

2° INFORME ESTRATÉGICO de la Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla):

PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL, AVANCES
Y PAUTAS PARA SU ATENCIÓN DESDE UN ENFOQUE
DE JUSTICIA E INTEGRALIDAD

Coordinan:

María Gabriela Garret Ríos (†)
Itzel Fabiola Arroyo Ortega
Rocío García Bustamante
Nancy Elizabeth Wence Partida
Laura Patricia Sánchez Vega
Josefina Pedraza López
Fabiola Lara Espinosa
Alfredo Delgado Rodríguez



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



PUEBLA
Gobierno del Estado
2024 - 2030

**Ciencia y
Tecnología**
Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

**Pensar
en Grande**

**POR AMOR A
PUEBLA**

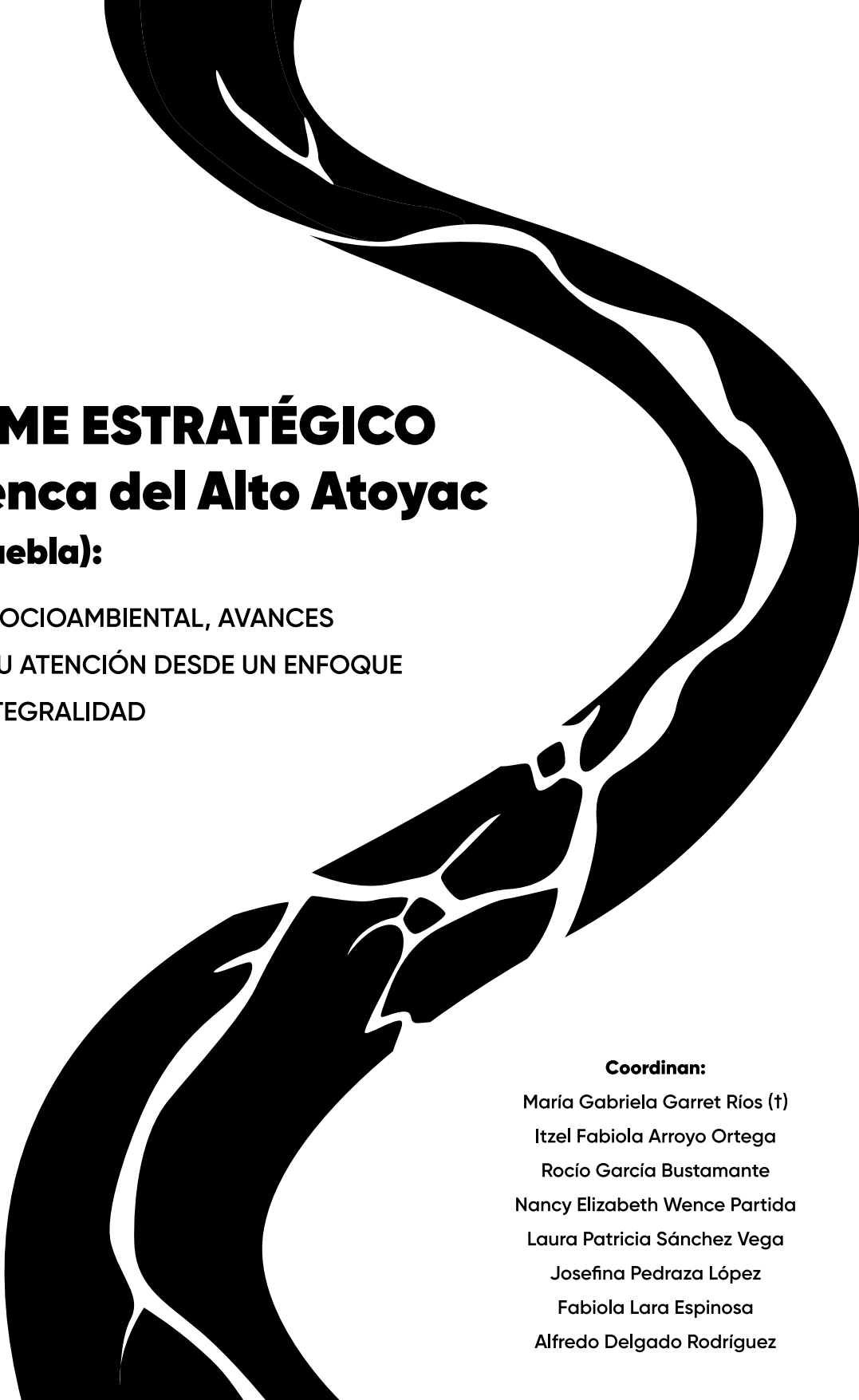


IBERO
PUEBLA



2° INFORME ESTRATÉGICO de la Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla):

PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL, AVANCES
Y PAUTAS PARA SU ATENCIÓN DESDE UN ENFOQUE
DE JUSTICIA E INTEGRALIDAD



2° INFORME ESTRATÉGICO de la Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla):

PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL, AVANCES
Y PAUTAS PARA SU ATENCIÓN DESDE UN ENFOQUE
DE JUSTICIA E INTEGRALIDAD

Coordinan:

María Gabriela Garret Ríos (†)
Itzel Fabiola Arroyo Ortega
Rocío García Bustamante
Nancy Elizabeth Wence Partida
Laura Patricia Sánchez Vega
Josefina Pedraza López
Fabiola Lara Espinosa
Alfredo Delgado Rodríguez



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



PUEBLA
Gobierno del Estado
2024 - 2030

**Ciencia y
Tecnología**
Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

**Pensar
en Grande**

**POR AMOR A
PUEBLA**



IBERO
PUEBLA



