-150. https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v2i1.278

NOM-001-Semarnat-1996. (6 de enero de 1997). Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. *Diario Oficial* de la Federación, https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4863829&fecha=06/01/1997#gsc.tab=0

NOM-003-ecol-1997. (21 de septiembre de 1998). Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público índice. *Diario Oficial* de la Federación, https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/311363/NOM_003_SEMARNAT.pdf

4.3 Agri-cultura campesina agroecológica: alternativa a la contaminación. La experiencia del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

Fernando Cuatecontzi Galicia
Judith Montes de Oca Cruz
María Virginia González Santiago
Claudia Fernández González

INTRODUCCIÓN

En este capítulo compartimos nuestra experiencia como Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (CES). Presentamos alternativas agroecológicas que hemos generado colectivamente para hacer frente a la contaminación que padecemos como habitantes de la cuenca Atoyac-Zahuapan. Somos comunidades herederas de una agri-cultura ancestral que procuró el cuidado de la naturaleza y la producción de alimentos sanos. Resaltamos la dimensión cultural de la agri-cultura campesina, al separarla con un guion y así destacar que para nosotras y nosotros la agri-cultura es una forma de vida.

Cada día es más común que las y los habitantes de los 13 municipios de la subcuenca del Atoyac-Zahuapan, donde trabajamos como Centro de Economía Social Julián Garcés A.C., veamos que nuestra salud, comu-

nidad y territorio son afectados por la contaminación. Como expresión de la crisis ambiental, la mayoría de los suelos en Tlaxcala presentan un grado alto de erosión (Gutiérrez del Valle, 2015) y los árboles de nuestra montaña Malintzin son vulnerables a los escarabajos descortezadores (Llaven-Anzures, 2021). Se ha difundido la agri-cultura con uso de pesticidas que rompen las cadenas tróficas y dañan los ciclos de la naturaleza y la salud de los territorios.

También, es más frecuente que las personas que habitan en nuestras comunidades tengan enfermedades crónico-degenerativas debido a la presencia de la industria y sus efectos contaminantes en el ambiente. Al respecto, el Centro Fray Julián Garcés (2021) reportó que las personas que habitan próximos a una zona industrial tienen mayor probabilidad de contraer cáncer y enfermedades renales crónicas. Ante esta realidad, en los últimos 17 años nos hemos organizado en el CES con grupos y familias de Tlaxcala para generar alternativas a la contaminación de la cuenca, de nuestros cuerpos y del territorio.

A lo largo de los años hemos conjuntado nuestro conocimiento campesino con la agroecología para abonar a la restauración de la cuenca y producir alimentos que sanen nuestros cuerpos. Para ello, nos hemos organizado en cooperativas y como Escuela Campesina Agroecológica (Escampa) para contribuir a solucionar los problemas socioambientales de nuestro territorio. Estas alternativas son impulsadas y coordinadas por las y los compañeros: Fernando Cuatecontzi Galicia, Judith Montes de Oca Cruz, Carlos Cuatecontzi Galicia, Edith Montes de Oca Cruz, María Guadalupe Sánchez Hernández, María del Rosario Guerrero Ramírez, Inocencio Guerrero Salinas, Stephany Montes de Oca Sánchez.

El presente capítulo tiene como objetivo mostrar que la agroecología y la agri-cultura campesina son dos perspectivas vitales para la visión y acción colectiva que realizamos en el CES, en aras de contribuir a la resolución de los problemas socioambientales de la cuenca del Atoyac-Zahuapan. Para abordar esta temática dividimos el capítulo en tres secciones.

En la primera sección explicamos cómo entendemos desde el CES la agroecología y la agri-cultura campesina tlaxcalteca. En la segunda sección presentamos la relación que existe entre la agri-cultura campesina y la agroecología. Finalmente, en la última sección presentamos el contexto sociohistórico en el que surge el CES y tres acciones colectivas para promover alternativas a los problemas socioambientales de la cuenca Atoyac-Zahuapan.

LA AGRI-CULTURA CAMPESINA Y LA AGROECOLOGÍA PARA EL CES

En esta sección explicamos cómo entendemos desde el CES la agroecología y la agri-cultura campesina tlaxcalteca y la importancia que ha tenido para nuestro quehacer como organización.

LA AGRI-CULTURA CAMPESINA TLAXCALTECA

Nuestros ancestros construyeron saberes y prácticas de los ecosistemas, paisajes y agri-culturas para sostener una relación de cuidados entre la naturaleza y la comunidad. Las familias campesinas que vivimos en Tlaxcala hemos heredado medios de vida que nos permiten coexistir con la naturaleza: el bosque, el agua, los ríos, la vegetación, los hongos, los animales, los insectos, el aire, la tierra y el monte. Tenemos una agri-cultura campesina ancestral que desde hace 12000 años nos permite coexistir en equilibrio con la naturaleza y satisfacer necesidades de alimentación, vivienda, salud, recreación y vestido. Por ejemplo, hace 3000 años los agroecosistemas tuvieron una alta agrobiodiversidad que se interconectaba de manera armónica a los ecosistemas aledaños (INAH, 2023).

Sin embargo, en la historia tlaxcalteca han ocurrido procesos sociales que impactan los territorios y agroecosistemas. Con la llegada de los españoles hace 500 años se introdujeron herramientas (arado), técnicas (abonado con estiércol de ganado), sistemas de producción, nuevos

cultivos y animales de interés económico. Además, se intensificaron los sistemas agrícolas para producir cultivos nativos (por ejemplo, maíz) para fines económicos, entre ellos la milpa. Estos cambios transformaron el paisaje, los sistemas de producción y se impuso una organización social donde el manejo del paisaje y la agenda agrícola, ganadera y silvícola estuvo en manos de las haciendas.

Sin embargo, los conocimientos y prácticas indígenas/campesinas precolombinas se preservaron porque los pueblos nativos fueron excluidos de las ciudades o centros económicos. Antes del siglo XX la mayoría del campesinado de nuestra región cultivaban con prácticas campesinas prehispánicas e incorporaron la tracción animal en la milpa, el metepantle, el apantle, la chinampa, el calal, entre otros.

Actualmente, en la agri-cultura campesina seguimos reproduciendo agroecosistemas (por ejemplo, milpa o metepantle) con una compleja interacción biótica y abiótica. Sin embargo, esta forma de relación con la naturaleza está en constante tensión, y es opuesta a la cultura egoísta y depredadora que tienen las grandes transnacionales agroalimentarias. Coexisten la agri-cultura campesina ancestral y los sistemas de producción que utilizan paquetes tecnológicos agroindustriales que requieren de agrotóxicos, semillas híbridas y asesoría técnica. La agri-cultura convencional y los paquetes tecnológicos de la revolución verde han sido financiados e impulsados por empresas privadas transnacionales y políticas neoliberales gubernamentales. Sin embargo, en nuestras comunidades seguimos promoviendo una agri-cultura campesina ancestral.

El trabajo colectivo y los policultivos son parte de la agri-cultura campesina. En Españita e Ixtacuixtla decimos "vamos a hacer milpa" para indicar que se va al campo a trabajar, a sembrar, a quitar la hierba, a cosechar. La milpa también es un agroecosistema donde sembramos maíz, calabaza, frijol, ayocote, haba, trigo, avena, tomate o chilacayote como un policultivo, y así cuidamos y recolectamos quelites, quintoniles, apipisco, verdolagas, tomatillos, chilacayotes, entre otras plantas silvestres, que son alimentos desde tiempos ancestrales. Además, cuidamos el suelo, el

agua y la biodiversidad al construir y conservar las terrazas que llámanos localmente metepantles porque en las hileras plantamos principalmente maguey y se intercala con: nopal, capulín, sabino, durazno, ciruelo, tejocote, alxomiate, tepozán, pino, palo dulce, entre otras especies.

Así, en la parte plana de la terraza se ubican los cultivos anuales y en la parte alta o "bordo" de la terraza se establecen especies perennes. Estos policultivos actualmente se conocen como sistemas agroforestales y son promovidos por el programa gubernamental Sembrando Vida; son sistemas ancestrales que forman parte de la agri-cultura campesina. Muchas de las plantas que sembramos o fomentamos tienen diferentes funciones. Por ejemplo, los magueyes en los metepantles retienen el suelo y el agua, son refugio de fauna silvestre, crean microclimas. La agri-cultura en terrazas frena la erosión en las pendientes pronunciadas que tenemos en los paisajes de montañas y lomeríos.

Hoy en día todavía existen agroecosistemas que no utilizan agrotóxicos y combinan las prácticas campesinas milenarias con el uso intermitente de fertilizante nitrogenado de síntesis química y estiércol. Son pocos y generalmente se encuentran en superficies pequeñas (menores de un cuarto de hectárea), sin riego y el 100% de su cosecha es para autoconsumo.

Sin embargo, actualmente, las agroindustrias, las financiadoras, aseguradoras y aún dentro del propio gobierno federal y estatal existen políticas contradictorias. Algunas de ellas promueven la agroecología, revaloran la agri-cultura campesina y al mismo tiempo algunos programas favorecen el uso de agrotóxicos y la desaparición de los agroecosistemas campesinos. Aun así, mantenemos parte de nuestras parcelas para autoconsumo y utilizamos prácticas campesinas.

LA AGROECOLOGÍA EN EL CES

En el CES entendemos que la agroecología es una ciencia transdisciplinaria que integra varias disciplinas científicas con el conocimiento

empírico para explicar la realidad compleja de la agri-cultura, la relación entre los grupos sociales y todo el sistema natural que sostiene la vida.

La agroecología nos permite explicar las relaciones de poder entre los actores que explotan la naturaleza de nuestro territorio a través de la imposición y manipulación de mecanismos económicos, sociales, culturales e incluso a través de políticas gubernamentales. Por ejemplo, con las gafas agroecológicas hemos visto y vivido en nuestro territorio que los sistemas alimentarios están cooptados por una visión corporativa controlada por unas cuantas transnacionales alimentarias, a costa de la pobreza y la salud de millones de personas.

Sabemos que para transformar la realidad socioambiental de nuestro territorio es necesario basarnos en los principios agroecológicos. Para el CES los pilares de la agroecología son *1*) la alimentación sana; *2*) la satisfacción de los derechos humanos (por ejemplo, el derecho al agua, a la salud, a la vivienda, al trabajo, a un ambiente sano, a la cultura); *3*) la vida digna y *4*) la justicia socioambiental.

Por ello las técnicas agroecológicas deben acomodarse a la realidad socioeconómica de los diferentes grupos campesinos y de sus agroecosistemas. Las técnicas agroecológicas no son paquetes "tecnológicos sustentables", porque requieren del conocimiento endógeno que se tiene de la naturaleza. Vemos que la agroecología reconoce a la agri-cultura campesina como la base de su conocimiento y campo de acción. Las técnicas se adaptan e integran a las agri-culturas contemporáneas, revaloran sus procesos históricos de tipo agroecológico (Fernández, 2016). La agroecología es movimiento social, político y ético que entrelaza el saber del campesinado con las innovaciones científicas.

RELACIÓN DE LA AGRI-CULTURA CAMPESINA Y LA AGROECOLOGÍA

Como CES vemos que la conjunción de la agroecología y la agri-cultura campesina tlaxcalteca son clave para promover alternativas a los

problemas socioambientales que tenemos en la cuenca Atoyac-Zahuapan. La intersección entre la agroecología y la agri-cultura tradicional nos permite establecer una relación armónica con la naturaleza que satisface nuestras necesidades básicas. Además, con nuestro trabajo campesino y las prácticas agroecológicas que impulsamos todos los días y todos los años, nuestro territorio puede mejorar y recuperar muchos de los saberes indígenas y campesinos. Asimismo, con la agroecología podemos explicar los procesos de despojo, degradación, contaminación, explotación y enfermedad de nuestro cuerpo, agroecosistema y territorio.

NIVEL CUERPO

Con nuestros conocimientos de la agri-cultura campesina, incluyendo saberes sobre especies silvestres (por ejemplo, plantas, hongos, animales, inflorescencias, insectos) podemos saber cuáles son comestibles, el estado fisiológico y de madurez apto para el consumo y cómo cocinarlos. Al incluir en nuestra alimentación especies silvestres podemos sanar nuestro cuerpo y consumir una diversidad de alimentos ricos en nutrientes. Tenemos conocimientos que van de la naturaleza a la mesa. Esto nos permite consumir y reproducir los platillos locales.

NIVEL AGROECOSISTEMA

Las prácticas y ecotecnologías agroecológicas basadas en la agri-cultura campesina benefician al agroecosistema en diferentes formas. Por ejemplo:

- En la milpa y en el metepantle se resguarda una amplia agrobiodiversidad.
- Las zanjas-bordo retienen agua y suelo.
- Se promueve una diversidad genética, espacial y temporal con los policultivos, la rotación de cultivos y el uso de semillas nativas.

- Se alimenta y nutre a la tierra con estiércoles, con plantas que mejoran la materia orgánica y la fertilidad del suelo. Entre ellas las plantas que tienen vaina como las habas y frijoles, las cuales fijan nitrógeno atmosférico al suelo.
- Se protegen polinizadores, incluidas las abejas y otros insectos que proveen servicios agroecosistémicos o son de interés económico.
- Se puede explicar la condición actual del suelo, los problemas de erosión y de pérdida de fertilidad por el uso de pesticidas y de fertilizantes de síntesis química.

NIVEL TERRITORIO

A nivel de territorio la agri-cultura campesina y la agroecología contribuyen a la restauración de la cuenca Atoyac-Zahuapan. Esta sinergia puede, por ejemplo, mejorar la infiltración del agua y la recarga del manto freático con la reforestación de árboles y capturar carbono en el suelo y vegetación.

En cualquiera de estos tres niveles para fortalecer la agri-cultura campesina y la agroecología se requiere el aporte de científicos y científicas comprometidas, de políticas públicas que promuevan la restauración socioambiental de la cuenca y restablezcan los procesos comunitarios; en conjunto, generar comunidades de aprendizaje agroecológicas.

ACCIONES COLECTIVAS PARA PROMOVER ALTERNATIVAS A LOS PROBLEMAS SOCIOAMBIENTALES DE LA CUENCA ATOYAC-ZAHUAPAN

¿Qué hacemos en el CES para contribuir a resolver la contaminación de nuestros cuerpos, territorio y cuenca? En un primer momento, presentamos los antecedentes y objetivos que tenemos como CES. Posteriormente, se relatan tres acciones colectivas que se basan en la intersección entre

agri-cultura campesina y agroecología: *1*) la Cooperativa Matlalkueyetl; *2*) la Escuela Campesina Agroecológica y *3*) las ecotecnologías que hemos impulsado.

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DEL CES

Muchas de las acciones que realizamos como CES tienen su origen en el trabajo que realizó el sacerdote diocesano Rubén García Muñoz (q.e.p.d.), al organizarnos en Comunidades Eclesiales de Base, en el marco de la teología de la liberación. Este sacerdote, en el año de 1992, se dedicó a trabajar en las comunidades que comprendían territorialmente su parroquia (Españita e Ixtacuixtla) y formó grupos comunitarios, impulsándolos a organizarse como Comunidades Eclesiales de Base. Estos grupos hacían una reflexión crítica de la "palabra de Dios", aprendieron a aplicar el método de ver-pensar-actuar-celebrar en su vida cotidiana, para idear formas de transformar su contexto y construir colectivamente un mundo mejor.

Con esta perspectiva el Padre Rubén y las Comunidades Eclesiales de Base impulsaron acciones colectivas de reforestación; siembra de huertos familiares; cría de aves de traspatio; cosecha de agua de lluvia; utilización de plantas medicinales y medicina alternativa; fomento de fondos revolventes; celebraciones eucarísticas comunitarias y convivios donde las personas comparten alimentos. Todas estas acciones las realizábamos principalmente mujeres, con el fin de transformar la realidad de nuestra comunidad y mitigar las carencias familiares de salud, vivienda, alimentación, educación y recreación. Lo anterior, ya que muchas familias nos vimos vulneradas por una crisis socioambiental provocada por años de necropolítica capitalista-neoliberal fomentada por el gobierno y empresas transnacionales en el territorio.

Fruto del trabajo del Padre Rubén y de nuestra organización comunitaria, en el 2005 fundamos el Centro de Economía Social (CES). Algunos de nuestros objetivos son:

Promover la participación organizada de la población en acciones que mejoren sus condiciones de subsistencia y en beneficio de la comunidad.

- Atender requerimientos básicos de subsistencia en materia de alimentación, vestido, vivienda, salud y todas aquellas orientadas a elevar la calidad de vida de la población.
- Promover la incorporación de organizaciones afines a las y los campesinos y pobladores rurales, organismos, comités, asociaciones, fondos, etc., fortaleciendo las ya existentes a través de la promoción de sus proyectos.
- Impulsar el desarrollo de ideas, iniciativas, talleres de capacitación, estudios, proyectos, así como proporcionar asesoría jurídica gratuita.
- Coordinar y formar parte de otras asociaciones afines en el estado, en el país o en el extranjero para el logro de intereses comunes.
- Promover en sus programas, y a través de sus actividades, todas aquellas acciones que tiendan a la conservación del ambiente y a la preservación del equilibrio ecológico, buscando el desarrollo sustentable del medio rural y urbano.
- Promover en sus programas y a través de todas sus acciones la perspectiva de género y generacional, procurando la equidad en beneficio de las personas.

Cooperativa Matlalkueyetl

Con la cooperativa Matlalkueyetl tenemos el objetivo de resolver las necesidades económicas y de vivienda, salud, alimentación, vestido, educación y recreación de las socias y socios. Para ello, la cooperativa tiene un fondo revolvente al cual aporta cada persona, y así tienen acceso a la ayuda mutua que puede ser invertida en alguna necesidad que requieran resolver. Esta acción colectiva la realizamos familias y principalmente mujeres de la región de Españita e Ixtacuixtla, Tlaxcala. El proceso

organizativo, educativo, de monitoreo y la conformación de comités comunitarios lo realizamos principalmente mujeres.

Nos reunimos grupalmente una vez a la semana y tenemos cuatro reuniones anuales con los consejos. Las personas que integran los consejos son las encargadas de velar por el bienestar de las personas socias dentro de esta organización. Además, dos veces al año tenemos asambleas ordinarias para discutir temas relacionados con el trabajo colectivo (fotografía 1).

En el trabajo colectivo realizamos acciones encaminadas a la restauración de la Cuenca del Alto Atoyac-Zahuapan y a mantener la vida. Principalmente las mujeres reflexionamos sobre lo que sucede en nuestra realidad con elementos teóricos y compartimos vivencias entre nosotras, así como con personas de otras cooperativas, organizaciones, académicas, académicos y personas promotoras de derechos humanos. En conjunto hacemos un diálogo, un tejido de saberes, hacemos comunidad.

Fotografía 1. Asamblea celebración de la Cooperativa Matlalkueyetl en San Miguel Pipillola



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2012).

En los diferentes talleres y asambleas las socias toman la palabra, preguntan, comparten y concluyen sobre la construcción de su cooperativa y el mejor funcionamiento de sus comités comunitarios. Este proceso reflexivo y de protagonismo ha permitido a las socias recibir a otras cooperativas en sus comunidades y compartir el proceso organizativo y educativo de la Cooperativa Matlalkueyetl. Por ejemplo, la Cooperativa Jamapa del Estado de Veracruz llegó a la comunidad de la Magdalena Cuextotitla y se llevó —según externaron— la intención de construir un proceso similar en sus comunidades.

Además, se creó en Ixtacuixtla la Asamblea Tianguis para que las personas socias podamos vender productos campesinos, artesanales, agroecológicos, locales, de cooperativas, productos medicinales, etc. Este es un espacio de venta, pero también es un espacio educativo, recreativo y de solidaridad. En él realizamos actividades de educación ambiental e intercambiamos saberes sobre agroecología, género, prevención de trata, economía solidaria, cooperativismo y salud. También se realiza trueque entre las participantes, se comparte la comida, se convive, se dialoga y se pasa un buen momento.

En los diferentes talleres, asambleas y espacios se han hecho actividades para sanar nuestro cuerpo, las áreas comunes de nuestro territorio y de la Cuenca del Alto Atoyac. Estas acciones son acompañadas por la Escuela Campesina Agroecológica, donde utilizamos la educación popular para analizar colectivamente la realidad y buscar soluciones al alcance de todas. En la tabla 1 presentamos algunas de las acciones que realizamos para siete diferentes temáticas.

Tabla 1. Acciones colectivas que realizamos las personas socias de la cooperativa Matlalkueyetl

Cooperativismo	Cooperativismo y sus principios. Capitalismo vs. Cooperativismo. Identidad cooperativa.

Organización y administración	Procedimientos administrativos. Funciones de las consejeras. Capacitación en tablas de amortización. Capacitación para el manejo de ventanilla.
Salud	Medicina alternativa. Elaboración de productos de aseo personal con materiales naturales. Recorridos e identificación de plantas medicinales.
Economía y finanzas	Fondos disponibles para emergencias. Economía solidaria. Cálculo de costos de producción. Simulador de negocios agropecuarios. Financiamiento productivo.
Alimentación	Alimentación sana. Rescate de la alimentación tradicional y sana. Contenido dañino de la “comida” chatarra.
Productos y prácticas agroecológicas	Elaboración de quesos con leche de la región. Apicultura. Huertos biointensivos. Microorganismos de montaña y su activación. Bioles, lombricomposta, bocashi, composta, abonos verdes y otros biofertilizantes. Poda de árboles.
Derechos humanos y de la mujer	Prevención de trata de mujeres y niñas con fines de explotación sexual. Derechos humanos.

Fuente: Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Fotografía 2. Elaboración de champú con plantas medicinales de la región, en El Carmen, Españita



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2015).

Fotografía 3. Revisión y alimentación de apiario en San Miguel Pipillola, Españita



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2018).

La Escuela Campesina Agroecológica

En el CES basamos nuestro trabajo en el diálogo de saberes con los grupos comunitarios a través de procesos de educación popular. Utilizamos la educación popular porque combina la teoría con la práctica y su pilar fundamental es ético y humanista, y reconoce que todas las personas sabemos algo y todas podemos aprender de las otras. La educación popular propone una pedagogía y didáctica basadas en la participación, el diálogo y la integración de diferentes conocimientos. Esta metodología nos permite adoptar una postura política que considera la realidad desde la perspectiva de las personas excluidas y marginadas (Núñez, 2005).

En el CES hemos construido un proceso de educación popular al integrarnos como Escuela Campesina Agroecológica (Escampa) y realizamos colectivamente faenas agroecológicas, desde el año 2014 (fotografía 4). La educación popular ha sido una herramienta para dialogar, intercambiar saberes, compartir prácticas agrícolas/agroecológicas y ecotecnias

con las comunidades campesinas. Además, nos ha permitido establecer un diálogo sobre temas de agri-cultura campesina, economía solidaría, cooperativismo, agroecología, entre otros temas. Todo esto con el objetivo de *1*) descolonizar el conocimiento y la producción de alimentos; *2*) reconocer el trabajo y nuestra cosmovisión campesina e indígena; *3*) revalorizar nuestro actuar solidario de resistencia, de construcción de lo común y de la lucha por nuestros territorios y por la vida.

Fotografía 4. Faena agroecológica en la Escuelita Campesina Agroecológica. Limpieza de bordos en el metepantle, en La Magdalena Cuextotitla, Españita



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2015).

En la Escampa y con las faenas buscamos que exista un diálogo horizontal de trabajo, experiencia y saberes entre campesinas, campesinos, indígenas, estudiantes, personas técnicas, académicas e investigadoras, quienes en conjunto hemos consolidado comunidades de aprendizaje agroecológicas. La Escampa es un espacio de reflexión-acción sobre las problemáticas actuales de la producción de alimentos, la contaminación del ambiente y sus repercusiones en nuestra salud. Por ejemplo, en las

faenas agroecológicas compartimos el saber campesino sobre las semillas nativas de maíz, su cuidado, manejo y características alimentarias.

Así mismo, en un diálogo horizontal compartimos prácticas campesinas y agroecológicas para mejorar y recuperar la fertilidad de los suelos, utilizando los recursos locales. También hemos integrado los saberes campesinos y las prácticas agroecológicas para complementar las formas de producción agrícola que permitan disminuir y eliminar el uso de los agrotóxicos, especialmente del glifosato. Por ejemplo, utilizamos la milpa como punto de convergencia para que se establezca el diálogo entre los conocimientos campesinos y la agroecología, pero también nos ha servido como una estrategia de educación ética, política, práctica y técnica. Ya que las estrategias de formación no son lineales, sino que se entrecruzan y cumplen múltiples propósitos socioambientales, es un tejido de saberes.

Por otra parte, la labor conjunta que hacemos en la Escampa ha sido un proceso educativo y organizativo que revalora la vida campesina y las formas en que nos relacionamos con la vida (por ejemplo, agua, tierra, bosque, monte y aire). Como consecuencia nosotros los habitantes de la Cuenca alta proveemos de servicios ecosistémicos a todos los habitantes de la zona. Por ejemplo, nosotros en la parte alta de la Cuenca hacemos obras de conservación de suelo (metepantle y apantle), reforestamos el monte y cosechamos agua en jagüeyes y bordos. Estas prácticas ancestrales contribuyen a la recarga del manto freático y permiten que exista agua en las partes bajas de la Cuenca, donde se encuentran las ciudades y zonas industriales.

Ecotecnologías agroecológicas

Tanto en la Escampa como en las faenas agroecológicas y en la cooperativa Matlalkueyetl impulsamos ecotecnologías agroecológicas para promover la experimentación e innovación campesina. Estas ecotecnologías son de fácil reproducción porque utilizamos recursos económicos

y naturales de nuestra localidad y territorio. Además, buscamos que las ecotecnologías se multipliquen y sean un bien comunitario justo y solidario.

Las ecotecnologías nos han permitido acelerar procesos biológicos, químicos y físicos para obtener bioinsumos que ocupamos en la agri-cultura campesina. Estas ecotecnologías aceleran el proceso de la vida microbiana para la recuperación de los suelos. Hemos promovido ecotecnologías para los sistemas agrícolas campesinos que contribuyen a la autosuficiencia alimentaria y a la restauración de la cuenca Atoyac-Zahuapan. Algunas de las ecotecnologías que impulsamos son:

- Captación de agua de lluvia con cisternas de ferrocemento.
- Uso de aguas residuales y generadores de energía con sutranes y biodigestores para generar combustión (fotografía 5).
- Uso del aparato "A" para trazar curvas a nivel y evitar la erosión del suelo.
- Producción y uso de bioinsumos como la activación de microorganismos, supermagro, bocashi, lixiviados, lombricompostas, biocarbón activado, agua de vidrio, entre otros (fotografía 6).

Fotografía 5. Instalación de biodigestor rústico en La Reforma, Españita



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2018).

Fotografía 6. Elaboración de bocashi en la Reforma, Españita



Foto: Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (2016).

CONCLUSIONES

La salud del cuerpo, del agroecosistema, de la comunidad, del territorio y de la cuenca son centrales para el CES. Por ello acompañamos diversas alternativas agroecológicas para contrarrestar los efectos de la contaminación; entre estas acciones están los procesos de investigación-acción-participación.

La agri-cultura campesina y la agroecología se apoyan en un intercambio de saberes y prácticas, mejoran la producción de alimentos sin químicos y promueven el cuidado socioambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan. De tal manera, se ha promovido la producción de huertos biointensivos y utilización de bioinsumos y prácticas agroecológicas a nivel de traspatio, para la producción de alimentos sanos sin agrotóxicos.

Dentro del hogar se impulsa la educación ambiental para promover e instalar participativamente el uso de ecotecnologías para reciclar el agua, la materia orgánica y la energía como: cosecha de agua de lluvia, tratamiento de aguas residuales domésticas, biodigestores, invernaderos, biofiltros, lombricomposteros, etcétera.

Se revalora la práctica campesina y se recrea con la agroecología para resolver los problemas de erosión de suelos, de pérdida de fertilidad, de altos costos de insumos, de contaminación por agrotóxicos y de afectaciones a la salud de las familias y del ambiente. Se impulsa la faena agroecológica y el intercambio de saberes para la recuperación de la fertilidad integral del suelo, incorporación de abonos verdes, aumento de materia orgánica en el suelo y rotación de cultivos, como estrategias para restablecer la salud de la madre tierra.

A su vez, al aumentar la materia orgánica en el suelo se aumenta su capacidad de retención de agua y la infiltración hacia los mantos freáticos; aumenta la captura del carbono en el suelo; la cosecha de agua de lluvia en las parcelas y, con ello, se beneficia la salud del territorio y de la cuenca.

También se promueve la economía solidaria y el cooperativismo como formas de producción de bienes y servicios en la cuenca, lo que facilita, entre otros temas, la salud como derecho de los pueblos e intercambio de saberes sobre plantas medicinales que cuidan la diversidad en la región.

Es importante destacar que la agri-cultura campesina y la agroecología fortalecen el derecho a una alimentación y un ambiente saludables. Esto se logra al incrementar la agrobiodiversidad en la cuenca, restaurar la fertilidad de los suelos, aumentar la recarga hídrica, capturar más carbono y producir alimentos sanos, locales y soberanos. Todo este proceso se lleva a cabo de manera cooperativa a través de los diversos espacios organizativos locales.

REFERENCIAS

Centro Fray Julián Garcés. (2021). *Datos sobre la situación ambiental y de salud del estado de Tlaxcala y la Cuenca Atoyac-Zahuapan*. https://www.centrofrayjuliangarces.org.mx/wp-content/uploads/2021/07/3-DATOS-SOBRE-LA-SITUACIÓN-AMBIENTAL-DE-LA-CUENCA-ATOYAC-ZAHUAPAN.pdf

Fernández González, C. (2016). *Huertos familiares establecidos por programas gubernamentales en Tlaxcala: lineamientos para promover su persistencia*. Universidad Autónoma Chapingo.

Gutiérrez del Valle, A. (2015). *Erosión hídrica en el estado de Tlaxcala*. Colegio de Postgraduados. https://www.repositorionacionalcti.mx/recurso/oai:-colposdigital.colpos.mx:10521/2515

Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH). (2023). *Tlaxcala: Tierra de encuentros*. https://lugares.inah.gob.mx/es/museos-inah/exposiciones/11293-1491-prehispánico-posclásico.html?search=-salas_mosaico&task=search&item_id=11293&lugar_id=492&expo_id=10774#:~:text=Lugares%20INAH%20%2D%20Prehispánico%20posclásico&text=Varios%20grupos%20chichimecas%20norteños%20arribaron,de%20800%20a%20900%20años

Llaven Anzures, Y. (28 marzo 2021). El bosque de la Malintzi en severa crisis ambiental, advierte Red Matlalcueye. *La Jornada de Oriente*. https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/la-malintzi-escarabajo-descortezador/

Nuñez, C. (2005). Educación popular: una mirada de conjunto. *Decisio*, (10). https://pensamientosep.cepalforja.org/2019/10/18/educacion-popular-una-mirada-de-conjunto-carlos-nunez-2005/

4.4 La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Pedro Antonio Ortiz Báez, Francisco Castro Pérez,
Gustavo Casas Álvarez, Amalia Paredes López,
María Lilia Medina, María Teresa Cabrera López,
Laura Montoya Hernández,
Concepción Ramírez Zempoalteca

INTRODUCCIÓN

Este texto muestra la estrategia de investigación e incidencia instrumentada en el proyecto de investigación Memoria Biocultural y Resignificación Territorial. La Cultura Agrolacustre en los Humedales del Centro y Sur de Tlaxcala, financiado en su primera parte por el Pronace Memoria Biocultural (2021). La estrategia involucra una metodología interdisciplinaria y participativa para el diálogo y acoplamiento de saberes, en la que el ecosistema no es visto como actor pasivo, y se toman en cuenta las necesidades, visiones y demandas de organizaciones campesinas, grupos sociales y habitantes del humedal. El resultado se materializó en la identificación y diseño de siete ejes de investigación científica e incidencia, que operan en conjunto y contribuyen en forma sinérgica a la regeneración del ecosistema de humedad y, con él, a la revitalización de la memoria biocultural.

LOS HUMEDALES DEL CENTRO Y SUR DE TLAXCALA

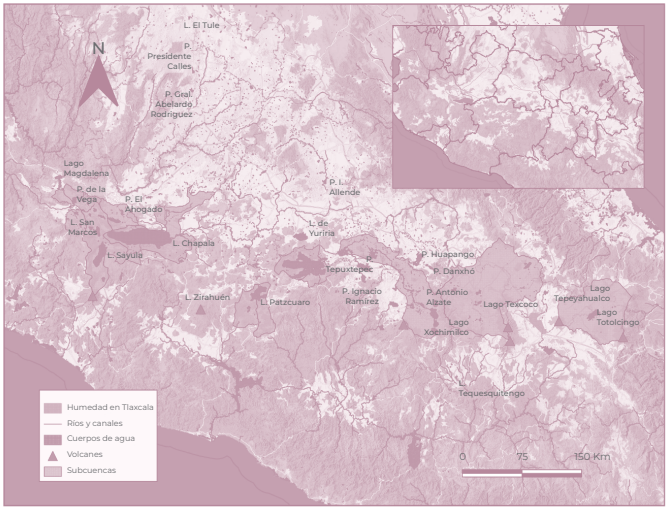
Hacia el centro de México existe un amplio territorio montañoso de origen volcánico que tiene características bióticas y culturales comunes y especiales. El así llamado Eje Volcánico, en efecto, sirve de frontera entre la provincia biótica Neártica y la provincia biótica Neotropical. Esto significa que allí confluye una gran cantidad de formas de la diversidad biótica, que hace de esta región uno de los centros de diversificación de la biota americana, así como origen de una gran cantidad de alimentos (agrodiversidad).

La combinación de tierras altas con vulcanismo intenso creó, en su evolución geológica, una serie de embalses de altura que ha sido clave para la propagación y recombinación de esa diversidad biótica, al tiempo que ha permitido a la especie humana el desarrollo de una gran diversidad cultural, y de formas de supervivencia. Esta región, conocida también como Lagos y Volcanes de Anáhuac (mapa 1) ha sido asiento de culturas fundamentales en la conformación de lo que hoy es México, tales como la otomí, purépecha, náhuatl, tlaxcalteca, mazahua, matlalzinca, chichimeca, tecpaneca o tolteca, y de grandes centros políticos civilizatorios como Xochicalco, Teotihuacan, Malinalco, Tenochtitlán, Cuicuilco, Xochitécatl, Cacaxtla, Cholula, Cantona o Tula.

Cuando los españoles impusieron su dominio sobre estas tierras, lo hicieron sobre un trazo civilizatorio de larga data que combinaba el uso complejo de agroecosistemas diversos de ladera, montaña, planicies, ríos y cuerpos lacustres, con una multiplicidad de formas culturales sofisticadas para el manejo y control –a veces centralizado, a veces diseminado– de esa complejidad paisajística. Este modo de vida, al que en adelante llamaremos “modo de vida lacustre” o “cultura agrolacustre”, muestra hoy en día una impresionante pervivencia. Esto, pese al combate férreo que el colonialismo, la vida independiente y la modernización del pasado y presente siglo han operado sobre este territorio,

principalmente por medio de la desecación de los cuerpos de agua, el combate a la diversidad y la agrodiversidad, y el uso de los ríos como cloaca de los desechos de la modernidad, que ha llenado de megaciudades, industrias y rutas comerciales los complejos, biodiversos y delicados ecosistemas de humedales de altura.

Mapa 1. El Eje Neovolcánico y la región Lagos y Volcanes de Anáhuac

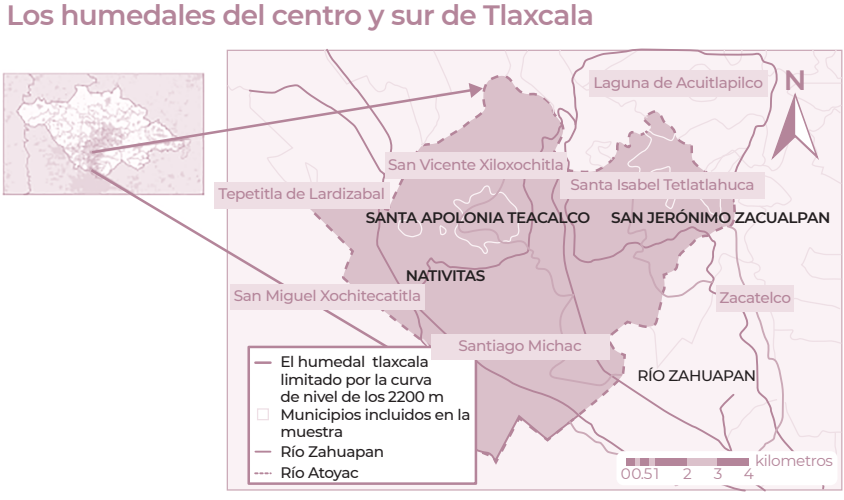


Fuente: tomado de Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce de León (2006).

Los humedales del centro y sur de Tlaxcala son una muestra clara del proceso descrito. Este proyecto se propuso impulsar allí la posibilidad de una estrategia de incidencia e investigación que, con base en el fortalecimiento de la memoria agrolacustre, permitiera mitigar y revertir el proceso intenso de degradación ambiental de los humedales de altura. La gran cantidad de variables involucradas, así como la intensidad de la degradación en éstos (allí se ubica uno de los así llamados infiernos ambientales del país) constituyeron un reto para la producción de conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación capaz de aportar en la solución de problemas prioritarios del país.

Se trata de una propuesta que diagnostica y compara dos regiones adyacentes, pero con trayectorias ecológicas y culturales diferenciadas de los humedales de altura, en el territorio tlaxcalteca. Una la constituye un cuerpo lagunar en el centro del estado (la laguna de Acuitlapilco), sin intervención agrícola y articulado por procesos culturales de filiación náhuatl, con una historia rastreable de alrededor de 800 años. La otra es un área pantanosa con manto freático superficial, intervenida para la agricultura desde hace 3 000 años por medio de canales, acequias y sangrías, y con filiación cultural olmeca xicalanca, otomí y tlaxcalteca (mapa 2). Ésta ha sido asiento de grandes procesos de centralización política (Xochitécatl, Cacaxtla, señoríos tlaxcaltecas), seguidos por periodos de ocupación con centros políticos fragmentados, que nunca han sido despoblados (García-Cook, 1997; González-Jácome, s/f).

Mapa 2. El área de investigación e incidencia



Fuente: modificado de Ortiz y García (2016).

LOS HUMEDALES DE ALTURA COMO PROBLEMA DE RELEVANCIA NACIONAL

Los humedales, junto con los arrecifes y las selvas lluviosas, constituyen los ecosistemas con mayor biodiversidad en el mundo (Andrade, 2007). Su rasgo definitorio: la amplia disposición de humedad también es el factor que ha dificultado históricamente su aprovechamiento humano. No obstante, en regiones con condiciones socioecosistémicas particulares, algunas de las grandes civilizaciones ancestrales consiguieron el portento de soportar procesos civilizatorios milenarios en los complejos, vulnerables y siempre en riesgo ecosistemas de humedales continentales de altura.

En su historia profunda, esos pueblos encontraron la forma de intervenir los ciclos de recirculación de nutrientes y las etapas de sucesión y clímax de los territorios que les dieron soporte, pero sin romper en forma definitiva su estructura y funcionalidad ecosistémica (Palerm, 1976). En la parte central de México existe un amplio territorio montañoso de origen volcánico que ha dado forma a una sucesión de lagos, lagunas, pantanos axalapazcos y terrenos inundables de altura, que son el escenario de complejas formas de intercambio, asociación, aprovechamiento y diversificación de formas bióticas y culturales. El así llamado Eje Volcánico, con su gigantesco mosaico de paisajes y agroecosistemas, es uno de los centros de diversificación de la biota americana, así como origen de una gran cantidad de alimentos (agrodiversidad) de consumo mundial.

El devenir de los humedales del centro y sur de Tlaxcala podría ofrecer una imagen sintética de lo que ha ocurrido a nivel nacional con los humedales de altura, ubicados en el Eje Neovolcánico. El humedal del suroeste fue intervenido para su incorporación a la agricultura, mediante la canalización de los ríos Zahuapan y Atoyac y la creación de un sistema de sangrías y drenes, en fechas tan tempranas como el 1200 a.n.e. (García-Cook, 1997). Pasados 400 años, este proceso fue amplificado por grupos locales que dieron forma al centro político de Xochitécatl, una de

las primeras civilizaciones del área central de México. La intervención se logró con tal articulación con el medio, que se sostuvo durante 1 000 años (800 a.n.e. 200 e.c.).

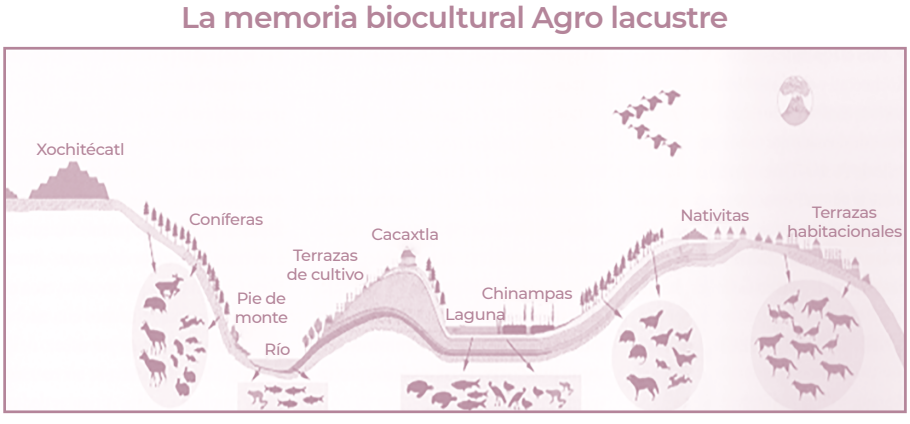
Alrededor del año 600 de nuestra era, surgió allí mismo un nuevo centro político (Cacaxtla) que se sostuvo durante 300 años. A la caída de ambos, los humedales no fueron abandonados (García-Cook, 1997). Las y los campesinos que allí habitaban dieron continuidad al proceso de intervención agroecosistémica, ya no con base en un aparato político centralizado, sino mediante formas organizativas dispersas (familias, comunidades, pueblos y etnias) que tienen como base y articulación territorial eso que Toledo y Barrera (2008) denominan "la memoria biocultural".

Cuando alrededor del 1 100 e.c. irrumpieron en la región grupos de cultura náhuatl, generaron un nuevo sistema de coordinación política para la región y nuevas formas de aprovechamiento cultural del entorno, pero esta vez alrededor de lo que ahora es la ciudad de Tlaxcala, donde se localiza el otro humedal de interés para este estudio (la llamada cuenca de Xochitototla). Dicho sistema fue respetado, en lo esencial, por la dominación española, por lo que es posible afirmar que el modelo náhuatl de ocupación representó una continuidad (si bien con matices propios de las cosmovisiones nahuas) del trazo civilizatorio de larga data. Éste combinaba el uso complejo de agroecosistemas diversos de ladera, montaña, planicies, ríos y cuerpos lacustres, y una multiplicidad de formas culturales sofisticadas para el manejo y control de esa complejidad paisajística (mapa 3).

Este modo de vida muestra hoy en día una impresionante pervivencia (figuras 1 y 2), pese al combate férreo que la vida independiente y la modernización del pasado y presente siglos han operado sobre los cuerpos hídricos de este territorio. Ortiz y García (2016) registraron 7 846 hectáreas de cultivos diversos en el humedal, en los que sobresale el maíz, alfalfa, ebo, maíz forrajero, amaranto y una gran diversidad de

hortalizas (Sagarpa, 2008). Estas tierras ofrecen energía y sostenimiento a alrededor de 3 500 cabezas de ganado vacuno, 3 500 de porcino, más de 1 000 de ovinos, cerca de 300 de caprinos y más de 14 000 aves de corral, además de 1 300 cabezas de ganado caballar, mular y asnal. Estos animales permanecen estabulados en los traspatios de las casas-habitación de las zonas urbanas locales.