**2º Informe estratégico de la Cuenca del Alto Atoyac
(Tlaxcala y Puebla): problemática socioambiental, avances
y pautas para su atención desde un enfoque de justicia e
integralidad**

María Gabriela Garret Ríos (†)
Itzel Fabiola Arroyo Ortega
Rocío García Bustamante
Nancy Elizabeth Wence Partida
Laura Patricia Sánchez Vega
Josefina Pedraza López
Fabiola Lara Espinosa
Alfredo Delgado Rodríguez
| Coordinan ©

© 2026, las personas autoras retienen la totalidad de los derechos
morales y patrimoniales sobre esta obra.

Primera edición, México

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
Calle 33 Sur 2301, Col Santa Cruz Los Ángeles, Puebla, Pue. C.P. 72400

Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec 351, Col. El Haya, Xalapa, Veracruz. CP 91073

| ISBN SECIHTI PUEBLA: 978-607-69324-0-7
| ISBN INECOL: 978-607-8833-33-7
| DOI: 10.21829/978-607-8833-33-7

Alejandro Armenta Mier
| Gobernador Constitucional del Estado de Puebla

Miryam Aquino Mena
| Titular de la Secretaría de Ciencia, Humanidades,
| Tecnología e Innovación

Armando Contreras Hernández
| Director General del Instituto de Ecología, A.C.

Coordinación editorial: Luis Gerardo Aguirre Rodríguez
(SECIHTI), Mariana Baez Muñoz (SECIHTI), Alexander Andrade
Posadas (SECIHTI), Itzel Fabiola Arroyo Ortega (INECOL) y
Josefina Pedraza López (INECOL)

Diseño de interiores y portada: Luis Gerardo Aguirre Rodríguez

Corrección de estilo: Daniela Rico Traffon, Julio César Toledo y
Ximena Taborga Lomelí

La información contenida en este documento puede ser
reproducida total o parcialmente por cualquier medio, indicando
los créditos y las fuentes de origen respectivas.

Esta obra fue sometida a un proceso de dictaminación por pares.