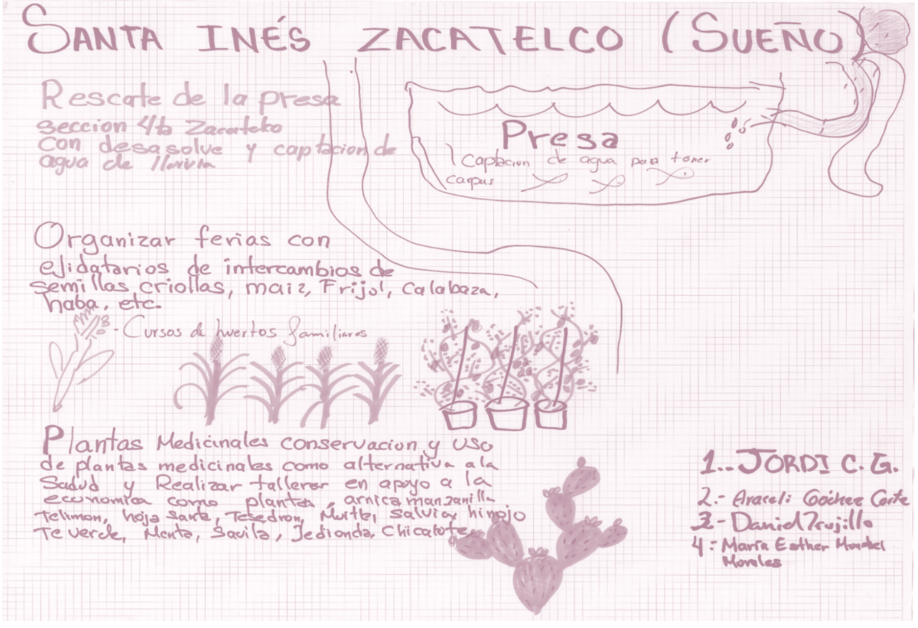
Mapa 3. Paisaje y cultura agrolacustre en las civilizaciones prehispánicas (Cacaxtla y Xochitécatl)



Fuente: lámina en el Museo de Sitio. Zona Arqueológica de Xochitécatl.

En los canales de irrigación y drenaje, así como en las barrancas y en los cerros que le circundan, se albergan cientos de especies nativas e introducidas tales como los ailites, sauces, ahuejotes, encinos y una gran variedad de arvenses. En algunos manantiales y canales que conducen agua limpia y en el cuerpo lagunar de Acuitlapilco, aún es posible encontrar batracios, peces, coleópteros, cangrejos, aves migratorias y gran variedad de insectos.

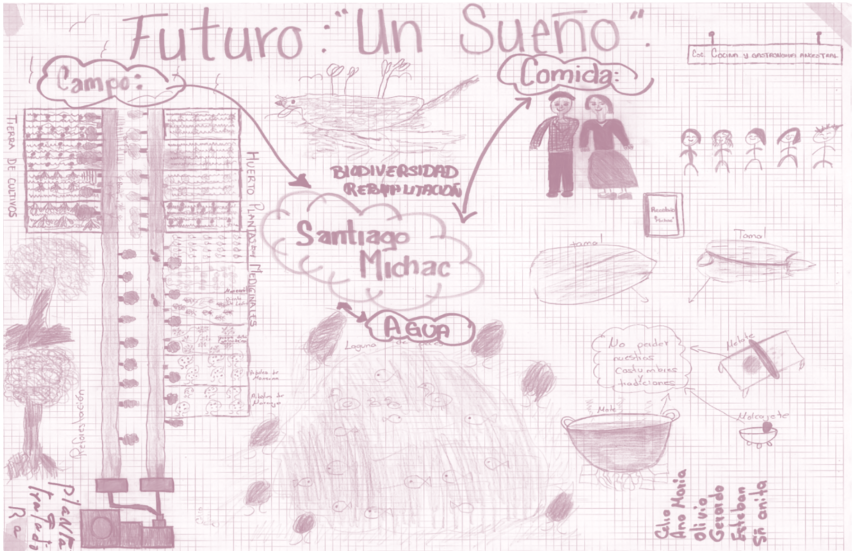
Figura 1. Paisaje agrolacustre actual como proyecto de futuro (habitantes de Zacatelco)



Fuente: taller con mujeres productoras de "agua de barranca" de Zacatelco.

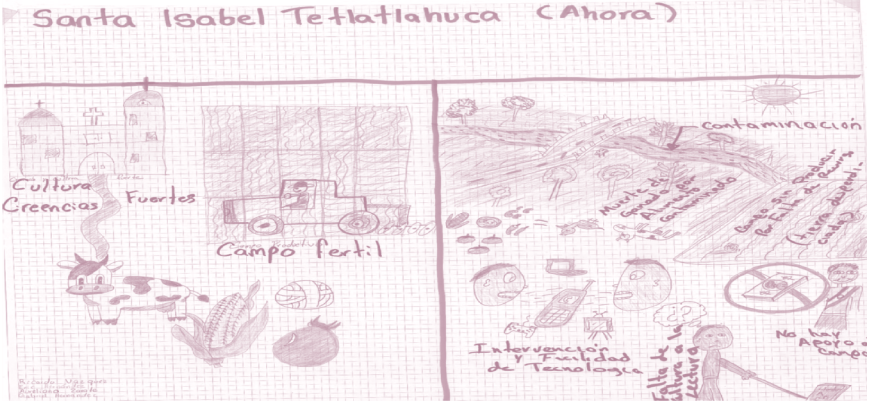
Esta sostenibilidad ecológica y agroecológica se ha visto amenazada, interrumpida o directamente cuestionada por el impacto de las formas modernas de vida incorporadas en el humedal en los últimos 50 años: la construcción de dos autopistas de cuota, el establecimiento de dos zonas industriales en las orillas del humedal, el crecimiento y avance de la mancha urbana y, principalmente, el vertimiento de las aguas residuales de las ciudades sobre los dos ríos que le dan forma. Este proceso es de tal gravedad, que el área ha sido clasificada, recientemente, como uno de los siete infiernos ambientales del país (figuras 3 y 4).

Figura 2. Paisaje agrolacustre actual como proyecto de futuro (habitantes de Santiago Michac)



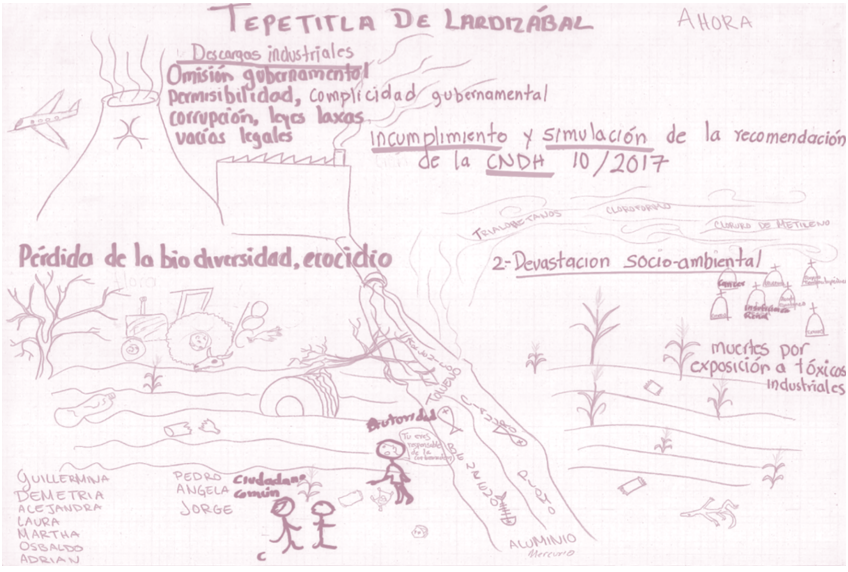
Fuente: taller con autoridades y habitantes de Santiago Michac.

Figura 3. Percepción del riesgo y deterioro ambiental en Tetlatlauhca



Fuente: taller con autoridades y habitantes de Tetlatlahuca.

Figura 4. Percepción del riesgo y deterioro ambiental en Tepetitla de Lardizábal



Fuente: taller con autoridades y habitantes de Tepetitla de Lardizábal.

OBJETIVOS Y METAS

El objetivo general que se propuso fue revitalizar y fortalecer la memoria biocultural agrolacustre, presente desde hace más de 3000 años en las regiones del humedal del centro y sur de Tlaxcala, como soporte civilizatorio para el reordenamiento territorial y la regeneración integral de esos agroecosistemas. Esto, con base en tecnologías y modelos de intervención culturalmente amigables, ecológicamente adecuados, de escala micro y con manejo comunitario, de forma tal que limiten la fuerza de la homogeneidad y simplificación ecológica modernizadora y favorezcan, mediante el diálogo intercultural e intergeneracional, la preservación, revitalización y resignificación de la biodiversidad y agrodiversidad ancestrales, en el complejo territorio de los humedales del centro y sur de Tlaxcala.

Como puede notarse, se trata de un objetivo que conjunta necesidades de investigación científica y humanística, con el diseño e instrumentación de actividades para la incidencia social. Por tanto, puede dividirse operativamente en dos objetivos:

- Objetivo general científico: proveer el soporte científico, técnico y humanístico que permita la creación y puesta a prueba de un modelo integral de investigación e incidencia que, con base en la revitalización y el fortalecimiento de la memoria biocultural agrolacustre, permita el manejo culturalmente amigable, ecológicamente adecuado, de escala micro y con manejo comunitario de los agroecosistemas lacustres de altura del centro de México, que tienen la característica de combinar una amplia diversidad biótica con una gran diversidad cultural y una ocupación milenaria persistente, pese a estar atravesados por procesos intensos y agresivos de modernización, urbanización y degradación ambiental.
- Objetivo general de incidencia: pilotaje y evaluación del modelo integral de revitalización y fortalecimiento de la memoria biocultural, mediante la intervención e incidencia sobre componentes socioculturales y agroecosistémicos clave, de escala micro o comunitaria, que permitan resultados de escala regional para la revitalización del humedal como agroecosistema y territorio milenario biocultural.

LOS RETOS TEÓRICOS Y METODOLÓGICOS

El análisis, comprensión, intervención y gestión de los sistemas físico-bióticos y socioculturales, a un mismo tiempo, es un campo de investigación lleno de tensiones, puntos ciegos y dificultades analíticas. Esto es así, porque integra dentro de sí abordajes, encuadres, metodologías y teorías provenientes de una gran multiplicidad de tradiciones académicas

(Ortiz et al., 2016). La confluencia de miradas disciplinares diversas hace necesario el desarrollo e instrumentación de estrategias que permitan el ensamblaje y traductibilidad de datos, proposiciones, enunciados, métodos, encuadres y resultados de investigación.

El surgimiento de la teoría de sistemas y la forma en que su proposición clave, la de la realidad como "orden sistémico", absorbió y realineó buena parte de los conceptos de prácticamente todas las ciencias, consiguió éxitos espectaculares en el trabajo interdisciplinario, especialmente cuando se trataba de disciplinas vecinas o cercanas, como ocurrió con la bioquímica, la mecatrónica o la ingeniería biomédica.

No obstante, cuando se trata de cruzar y articular enunciados y proposiciones de disciplinas que se localizan a un lado y otro de lo que Snow (2000) denomina "las dos culturas" (de un lado las ciencias naturales, del otro las sociales y humanidades), los resultados son de corto alcance, localizados y fragmentarios. Esto es así, porque ambas "culturas" tienen procedimientos, estrategias y encuadres difíciles de empatar o articular.

En las ciencias naturales el reduccionismo es el encuadre analítico privilegiado, toda vez que sus posibles efectos simplificadores son contrarrestados por el gigantesco volumen y calidad de datos controlados que se pueden conseguir por la vía experimental, así como por la relativa facilidad con que esto se puede traducir en modelos generalizadores. En las ciencias sociales y en las humanidades la vía experimental arroja resultados limitados por el hecho de que los datos fundamentales con los que proceden se albergan en las mentes de los individuos con los que trabajan, y salen de ellos filtrados por la cultura y la historia personal de cada uno.

En el análisis, caracterización, direccionalidad y sostenimiento de la memoria biocultural es necesario articular, traducir y ensamblar teorías, metodologías, datos y encuadres analíticos generados en disciplinas provenientes de "las dos culturas". A nuestra forma de ver, cruzar el abismo que separa a ambas no es asunto que se resuelva con "voluntad de diálogo" ni con la identificación de metodologías inter o transdisciplinarias (al menos no primariamente), sino trabajando sobre las bases

epistemológicas que generaron el abismo. Nuestra propuesta, por tanto, tomó como punto de partida la generación de rupturas epistémicas que permitieron abrir las mentes, procedimientos y métodos de los investigadores hacia la búsqueda de análisis sistemáticos, holísticos, interculturales y participativos.

Con ello como base, se procedió a la identificación de las relaciones e intercambios de los fenómenos a investigar con su contexto, así como a la reinserción de la historia en su análisis (Ortiz et al., 2016). Los resultados mínimos de esta forma de abordar el fenómeno biocultural son tres: *1*) el desarrollo de metodologías sistémicas transversales; *2*) la detección y manejo de mecanismos de acoplamiento de los resultados de investigación, y *3*) el desarrollo de modelos para el análisis de la complejidad en el vínculo naturaleza sociedad.

Esa estrategia tiene como precondición poner distancia con los principios científicos que asignan atributos esenciales de orden, simetría, reversibilidad y equilibrio a las estructuras, organismos, sistemas, grupos y conglomerados a analizar, pues son principios que han sostenido y apuntalado históricamente al reduccionismo y la hiperespecialización disciplinaria, con lo cual han dificultado el diálogo y ensamblaje conceptual entre disciplinas (Ortiz et al., 2016).

Este deslinde ha de ser complementado, necesariamente, con una crítica frontal al dualismo cartesiano, ese que nos hizo pensable y hasta natural la separación radical entre el mundo social y el mundo de la naturaleza (Schaeffer, 2009). Eso permite habilitar la idea de que la cultura no es algo externo al reino de natura, sino uno de los múltiples componentes (eco)sistémicos que operan y se despliegan al interior de ésta (Tyrtania, 2016; Ortiz, 2023). No se trata de suplir las teorías y métodos propios de cada disciplina, sino de generar mecanismos transversales de conexión, ensamblaje y acoplamiento.

La posibilidad de atravesar y enlazar los resultados de investigación de los diferentes grupos disciplinares está, entonces, en asumir como principio epistemológico básico la idea de que todo aquello que nos es

dable conocer puede ser analizado como sistema abierto alejado del equilibrio (Prigogine, 1999). Esto significa concebir el orden sistémico como la integración, articulación o interacción de elementos heterogéneos, cuya relación funcional y estructural se establece entre ellos mediante la autoorganización (Ortiz et al., 2016).

LA ESTRATEGIA DE TRABAJO

Como lo muestran las imágenes 4 y 5, la fase semilla de este proyecto de investigación nos confirmó la hipótesis de la supervivencia de la cultura agrolacustre, originada, en este caso, desde la civilización de Xochitécatl, en el 1200 antes de nuestra era. Esto, pese a que en ese territorio se ubica uno de los así llamados infiernos ambientales. Pudimos conocer, además, una multiplicidad de esfuerzos ciudadanos y de organizaciones gubernamentales y de la sociedad civil por revertir, desde el fragmento operativo de su ámbito, algunos de los problemas asociados con el deterioro y la erosión de la memoria agrolacustre, y desde ellos hacia la recuperación y saneamiento del agroecosistema de humedad.

La etapa diagnóstica se aplicó en dos regiones ecosistémicas, ubicadas en áreas de humedad en el centro y sur de Tlaxcala. En el centro se trabajó con las localidades de la cuenca Xochitototla, mejor conocida como laguna de Acuitlapilco (Tlacochcalco, Atlahapa, Acuitlapilco y Xiloxoxtla). En el sur, en cuatro municipios en la confluencia de las áreas de canalización de los ríos Zahuapan y Atoyac (Nativitas, Tetlatlauhca, Tepetitla y Zacatelco), específicamente en seis localidades de ellos: Michac, Xochitecatitla, Xiloxoxitla, Tepetitla, Tetlatlauhca y Zacatelco.

La estrategia de trabajo consistió en contrastar una serie de supuestos de tipo científico, con las visiones y análisis de las comunidades que habitan los humedales del centro y sur de Tlaxcala, por medio de talleres participativos. La estrategia tuvo como base el intercambio horizontal e interdisciplinario de ideas al interior del grupo, y el diálogo intercultural e intergeneracional con las organizaciones y comunidades que habitan los humedales.

Durante la fase semilla del proyecto, se desarrolló una dinámica de trabajo que permitió identificar un estilo de investigación e intervención que busca soluciones ecológicamente amigables, culturalmente pertinentes y con gestión comunitaria. La propuesta consiste en identificar, desde el análisis sistémico, el estado del arte y el diálogo de saberes, aquellos elementos de escala micro o comunitaria que, mediante la revitalización cultural y la intervención ecológica, puedan tener efectos multiplicadores de escala regional para todo el agroecosistema de humedal.

Esta estrategia permitió identificar una serie de elementos científicos, técnicos y de incidencia que suponen verdaderos retos para la ciencia, la planeación y el desarrollo de política pública de base científica, técnica y humanística. El gran componente de incidencia que tiene la estrategia está basado y fundamentado en análisis y reflexiones científicas. Acá no hay recetas de valor universal ni las soluciones existen antes del entendimiento del problema. Los elementos propuestos para la acción transformadora surgen de las demandas y necesidades de las organizaciones y comunidades, pero son encuadrados y problematizados desde perspectivas científicas, técnicas y humanísticas.

Para efectos de su operación, ese conjunto de elementos se ha agrupado en seis ejes estratégicos de investigación e incidencia, que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Ejes estratégicos y objetivos de investigación e incidencia

EJE ESTRATÉGICO DE INVESTIGACIÓN E INCIDENCIA	OBJETIVO DEL EJE
Teorías, métodos y epistemes sobre la relación sociedad/cultura/naturaleza	Discutir y analizar con las y los pobladores del centro y sur de Tlaxcala, con base en el diálogo de saberes, las temáticas relacionadas con el abordaje integral de la revitalización de la memoria biocultural y la identidad biocultural agrolacustre en los pueblos situados en los humedales.

EJE ESTRATÉGICO DE INVESTIGACIÓN E INCIDENCIA	OBJETIVO DEL EJE
Conservación comunitaria sostenible del territorio, derecho ambiental y plataforma de diálogos	Operación por sectores y lugares específicos de la estrategia de defensa territorial, con base en el diálogo y la reflexión, que permita revertir el deterioro del ecosistema y, con éste, el de la memoria biocultural.
Estudios interdisciplinarios e interculturales sobre la cultura agrolacustre	Identificar, activar, fortalecer y revitalizar los componentes sistémicos de la memoria biocultural. Específicamente sus mecanismos de transmisión, sus componentes de percepción, conocimiento y significado, sus depósitos privilegiados y sus instrumentos para la resiliencia.
Saneamiento y restauración ecológica comunitaria e interregional	Desarrollar las acciones pertinentes y estratégicas para la recuperación y saneamiento de aquellos ambientes deteriorados —naturales o intervenidos—, que permitan detener la pérdida o extinción de especies, reiniciar ciclos vitales (recuperación o reensamblaje de cadenas tróficas) y apuntalar nuevos procesos de sucesión y clímax, capaces de generar un nuevo diálogo virtuoso, un nuevo ambiente benigno, para la cultura agrolacustre.
Ecopedagogías comunitarias para la vida y comunicación alternativa biocultural	Contribuir a la recuperación y fortalecimiento de la memoria y la identidad biocultural agrolacustre de los pueblos y comunidades en los humedales del centro y suroeste de Tlaxcala, mediante el fomento al diálogo y la transmisión intergeneracional de la memoria, la construcción de espacios para recrear los elementos de la memoria biocultural, y la sensibilización a la ciudadanía respecto de su papel en el ecosistema y la protección del patrimonio biocultural.
Economía biocultural	Potenciar los componentes de la memoria biocultural en el fomento a formas de subsistencia comunitaria culturalmente viables y de gestión local, que permitan nuevas oportunidades para la producción de pequeña escala, la generación de empleos, la reducción del uso de químicos en la agricultura, el fomento al autoabasto y, con ello, rehumanizar, reecologizar y recivilizar la economía local.

Fuente: elaboración propia con base en el diálogo intercultural e interdisciplinario.

Con lo anterior se pretende impactar el mejoramiento y revitalización de dos agroecosistemas de humedales de altura de Tlaxcala, que abarcan un área de más de 30 000 hectáreas. Esto será resultado de la revitalización de la memoria biocultural, soporte clave para el desarrollo de políticas públicas ambientales de carácter integral, y la operación de experiencias piloto alternativas, con manejo local, capaces de impactar en el mejoramiento del humedal como agroecosistema y modelo de relación respetuosa entre la cultura y el medio ambiente.

Este proyecto se propone, por tanto, pulsar en los humedales del centro y sur de Tlaxcala la posibilidad de una estrategia de incidencia e investigación integral que, con base en el fortalecimiento de la memoria agrolacustre, permita mitigar y revertir el proceso intenso de degradación ambiental de los humedales de altura. La gran cantidad de variables involucradas, la intensidad de la degradación ambiental, así como la centralidad de la cultura agrolacustre como horizonte y soporte civilizatorio para una forma diferente de relacionarse con la naturaleza, constituyen un reto para incrementar la incidencia del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación en la solución de problemas prioritarios del país.

La apuesta final es que ese esquema de análisis e intervención ofrezca modelos de replicabilidad a las propuestas de regeneración de los sistemas agrícolas de humedad, de la ancestral, biodiversa y multicultural región de Lagos y Volcanes de Anáhuac.

PRINCIPALES OBSTÁCULOS A LA SOLUCIÓN PLANTEADA

La complejidad del problema por resolver está vinculada con la forma en que el Estado moderno y los grupos de poder han hecho lo posible para articular todas las regiones y ecosistemas del país a los procesos internacionales de globalización. Para ello han creado un marco legal que ignora, y a veces combate, las lógicas y complejidades de los procesos civilizatorios de larga data que sostienen el tejido social, político, cultural y civilizatorio de lo que hoy es México.

Sólo para el caso del manejo del agua, las competencias y toma de decisiones están fragmentadas en una multiplicidad de poderes locales, que sólo tienen potestad sobre algún sector pequeño de un sistema grande, complejo y con múltiples interconexiones, como los agroecosistemas de humedales de montaña. En el nivel local, actúan sobre los flujos hídricos la Comisión Nacional del Agua, las presidencias municipales, las presidencias de comunidad, los comisariados de bienes ejidales, las asociaciones de riego y los productores individuales.

El reto es encontrar mecanismos de coordinación y armonización de la toma de decisiones, que impulsen el cumplimiento de la normatividad favorable en materia de saneamiento de los afluentes y vasos lacustres, de ordenamiento ecológico para los pueblos ribereños, y de emisión de declaratorias de protección ambiental. Para ello, el modelo contempla, usando la cultura agrolacustre como "lengua franca", la realización de asambleas, foros y talleres de consulta comunitaria, para lo cual se contará con las asesorías de especialistas en derecho ambiental, derecho agrario, y derechos de los pueblos originarios y comunidades equiparables.