DEDICATORIA

El trabajo que aquí presentamos reúne esfuerzos de diversos equipos de investigación, así como de organizaciones de base comunitaria que tenemos como objetivo común contribuir con el cultivo de la vida con justicia y dignidad, particularmente en la Cuenca del Alto Atoyac. Estos esfuerzos toman su luz de las vidas que se han perdido a causa de la contaminación socioambiental en este territorio, de las enfermedades, las omisiones y las acciones que han privilegiado las lógicas de un capitalismo patriarcal sobre el derecho a la salud y a un medio ambiente limpio.

Por ello dedicamos este trabajo a Gabriela Garrett Ríos y a toda persona de la Cuenca del Alto Atoyac cuya vida se perdió a consecuencia de vivir en una Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental.

En las semillas que sembraron continuaremos cultivando ejercicios de ciencia en comunidad y por el derecho a la vida.

Equipo coordinador del 2º Informe estratégico de la CAA,

Puebla y Tlaxcala, octubre de 2025.

ÍNDICE

i PRÓLOGO

1 INTRODUCCIÓN

7 PRIMERA PARTE: MULTIDIMENSIONALIDAD DE LA DEVASTACIÓN SOCIOAMBIENTAL: SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y RETOS PARA SU ATENCIÓN

9 Capítulo 1. Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Valle de Puebla-Tlaxcala. *Metabolismo ecológico industrial e impactos socio ambientales*

14	1.1. Definición, metabolismo y articulación de las RESA
20	1.2. Panorama histórico de la industrialización de la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala
30	1.3. Impacto ecológico territorial de la actividad industrial
51	1.4. Análisis de la actividad industrial con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de México

73 Capítulo 2. Calidad ambiental y salud poblacional

75	2.1. Calidad Ambiental
107	2.2. Salud Poblacional
132	2.3. Sistemas de Salud

149 Capítulo 3. Percepciones socioambientales y problemáticas en la gestión del agua

150	3.1. Problemáticas del agua y percepción social
155	3.2. Percepción sobre la situación de salud comunitaria y factores de riesgo
157	3.3. Percepciones socioambientales en Españita, Tlaxcala
164	3.4. Situación en la gestión del agua en comunidades de la Cuenca

175 Capítulo 4. Diagnóstico sobre producción agrícola, redes solidarias y patrones de consumo en zonas de Tlaxcala y Puebla

178	4.1. Residualidad y uso de agrotóxicos en la agricultura de Españita, Tlaxcala
181	4.2. Diagnóstico de redes: Estudio sobre las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS) en Tlaxcala y Puebla
189	4.3. Diagnóstico de hábitos y patrones de consumo a nivel comunitario y urbano

203 SEGUNDA PARTE: AVANCES EN ATENCIÓN A LA PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL EN LA CUENCA

205 Capítulo 5. Atención a los problemas de salud derivados de la contaminación socioambiental en la CAA

- 206 5.1. Exposición de la población alfarera a residuos sólidos y plomo
- 211 5.2. Nuevos aportes en la atención de las leucemias agudas en infancias de la CAA
- 213 5.3. Una mirada integral a la salud a partir de los datos de acceso a servicios oportunos
- 214 5.4. Coordinación intersectorial para la atención en salud ambiental
- 217 5.5. Estrategias y acciones implementadas para atender las enfermedades renales crónicas (ERC) a nivel comunitario

239 Capítulo 6. Gestión comunitaria del ciclo socionatural del agua

- 240 6.1. Hacia la constitución de un sujeto social en resistencia: comunidades y academia de la mano. Visión desde el Centro Fray Julián de Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.
- 249 6.2. Incidencia sobre el derecho humano al agua y la gestión comunitaria a nivel legislativo.
- 256 6.3. Fortalecimiento de la gestión comunitaria del agua frente al despojo: litigio judicial frente al crecimiento inmobiliario