También es necesario hacer lo propio para limitar el avance del capital inmobiliario sobre los humedales, frenar el uso de las corrientes hídricas como cloacas, desincentivar el uso de agroquímicos y ofrecer opciones de empleo ecológicamente amigables y culturalmente adecuadas. Para ello es muy importante incentivar la continuidad del modelo agroproductivo de los pueblos ribereños alrededor y al interior de los humedales, con énfasis en las técnicas productivas milenarias, como la agricultura de milpa y de traspatio, el fortalecimiento de la producción de autoconsumo y el desarrollo de la pesca en pequeña escala. La vitalidad de estas prácticas y la conciencia del deterioro ambiental ofrecen esperanzas para el impulso de métodos agroecológicos que frenen la contaminación de suelo y agua, mejoren la alimentación y la salud de la gente y, en consecuencia, permitan la construcción de modos de vida más armónicos con los ecosistemas locales.

Es claro que no hay un consenso generalizado sobre la regeneración ecológica de los humedales. Al interior no son pocos los grupos e individuos interesados en el desecamiento de los humedales para la especulación comercial de terrenos, y éstos suelen tener grupos de poder detrás de sus intenciones. También es posible encontrar resistencia a la regeneración del humedal de algunos sectores de agricultores de hortalizas y legumbres, que usan cuadros preocupantes de agroquímicos y prefieren, por razones diversas, regar con agua contaminada.

Frente a la postura de estos grupos, están la fortaleza y las acciones de organizaciones civiles emanadas de los pueblos ribereños que desean la rehabilitación, restauración y conservación sustentable de los humedales tlaxcaltecas; el saneamiento de afluentes y cuerpos de agua; la implantación de cultivos agroecológicos en cañadas y lomeríos, y la recuperación de formas tradicionales de alimentación y atención a la salud.

Al interior del grupo de trabajo existen los riesgos comunes por desgaste y diferencias entre la operación y las expectativas, así como el de insertarnos en las tensiones inter e intralocales de los grupos y organizaciones con las que estamos trabajando. Los tres meses de trabajo de la primera fase (proyecto semilla) nos indicaron que el trabajo horizontal y el diálogo de saberes, así como el establecimiento de acuerdos previos y claros con los agentes participantes, han operado en una retroalimentación virtuosa del grupo que permite suficiente experiencia para enfrentar posibles conflictividades a futuro. Esto será complementado con una de las actividades específicas, que busca identificar y caracterizar los grupos y tipos de poder que se movilizan en el área de estudio.

El proyecto contempla un eje operativo denominado: "Ecopedagogías comunitarias para la vida y comunicación alternativa biocultural", donde se diseña y opera la estrategia global para la diseminación activa de los resultados del proyecto. Esta estrategia contempla acciones en cuatro áreas: *1*) investigaciones y acciones para revitalizar la transmisión intergeneracional de la memoria biocultural; *2*) propagación y potencialización de la cultura agrolacustre como "ambiente benigno" (Tyrtania,

2009) para la regeneración integral de los agroecosistemas de humedad; *3*) comunicación científica de los resultados de investigación en ponencias, artículos, libros y congresos; *4*) estrategia de comunicación y gestión para la replicabilidad de la experiencia piloto en áreas bioculturales afines.

CAMINOS TRAZADOS EN LA EXPERIENCIA (A MANERA DE CONCLUSIÓN)

La fase de campo de la primera etapa nos permitió identificar una serie de elementos que suponen verdaderos retos para la planeación y el desarrollo de política pública de base científica, técnica y humanista. Tanto en nuestras estrategias de acercamiento y diálogo con las comunidades, como en la integración de los resultados de ese diálogo en una propuesta articulada e integral de revitalización del territorio y la memoria biocultural, el reto fundamental es encontrar estrategias de ensamblaje, articulación y entendimiento entre miradas divergentes, que permitan a las diferentes propuestas sectoriales actuar como conjunto e impactar en los objetivos en forma sinérgica.

El método operado para ello fue facilitado por nuestro trabajo académico en torno a los sistemas complejos (Ortiz et al., 2016), y por la vasta experiencia en activismo ambiental y trabajo comunitario de varios miembros del equipo. El resultado fue un ejercicio de construcción de necesidades y utopías que tiene como fundamento y soporte la milenaria memoria biocultural existente en la región. De ese trabajo se extrajo, más que demandas concretas, un modelo de intervención que tiene como principio el que las acciones deben ser culturalmente adecuadas, ambientalmente amigables, con gestión comunitaria y de escala micro, pero con repercusiones regionales. Eso significa que en esta propuesta no hay recetas universales, ni las soluciones existen antes del entendimiento del problema. Los elementos propuestos para la acción transformadora surgen de las demandas comunitarias, y son jerarquizados en

función del modelo y de su capacidad para generar efecto multiplicador al operar como conjunto.

Conseguir estrategias de incidencia e investigación con base en el diálogo y acoplamiento de saberes tiene múltiples complicaciones, por el gran vacío de estudios empíricos al respecto; por la subordinación y desprecio hacia el conocimiento extracientífico por parte de las disciplinas académicas; por la tensión que se desarrolla entre las cosmovisiones locales tradicionales y los postulados científicos en torno al estatuto de la relación sociedad-naturaleza (Pérez y Argueta, 2011).

Ante ello, nuestro grupo desarrolló experiencias de aprendizaje, comprensión y modelaje de estrategias, con base en talleres comunitarios con autoridades, pobladores y organizaciones locales. La propuesta consistió en facilitar que los actores en el territorio visibilicen sus saberes, prácticas y cosmovisiones en un proceso de diálogo de saberes acompañado por el equipo inter y multidisciplinar. El papel de este equipo fue el de facilitar la toma de decisiones y el desarrollo de acciones autogestivas. De esa forma, las decisiones y acuerdos son tomados desde la horizontalidad por medio del diagnóstico y la planificación participativas.

Con ese tipo de talleres se consiguió una retroalimentación continua, participativa, analítica y reflexiva entre los sectores, grupos, población, técnicos e investigadores, que orientó la construcción de propuestas, decisiones y acuerdos. En ese sentido, es fundamental integrar la organización, prácticas, usos y costumbres de la región por medio de sus figuras, como las asambleas. Por parte del grupo de trabajo se refuerza todo lo anterior por medio de talleres, foros, encuentros, seminarios y las reuniones de trabajo multidisciplinar, en un vigoroso diálogo de saberes.

Para el caso del equipo de investigación, el diálogo y el acoplamiento de saberes significa operar rupturas epistémicas e, incluso, ontológicas. Esto es así, porque las y los pobladores rurales de los humedales (las y los pescadores, campesinos, ganaderos, comerciantes sectores profesionales) suelen pensar, actuar y representar su relación con la actividad productiva por medio de procedimientos, imágenes, secuencias y estrategias

que decantan décadas y siglos de conocer e interactuar con el entorno local, con los mercados, con los agentes del estado, con sus propias comunidades e, incluso, con las múltiples expresiones de la violencia. Como resultado de ello, han desarrollado ritmos, ideas, estrategias y escalas productivas que, a los ojos de las "racionalidades" científicas y del mercado, suelen aparecer como insostenibles, antieconómicas, conservadoras e irracionales.

El diálogo y acoplamiento de saberes implican entender los elementos heterogéneos (políticos, económicos, ambientales, culturales, sociales, ontológicos, históricos, económicos, técnicos y procedimentales) que se articulan en la forma en que la producción agroalimentaria de la región se ha autoorganizado en respuesta a esos factores. Además, implica encontrar en esa autoorganización virtudes, límites, contradicciones, sinergias, resiliencia, riesgos y potencialidades, con atención especial a la identificación de los mecanismos propios de autorregulación, que en su historia han desarrollado estos sistemas agroalimentarios. Sólo así es posible acoplar el análisis riguroso, controlado y sometido a prueba —pero abstracto y general— propio de las tradiciones científicas, con el empírico, relacional y a veces hasta animista análisis de los productores locales, pero que conoce con lujo de detalle las condiciones productivas locales y despliega estrategias agroalimentarias sustentables, con base en ello.

El objetivo final es lograr el diseño de un modelo integral, interdisciplinario, intercultural e intergeneracional de investigación e incidencia que, con base en la revitalización y el fortalecimiento de la memoria biocultural, permita la regeneración de los agroecosistemas lacustres de altura, característicos del centro de México.

REFERENCIAS

Abascal, R. y García Cook, A. (1974). Los sistemas prehispánicos de irrigación, control y los sistemas de cultivo de la región de Tlaxcala. México. XLI Congreso Internacional de Americanistas.

Adams Richard, N. (2001). *El octavo día: la evolución social como autoorganización de la energía*. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Adams Richard, N. (2007). *La red de la expansión humana*. CIESAS/UAM-Iztapalapa/ Universidad Iberoamericana.

Andrade, G., Franco Vidal, L., Boshell, J.F., Ceballos, J.L., Domínguez, E. y León, P. (2007). Gestión adaptativa de ecosistemas de alta montaña tropical ante el cambio climático: formulación de objetivos para el macizo las Hermosas. En J. L. Ceballos, C. Huggel, G. Saldarriaga y L. Dary Yepes (eds.). *Proceedings of the First International Conference on the Impact of Climate Change on High-Mountain Systems* (pp. 109-121). IDEAM.

Domínguez-Domínguez, O., Doadrio, I. y Pérez-Ponce de León, G. (2006). Historical Biogeography of Some River Basins in Central Mexico Evidenced by Their Goodeine Freshwater Fishes: A Preliminary Hypothesis Using Secondary Brooks Parsimony Analysis (BPA). *Journal of Biogeography, 33*, 1437-1447.

García Cook, A. (1973). El desarrollo cultural prehispánico en el norte del área. Intento de una secuencia cultural. *Comunicaciones*, (7), 67-72.

García Cook, A. (1976). Bibliografía comentada del Proyecto Arqueológico Puebla-Tlaxcala. *Comunicaciones*, (13), 49-84.

García Cook, A. (1997). Tlaxcala, poblamiento prehispánico. En A. García Cook y L. Merino Carreón. *Antología de Tlaxcala*, (57-89). INAH, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

García Cook, A. y Merino Carrión, L. (1997). *Antología de Tlaxcala*. INAH, Gobierno del Estado de Tlaxcala.

González Jácome, A. (s.f.). El control del agua en la cuenca de los ríos Atoyac y Zahuapan por el estado mexicano posrevolucionario. *Andouli*, (8), 169-190.

Luna Hernández, C. (1993). *Cambios en el aprovechamiento de los recursos naturales en la antigua ciénega de Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Chapingo.

Ortiz Báez, P. A. (2024). El metabolismo de los procesos intangibles. Modelos, metáforas y epistemes. En P. A. Ortiz B (ed.). *El metabolismo de los procesos intangibles. Modelos, epistemes y metodologías para el vínculo naturaleza/sociedad/* cultura (pp 21-55) UATx, Conahcyt.

Ortiz Báez, P. A., Delgado Rodríguez, A. y Gómez, F. (2016). *Sistemas alejados del equilibrio. Un lenguaje para la complejidad y la transdisciplina*. UAT, AM-Editores.

Ortiz Báez, P. A. y García M. A. (2016). Los humedales del suroeste de Tlaxcala, ¿extinción o supervivencia? Una lectura desde los sistemas alejados del equilibrio. En P. A. Ortiz, R. Delgado, A. Gómez y A. Jullian (eds.). *Sistemas alejados del equilibrio, un lenguaje para la complejidad y la transdisciplina* (pp. 248-270). UAT, AM-Editores.

Palerm, A. (1976). *Obras hidráulicas prehispánicas en el sistema lacustre del Valle de México*. INAH-SEP.

Pérez Ruiz, M. L. y Argueta Villamar, A. (2011). Saberes indígenas y dialogo intercultural. *Cultura y Representaciones Sociales*, *5*(10), 31-56.

Prigogine, I., Allen, A. y Herman, R. (1999). Tendencias a largo plazo y evolución de la complejidad. En L. Tyrtania (ed.). *Termodinámica de la supervivencia para Ciencias Sociales*. UAM-I.

Schaeffer, J. M. (2009). *El fin de la excepción humana*. Marbot.

Toledo, V. M. (2005). La memoria tradicional: la importancia agroecológica de los saberes locales. *LEISA Revista de Agroecología,* 20(4), 16-19.

Toledo, V. M. y Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial.

Tyrtania, L. (2009). *Evolución y sociedad: termodinámica de la supervivencia para una sociedad a escala humana*. UAM-I.

4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su atención integral

Mariana del Carmen Cárdenas González

INTRODUCCIÓN

Entre las labores de incidencia de los Programas Nacionales Estratégicos están las orientadas a promover la investigación humanística y científica para la realización de diagnósticos y la formulación de propuestas para las autoridades con atribuciones para implementar acciones y medidas para la prevención, atención y solución de problemáticas concretas, que por su importancia, gravedad o urgencia requieran de la gestión articulada y de respuestas integrales sobre la base de agendas temáticas en materia de salud, agentes tóxicos y procesos contaminantes, entre otras.

Atendiendo a este sentido general, parte de las labores de los Pronaces de Salud, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes y Agua elaboraron el *Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral*. Este informe es único en México,

pues documenta la asociación entre dos enfermedades causantes de altas tasas de mortalidad y la información disponible sobre la contaminación prevaleciente en la cuenca.

Este informe representa la integración y síntesis de los resultados de investigaciones multidisciplinarias, así como de un conjunto de propuestas para atender los problemas de la Cuenca del Alto Atoyac de manera integral, encaminando los Pronaces hacia una real incidencia social en las comunidades de esta región.

En el presente apartado se incluye la síntesis ejecutiva de éste, con el objetivo de presentar su alcance.

SÍNTESIS EJECUTIVA

El presente documento tiene como propósito integrar la información humanística, científica y tecnológica, resultado de proyectos rigurosos de investigación e incidencia de los Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces) Salud, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes y Agua, del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (Conahcyt). Dichos proyectos estudiaron el estado de contaminación de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) y los daños que esta situación ha provocado en la salud de las poblaciones asentadas en esta región.

La CAA es una de las 30 regiones del país identificadas por el Conahcyt del gobierno del presidente Andrés Manuel López Obrador, como de emergencia socioambiental y sanitaria (RESA). Estas regiones presentan fuentes y procesos contaminantes concatenados que han provocado profundas y graves consecuencias de salud en sus poblaciones. Estas RESA son una de las herencias más funestas del sistema neoliberal.

En varias de estas regiones, incluida la CAA, las comunidades han demandado durante varias décadas justicia socioambiental, sin recibir la atención adecuada y suficiente por parte de las autoridades competentes. En algunos casos, el nivel de daño ambiental y sanitario ha llegado a llamar la atención de comisiones de derechos humanos

nacionales e internacionales, de tribunales éticos e inclusive de la Corte Interamericana de Derechos Humanos.

Uno de los argumentos reiterados para invisibilizar las justas demandas de las comunidades afectadas en estas RESA ha sido la falta de evidencia científica de los procesos contaminantes y de deterioro de la salud que se han denunciado. Este primer informe, constituye un instrumento que podrá usarse para sustentar científicamente tanto los programas de atención de los gobiernos federal, estatal y municipal, como las acciones y demandas que las comunidades en la CAA tengan a bien llevar a cabo.

CONTEXTO SOCIOAMBIENTAL DE LA CAA

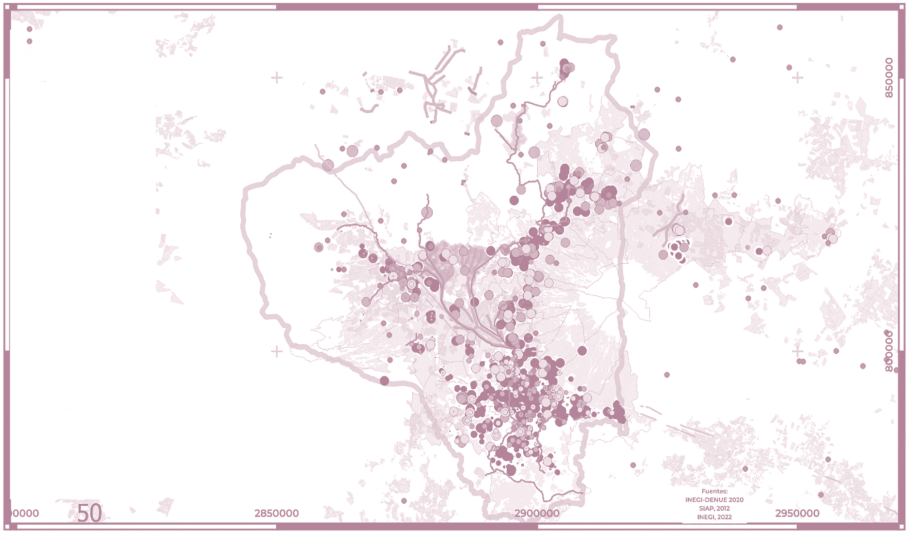
La CAA es una región de aproximadamente 4 000 km2 que abarca 47 municipios de Tlaxcala y 22 de Puebla. Se estima, a partir de datos del 2023, que en esta región vive el 79.5% (1 millón 133 149 hab.) de la población de Tlaxcala y el 42% (2 millones 844 364 hab.) de la de Puebla. En esta zona nace el río Atoyac que más adelante se convierte en el río Balsas, y que finalmente desemboca en aguas del océano Pacífico.

A lo largo de las últimas décadas, los habitantes de la caa han atestiguado el constante incremento de asentamientos industriales como la llegada de Volkswagen en 1965, la creación del Complejo Petroquímico Independencia en el mismo año o la instalación de la empresa Audi en 2016, entre otros, los cuales se extienden principalmente alrededor del volcán Matlacuéyetl (coloquialmente conocido como La Malinche).

La región presenció un desarrollo económico de aparente prosperidad, pero la organización de procesos mercantiles globales que privilegiaron la rentabilidad de empresas transnacionales promovió "externalidades" sanitarias, sociales y ambientales de consecuencias graves para las comunidades locales. Lo anterior ha provocado que en esta cuenca se presenten tasas de incidencia, prevalencia y mortalidad de enfermedades prevenibles mucho mayores a los promedios nacionales. La evidencia científica presentada en este primer informe demuestra que estas altas

tasas están causadas por la exposición a tóxicos y procesos contaminantes de las industrias asentadas en la región.

Mapa 1. Delimitación geográfica de la CAA y geolocalización de los sectores económicos por tipo de actividad y tamaño de la empresa

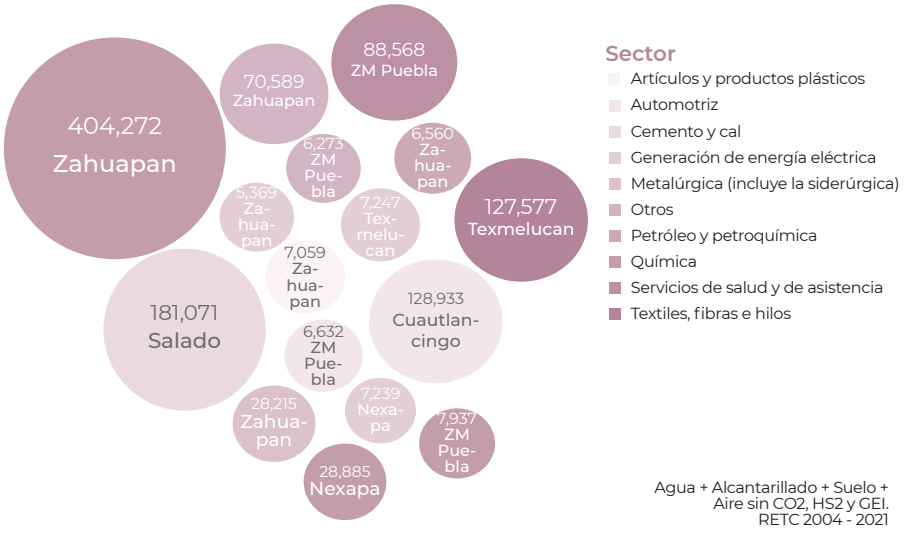


Fuente: información de Inegi-DENUE 2020; SIAP, 2012; Inegi, 2022.

Las industrias con mayores emisiones de contaminantes son las del ramo automotriz, eléctrico, químico y textil. Entre los tóxicos más importantes se encuentran los metales pesados, los metaloides, los compuestos orgánico-sintéticos, los plaguicidas, entre otros. Estos son vertidos y emitidos al agua, al aire y al suelo.

Según datos del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), la zona con la mayor cantidad de emisiones es la de Zahuapan, subcuenca del río Atoyac, localizada en Tlaxcala. En esta subregión se encuentran importantes industrias químicas y otras de diversa índole que también son altamente contaminantes (figura 1).

Figura 1. Análisis de datos del registro de emisiones y transferencias de contaminantes de agua, alcantarillado, suelo y aire (sin incluir CO_2 y otros gases efecto invernadero) en el periodo 2004-2021



Fuente: información del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC), 2004-2021.

Las últimas décadas de desarrollo industrial en la región han dado lugar a un escenario complejo de fuentes, rutas, vías y matrices de exposición. Éstas van desde fuentes puntuales de contaminación identificables en las descargas las industriales, las municipales y las emisiones al aire, hasta fuentes difusas originadas en el intenso tráfico de vehículos pesados en la red de carreteras y en las escorrentías que arrastran agroquímicos a lo largo de toda la CAA.

En este primer informe nos centramos en los estudios de dos de las enfermedades con mayor carga asociada a la exposición de los tóxicos y procesos contaminantes imperantes: las enfermedades renales crónicas (ERC) que pueden llegar a ser letales en pacientes cada vez más jóvenes, y las leucemias infantiles y juveniles.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS

Cuadro 1. Enfermedad renal crónica

- En todas las regiones de Tlaxcala que integran la CAA, **la tasa de mortalidad por ERC** en personas de entre 15 y 49 años es 1.2 hasta 4.7 mayor, con respecto a la media nacional.
- **Acuamanala de Miguel Hidalgo, Mazatecochco de José María Morelos, San Francisco Tetlanohcan, Teolocholco, Papalotla de Xicohténcatl y Tenancingo**, todos municipios tlaxcaltecas localizados al oriente de la cuenca, presentan las relaciones más significativas entre tasas elevadas de mortalidad por ERC y los niveles de contaminación más elevados por compuestos orgánicos sintéticos detectados en el río **(mapa 2a)**.