267 Capítulo 7. Transiciones agroecológicas en la CAA: producción, formación y fortalecimiento de redes

- 269 7.1. Gestión productiva para la transición agroecológica implementadas por otros colectivos
- 277 7.2. Incidencia en torno al acompañamiento a redes e iniciativas agroecológicas
- 290 7.3. Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA) en el territorio Puebla-Tlaxcala

PAUTAS DE ACCIÓN Y SEGUIMIENTO A LAS RECOMENDACIONES DEL 1er INFORME ESTRATÉGICO

302 8.1. Pautas para la prevención
313 8.2. Pautas para la contingencia Socioambiental
320 8.3. Las emergencias socioambientales

328 9.1. Base legal de los Derechos y Responsabilidades en la protección y mejora de la salud poblacional
ambiental y laboral
334 9.2. El modelo IMSS-Bienestar: oportunidad y desafío para la salud en la CAA
337 9.3. Pautas para la salud poblacional, ambiental y laboral

350 10.1. Marco legal para la producción agroecológica y redes de intercambio local de alimentos

352 10.2. Programas y propuestas existentes

357 10.3. Pautas institucionales recomendadas para afianzar la transición agroecológica y el fortalecimiento
de las redes

362 10.4. Pautas para las transiciones agroecológicas y redes de Economía Social desde las voces del CES y
COSOALI

376	GLOSARIO
389	ANEXOS

CAPÍTULO 1

Gonzalo Flores Mondragón
Universidad Pedagógica Nacional

Víctor Domínguez Jacobo
Universidad Nacional Autónoma de México

José Luis García Tavera
SECIHTI

CAPÍTULO 2

María Inés J. Navarro González
Universidad Nacional Autónoma de México

Alma Chávez Mejía
Universidad Nacional Autónoma de México

Rita Valladares Rodríguez
Universidad Autónoma Metropolitana -
Azcapotzalco

Erasmus Flores Valverde
Universidad Autónoma Metropolitana -
Azcapotzalco

Roxana Fabiola Martínez Navarro
Universidad Nacional Autónoma de México

Paola Ivonne Ortiz Onofre
Universidad Nacional Autónoma de México

Yamil López Morales
Universidad Nacional Autónoma de México

Fernanda Ruiz Rodríguez
Universidad Nacional Autónoma de México

Gabriela Pérez Castresana
Universidad Iberoamericana - Puebla

Raúl Camacho Sanabria
Universidad Autónoma de Tlaxcala

Itzel Fabiola Arroyo Ortega
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

David Fernández Uribe
Secretaría de Salud del Estado de Puebla

David Jiménez Ramos
Universidad Iberoamericana - Puebla

Aline Romero Natale
Investigadora asociada

Arturo Sánchez Porras
Investigadora asociada

Regina Montero Montoya
Universidad Nacional Autónoma de México

Rodolfo Omar Arellano Aguilar
Universidad Nacional Autónoma de México

Cristina Cortinas
Fundación Cristina Cortinas

Fernando Cuatecontzi Galicia
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Itzel Ángeles Hernández González
Universidad Autónoma Chapingo

Judith Montes de Oca Cruz
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Rocío López Vargas Universidad Nacional Autónoma de México	studios Superiores en Antropología Social
Karen Suárez Larios Universidad Nacional Autónoma de México	Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS
Emilio Muñoz Berruecos Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.	Amanda Georgina González Ochoa Investigadora asociada
Reyna Santiago Castillo Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C	Luz Estela Hernández Téllez Diseñadora Gráfica y Promotora Cultural Independiente
Alejandra Méndez Serrano Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C	Albadelia Solano Juárez Diseñadora en grabado Independiente
José Raúl García Barrios Universidad Nacional Autónoma de México - Cuernavaca	Nadia Viveros de la Cruz Promotora de la salud Independiente
Hipólito Rodríguez Herrero Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Brian Gómez Flores. Antropólogo Independiente
Jorge Vilar Lloréns Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Juan Carlos Núñez Enríquez Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS
Javier Gómez Maturano Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Rosana Pelayo Camacho Centro de Investigación Biomédica de Oriente IMSS
Ana Lilia Aguilar García Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Erika Alarcón Ruiz Tecnológico Nacional de México
Mayra Serna Hernández Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Aldo Allende López Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS
José David Mendoza Santana Centro de Investigaciones y	Lourdes Andrea Arriaga Pizano Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS
	Diana Casique Aguirre SECIHTI - IMSS
	David Aldebarán Duarte Rodríguez IMSS
	Janet Flores Lujano Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS

CAPÍTULO 3

Paola Velasco Santos Universidad Nacional Autónoma de México	David Jiménez Ramos Universidad Iberoamericana - Puebla
Hernán Javier Salas Quintar Universidad Nacional Autónoma de México	María Virginia González Santiago Universidad Autónoma Chapingo
Fernando Cuatecontzi Galicia Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.	Atenógenes Leobardo Licona Vargas Universidad Autónoma Chapingo
Carlos Cuatecontzi Galicia Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.	Claudia Fernández González CENID-COMEF Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Judith Montes de Oca Cruz Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.	Itzel Ángeles Hernández González Universidad Autónoma Chapingo
Alfredo Delgado Rodríguez Universidad Autónoma de Tlaxcala	Rodrigo Gutiérrez Rivas Universidad Nacional Autónoma de México
Josefina Pedraza López SECIHTI - Instituto de Ecología A.	Yacotzin Bravo Espinosa Universidad Iberoamericana - CDMX
Itzel Fabiola Arroyo Ortega SECIHTI - Instituto de Ecología A.	Yolanda Mexicalxochitl García Beltrán Investigadora Asociada
Celia López Miguel Universidad Nacional Autónoma de México	Rodolfo Omar Arellano Aguilar Universidad Nacional Autónoma de México
Leonor Alejandra González Nava Universidad Nacional Autónoma de México	Sergio Alberto Salgado Román Investigador Asociado
Gabriela Pérez Castresana Universidad Iberoamericana - Puebla	

CAPÍTULO 4

Rocío García Bustamante
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Valeria de León Roblero
Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.

Rocío Lorena Hernández Cabrera
Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.

Marcela Ibarra Mateos
Universidad Iberoamericana - Puebla

Nadia E. Castillo Romero
Universidad Iberoamericana - Puebla

Leticia López Posada
Universidad Iberoamericana - Puebla

Claudia Rodríguez Hernández
Universidad Iberoamericana - Puebla

Hilda Liliana Aracen Fuentes
Universidad Iberoamericana - Puebla

Angélica Isabel Rojas Malpica
Universidad Iberoamericana - Puebla

María Virginia González Santiago
Universidad Autónoma Chapingo

Claudia Fernández González,
CENID-COMEF Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Itzel Ángeles Hernández González
Universidad Autónoma Chapingo

Atenógenes Leobardo Licona Vargas
Universidad Autónoma Chapingo

Carlos Cuatecontzi Galicia
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Fernando Cuatecontzi Galicia
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Judith Montes de Oca Cruz
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Laura Patricia Sánchez Vega
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

CAPÍTULO 5

Cuahtémoc Arturo Juárez Pérez Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS	Emilio Muñoz Berruecos Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.
Elodia Rojas Lima SECIHTI – Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS	Reyna Santiago Castillo Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.
Luz Estela Hernández Téllez Diseñadora Gráfica y Promotora Cultural Independiente	Octavio Gamaliel Aztatzi Aguilar CINVESTAV – Instituto Politécnico Nacional
Albadelia Solano Juárez Diseñadora en grabado Independiente	Olivier Christophe Barbier CINVESTAV – Instituto Politécnico Nacional
Joseph Brian Gómez Flores Antropólogo Independiente	Ixtlitzin Bravo Carvajal Investigadora asociada.
Nadia Viveros de la Cruz Promotora de la salud Independiente	Miguel Ángel Mejía Arias Fundación Franco Mexicana para la Medicina IAP.
Rosa Zianya Cabrera Velázquez Enfermera Independiente	Manolo Ortega Romero Investigador asociado.
Diana Talamantes Promotora de la salud Independiente	Janeth Rojas Contreras El Colegio de Tlaxcala A.C.
Juan Carlos Núñez Enríquez Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS	Jeimy Dueñas Lira Becario de incidencia
Rosana Pelayo Camacho Centro de Investigación Biomédica de Oriente IMSS	Guadalupe Moreno Castillo Becario de incidencia
Diana Casique Aguirre SECIHTI - IMSS	Xóchitl España Millán Becario de incidencia
Gabriela Pérez Castresana Universidad Iberoamericana - Puebla	Leticia Báez Pérez Becario de incidencia
Alejandra Méndez Serrano Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C	Karina Méndez Castro Becario de incidencia
	Flavio César de la Cruz Pérez Becario de incidencia
	Eloísa Quijano Islas Becario de incidencia
	Nancy Elizabeth Wence Partida SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

CAPÍTULO 6

María Gabriela Garret Rios (†) SECIHTI	Rodrigo Gutiérrez Rivas Universidad Nacional Autónoma de México
Alejandra Méndez Serrano Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.	Yacotzin Bravo Espinosa Universidad Iberoamericana - CDMX
Emilio Muñoz Berruecos Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.	Paola Velasco Santos Universidad Nacional Autónoma de México
Reyna Santiago Castillo Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.	Sergio Alberto Salgado Román Universidad Nacional Autónoma de México

CAPÍTULO 7

Rocío García Bustamante SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.	Fernando Cuatecontzi Galicia Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.
Laura Patricia Sánchez Vega SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.	Judith Montes de Oca Cruz Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.
Nancy Elizabeth Wence Partida SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.	María Virginia González Santiago Universidad Autónoma Chapingo
Valeria de León Roblero Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.	Claudia Fernández González CENID-COMEF Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Rocío Lorena Hernández Cabrera Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.	Itzel Ángeles Hernández González Universidad Autónoma Chapingo
Carlos Cuatecontzi Galicia Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.	Atenógenes Leobardo Licona Vargas Universidad Autónoma Chapingo

CAPÍTULO 8

María Inés J. Navarro González
Universidad Nacional Autónoma de México

Rita Valladares Rodríguez
Universidad Autónoma Metropolitana -
Azcapotzalco

Alfredo Delgado Rodríguez
Universidad Autónoma de Tlaxcala

Josefina Pedraza López
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Itzel Fabiola Arroyo Ortega
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Rodolfo Omar Arellano Aguilar
Universidad Nacional Autónoma de México

CAPÍTULO 9

Itzel Fabiola Arroyo Ortega
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Josefina Pedraza López
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Nancy Elizabeth Wence Partida
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Gabriela Pérez Castresana
Universidad Iberoamericana - Puebla

Regina Montero Montoya
Universidad Nacional Autónoma de México

Cristina Cortinas
Fundación Cristina Cortinas

Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez
Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS

Elodia Rojas Lima
SECIHTI – Centro Médico Nacional Siglo XXI
IMSS

Juan Carlos Núñez Enríquez
Centro Médico Nacional Siglo XXI IMSS

Rosana Pelayo Camacho
Centro de Investigación Biomédica de Oriente
IMSS

Fabiola Lara
SECIHTI

CAPÍTULO 10

Rocío García Bustamante
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Laura Patricia Sánchez Vega
SECIHTI – Instituto de Ecología A. C.

Valeria de León Roblero
Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.

Rocío Lorena Hernández Cabrera
Desarrollo y Aprendizaje Solidario A. C.

Carlos Cuatecontzi Galicia
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Fernando Cuatecontzi Galicia
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

Judith Montes de Oca Cruz
Centro de Economía Social Julián Garcés A. C.