- En el estudio epidemiológico ambiental, que incluyó la participación de 914 personas jóvenes con una edad promedio de 13 años, se identificó que más del **50 % de la población está expuesta a agentes altamente tóxicos como arsénico, malatión, glufosinato, glifosato y picloram**. El 19 % de los participantes ya presenta un grado de disfunción renal que representa una prevalencia muy elevada para una población joven, en contraste con el promedio mundial para este grupo etario de alrededor del 1 %. A pesar de tratarse de una población sin sintomatología aparente, se encontraron múltiples asociaciones entre la exposición a arsénico, cobre, fluoruro, plomo, vanadio, AMPA, glufosinato, malatión, picloram y el aumento de los niveles de marcadores de daño y disfunción renal. Estas asociaciones indican un daño subclínico renal que **incrementa el riesgo de desarrollar ERC** y sus complicaciones en esta población.

Fuente: el presente cuadro y los sucesivos, han sido realizados con información de los Pronaii-Conahcyt.

Cuadro 2. Leucemias agudas

- **Ocoyucan, Coronango, Juan C. Bonilla, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Puebla en el estado de Puebla, y Papalotla de Xicohtencatl y Tenancingo en el estado de Tlaxcala**, municipios al sur de la cuenca, presentan las relaciones más significativas entre tasas elevadas de mortalidad por leucemias agudas en personas de 0 a 19 años y los niveles de contaminación más elevados por metales y arsénico detectados en el río (mapa 2b).
- En el estudio de casos y controles en participantes menores de 20 años, se observó que **Tlatlauquitepec, Tlahuapan, San Pedro Cholula, Acajete, Teziutlán, San Martín Texmelucan, Chignahuapan y Amozoc en el estado de Puebla, y Chiautempan y San Pablo del Monte en el estado de Tlaxcala** son los municipios con la mayor tasa de incidencia de leucemias agudas.
- Cerca del 41% de los casos de leucemias agudas en menores de 19 años en los estados de Tlaxcala y Puebla residen en la CAA. El 58% de estas leucemias son de alto riesgo y tienen características de daño genotóxico. Además, se observó que el riesgo de desarrollar leucemias agudas se duplica en las poblaciones que viven en la subregión de la caa con alta exposición potencial a mezclas de metales y arsénico, en comparación con aquellas que viven en las subregiones de baja y moderada exposición.

Cuadro 3. Biomonitoreos

- En Españita, más del 50% de los jóvenes participantes tuvieron valores elevados de plomo y cromo.
- En Españita y Apizaco, más del 50% de las personas participantes tuvieron niveles elevados de cadmio.

- Plomo, cromo y cadmio son metales pesados con efectos tóxicos a nivel renal.
- En ambos municipios también se identificaron niveles de exposición detectables a plaguicidas y PCBs, carcinógenos y disruptores endócrinos confirmados.
- Se observaron alteraciones en estos parámetros clínicos en la población desde edades tempranas. Este tipo de alteraciones pueden tener una evolución negativa si no son atendidas oportunamente.

Cuadro 4. Riesgos laborales en población alfarera

- En un estudio epidemiológico donde participaron 184 personas alfareras de comunidades en los municipios de **Españita, San Salvador Tzompantepec, San Pablo del Monte y la Trinidad Tenexyecac** se identificó que el 86 % de estas personas tienen niveles elevados de exposición a plomo.
- Entre los efectos adversos a la salud observados en esta población, posiblemente relacionados con la exposición crónica a plomo y el resto de los contaminantes en la CAA, se identificaron marcadores asociados con **enfermedades cardiovasculares y renales**. El 50 % de los participantes presentaron **hiperfiltración**, un proceso que denota un riesgo de desarrollo de ERC.

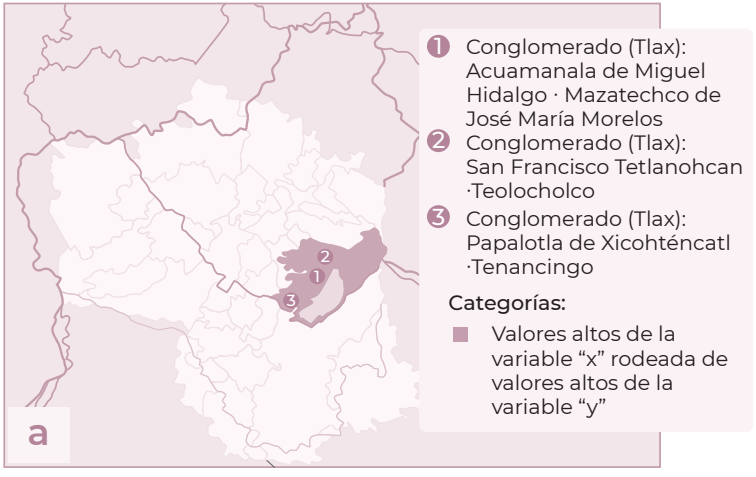
Cuadro 5. Notas adicionales de los resultados

- La identificación de ciertos elementos y compuestos tóxicos en los estudios presentados en el informe no limita la posibilidad de la presencia y exposición de muchos más que no se evaluaron pero que, igualmente, representan riesgos a la salud humana.
- La identificación de estas sustancias apunta a la exposición a mezclas de las cuales se sabe poco en términos toxicológicos, pero que claramente pueden actuar sinérgicamente y causar múltiples enfermedades.
- Los elementos y compuestos químicos encontrados en la población participante en los distintos estudios son tóxicos. Sus efectos adversos en la salud son ampliamente conocidos y de carácter sistémico, y pueden causar mortalidad prematura.
- Los contaminantes que causan enfermedad y muerte en la CAA no solamente se descargan y acumulan en el agua, sino también en el aire y en el suelo. Esto complica los escenarios de exposición a los cuales han estado sujetos las y los pobladores de esta región.

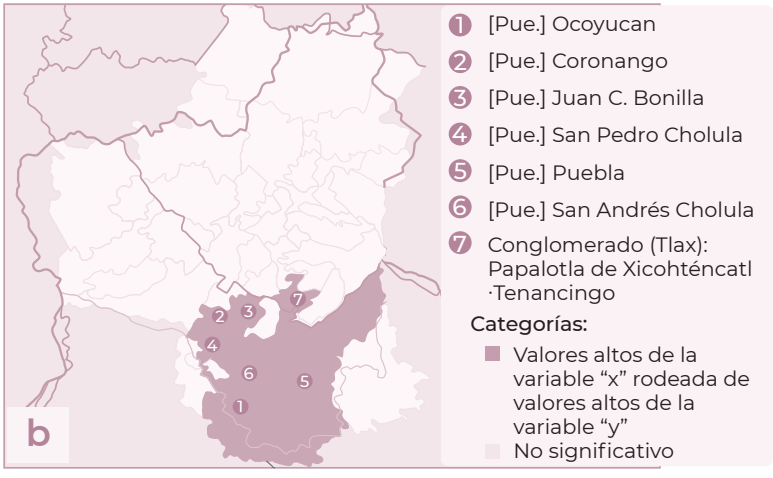
- El análisis crítico realizado a tres bases de datos oficiales, RETC, REAMECA e Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi), ha dado información relevante en cuanto a la reconstrucción de una parte fundamental del escenario cualitativo de exposición que afecta a la CAA. Estos análisis, aunados a los datos sobre el incremento de enfermedades en la región, serán muy útiles para ajustar las nuevas políticas públicas y actos de autoridad que garanticen resarcir el daño causado a las poblaciones de la región y evitar que éste se perpetúe.

Mapa 2. Resultados del análisis de autocorrelación geoespacial entre indicadores de contaminación detectados en el río y las tasas de mortalidad por enfermedad renal crónica (*a*) y de leucemia (*b*)

Correlación espacial de mortalidad de enfermedad renal crónica en hombres de 15 a 49 contra orgánicos sintéticos de la RENAMECA.



Correlación espacial de mortalidad de leucemias agudas contra metales y arsénico de la RENAMECA



Fuente: elaborado con información de los Pronaii-Conahcyt.

ACCIONES DE INCIDENCIA POR PARTE DEL CONAHCYT

Además de las evidencias contundentes resumidas previamente, los distintos proyectos de los Pronaces han desarrollan acciones específicas encaminadas a la defensa, promoción y mejora de la salud en las poblaciones de la región:

- Sistemas de registro de enfermedad: se desarrolló una plataforma web para el registro de ERC y sus determinantes socioambientales, así como una metodología sistematizada de registro poblacional y hospitalario interinstitucional para leucemias. Estos instrumentos están a disposición de las dependencias pertinentes de los tres niveles de gobierno.
- Acciones de sensibilización y capacitación: se desarrolló una plataforma en línea de acceso libre donde se ponen a disposición contenidos informativos, recursos multimedia didácticos para el público general, así como cursos para la capacitación del personal de salud desde una visión clínica y bajo la perspectiva comunitaria.
- Plataformas para la visualización de información: se desarrollaron tres plataformas que incluyen la disposición de datos y visualización de información en temas de salud, servicios de salud, salud ambiental y sistema agroalimentario en la CAA. Todos estos contenidos se encuentran disponibles en el repositorio y en el ecosistema nacionales informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes a cargo del Conahcyt: toxicologia.conahcyt.mx/resa-atoyac
- Ruta de atención para leucemias: se desarrolló una estrategia de acción para la vigilancia médica oportuna que asegura el diagnóstico y seguimiento preciso, integral e ininterrumpido para cada caso de sospecha de leucemia infantil.
- Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil (dentro del Instituto Mexicano del Seguro Social): este laboratorio –cuyas bases para

su funcionamiento fueron sentadas por el Conahcyt– ofrece servicio a las poblaciones de la CAA mediante todas las capacidades para elaborar diagnósticos y pronósticos de última generación precisos y oportunos, los cuales son clave para aumentar las probabilidades de sobrevida de los pacientes.

- Estrategias de comunicación social: se han creado materiales de difusión y divulgación en colaboración con habitantes de la CAA. Éstos incluyen infografías sobre los riesgos laborales que se tienen durante la elaboración de productos de cerámica.
- Además, se publicó el libro *Salud ambiental en la Cuenca del Alto Atoyac. Situación, peligros ambientales y acciones para reducir el riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT)*, de Gabriela Pérez Castresana, Raúl Camacho Sanabria, Arturo Sánchez Porras y Aline Romero Natale (2023).
- Actividades de investigación-acción-participativa: se llevan a cabo actividades como talleres comunitarios y artes participativas, a fin de involucrar a los habitantes, hacerlos partícipes y reflexionar en conjunto sobre la realidad ambiental y de salud que se vive en la región, y sobre las oportunidades que se pueden encontrar para disminuir los daños, en tanto hay una acción más contundente por parte de los gobiernos.

RECOMENDACIONES

Si bien las acciones que se están desarrollando desde los diferentes proyectos de investigación son relevantes para las poblaciones y para los territorios, aún son insuficientes para atender la grave situación de la CAA.

A continuación, se resume una serie de recomendaciones para la RESA-CAA y su zona de influencia.

Tabla 1. Recomendaciones para la RESA-CAA y su zona de influencia

	I. MONITOREO Y RESTAURACIÓN AMBIENTAL
1	Establecimiento de una red de monitoreo ambiental orientada a la vigilancia de las condiciones de la salud pública de la RESA-CAA y su área de influencia.
2	Diseño y ejecución de una estrategia integral de respuesta y restauración ambiental, en coordinación con las comunidades de toda la RESA-CAA y su área de influencia.
	II. ATENCIÓN A LA SALUD
1	Diseño e implementación de un programa integral y permanente de atención y prevención del daño a la salud en la región de emergencia sanitaria y ambiental RESA-CAA en Tlaxcala.
2	Creación de un organismo para el diagnóstico de la salud pública ambiental.
3	Programa de sensibilización sobre la importancia de la determinación socioambiental en los procesos de salud-enfermedad.
4	Implementación de un programa de tamizaje para detección temprana de ERC, retomando la experiencia del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia de Salud Renal.
5	Elaboración de una metodología compartida para transferir, integrar y desarrollar los registros de base poblacional y hospitalario derivados de distintas experiencias, incluyendo la de la Secretaría de Salud del gobierno del estado de Tlaxcala y del Conahcyt en temas de ERC y leucemias.
6	En una metodología también compartida para la elaboración de los expedientes clínicos, incorporación de indicadores de riesgo desarrollados para las zonas críticas de la RESA-CAA en los perfiles pronósticos y en la estratificación diagnóstica en todos los niveles de atención.
7	Establecimiento de unidades médicas móviles enfocadas en la detección temprana de enfermedades.
8	Instauración de una Contraloría Social de Salud Ambiental mediante el trabajo articulado entre las organizaciones comunitarias de base y los colectivos de investigación e incidencia de los Pronaces.
9	Desarrollo de planes de contingencia frente a accidentes industriales adecuados a las condiciones de riesgo de la RESA en caso de accidentes industriales y planes de seguridad laboral para personas trabajadoras formales e informales.
	III. LEGISLACIÓN Y POLÍTICA AMBIENTAL
1	Declaración de la RESA de la CAA como zona prioritaria de investigación y atención sanitaria, ambiental y social, y creación de los programas oficiales integrales correspondientes, con plazos claros y explícitos, así como la asignación de recursos financieros suficientes y etiquetados.

2	Reorganización de la política ambiental en materia de agenda gris, regulación industrial y ordenamiento ecológico y territorial.
3	Actualización de la Declaratoria de Clasificación que incluya los contaminantes considerados en la RENAMECA e identificados en la cuenca en el periodo 2012-2020.
	IV. RECOMENDACIÓN DE ACCIONES GENERALES DE FONDO PARA ÉSTA Y OTRAS RESA DURANTE EL SIGUIENTE SEXENIO
1	Fortalecimiento y expansión de la iniciativa de la Secretaría de Salud en la CAA hacia otras RESA, en vista de crear un programa nacional emergente de atención a la salud ambiental. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales debe considerar este programa como base de una nueva agenda gris, encaminada a la atención de las RESA.
2	Elaboración de planes integrales dirigidos a detener los problemas de violencia social y pobreza estructural profundas a la que están sujetas las poblaciones de las RESA, los activistas y las organizaciones sociales maduras que se enfrentan al problema del deterioro de la salud, la contaminación y la degradación del ambiente.
3	Visibilización ante el público en general y, especialmente, ante las personas servidoras que ocupan puestos estratégicos en el gobierno.
4	Conformación de una Comisión Nacional Interdisciplinaria de alto nivel, gobernada por expertos sin conflicto de interés, que identifique y determine, de manera sistematizada, otras RESA que actualmente existen dentro del país y contribuya a elaborar las leyes, normas y programas específicos necesarios para la remediación y atención en materia social, de salud y ambiente.
5	Creación de comisiones específicas de personas científicas, comunidades afectadas y servidores públicos que sean apropiadas para identificar, jerarquizar y atender los problemas de cada RESA.
6	Articulación de un sistema de competencias institucionales (ambientales, hídricas, atmosféricas, sanitarias, etc.) que permita la prevención, el diagnóstico, la atención apropiada y el tratamiento integral del sistema de problemas presentes en las RESA.

Fuente: información de los Pronaii-Conahcyt.

Finalmente, para garantizar que este esfuerzo logre trascender la realidad actual y derive en una política de planeación adecuada y localizada, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Secretaría de Salud y el Conahcyt, además de las autoridades estatales y locales correspondientes, deben integrar una estrategia de seguimiento permanente de la mano con las comunidades. Esto, para incidir no sólo en la atención

de la contingencia de salud pública y ambiental, sino para establecer estrategias y acciones dirigidas a eliminar las causas de fondo, al priorizar la observación, actualización o adecuación de las normas existentes, procurando así la recuperación de la salud humana y ambiental.

Obstáculos y posibilidades hacia el futuro

Fabiola Lara Espinosa
Alfredo Delgado Rodríguez
Emilio Muñoz Berruecos

Entre las principales amenazas para la región de la CAA se encuentran el avance de procesos privatizadores del agua y el incremento del número de empresas generadoras de contaminación ambiental, la falta de un plan integral de atención a la salud que incluya la atención temprana y el monitoreo de la población expuesta a contaminantes ambientales, así como el incremento de enfermos de padecimientos renales y de leucemia. Es decir, los riesgos más importantes son la agravación de los procesos de degradación ambiental y morbi-mortalidad en la cuenca.

Estos procesos han sido propiciados por la refuncionalización de las instituciones de gobierno en torno a las necesidades de las empresas. Una ilustración de esto la ofrece la creación de una ciudad industrial y la infraestructura para un asentamiento urbano al servicio de Audi (Ciudad Modelo), e incluso un "centro de capacitación dual" para la formación de técnicos de la industria automotriz. En estos proyectos los gobiernos federal y estatal invirtieron 831 millones de dólares en la construcción de la Plataforma Audi; 131 millones de pesos en la Universidad Tecnológica Bilingüe; 80 millones de pesos en el Parque Metropolitano Central en Ciudad Modelo en San José Chiapa; alrededor de 2300 millones de pesos de recursos federales y estatales en la construcción de vías

de comunicación terrestre como la carretera a Parque Finsa, los accesos a la zona industrial Audi y Ciudad Modelo (Mastreta, 2019, p. 149).

La refuncionalización de las instituciones no se reduce al endeudamiento de la población para la construcción de infraestructura al servicio de la industria. Una forma innovadora de despojo fue el del territorio ejidal mediante la creación del fideicomiso "Banco Estatal de Tierra", por medio del cual el gobierno adquirió los terrenos de los ejidos de San José Chiapa, Rafael Lara Grajales y Soltepec a ocho pesos el metro cuadrado (Mastreta, 2018).

Esta refuncionalización constituye un desvío de poder del Estado mexicano a favor de las empresas, mediante el cual diversas instancias echan mano de la legislación vigente para enajenar bienes comunes ejidales a favor de empresas privadas.

Una segunda ilustración la constituye la privatización del servicio de potabilización y saneamiento de agua en la ciudad de Puebla, operada a favor de la empresa Concesiones Integrales, a la cual se delegó la responsabilidad de realizar y cobrar los servicios de potabilización y saneamiento. Puebla es una de las pocas ciudades en el país en las que las empresas privadas han logrado establecer este tipo de contratos con los gobiernos estatales.

Estas labores al servicio del capital han sido gestionadas por los gobiernos de Vicente Fox, Felipe Calderón y Enrique Peña Nieto como presidentes de la República, y en Puebla se gestionaron de forma notable por Rafael Moreno Valle. No obstante, el desvío de poder, la entrega de tierra y la concesión de servicios y bienes nacionales estratégicos datan del gobierno de Ernesto Zedillo, que en 1997 privatizó el tramo de la red ferroviaria México-Veracruz; prontamente éste se volvió propiedad de Kansas City Southern, prestador de servicios a varios sectores, entre ellos el automotriz.

A esta operación facciosa del poder estatal para traspasar los bienes nacionales al capital privado se suma un conjunto de riesgos para la salud pública, posibilitados por la ausencia de una gestión integrada de

los riesgos para el ambiente y la salud, y por la insuficiencia de presupuesto para la verificación del cumplimiento de la normatividad ambiental por parte de las empresas generadoras de contaminación. El presupuesto asignado para la labor de inspección de cumplimiento de la normatividad ambiental amerita un incremento, ya que alrededor del 69% de las inspecciones realizadas por Procuraduría Federal del Protección al Ambiente (profepa) presentó incumplimiento de alguna disposición jurídica en materia ambiental.

En este contexto, importantes volúmenes de deuda se contraen para desarrollar parques y ciudades industriales, y la demanda de espacios funcionales para estos negocios crece a instancias del nearshoring, la estrategia de "producir cerca de los mercados en los que los productos serán finalmente comercializados" implementada por los Estados Unidos.

De ahí deriva otro de los peligros inminentes para la salud pública y el medio ambiente de la región: las demandas empresariales para que el gobierno incremente los bienes ejidales a disposición de la industria; con ello, también se incrementan las fuentes fijas de contaminación en la región. La ilustración de este hecho la ofrece la reciente solicitud abierta a medios de comunicación hecha por Canacintra al gobierno de Puebla, que en 2023 ha pedido la puesta en marcha de más "bancos de tierra" orientados a la construcción de parques industriales más modernos que los ya existentes, a pesar de que varios se encuentran desocupados.

El incremento de empresas contaminantes a instancias del *nearshoring* traería consigo el riesgo del incremento de sustancias liberadas al ambiente, algunas dañinas para el medio ambiente y otras para los trabajadores que las manejan.

En este marco, también resulta necesario verificar el cumplimiento de la normatividad aplicable a la calidad del aire, agua para uso y consumo humano, suelo, operación de rellenos sanitarios y descarga de aguas residuales. Es necesario, en su conjunto, superar los límites de la actual política ambiental que evidencia sus límites ante el potencial nocivo de diversas sustancias químicas: como se ha visto a lo largo del presente

trabajo, no todas las sustancias presentes en la Cuenca del Alto Atoyac han sido identificadas y su regulación aplica sólo para alguna de las fases de su ciclo de vida, pero en general no existe monitoreo completo de éste. Se desconocen las propiedades de las mezclas de sustancias, su alcance de dispersión y su potencial tóxico para la salud ambiental y humana.

Estas sustancias representan riesgos evidentes para la vida y la propiedad social de las comunidades de la cuenca, y el daño a la salud representa también una importante externalidad para el erario público presente y futuro. Además de esto, está el inconmensurable dolor que representa la pérdida de vidas a causa de la exposición ambiental crónica.

LA PERSPECTIVA DESDE EL CONAHCYT

Las regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA), definidas desde el Programa Nacional Estratégico (Pronace) de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes del Conahcyt, constituyen un claro ejemplo del camino que el desarrollo científico y tecnológico ha seguido en México durante las últimas cuatro administraciones del gobierno federal, previas a la actual administración. Había en ese entonces una orientación hacia el favorecimiento a la industria privada, de la mano de una total ceguera hacia las complejas y trágicas realidades ambientales distribuidas a lo largo y ancho del territorio nacional.

Actualmente, la Cuenca del Alto Atoyac es considerada una RESA de alta prioridad de atención, dado el elevado nivel de contaminación que padece, derivado de la presencia de más de 26 000 empresas, de las cuales 1 390 son potencialmente contaminantes por trabajar con sustancias consideradas peligrosas: corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Los procesos productivos contaminantes, derivados de la actividad de estas empresas, liberan sustancias químicas tóxicas al suelo, aire y agua, las cuales van a parar en barrancas, arroyos y riachuelos, o a plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

industriales y municipales, que no están adecuadas al tratamiento de tales cargas tóxicas (Conahcyt, 2022).

La contaminación de la cuenca ha generado severos problemas en la región, pues además de fuertes enfermedades a la población también "ha impactado en el tejido comunitario, la alimentación, la seguridad social, la educación, los derechos laborales y la violencia hacia las mujeres, entre otros aspectos" (Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo local A.C, 2022).