María Virginia González Santiago
Universidad Autónoma Chapingo

Claudia Fernández González
CENID-COMEF Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Atenógenes Leobardo Licona Vargas
Universidad Autónoma Chapingo

Itzel Ángeles Hernández González
Universidad Autónoma Chapingo

PRÓLOGO

En la Cuenca del Atoyac-Zahuapan, cuando el río suena, no solo agua lleva: acarrea historias de dolor y resistencia. Este informe —el segundo en su tipo— es fruto de muchos años de compromiso ético, epistemológico y político; de repensar la creación de conocimiento como un acto colectivo de liberación. Su contenido es testimonio de una forma de investigar que combina rigor científico con un firme sentido de compromiso personal, justicia cognitiva, arraigo territorial y acción transformadora. Demuestra que la academia cuando se orienta correctamente hacia la solución de los problemas nacionales puede ser un puente entre los saberes científicos y comunitarios, entre el diagnóstico estructural y prácticas emancipadoras.

El pueblo de México rompió finalmente con el neoliberalismo. Su gobierno hoy acepta impulsar el crecimiento compartido de la riqueza sin olvidar la máxima *primero los pobres*. Sin embargo, la nación aún no logra emanciparse de la subordinación a la hegemonía occidental. En un marco de cambio limitado por su posición geo-económica, debe construir un nuevo sistema de relaciones entre el Estado, la academia y la sociedad. Pero este desafío plantea dilemas: por un lado, para sostener su crecimiento subordinado, la nación se ve obligada a seguir impulsando una triple hélice —un sistema de relaciones cooperativas entre los tres sectores— aún sujeta al modelo de mediación tecno-mercantil. Por otro lado, si quiere dar bienestar y plenitud al pueblo, debe promover una segunda triple hélice, opuesta y complementaria a la primera, que se guíe por los principios de la economía moral. Es decir, el país debe ahora organizar dos hélices unidas en su base: una coordinada con las empresas y centrada en la acumulación de capital, de modo que se organice la investigación, diseño y producción de nuevos bienes y servicios adecuadamente capitalizados y que respondan a los intereses y valores nacionales. Y otra muy distinta, pero prioritaria e impostergradable, gestionada con las organizaciones de base comunitaria (OBC) urbanas y rurales, en la cual el Estado y la academia empleen sus recursos y poderes para lograr el desarrollo pleno de comunidades humanas autónomas a través del fortalecimiento de los ciclos económicos domésticos (Figura 0).

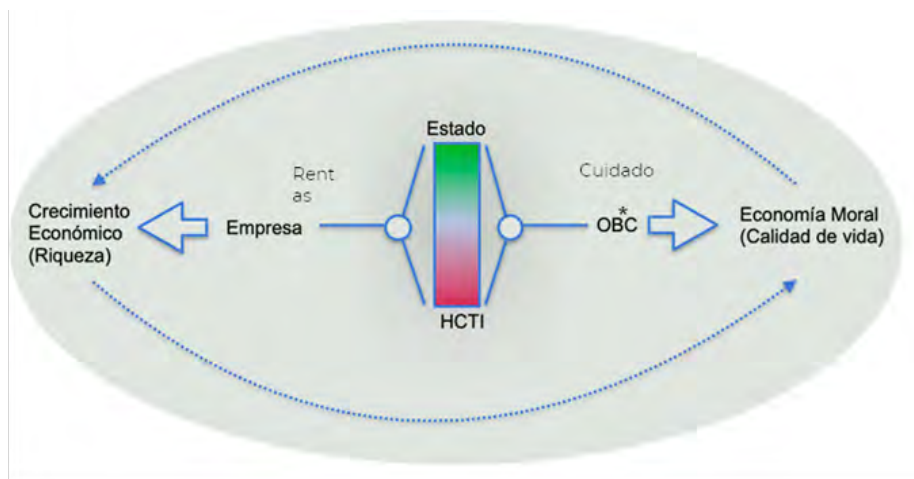


Figura 0. Esquema conceptual de la doble triple hélice: mediación del Estado entre el crecimiento económico (empresa) y la economía moral (OBC). García-Barrios, 2025.