A partir de la lucha y la denuncia de las comunidades afectadas, académicos de diversas instituciones y organizaciones sociales comprometidas, se publicó por parte de la Comisión Nacional de Derechos Humanos la Recomendación 10/2017, que visibiliza y responsabiliza del desastre ambiental a actores sociales muy concretos. Las comunidades afectadas, junto con las organizaciones y científicos comprometidos, diseñaron una propuesta comunitaria para la atención del problema, plasmada en el documento publicado en el mismo 2017 y que lleva por título: "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades".

Desde entonces, los gobiernos de Puebla y de Tlaxcala han llevado a cabo algunas acciones de atención, y se han desarrollado investigaciones por parte de numerosos académicos. Sin embargo, a seis años de la recomendación, no ha habido prácticamente ninguna mejora en las condiciones de este infierno ambiental, por lo que se requiere de acciones urgentes, que sean consensuadas con las comunidades y que no respondan sólo a intereses políticos y económicos.

Es en el contexto anterior que la realización del primer foro, "Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac", permitió visibilizar la existencia de un buen número de investigaciones, realizadas tanto en centros públicos de investigación como en instituciones de educación superior. Éstas han posibilitado acumular pruebas para

respaldar la demanda de las comunidades a atender la grave situación sanitaria y ambiental que se vive en la cuenca.

El enfoque de los Programas Nacionales Estratégicos, a través de los Proyectos de Investigación e Incidencia (Pronaii), constituye una propuesta del Conahcyt para atender las problemáticas prioritarias nacionales mediante investigación e incidencia en materia de medio ambiente, salud y alimentación, entre otros temas. La incidencia está orientada tanto al desarrollo y consolidación de los sujetos organizados de las RESA como a la puesta de información científica de calidad en manos de las autoridades ambientales y de salud para la toma oportuna de decisiones.

En este sentido, el primer foro, del que esta obra presenta las memorias, fue un espacio de diálogo entre la academia, la sociedad civil y los tres niveles de gobierno. Allí los investigadores presentaron los resultados de sus trabajos a las autoridades y a las comunidades, y también se facilitó la presentación de los proyectos de autogestión de diversas comunidades.

En este foro se presentaron avances de los Pronaii, que mostraron una manera distinta de hacer ciencia aplicada, pues las comunidades, en este caso de la cuenca del Atoyac-Zahuapan, tienen voz y participan de las decisiones sobre la forma en que la problemática de contaminación que les afecta tiene que ser abordada.

Si bien a la fecha no se ha cumplido el objetivo de establecer compromisos por parte de las instancias de gobierno responsables de atender las problemáticas abordadas con la participación de las comunidades afectadas, el foro ha sido el punto de partida de algunas acciones concertadas entre el Conahcyt y los tres niveles de gobierno de los estados de Tlaxcala y Puebla, con la participación activa del sector académico, las organizaciones de la sociedad civil y la población. De este modo, el Conahcyt cumple con su compromiso de garantizar el derecho de los mexicanos a la ciencia, mediante estrategias que atienden problemáticas prioritarias. De tal manera, el quehacer científico fortalece y orienta las habilidades de la ciudadanía a fin de construir y acercar los conocimientos para

sobrepasar los obstáculos que frenan el bienestar de la población mexicana. Garantizar la ciencia como un derecho humano implica, puntualmente, poner en práctica políticas públicas que pongan los conocimientos al servicio de la ciudadanía.

Mediante la articulación estratégica entre la academia, el gobierno y las organizaciones de base comunitaria, el Conahcyt emprenderá acciones que fomenten la diseminación de saberes y permitan el fortalecimiento de las comunidades para la gestión integral de la cuenca, y así lograr su saneamiento. Se establecerán centros de enlace y articulación desde el Conahcyt, que maximicen los esfuerzos de investigación e incidencia para la atención de la problemática socioambiental desde enfoques transdisciplinarios, fomentando a la vez la participación del sector público y privado en la comprensión de la problemática socioambiental y de salud causada desde hace varios años. Esto, para llevar al desarrollo de acciones puntuales de coparticipación, que coadyuven al saneamiento real y efectivo de la cuenca.

En este sentido, una acción concreta y de gran relevancia será la creación del Centro de Estudios e Investigación sobre Biocultura, Agroecología, Ambiente y Salud (CEIBAAS) en Tlaxcala, como sede de El Instituto de Ecología, A.C. (Inecol). Éste tendrá como tarea principal, entre otras funciones, la restauración ecológica en la Cuenca del Alto Atoyac, y contará con el aporte de investigadores con amplia experiencia en la materia. Lo anterior, ya que en el deterioro ambiental provocado por la contaminación está la raíz de los graves problemas de salud de la población, así como la pérdida de la biodiversidad y la disrupción de los procesos ecológicos básicos en la cuenca.

El centro, además, abordará temas de relevancia como la transición agroecológica, la revaloración del rico patrimonio biocultural del estado (sobresaliendo la gran riqueza de variedades de maíces criollos) y fomentará procesos de economía solidaria, así como otras problemáticas sociales como la desigualdad de género y la trata de personas. Para abordar estas funciones, el centro se articulará en primera instancia con las

organizaciones de la sociedad civil con arraigo en la entidad, así como con instituciones de educación superior y dependencias de los gobiernos estatal y municipal que llevan a cabo programas con el mismo sentido.

La propuesta del CEIBAAS irá acompañada por la puesta en marcha de la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario, iniciativa impulsada a nivel nacional que contempla cinco ejes terminales: agroecologías y soberanías alimentarias, salud comunitaria, igualdad de género, planeación comunitaria del territorio y manejo costero integral. Además de apuntalar los Pronaces, el nuevo centro y la especialidad permitirán dar continuidad a la actual estrategia del Conahcyt de hacer del acceso al conocimiento científico y el desarrollo tecnológico un derecho del pueblo mexicano.

COMPROMISO SOCIAL Y FORTALECIMIENTO DE LAS COMUNIDADES EN EL TERRITORIO

A la par de la política y enfoques que desde el Conahcyt se plantean, el Foro Regional sobre la Cuenca del Alto Atoyac mostró claramente la importancia de la interacción activa, caracterizada por el diálogo entre academia y sociedad. Esto lleva a la generación de conocimiento en atención a los problemas de devastación socioambiental que resultan de la transformación del territorio, que violentan las formas de vida, los procesos culturales y la capacidad ecosistémica para sostener la biodiversidad. El resultado se hace tangible y se puede resumir de forma concreta en cuanto a: disponibilidad del agua, contaminación y salud; así, es evidente que la devastación que viene sufriendo la región desde hace más de 60 años pone en riesgo la sobrevivencia de las comunidades en el territorio.

Las expresiones de las comunidades y los ejercicios académicos dejan testimonio de la preocupación sobre las consecuencias en torno a esta violencia hacia el territorio, caracterizada por ser gradual, acumulativa y perniciosa. Ponen sobre la mesa distintas visiones y aproximaciones a partir de las cuales se evidencia la naturaleza de los procesos

de devastación, pero también delinean y hacen énfasis en los impactos sobre el ambiente, la salud y las formas de vida, lo que muestra la intención de atención a los diversos problemas.

Debe reconocerse que las propuestas y aproximaciones para hacer frente a esta crisis socioambiental, tanto desde las comunidades como desde la academia, son resultado de procesos de largo aliento, cada uno con su propia historia, dinámica y tiempos. En otras palabras, las diferentes narrativas que confluyen en la discusión para atender los problemas en el Alto Atoyac, pero también en foros con respecto a otras RESA, quedan limitados a la experiencia e intenciones que se gestan desde las comunidades, o bien, a la parcela epistemológica de las distintas disciplinas desde las cuales se generan propuestas acotadas cuyos impactos se ven limitados desde su propio origen por esta visión parcelada de la realidad.

En consecuencia, los problemas siguen creciendo y dando origen a nuevas condiciones de deterioro y devastación de los socioecosistemas, a pesar de los esfuerzos y de los avances científicos, tecnológicos y de respuesta social ante esta situación de crisis socioambiental.

Las estrategias para hacer frente a este proceso de devastación ante una política basada en el desarrollo económico a través de la industrialización y la transformación de los territorios, deben gestarse desde visiones y ejercicios que impliquen cambios en el planteamiento de soluciones, en la búsqueda de estados de bienestar, calidad de vida y justicia ambiental. En primera instancia, se debe entender el territorio como un espacio de vida en el que sus habitantes conforman comunidades cuya esencia está marcada por el conjunto de relaciones socioecosistémicas, desde las cuales se perfila su naturaleza social, política y cultural.

También hay que considerar que es necesario el acceso a información de forma suficiente, oportuna y pertinente con respecto a las particularidades de cada territorio, para avanzar en la construcción del bien común y desde ahí potenciar capacidades sociales para hacer frente a actores y políticas que afecten la vida en los territorios.

Tal vez uno de los retos más difíciles, aunque no imposible de superar, es la coordinación efectiva de la academia para la generación de conocimiento científico y propuestas tecnológicas desde visiones sistémicas e interdisciplinarias; las instituciones y quienes conforman la comunidad científica deben abrirse al diálogo interinstitucional e interdisciplinario que permita la suma de capacidades y la generación de propuestas efectivas de atención, gestadas desde visiones holistas con enfoques sistémicos a través del diálogo transdisciplinario y permanente con las comunidades.

SOBRE LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y LA COLABORACIÓN INTERINSTITUCIONAL EN EL TERRITORIO

Éste es otro aspecto que debemos considerar, referente a obstáculos a vencer y posibilidades hacia el futuro, en cuanto a la relación con instituciones de los tres ámbitos de gobierno.

Como se compartió en varios momentos durante el foro, desde años antes, pero sobre todo en el periodo que comprende del 2020 a la fecha, se han hecho varios intentos de acercamiento y colaboración entre dependencias gubernamentales, federales y estatales, relacionadas con el medio ambiente, el agua y la salud de las personas en el territorio. Se ha tratado llevar a cabo mesas de diálogo con funcionarias y funcionarios en el mismo foro, pero no ha resultado del todo bien.

Hemos aprendido que para avanzar en los caminos de solución de problemas –como el de la devastación socioambiental, sus causas y sus consecuencias en la salud de las personas y en la vida de las comunidades– es necesario que las y los habitantes de las comunidades y las y los integrantes de organizaciones de base comunitaria se formen y se apropien de los elementos necesarios para emprender un proceso de incidencia, para lograr la elaboración de propuestas de políticas, planes y proyectos, y

también de propuestas legislativas. La lección aprendida, luego de muchos años de trabajo, es que, para incidir en los procesos de toma de decisiones sobre los problemas públicos, casi en todos los casos, es necesario que la sociedad haga el trabajo que deberían hacer las funcionarias y los funcionarios encargados, y sólo así habrá posibilidades de que se les preste atención por parte de las dependencias.

Así, con esto como un supuesto necesario para emprender cualquier proceso de incidencia, podemos particularizar todavía algunos obstáculos más, como los siguientes, que hasta la fecha es necesario vencer. En primer lugar, el ciclo heredado de administraciones anteriores de: negar-minimizar-simular. Es decir, cuando se presenta ante algún gobierno o alguna dependencia de gobierno una situación o un problema grave que debería atender de acuerdo a sus facultades y atribuciones, la reacción inicial es negar la presencia de ese problema en el territorio y exigir a quien lo presenta que demuestre que de verdad existe.

Luego, una vez que la ciudadanía lo demuestra, la siguiente reacción gubernamental es minimizarlo, tratando de reducirlo sólo a manifestaciones locales o particulares. Y más tarde, cuando las comunidades y organizaciones muestran la verdadera magnitud de los problemas y la gravedad de sus efectos -y hasta con una propuesta viable de solución, como ya lo comentábamos- la tercera reacción es simular un proceso de atención: se mantiene el problema y la intención de solucionarlo en el discurso, y se prometen acciones contundentes a las que nunca se les otorga presupuesto o que muchas veces se reducen a las mismas actividades que ya se venían realizando desde antes.

Para el caso de la Cuenca del Alto Atoyac, por ejemplo, este ciclo se muestra con mucha claridad en el proceso que se ha desarrollado con el pretexto de responder a la Recomendación 10/2017 de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos. Se redujo el cumplimiento de armar y llevar a cabo un programa de restauración integral de la cuenca a la firma de un convenio a modo de supuesta coordinación y cooperación

técnica[1] y un programa de acciones de saneamiento (PAS), para justificar en el papel y dar continuidad en los hechos a las acciones inconexas que las dependencias ya tenían programadas desde antes, y para simular un proceso de consulta ciudadana.

En el grupo de trabajo que dirige este gran esfuerzo de simulación, participan el Organismo de Cuenca (quien lo coordina), la Subprocuraduría de Inspección Industrial de la Profepa, la Comisión de Evidencia y Manejo de Riesgos de la Cofepris, las secretarías de medio ambiente de los gobiernos de Tlaxcala y Puebla, y las presidencias municipales de Huejotzingo, San Martín Texmelucan, Tepetitla, Nativitas e Ixtacuixtla.

Otro obstáculo a vencer es el de la fragmentación de las áreas en las dependencias gubernamentales y la falta de comunicación entre éstas. Durante muchos años se han particularizado y especializado tanto los asuntos de cada área, que ninguna puede atender un problema de manera completa, y mucho menos integral. Esto llegó, en el caso de Semarnat en la cuenca, al extremo de que las dependencias encomendadas para dar seguimiento a la elaboración de un plan de trabajo presuntamente integral para el territorio no sabían que la titular de la secretaría estaba firmando acuerdos aparte con el gobierno del estado, sobre asuntos que deberían ser parte de ese plan de trabajo.[2] Desgraciadamente esto es una constante en todas las demás dependencias de los tres ámbitos de gobierno.

Lo anterior muestra que el obstáculo está en eliminar las limitaciones normativas que impiden que las dependencias de gobierno puedan

[1] El 28 de septiembre de 2020, en la ciudad de Puebla, los gobiernos y las dependencias recomendadas por la CNDH firmaron, tres años después de emitida y aceptada la Recomendación 10/2017 (CNDH, 2017) el documento titulado "Convenio marco de coordinación interinstitucional y de cooperación técnica", por el que se formaliza e inicia el proceso de simulación al que se hace referencia.

[2] El 24 de marzo de 2022, la Semarnat firmó dos convenios marco de colaboración con el gobierno de Tlaxcala. Uno a través de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) y otro del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). Además, firmó un acuerdo específico de coordinación entre el gobierno estatal y la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp).

comunicarse y actuar de manera realmente coordinada en la definición y realización de acciones conjuntas.

En el mismo sentido del obstáculo anterior, se tienen también por parte de las dependencias gubernamentales limitaciones normativas para utilizar la información ya obtenida por medio de las investigaciones académicas realizadas desde universidades que tienen trabajo directo en la cuenca, y que colaboran con las comunidades y organizaciones en el diagnóstico de los problemas y la elaboración de propuestas de solución. Esto, por no tratarse de datos elaborados por investigadoras e investigadores que trabajen en las mismas dependencias.

Con todo esto, ratificamos una segunda lección aprendida que, desafortunadamente, todavía está vigente en muchos momentos, a saber: si no hay voluntad política por parte de las y los funcionarios, con una línea clara desde quienes ocupan un nivel más alto en la cadena de mando, no habrá manera de avanzar en ningún proceso de trabajo con las dependencias. Si la persona que tiene el nivel superior inmediato no lo ordena, o al menos lo permite, casi nunca habrá funcionarias o funcionarios que se comprometan más allá de lo que su manual operativo le indique, aunque el asunto no tenga por qué implicarle alguna observación al respecto.

Pero hay todavía un obstáculo más que se debe vencer, aunque haya voluntad política y posibilidades normativas para que las dependencias actúen junto con la ciudadanía para solucionar los problemas en la región. Este obstáculo es el de la falta de preparación de quienes diseñan los programas o proyectos de atención a la ciudadanía o de participación ciudadana –suponiendo que no hay corrupción de por medio–. Las y los funcionarios abren las puertas de sus oficinas y se sientan a esperar que las personas lleguen a comentarles los problemas que hay, y a presentarles sus sugerencias o propuestas de solución a esos problemas.

El obstáculo está en que, en general, en las estructuras de gobierno no se contempla la posibilidad de que las y los funcionarios deban salir a buscar y garantizar la participación de la ciudadanía y hacerlo de manera adecuada, tal como se establece en el Acuerdo Regional sobre el Acceso

a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales, más conocido como el Acuerdo de Escazú, firmado y ratificado por México en 2018 y 2020, respectivamente.

El Acuerdo de Escazú tiene por objeto:

> Garantizar la implementación plena y efectiva en América Latina y el Caribe de los derechos de acceso a la información ambiental, la participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales y el acceso a la justicia en asuntos ambientales, así como la creación y el fortalecimiento de las capacidades y la cooperación, contribuyendo a la protección del derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente sano y al desarrollo sostenible (Cepal, 2022).

En el capítulo siete, "Participación pública en los procesos de toma de decisiones ambientales", en sus incisos cuatro a ocho dice que, en dichos procesos, las o la instancia pública que corresponda:

4) Adoptará medidas para asegurar que la participación del público sea posible desde etapas iniciales del proceso de toma de decisiones, de manera que las observaciones del público sean debidamente consideradas y contribuyan en dichos procesos. A tal efecto … proporcionará al público, de manera clara, oportuna y comprensible, la información necesaria para hacer efectivo su derecho a participar en el proceso de toma de decisiones.
5) El procedimiento de participación pública contemplará plazos razonables que dejen tiempo suficiente para informar al público y para que esté participe en forma efectiva.
6) El público será informado de forma efectiva, comprensible y oportuna, a través de medios apropiados, que pueden incluir los medios escritos, electrónicos u orales, así como los métodos tradicionales, como mínimo sobre:

a. el tipo o naturaleza de la decisión ambiental de que se trate y, cuando corresponda, en lenguaje no técnico;
b. la autoridad responsable del proceso de toma de decisiones y otras autoridades e instituciones involucradas;
c. el procedimiento previsto para la participación del público, incluida la fecha de comienzo y de finalización de éste, los mecanismos previstos para dicha participación, y, cuando corresponda, los lugares y fechas de consulta o audiencia pública; y
d. las autoridades públicas involucradas a las que se les pueda requerir mayor información sobre la decisión ambiental de que se trate, y los procedimientos para solicitar la información.

7) El derecho del público a participar en los procesos de toma de decisiones ambientales incluirá la oportunidad de presentar observaciones por medios apropiados y disponibles, conforme a las circunstancias del proceso. Antes de la adopción de la decisión, la autoridad pública que corresponda tomará debidamente en cuenta el resultado del proceso de participación.
8) Velará por que, una vez adoptada la decisión, el público sea oportunamente informado de ella y de los motivos y fundamentos que la sustentan, así como del modo en que se tuvieron en cuenta sus observaciones. La decisión y sus antecedentes serán públicos y accesibles (Cepal, 2022).

Así, pues, de acuerdo a todo esto, las dependencias gubernamentales y los congresos estatales deben salir de sus oficinas y cambiar sus formas de consulta –muchas veces inútiles y hasta amañadas– para cumplir con este compromiso asumido. Deben modificar sus procedimientos para que las y los habitantes de las comunidades –el público– sean informados y consultados de manera adecuada, conforme a sus usos y costumbres, se

trate o no de pueblos indígenas, utilizando los mecanismos, tiempos y el lenguaje que ellas mismas acostumbren para comunicarse y para resolver sus asuntos comunitarios. Sólo así se contará con vías oficiales que garanticen la participación eficaz de las personas en sus comunidades.

Sin embargo, a pesar de todo esto, y apuntando ya a las posibilidades hacia el futuro, recuperamos también la experiencia de que sí se puede avanzar cuando hay decisión y voluntad política, y además el interés de buscar las formas dentro de la norma actual, para trabajar de manera conjunta entre las dependencias y con la ciudadanía, y de llevar adelante las propuestas que se van definiendo.

Destacamos el proceso que inició a finales de 2019 e inicios de 2020, cuando se llevó a cabo la Caravana Toxitour que recorrió las regiones de El Salto, Juanacatlán, en Jalisco; la cuenca de la Independencia, Dolores Hidalgo, Guanajuato; la región tolteca, Tula, Apaxco, Atitalaquia, en Hidalgo y Estado de México, la cuenca Atoyac-Zahuapan o del Alto Atoyac, en Tlaxcala y Puebla; y la región norte del Istmo de Tehuantepec, al sur del estado de Veracruz. Gracias a este proceso -luego de una serie de reuniones entre organizaciones comunitarias y las personas titulares de la Semarnat, la Secretaría de Salud y el Conahcyt- se llegó al establecimiento de un convenio de colaboración intersecretarial por el que se estableció la estructura organizativa con la que se le daría seguimiento, por parte de las tres dependencias, para trabajar de manera integrada en la búsqueda de soluciones a las problemáticas de todas las regiones y en la elaboración de propuestas junto con la ciudadanía.

Por decisión de las tres dependencias los trabajos iniciaron en la Cuenca del Alto Atoyac, con la intención de luego extender el modelo probado a las demás regiones. A partir de entonces se llevaron a cabo varios intentos de trabajo conjunto, de los que prosperaron dos líneas de acción relacionadas entre sí.

El Conahcyt comenzó a intervenir más decididamente en la región, en coordinación con las organizaciones comunitarias y los equipos de investigación con los que trabajan, a través de los Pronaces y Pronaii

de Agua, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes y Salud, y de las personas responsables de la Región IV Sur Oriente. Al mismo tiempo, la Secretaría de Salud –inicialmente a través de la Cofepris y después del Cenaprece– junto con las organizaciones comunitarias avanzaron en el proceso de elaboración de un programa de vigilancia epidemiológica.

Así, se avanzó de manera coordinada y eficaz entre organizaciones comunitarias, equipos de investigación y dependencias en esa línea de trabajo, hasta llegar a la elaboración del Primer informe estratégico, Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral, del que se incluye la síntesis ejecutiva en este libro.

Con base en ese mismo informe, se sustentó la construcción del Plan Integral de Atención y Prevención de Daños a la Salud en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental de la Cuenca del Alto Atoyac, Tlaxcala. Ambos documentos fueron presentados y entregados a la titular del gobierno del estado de Tlaxcala por la directora general del Conahcyt y el secretario federal de Salud respectivamente, el 2 de octubre de 2023.

El primer informe estratégico se enriquecerá con los resultados que se sigan obteniendo a través de los Pronaii, y se pretende llegar a un segundo informe. El Plan Integral de Atención ahora está en etapa de piloteo en el municipio acordado con las organizaciones comunitarias.

Además de llevarse a cabo gracias al trabajo coordinado entre los Pronaces y los Pronaii de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, Salud y Agua que trabajan en la cuenca y el Cenaprece, cabe mencionar que:

- Los dos procesos se elaboraron a partir de los Pronaii, en los que participan directamente las organizaciones de base comunitaria.
- El informe reconoce, con información científica y por segunda vez oficialmente –la primera fue por parte de la CNDH– que las personas en las comunidades afectadas han tenido razón desde

hace muchos años al afirmar que los daños a la salud en esta región están estrechamente relacionados con la contaminación emitida, arrojada y descargada por las industrias.

- Esta vez se trata de un informe emitido, hecho público y entregado por una instancia de gobierno, por lo que la información puede y debe ser usada sin remilgos por otras dependencias y ámbitos de gobierno para sustentar sus planes y proyectos en la cuenca, evaluar el impacto de sus acciones actuales, y también evaluar el impacto que están causando las industrias y otros actores privados, y exigirles que cambien sus procesos.
- Se trata de dos documentos que, además de haber sido elaborados con información y participación de la sociedad, servirán también para que organizaciones y comunidades exijan al gobierno federal, estatal y a los municipales que los tomen en cuenta. También funcionarán para exigir a los congresos estatales que los consideren como expresión de la realidad de la cuenca en tanto región de emergencia sanitaria y ambiental, en los procesos de elaboración y evaluación de todos los instrumentos legislativos.

Esta experiencia muestra, como ya lo comentamos anteriormente, que se pueden vencer los obstáculos y avanzar con eficacia cuando hay voluntad política, interés y decisión por parte de las instancias gubernamentales para trabajar de manera conjunta y adecuada con la sociedad y la academia, en la determinación de los problemas públicos y la elaboración de propuestas viables para solucionarlos.

REFERENCIAS

Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (2022). *Fuego de Esperanza Colectiva, 20 años construyendo el bien común, Informe.* Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. [Cepal]. (2022). *Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, a la Participación Pública y a la Justicia en Asuntos Ambientales*. https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a6049491-a9ee-4c53-ae7c-a8a17ca9504e/content

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías [Conahcyt]. (2022). *La contaminación ambiental y la situación de la salud en la Cuenca del Alto Atoyac. Documento de trabajo. Comité ejecutivo del Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.*

Mastretta, S. (2019). *La trama audi. Componendas de un gobierno autoritario.* Puebla contra la corrupción y la impunidad.

SITIOS DE INTERÉS

Primer Foro Regional. Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac: https://sites.google.com/uatx.mx/1er-foro-alto-atoyac/inicio

2° Foro Regional. Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac: avances en las agendas de trabajo: https://redescupreder.wixsite.com/segundo-foro-atoyac

Análisis espaciotemporal y sociodemográfico de enfermedades crónicas no-transmisibles (ecnt) en la Cuenca del Alto Atoyac: libros, vídeos, infografías y otros materiales de la Cuenca del Alto Atoyac: https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/60

Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.: https://www.centrofrayjuliangarces.org.mx/

1er. Informe estratégico Cuenca Alta del Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral. https://toxicologia.conahcyt.mx/resa-atoyac/

Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades: https://www.

centrofrayjuliangarces.org.mx/wp-content/uploads/2019/11/Propuesta-comunitaria-27-10-17.pdf

Proyecto Pronaii Ciencia de Datos sobre Enfermedades Crónicas No Transmisibles en la Cuenca del Alto Atoyac:

https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-salud/ciencia-de-datos-y-salud/proyectos/enfermedades-cronicas-no-transmisibles-en-la-cuenca-del-alto-atoyac/

Recomendación No. 10 /2017 Sobre La Violación A Los Derechos Humanos A Un Medio Ambiente Sano, Saneamiento Del Agua Y Acceso A La Información, En Relación Con La Contaminación De Los Ríos Atoyac, Xochiac Y Sus Afluentes; En Agravio De Quienes Habitan Y Transitan En Los Municipios De San Martín Texmelucan Y Huejotzingo, En El Estado De Puebla; Y En Los Municipios De Tepetitla De Lardizábal, Nativitas E Ixtacuixtla De Mariano Matamoros, En El Estado De Tlaxcala: https://www.cndh.org.mx/documento/recomendacion-102017

Sistema de Información Geográfica (sig) de la Cuenca del Alto Atoyac: https://geoinformatica.mx/webappcca/capas

Sistema de Información Unificado. Agua y Cuencas de México: https://conahcyt.mx/pronaces/pronaces-agua/agua-y-cuencas-de-mexico/ Video explicativo del sig de la Cuenca del Alto Atoyac: https://www.youtube.com/watch?v=Xw3p8X_biVE

Sobre las autoras y los autores

COORDINADORAS Y COORDINADORES

DELGADO RODRÍGUEZ, ALFREDO

Es académico de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, responsable técnico del Pronaii 318959 perteneciente al Pronaces Agua, su línea de investigación versa sobre los sistemas socioambientales, el bienestar y la calidad de vida.

GARRETT RÍOS, MARÍA GABRIELA

Es subdirectora de Evaluación de la Dirección Regional 04 Sur Oriente del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Doctora en Historia y Estudios Regionales.

HIROSE LÓPEZ, JAVIER

Es doctor en Estudios Mesoamericanos en la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM, terapeuta en medicina tradicional china, profesor-investigador de la Universidad de Oriente, tiene a su cargo el laboratorio de etnobotánica y el herbario regional Dr. Alfredo Barrera Marín y es director regional del Conahcyt.

LARA ESPINOSA, FABIOLA

Investigadora por México. Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.

MELÉNDEZ ESCOBAR, SANDRA OCOTLÁN

Es licenciada en Ciencias Ambientales y maestra en Análisis Regional por la Universidad Autónoma de Tlaxcala. Colaboradora de la Dirección Regional 04 Sur Oriente del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

NAVA CASTILLO, ANA LAURA

Es licenciada en Agronomía en Horticultura Protegida por la Universidad Autónoma Chapingo. Colaboradora de la Dirección Regional 04 Sur Oriente del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.

POHLS FUENTEVILLA, FEDERICO LUIS

Tiene estudios de Filosofía y Ciencias Sociales. Es integrante del Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C., desde el año 2002, y actualmente colabora en el Programa de Incidencia.

AUTORAS Y AUTORES

AGUILAR HUESCA, ANGÉLICA
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

ARELLANO AGUILAR, OMAR
Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

AZTATZI CUAPIO, MELITÓN
Habitante del municipio de Tetlanohcan

BAGNIS RIVADENEYRA, IVONNE
Atlihuetzian en Resistencia. Comunidad de Santa María Atlihuetzian, Tlaxcala

BARREDA MARÍN, ANDRÉS
Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México. Coordinador del Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes

CABRERA LÓPEZ, MARÍA TERESA
Estudiante del doctorado en Etnobiología y Patrimonio Biocultural, Universidad del Cauca, Colombia

CASAS ÁLVAREZ, GUSTAVO
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (Ciisder), Universidad Autónoma de Tlaxcala

CASIQUE AGUIRRE, DIANA
Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil, Centro de Investigación Biomédica de Oriente, Instituto Mexicano del Seguro Social

CASTRO PÉREZ, FRANCISCO
Investigador Universidad Intercultural de Tlaxcala

CORTE AGUILLÓN, AXEL ALEJANDRO
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

CRESPO BARRERA, PAULA MONTSERRAT
Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros

CUATECONTZI GALICIA, FERNANDO
Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, CLAUDIA
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Comef-Cenid

FERNÁNDEZ Y FUENTES, AURELIO
Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

FRANQUESA SOLER, MONTSERRAT
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

GONZÁLEZ SANTIAGO, MARÍA VIRGINIA
Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Agroecología

GUTIÉRREZ ARROYO, JOEL
Especialista en hidrología

HERNÁNDEZ CORTÉS, CELIA
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional, Universidad Autónoma de Tlaxcala

HERRERA PÉREZ, LUSMILA
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

JUÁREZ PÉREZ, CUAUHTÉMOC ARTURO
Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

LARA VÁZQUEZ, ALICIA
Coordinadora por un Atoyac con Vida

MAIMONE CELORIO, MARÍA ROSA
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MARTÍNEZ TAVERA, ESTEFANÍA
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

MEDINA, MARÍA LILIA
Investigadora independiente

MÉNDEZ RIVAS, LAURA
Coordinadora por un Atoyac con Vida

MÉNDEZ SERRANO, ALEJANDRA
Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.

MÉNDEZ VALENCIA, JHONATAN
Universidad Autónoma de Tlaxcala

MENDOZA HERNÁNDEZ, JOSÉ CARLOS
Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

MONTERO MONTOYA, REGINA
Departamento de Toxicología Ambiental y Medicina Genómica, Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Nacional Autónoma de México

MONTES DE OCA CRUZ, JUDITH
Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

MONTOYA HERNÁNDEZ, LAURA
Estudiante del doctorado en Estudios Territoriales, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (Ciisder)

MUÑOZ BERRUECOS, EMILIO
Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.

NAVARRO FRÓMETA, AMADO ENRIQUE
Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros

NOLASCO VALENCIA, JOSÉ VICENTE
Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)

NÚÑEZ ENRÍQUEZ, JUAN CARLOS
Jefe de la División de Investigación en Salud, UMAE, Hospital de Pediatría Dr. Silvestre Frenk Freund, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

ORTIZ BÁEZ, PEDRO ANTONIO
Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (Ciisder), Universidad Autónoma de Tlaxcala

PAREDES LÓPEZ, AMALIA
Estudiante del doctorado en Estudios Territoriales, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (Ciisder), Universidad Autónoma de Tlaxcala

PELAYO CAMACHO, ROSANA
Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil, Centro de Investigación Biomédica de Oriente, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)

PÉREZ CASTRESANA, GABRIELA
Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente, Xabier Gorostiaga (IIMA), Ibero Puebla

RAMÍREZ DÍAZ, IVONNE
Laboratorio Internacional Epigen, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep), Instituto de Ciencias, Ecocampus, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP), Doctorado en Biotecnología

RAMÍREZ ZEMPOALTECA, CONCEPCIÓN
Docente del Colegio de Bachilleres del Estado de Tlaxcala

REYES PÉREZ, ENEIDA
Universidad Autónoma de Tlaxcala

ROJAS MARTÍNEZ, INÉS DEL ROSARIO
Habitante de la comunidad de Panzacola, municipio de Papalotla de Xicohténcatl. Integrantes del Grupo Cihuatl

RUBIO, KARLA
Laboratorio Internacional Epigen, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep), Instituto de Ciencias, Ecocampus,

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), Laboratoire IMoPA, Université de Lorraine, CNRS, UMR73635, Nancy, France

RUGERIO ROJAS, MARÍA DE LOS ÁNGELES
Habitante de la comunidad de Panzacola, municipio de Papalotla de Xicohténcatl. Integrantes del Grupo Cihuatl

SALAS QUINTANAL, HERNÁN
Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México

SÁNCHEZ CALDERÓN, LENIN
Universidad Autónoma de Zacatecas

SANTIAGO AGUILAR, SHAILA DENISSE
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

VELASCO SANTOS, PAOLA
Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México

Listado de instituciones colaboradoras

- Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla (UPAEP)
- Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México
- Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pronace Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes
- Universidad del Cauca, Colombia
- Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (Ciisder), Universidad Autónoma de Tlaxcala
- Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil, Centro de Investigación Biomédica de Oriente, Instituto Mexicano del Seguro Social
- Universidad Intercultural de Tlaxcala
- Universidad Tecnológica de Izúcar de Matamoros
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Comef-Cenid
- Centro Universitario para la Prevención de Desastres Regionales, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
- Departamento de Agroecología, Universidad Autónoma Chapingo
- Unidad de Investigación de Salud en el Trabajo, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
- Universidad Autónoma de Tlaxcala
- Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

- Hospital de Pediatría Dr. Silvestre Frenk Freund, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)
- Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente, Xabier Gorostiaga (IIMA), Ibero Puebla
- Laboratorio Internacional Epigen, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (Concytep)
- Instituto de Ciencias, Ecocampus, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP)
- Laboratoire IMoPA, Université de Lorraine, CNRS, UMR73635, Nancy, France
- Colegio de Bachilleres del Estado de Tlaxcala
- Instituto de Investigaciones Antropológicas, Universidad Nacional Autónoma de México
- Universidad Autónoma de Zacatecas
- Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C.
- Coordinadora por un Atoyac con Vida
- Centro de Economía Social Julián Garcés A.C

COMUNIDADES

- Santa María Atlihuetzian, Tlaxcala
- Grupo Cihuatl, Panzacola, municipio de Papalotla de Xicohténcatl
- Tetlanohcan, Tlaxcala

Glosario

1.3 DISMINUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL AGUA EN EL ALTO ATOYAC

Acuífero: formación geológica capaz de almacenar y ceder agua. Está constituido por una o varias capas de rocas permeables que acumulan aguas subterráneas.

Extracción: acción y efecto de extraer. Arrancadura, arrancamiento, extirpación, exodoncia.

Infiltración: proceso a través del cual el agua de lluvia, ingresa al suelo hacia sus capas inferiores, en forma vertical y horizontal.

Manantial: un manantial, naciente o surgencia es un punto de salida natural de agua subterránea que fluye hacia la parte superior de la corteza terrestre. Puede ser permanente o temporal.

Mitigación: su propósito es la reducción de la vulnerabilidad, la atenuación de los daños potenciales sobre la vida y los bienes causados por un evento geológico.

Nivel freático: corresponde al nivel superior de una capa freática o de un acuífero en general. También se conoce como capa freática, manto

freático, napa freática, napa subterránea, tabla de agua, o simplemente freático.

Preservar: proteger, resguardar anticipadamente a alguien o algo, de algún daño o peligro.

Recarga: conjunto de acciones y tecnologías encaminadas al almacenamiento de agua en el subsuelo para su posterior uso.

Sobreexplotación: extracción y consumo de recursos naturales hasta el punto en que no es posible que se recuperen.

Socavón: hundimiento del suelo por haberse producido una oquedad subterránea.

1.4 IMPORTANCIA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL SECTOR SECUNDARIO Y TERCIARIO, EN LA CUENCA ATOYAC-ZAHUAPAN, 2019

Holcim/Lafarge: grupo de fabricantes de productos para la construcción de origen suizo-francés.

Inegi: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

Lamosa S.A de C.V.: grupo de fabricantes de revestimientos y adhesivos de origen mexicano.

Nova Ceramic: empresa fabricante de ladrillos de arcilla, tabiques, blocks, revestimientos y aislantes de origen español.

PEA: población económicamente activa.

Porcelanite: marca de revestimientos perteneciente al grupo Lamosa.

SCIAN: Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.

SGM: Servicio Geológico Mexicano.

VACB: Valor Agregado Censal Bruto.

2.2 INCIDENCIA DEL PRONAII LEUCEMIA INFANTIL Y NEFROPATÍAS AGUDAS EN LA CUENCA DEL ALTO ATOYAC

EMR (enfermedad mínima/medible residual): se refiere a la presencia de una pequeña cantidad de células leucémicas residuales después del tratamiento inicial, que permite determinar el pronóstico, la estratificación de riesgo y la respuesta al tratamiento.

Inmunofenotipo: técnica utilizada para analizar y clasificar las células de médula ósea o sanguíneas y para determinar si hay presencia de células leucémicas. Se realizan pruebas con anticuerpos fluorescentes que se unen a los antígenos específicos en la superficie de las células, lo que permite su identificación y cuantificación mediante un análisis de citometría de flujo.

2.5 EL CADMIO COMO CONTAMINANTE REGULADOR DEL FENOTIPO TUMORAL

ADN: molécula del interior de las células que contiene la información genética necesaria para que las personas y la mayoría de los organismos se desarrollen y crezcan. Estas moléculas se transmiten de una generación a la siguiente.

Antropogénicas: hace referencia a todo aquello que proviene o resulta de las actividades de los seres humanos o que es producido por ellas.

ARN: ácido ribonucleico, macromolécula fundamental en la síntesis de proteínas.

ARNnc: el ARN no codificante es una molécula de arn funcional, que a diferencia del ARN mensajero no se traduce en una proteína.

Biogénesis: principio según el cual un ser vivo procede siempre de otro ser vivo.

Bioinformático: aplicaciones de tecnologías computacionales y la estadística a la gestión y análisis de datos biológicos.

Biomarcador: molécula biológica que se encuentra en la sangre, otros líquidos o tejidos del cuerpo, y cuya presencia es un signo de un proceso normal o anormal, de una afección o de una enfermedad. Un biomarcador se utiliza a veces para determinar la respuesta del cuerpo a un tratamiento para una enfermedad o afección. También se llama marcador biológico, marcador molecular y molécula distintiva.

Carcinógeno: cualquier sustancia que causa cáncer.

Citotóxico: sustancia que elimina células ya sea sanas o enfermas como las cancerosas.

Cromatina: estructura condensada muy organizada compuesta por ADN, ARN y proteínas que da origen a los cromosomas en el núcleo de la célula.

Diagnóstico: proceso en el que se identifica una enfermedad, afección o lesión por sus signos y síntomas. Para ayudar a hacer un diagnóstico, se

pueden utilizar los antecedentes de salud o realizar un examen físico y pruebas, como análisis de sangre, pruebas con imágenes y biopsias.

Epidemiología: estudio de los patrones, las causas y el control de las enfermedades en los grupos de personas.

Epigenoma: red de compuestos químicos y proteínas que rodean al ADN y dirigen acciones tales como la activación o desactivación de genes, y el control de la producción de proteínas en células específicas.

Exposoma: concepto que se utiliza para describir las exposiciones ambientales que un individuo encuentra a lo largo de su vida y cómo estas exposiciones afectan la biología y la salud.

Expresión génica: proceso por el cual la información codificada por un gen se usa para producir moléculas de ARN que codifican para proteínas o para producir moléculas de ARN no codificantes que cumplen otras funciones. La expresión génica actúa como un "interruptor" que controla cuándo y dónde se producen moléculas de ARN y proteínas y como un "control de volumen" para determinar qué cantidad de esos materiales se produce.

Genes: conjunto de unidades funcionales y físicas de la herencia que pasa de padres a hijos. Los genes son segmentos de ADN; la mayoría de los genes contienen información para elaborar una proteína específica.

Genoma: el conjunto completo de ADN (material genético) en un organismo. En los seres humanos, casi cada célula contiene una copia completa del genoma. El genoma contiene toda la información necesaria para que una persona pueda crecer y desarrollarse. El estudio del genoma ayuda a los investigadores a entender cómo se forman y cómo responden estas células ante los diferentes tipos de tratamiento. Esto puede llevar a nuevas formas de diagnosticar, tratar y prevenir el cáncer.

Genotoxicidad: capacidad para causar daño al material genético por agentes físicos, químicos o biológicos.

Hipótesis: propuesta tentativa que se hace para explicar ciertas observaciones o hechos que requieren más investigación para comprobarse.

Histona: tipo de proteína asociada al ADN del núcleo celular.

Lixiviación: se emplea en la ecología para aludir al deslizamiento de agentes contaminantes y desechos hacia los mares y los ríos.

Metilación: reacción química en el cuerpo por la cual una molécula llamada grupo metilo se une a ADN, proteínas u otras moléculas. Es posible que la adición de grupos metilo afecte la forma en que algunas moléculas actúan en el cuerpo.

Multivalentes: moléculas que contienen múltiples grupos funcionales dispuestos en una distribución espacial que está directamente asociada a la arquitectura de su estructura química. Estos grupos funcionales se pueden modificar, de manera controlada, con diferentes biomoléculas, fármacos.

Neoplásico: masa anormal de tejido que aparece cuando las células se multiplican más de lo debido o no se mueren cuando deberían. Las neoplasias son benignas (no cancerosas) o malignas (cancerosas).

Oncogén: forma mutada (cambiada) de un tipo de gen llamado protooncogén. El protooncogén participa en la multiplicación y división celular normal. Cuando este gen cambia, por ejemplo, cuando se hacen demasiadas copias o presenta una mayor actividad a la usual, se le llama oncogén. Es posible que los oncogenes causen que las células normales se conviertan en células cancerosas que se multiplican en el cuerpo. Las mutaciones que producen la conversión de protooncogenes a oncogenes, por lo

general, ocurren durante la vida de una persona y no se heredan de los padres.

PIB: Producto Interno Bruto. Mide el valor de todos los bienes y servicios producidos en un período –normalmente un año– en una economía. El PIB es un indicador que se utiliza para conocer la riqueza que genera un país.

Proteínas: moléculas compuestas de aminoácidos que el cuerpo necesita para funcionar de forma adecuada. Las proteínas son elementos fundamentales de estructuras del cuerpo, como la piel y el cabello, y de sustancias como las enzimas, las citocinas y los anticuerpos. También se llama prótido.

Ribonucleoproteína: nucleoproteína que contiene ARN, es decir, es un compuesto que combina tanto ácido ribonucleico como proteína.

Sistemático: que sigue o se ajusta a un sistema.

Viabilidad celular: alude a la capacidad de una célula para realizar sus procesos fisiológicos y bioquímicos, especialmente en lo relativo a su metabolismo y a su capacidad de división. Indica el número de células vivas encontradas en una muestra y población

Vías de señalización: descripción de una serie de reacciones químicas en las que un grupo de moléculas de la célula trabajan juntas para controlar las funciones celulares, como la multiplicación o la destrucción celular.

4.2 DISEÑO DE UN HUMEDAL SUBSUPERFICIAL DE FLUJO HORIZONTAL (HSSH)

Aerobio: dicho de un ser vivo, que necesita oxígeno para subsistir.

CAA: Cuenca Alto Atoyac, es la cuenca hidrológica del Río Atoyac que abarca parcialmente los estados de Tlaxcala, Puebla y México.

Carga hidráulica: medida de la presión ejercida por un fluido en el punto de descarga.

Conagua: Comisión Nacional del Agua, organismo que desarrolla proyectos de rehabilitación de drenaje, plantas de tratamiento, acueductos y sistemas de alcantarillado.

DBO: demanda bioquímica de Oxígeno. Es un parámetro que determina la cantidad de oxígeno disuelto (OD), consumida por los microorganismos para descomponer (en condiciones aeróbicas) la materia orgánica presente en una muestra durante un periodo de tiempo y temperatura específica.

DBO5: demanda bioquímica de oxígeno en cinco días. Ver DBO.

Detoxificación: proceso por el cual se eliminan sustancias tóxicas para el organismo.

Estiaje: nivel más bajo o caudal mínimo que en ciertas épocas del año tienen las aguas de un río, estero, laguna, etcétera, por causa de la sequía.

Fitodepuración: sistema de depuración de aguas residuales, a partir de plantas depuradoras durante un periodo de tiempo determinado.

Fitorremediación: capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos.

Fitoextracción: también llamado *fitoacumulacion* consiste en la absorción de metales, contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas.

Geomembrana: es una barrera sintética diseñada para impedir el paso de sustancias y materiales.

HSSH: Humedal Subsuperficial de Flujo Horizontal. Se refiere a una concavidad grande llena de grava y arena que se planta vegetación.

Ley de Darcy: describe la relación entre la cantidad o velocidad de flujo de agua, la permeabilidad del acuífero y el gradiente piezométrico (o gradiente hidráulico).

Macrófitas: son plantas que viven en el agua.

Reactor flujo pistón: reactor que trabaja en estado estacionario y la composición del fluido varía de un punto a otro a través de la dirección del flujo de dicho fluido. En este tipo de reactor la composición del fluido varia de un punto a otro a través de la dirección del flujo.

Semarnat: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, es una dependencia de gobierno que tiene como propósito fundamental, constituir una política de Estado de protección ambiental, que revierte las tendencias del deterioro ecológico y siente las bases para un desarrollo sustentable en México.

SS: sólidos suspendidos, hace referencia al material particulado que se mantiene en suspensión en las corrientes de aguas superficiales y residuales.

Tanque séptico: contenedor para descargas de aguas residuales.

THR: Tiempo de retención hidráulico como el tiempo que el líquido que entra en un recipiente tarda en salir del mismo.

Tule: planta herbácea, de rizoma grueso y fuerte y cálamos con hojas de 50 cm hasta 2 m de altura.

4.3 AGRI-CULTURA CAMPESINA AGROECOLÓGICA: ALTERNATIVA A LA CONTAMINACIÓN. LA EXPERIENCIA DEL CENTRO DE ECONOMÍA SOCIAL JULIÁN GARCÉS A.C.

Agroecología: la agroecología es un enfoque científico y social que estudia cómo aplicar los principios ecológicos a los sistemas alimentarios. Combina conocimientos tradicionales y científicos para optimizar las interacciones entre plantas, animales, humanos y el ambiente.

Agroecosistema: es un sistema ecológico que se centra en la producción agrícola. Incluye todas las plantas, animales, microorganismos y factores físicos que interactúan en un área agrícola.

Agrotóxicos: son sustancias de síntesis químicas utilizadas en la agricultura para controlar plagas, enfermedades y malas hierbas que afectan a los cultivos. Incluyen pesticidas, herbicidas y fungicidas. Su causan daños al medio ambiente y a la salud humana.

Cadenas tróficas: describen las relaciones de alimentación y transferencia de energía entre los organismos de un ecosistema. Comienzan con los productores (como las plantas), pasan por varios niveles de consumidores (herbívoros, carnívoros) y terminan con los descomponedores.

Cuenca: una cuenca hidrográfica es una región geográfica delimitada por divisorias de aguas, dentro de la cual toda el agua de precipitación se dirige hacia un punto común, generalmente un río, lago o mar.

Ecosistema: es un conjunto de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico en un área específica.

Semillas híbridas: las semillas híbridas se obtienen mediante el cruce controlado de dos variedades de plantas diferentes para producir una descendencia con características deseables de ambas. A menudo no pueden reproducirse fielmente en generaciones posteriores, lo que obliga a los agricultores a comprar nuevas semillas cada temporada.

Subcuenca: es una subdivisión de una cuenca hidrográfica más grande. Se define por un área más pequeña dentro de la cuenca principal, donde el agua fluye hacia un afluente específico antes de unirse al río principal o cuerpo de agua más grande.

Índice de cuadros, figuras, fotografías, gráficas, mapas y tablas

CUADROS

4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su acción integral

Cuadro 1. Enfermedad renal crónica 530
Cuadro 2. Leucemias agudas 531
Cuadro 3. Biomonitoreos 531
Cuadro 4. Riesgos laborales en población alfarera 532
Cuadro 5. Notas adicionales de los resultados 533

FIGURAS

1.1 Génesis y estructura actual de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla

Figura 1. Estructura piramidal de la cadena de suministro automotriz en Tlaxcala 65
Figura 2. Integración de la industria automotriz en Tlaxcala 66
Figura 3. Ubicación y sectores de la inversión extranjera alemana en Puebla- Tlaxcala, 1956-2020 70
Figura 4. Corredores agropecuarios Puebla-Tlaxcala y sus agentes tóxicos 98

Figura 5. Corredores industriales y cuerpos receptores en la Región Puebla- Tlaxcala 2023 99

1.7 El Grupo de Coordinación Interinstitucional como respuesta a las demandas de las organizaciones sociales de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental

Figura 1. Síntesis del Plan de Acciones para Atender las RESA, 2022 208
Figura 2. Esquema general del Protocolo Articulado de Inspección de Descargas de Aguas Residuales 210

2.1 Integración territorial de los procesos de investigación e incidencia: transdisciplinariedad en la atención a la devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac

Figura 1. Trayectoria socioambiental e incidencia de los Pronaii
Figura 2. Relaciones complejas multidimensionales 224

2.2 Incidencia del Pronaii Leucemia Infantil y Nefropatías Agudas en la Cuenca del Alto Atoyac

Figura 1. La ruta de la atención del Pronaii de la leucemia infantil 239
Figura 2. Estructuras 3D tipo organoide que simulan el microambiente de la médula ósea, utilizados para el estudio de la leucemia 244

2.3 Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud

Figura 1. Línea de tiempo de la evolución del problema de salud en la cuenca 252

Figura 2. Resumen de los principales logros de las organizaciones sociales 254
Figura 3. Concentraciones de plomo en sangre (µ g/dL) de acuerdo con el uso de alfarería tradicional para cocinar, en los grupos de artesanos 260
Figura 4. Elementos que contribuyen a la vulnerabilidad de la salud en poblaciones agredidas por la contaminación industrial 265

2.5 El cadmio como contaminante regulador del fenotipo tumoral

Figura 1. La hipótesis de trabajo propone que la exposición al cadmio induce la baja expresión de la firma NoPSTox promoviendo así la carcinogénesis 312
Figura 2. La expresión de la firma NoPSTox en células MCF7 disminuye por el efecto de cadmio 315

3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial

Figura 1. Predio agrícola en el 2006 393
Figura 2. Mismo predio en el 2016 393
Figura 3. Propuesta tipológica de fachada con estacionamiento 395
Figura 4. Impacto de los fraccionamientos 399

3.3 Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan

Figura 1. Camaleón de montaña o Rey, como le dicen en San Francisco 427
Figura 2. Montaña Matlalcuéyatl 427

4.2 Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH) en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA)

Figura 1. Humedales artificiales flujo subsuperficial horizontal y componentes 462
Figura 2. Tipos de fitorremediación 464
Figura 3. Dimensionamiento HSSFH 473

4.4 La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Figura 1. Paisaje agrolacustre actual como proyecto de futuro (habitantes de Zacatelco) 508
Figura 2. Paisaje agrolacustre actual como proyecto de futuro (habitantes de Santiago Michac) 509
Figura 3. Percepción del riesgo y deterioro ambiental en Tetlatlauhca 509
Figura 4. Percepción del riesgo y deterioro ambiental en Tepetitla de Lardizábal 510

4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su acción integral

Figura 1. Análisis de datos del registro de emisiones y transferencias de contaminantes de agua, alcantarillado, suelo y aire (sin incluir CO^2, y otros gases efecto invernadero) en el periodo 2004-2021 529

FOTOGRAFÍAS

1.3 Disminución de la disponibilidad del agua en el Alto Atoyac

Fotografía 1. Socavón de la comunidad de Santa María Zacatepec, Municipio de Juan C. Bonilla 132

2.2 Incidencia del Pronaii Leucemia Infantil y Nefropatías Agudas en la Cuenca del Alto Atoyac

Fotografía 1. Las personas integrantes del Laboratorio de Oncoinmunología y Citómica del Cáncer Infantil 241

3.1 Cambios y esperanzas ante la devastación del río Tenexac y sus manantiales

Fotografía 1. Amanecer en la Matlalcuéyetl 350
Fotografía 2. Volcanes de Popocatépetl e Iztaccíhuatl, y el monte Tláloc 350
Fotografía 3. Montículo del Cerro de la Luna 352
Fotografía 4. Figuras de cerámica y puntas de flecha 352
Fotografías 5 y 6. Barranca de Huehuexotla, antes río Huehuexotla 353
Fotografía 7. Fundición de Fierro y Bronce de Panzacola 354
Fotografías 8 y 9. Fuente octagonal del tercer patio del edificio Carolino de la BUAP (Puebla) 355
Fotografía 10. Fábrica de hilados y tejidos "La Josefina" 356
Fotografía 11. "El Valor", gran fábrica de hilados y tejidos de algodón 358
Fotografía 12. Estación del ferrocarril en Panzacola 359
Fotografía 13. Estación del ferrocarril en Panzacola 361
Fotografía 14. Cantera del Cerro de la Luna 361
Fotografía 15. Barranca Tenexac 362

Fotografía 16. Barranca Xalatla 362
Fotografías 17 y 18. Brazos adyacentes de la barranca Tenexac (antes, río Tenexac) 362
Fotografías 19 y 20. Descargas de la industria textil en el río Atoyac 364
Fotografía 21. Descarga industrial en el río Atoyac 364
Fotografías 23 y 24. El río Atoyac, en los límites entre San Lorenzo Almecatla, Puebla y Papalotla, Tlaxcala 366

3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial

Fotografía 1. Encuentro de Xicohtencatl con Hernán Cortés, detalle. 376
Fotografía 2. Fragmento Códice Atlihuetzian siglo XVI 377
Fotografía 3. Fragmento del Códice Atlihuetzian siglo XVI 377
Fotografía 4. Convento de la Purísima Concepción, Santa. María Atlihuetzian 378
Fotografía 5 y 6. Fraccionamientos en Atlihuetzian 394
Fotografías 7. Tanque Cisterna del Cerro de Tepenacasco, Atlihuetzian 396
Fotografía 8. Contaminación del río Zahuapan y las cascadas por descargas sin tratamiento previo. 398
Fotografía 9. Red de drenaje 398
Fotografía 10. Planta de Tratamiento en Atlihuetzian sin funcionar 399

3.3 Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan

Fotografía 1. Tetlanohcan centro 409

Fotografía 2. Bosque de oyameles, abies religiosa ubicado en la zona conocida como Popozo 411
Fotografía 3. Temazcal de piedra 412
Fotografía 4. Vestimentas clásicas de las zonas nahuas de montaña 412
Fotografía 5. Casa de piedra 413
Fotografía 6. Piedra de Cantetl 414
Fotografía 7. Bebedero rústico en Santa Cruz Matlacahuacan, Tetlanohcan 415
Fotografía 8. Manantial de Ichichipitl 415
Fotografía 9. Plano topográfico de San Francisco Tetlanohcan 416
Fotografía 10. Jagüey de Santa Rosa, Xolalpan, Tetlanohcan 417
Fotografía 11. Pozo artesanal de agua en Tetlanohcan 417
Fotografía 12. Sin pasado, no hay presente 418
Fotografía 13. Plática con ciudadanos que conocen los límites territoriales 419
Fotografía 14. Tiaxca 419
Fotografía 15. Maestro Magdaleno Meléndez Bello 420
Fotografía 16. Tala inmoderada y uso desmedido de los maderables 421
Fotografía 17. Consecuencias cercanas 422
Fotografía 18. Tequitillis o tequio 423
Fotografía 19. El poder de la familia 425
Fotografía 20. Plagas y enfermedades 426
Fotografía 21. Gusano descortezador 426

4.3 Agri-cultura campesina y agroecológica: alternativa a la contaminación. La experiencia del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

Fotografía 1. Asamblea celebración de la Cooperativa Matlalkueyetl en San Miguel Pipillola 491

Fotografía 2. Elaboración de champú con plantas medicinales de la región, en El Carmen, Españita 493
Fotografía 3. Revisión y alimentación de apiario en San Miguel Pipillola, Españita 494
Fotografía 4. Faena agroecológica en la Escuelita Campesina Agroecológica 495
Fotografía 5. Instalación de biodigestor rústico en La Reforma, Españita 497
Fotografía 6. Elaboración de bocashi en la Reforma, Españita 498

GRÁFICAS

1.4 Importancia y distribución geográfica de las actividades económicas del sector secundario y terciario, en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2019

Gráfica 1. Subsectores 51-81 del sector terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 160

2.3 Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud

Gráfica 1. Prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles en una muestra de artesanos del estado de Tlaxcala 261

2.4 Presencia de los contaminantes de los ríos en su atmósfera circundante

Gráfica 1. Escala de concentraciones de HAPs 288
Gráfica 2. Escala de concentraciones de ftalatos 290
Gráfica 3. Concentración de compuestos marcadores 291

Gráfica 4. Gráfica de HAPs, plastificantes y marcadores de contaminación antropogénica 294
Gráfica 5. Secuenciación de material microbiológico 296

2.6 Evaluación socioambiental de las relaciones salud-agua en comunidades piloto de la Cuenca del Alto Atoyac

Gráfica 1. Tipo de desinfección y almacenamiento de agua 332
Gráfica 2. Actividades productivas y morbilidad sentida 335
Gráfica 3. Preferencias de educación ambiental y de acciones necesarias por implementar en las comunidades piloto 340

4.2 Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH) en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA)

Gráfica 1. Degradación de la DQO 475
Gráfica 2. Degradación del NT 475
Gráfica 3. Degradación de los SST 476
Gráfica 4. Degradación del FT 476
Gráfica 5. Degradación del DBO5. 477

MAPAS

1.2 Historia socioambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Mapa 1. Paisaje hidrosocial de la cuenca Atoyac-Zahuapan 110

1.3 Disminución de la disponibilidad del agua en el Alto Atoyac

Mapa 1. Disponibilidad de los acuíferos en México 130
Mapa 2. Extracción de agua subterránea en el acuífero Valle de Puebla 2104 136

1.7 El Grupo de Coordinación Interinstitucional como respuesta a las demandas de las organizaciones sociales de las regiones de emergencia sanitaria y ambiental

Mapa 1. Recorrido del Toxitour, diciembre 2019 202

2.4 Presencia de los contaminantes de los ríos en su atmósfera circundante

Mapa 1. Mapa de región de muestreo 285
Mapa 2. Canales de riego en Izúcar de Matamoros 292

2.6 Evaluación socioambiental de las relaciones salud-agua en comunidades piloto de la Cuenca del Alto Atoyac

Mapa 1. Zona de estudio 328
Mapa 2. Ubicación espacial de morbilidad sentida e industria en la localidad de Santa Ana Xalmimilulco perteneciente al municipio de Huejotzingo 337
Mapa 3. Ubicación de habitantes que consumen pescado y pescaderías en San Baltazar Tetela, Puebla 339

3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial

Mapa 1. Zona metropolitana de la CAA 382
Mapa 2. Municipio de Yauhquemehcan 383
Mapa 3. Santa María Atlihuetzian y sus localidades 384
Mapa 4. Parques y corredores industriales en la CAA 386
Mapa 5. Ubicación geográfica Programa Carretero 389
Mapa 6. Plano de zonificación primaria Santa María Atlihuetzian 390

Mapa 7. Plano de Zonificación secundaria Usos de Suelo H1 Habitacional de Santa María Atlihuetzian 391

3.3 Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan

Mapa 1. Detalle de una copia de un mapa topográfico de Tetlanohcan de 1892 411
Mapa 2. Copia de mapa Tetlanohcan, caminos y veredas 413

4.4 La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Mapa 1. El Eje Neovolcánico y la región "Lagos y Volcanes de Anáhuac" 503
Mapa 2. El área de investigación e incidencia 504
Mapa 3. Paisaje y cultura agrolacustre en las civilizaciones prehispánicas (Cacaxtla y Xochitécatl) 507

4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su acción integral

Mapa 1. Delimitación geográfica de la CAA y geolocalización de los sectores económicos por tipo de actividad y tamaño de la empresa 528
Mapa 2. Resultados del análisis de autocorrelación geoespacial entre indicadores de contaminación detectados en el río y las tasas de mortalidad por Enfermedad Renal Crónica (a) y de leucemia (b) 534

TABLAS

1.1 Génesis y estructura actual de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla

Tabla 1. Sustancias declaradas al retc en la RESA Puebla-Tlaxcala 2005-2020 79
Tabla 2. Emisiones de VW declaradas al retc 2005-2020 82

1.4 Importancia y distribución geográfica de las actividades económicas del sector secundario y terciario, en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2019

Tabla 1. Características económicas por entidad y cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 148
Tabla 2. Características económicas por municipio en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 149
Tabla 3. Características económicas por sector de actividad en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 150
Tabla 4. Unidades económicas por subsector manufacturero cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 154
Tabla 5. Características económicas del sector terciario en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2018 157

2.3 Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud

Tabla 1. Otros proyectos relativos a Salud, en la cuenca 266
Tabla 2. Organizaciones Sociales Activas en la Zona 269

2.4 Presencia de los contaminantes de los ríos en su atmósfera circundante

Tabla 1. Nombre de los compuestos estudiados, su abreviatura y los iones característicos del espectro de masas para su identificación 283
Tabla 2. Coordenadas de los puntos de muestreo del arroyo afluente del río Atoyac y del río Nexapa, y de las muestras de aire colectadas en sus alrededores 286

3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial

Tabla 1. Tipos de propiedad 391

4.1 Propuestas de acción comunitaria como marco organizativo de las diversas propuestas científicas y de políticas. Proceso de intervención en la Cuenca del Alto Atoyac: un caminar de esperanza

Tabla 1. Método ver – pensar – actuar – revisar – celebrar 438

4.2 Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH) en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA)

Tabla 1. Dimensionamiento del tratamiento del HSSFH 472

4.3 Agri-cultura campesina y agroecológica: alternativa a la contaminación. La experiencia del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

Tabla 1. Acciones colectivas que realizamos las personas socias de la cooperativa Matlalkueyetl 492

4.4 La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan

Tabla 1. Ejes estratégicos y objetivos de investigación e incidencia 515

4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su acción integral

Tabla 1. Recomendaciones para la RESA-CAA y su zona de influencia 537

Índice general

Prefacio 7
Introducción 11

Primera Parte
caracterización de la cuenca del alto atoyac

1.1 Génesis y estructura actual de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla 27
1.2 Historia socioambiental de la Cuenca Alta del Atoyac-Zahuapan 109
1.3 Disminución de la disponibilidad del agua en el Alto Atoyac 129
1.4 Importancia y distribución geográfica de las actividades económicas del sector secundario y terciario, en la cuenca Atoyac-Zahuapan, 2019 143
1.5 Marco general de la problemática y avance de la "Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac-Zahuapan" 165
1.6 La devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac, entre la omisión, los retos y las oportunidades 183

1.7 El Grupo de Coordinación Interinstitucional
como respuesta a las demandas
de las organizaciones sociales de las regiones
de emergencia sanitaria y ambiental 199

Segunda parte
investigación e incidencia en la cuenca del alto atoyac

Sección uno. Los Programas Nacionales Estratégicos del Conahcyt.
Los Pronaii y su articulación para comprender y atender la
problemática de la Cuenca del Alto Atoyac

2.1 Integración territorial de los procesos
de investigación e incidencia:
transdisciplinariedad en la atención
a la devastación socioambiental de la Cuenca
del Alto Atoyac 219
2.2 Incidencia del Pronaii Leucemia Infantil y Nefropatías
Agudas en la Cuenca del Alto Atoyac 233
2.3 Proyectos Nacionales de Investigación
e Incidencia (Pronaii): proyectos en salud 251

Sección dos. Otros aportes a la identificación y comprensión
de la Cuenca del Alto Atoyac

2.4 Presencia de los contaminantes de los ríos
en su atmósfera circundante 277
2.5 El cadmio como contaminante regulador
del fenotipo tumoral 303
2.6 Evaluación socioambiental de las relaciones
salud-agua en comunidades piloto
de la Cuenca del Alto Atoyac 325

Tercera parte. Conflicto y derechos humanos/visión de las comunidades

3.1 Cambios y esperanzas ante la devastación del río Tenexac y sus manantiales 349
3.2 Conflicto y derecho humano, visión de la problemática y violación al ordenamiento territorial 373
3.3 Devastación socioambiental de la Malintzi: fuente de agua y dadora de identidad al municipio de Tetlanohcan 407

Cuarta parte. Acciones integrales hacia la restauración de la cuenca (propuestas de atención)

4.1 Propuestas de acción comunitaria como marco organizativo de las diversas propuestas científicas y de políticas. Proceso de intervención en la Cuenca del Alto Atoyac: un caminar de esperanza 433
4.2 Diseño de un humedal subsuperficial de flujo horizontal (HSSH) en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) 457
4.3 Agri-cultura campesina y agroecológica: alternativa a la contaminación. La experiencia del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. 481
4.4 La cultura agrolacustre: horizonte civilizatorio para la restauración ambiental de la cuenca Atoyac-Zahuapan 501
4.5 Informe estratégico del Conahcyt para la comprensión de la problemática socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su acción integral 525

Cierre

Obstáculos y posibilidades hacia el futuro 541

Sobre las autoras y autores 561
Listado de instituciones colaboradoras 569
Glosario 571
Índice de cuadros, figuras, fotografías, gráficas, mapas y tablas 583

Se terminó de editar en Diciembre de 2024
La edición estuvo al cuidado de la Dirección de Difusión Científica
del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.
Para su formación se utilizaron las familias tipográficas GMX,
Montserrat, Gentium y Cambria Math.

La Cuenca del Alto Atoyac es una región densamente poblada que se caracteriza por la coexistencia de la industria, el campo y el crecimiento urbano acelerado. La falta de políticas públicas adecuadas para regular el acceso, uso y desecho de los recursos ha impactado gravemente el ambiente y la salud de las personas desde hace varias décadas. Este trabajo refleja una colaboración integral entre las comunidades y la academia para analizar la problemática socioambiental y sus efectos, así como para desarrollar propuestas sobre la restauración y el manejo sostenible del territorio.

Los textos presentes en este volumen dan cuenta de diversas investigaciones con enfoque transdisciplinario y perspectiva de derechos humanos, orientadas a proponer soluciones realistas y pertinentes. Se recuperan las acciones y las experiencias del nuevo modelo de hacer ciencia para la incidencia y las vivencias comunitarias en esta vasta región que contempla los estados de Puebla y Tlaxcala en México.

GOBIERNO DE MÉXICO | CONAHCYT CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS | Instituto Mora