La triple hélice tecno-mercantil podrá utilizar algunas estructuras institucionales construidas durante el neoliberalismo, pero deberá reformarlas para corregir las profundas distorsiones estructurales causadas por ese régimen. Es imprescindible establecer una política industrial y agrícola que promueva la construcción de cadenas productivas nacionales que permitan, hasta donde es posible en el capitalismo, el crecimiento económico respetuoso de la calidad de vida y el ambiente; aumentar la participación del salario en la distribución del ingreso, luchar contra el oligopolio y el rentismo, controlar la financiarización y evitar la depredación de los bienes y servicios públicos y comunales estratégicos, previniendo su privatización y, sobre todo, su deterioro. También será necesario corregir las distorsiones institucionales que, reflejando el daño estructural ocasionado por el neoliberalismo, afectaron la vida académica. Habrá que volver a vincular la investigación y la enseñanza al aparato productivo nacional y al desarrollo de un Estado posneoliberal y desligarlas de los intereses y valores imperiales, así como de la formación de ganancias y rentas extraordinarias. El pueblo de México ha alcanzado el nivel de desarrollo político y social que se requiere para construir con medios propios esta primera triple hélice reformada. Ha logrado un gobierno con gran legitimidad y amplia base social, y ello le permite construir la segunda triple hélice y aprovechar su enorme fuerza democrático-regulatoria. Sin el apoyo decidido de potentes redes de organizaciones de base comunitaria, el Estado mexicano difícilmente podrá controlar con éxito la ambición de los poderes corporativos presentes en la primera triple hélice.

La estructura institucional de la segunda triple hélice, enfocada en el desarrollo de la economía doméstica y la democracia directa de la comunidad plena, debe construirse casi desde cero. Afortunadamente, México cuenta para ello con grandes fuerzas y recursos antecedentes que debemos reconocer y valorar. En los últimos años hemos visto movimientos transdisciplinarios de gran relevancia que, aunque operaron durante décadas, solo con la

Cuarta Transformación empezaron a recibir el apoyo que merecen. Este libro es producto de ese esfuerzo. En sus páginas el lector encontrará no solo análisis, sino procesos de investigación e incidencia contruidos desde las estructuras más profundas del pueblo mexicano: diálogos entre médicos y curanderos tradicionales, entre ecólogos y amas de casa —expertas del *oikos*—, entre ingenieros agrícolas y campesinos, entre urbanistas y albañiles, agrupados en asambleas vecinales. Aquí la teoría se entrelaza con la memoria de los territorios; los datos científicos con las narrativas domésticas; la innovación tecnológica con la resistencia popular. Por formar parte de estos colectivos de investigación e incidencia, los autores no escriben sobre las comunidades sino con ellas, reconociéndolas como coproductoras de conocimiento y agentes de cambio.

La Cuenca del Alto Atoyac es un territorio contaminado donde también se libran batallas epistémicas y políticas. Este libro es un manifiesto metodológico que rechaza la ilusión de neutralidad. Es un anti-manual y una prueba de que otra ciencia es posible. Adopta un enfoque que supone tres rupturas radicales:

- Con el epistemicidio característico de la jerarquía académica, que invisibiliza y deteriora el desarrollo de los saberes domésticos y tradicionales.
- Con la mercantilización del saber y el dominio de los designios corporativos de Capital que imponen criterios de ganancia en los proyectos públicos con impacto estructural en salud pública y gestión hidrológica.
- Con el academicismo fragmentado, narcisista y auto-complaciente.

En la Cuenca del Atoyac-Zahuapan la segunda triple hélice se construye como una alianza entre comunidades y academia, bajo un nuevo modelo de protección estatal. En este marco, los análisis socioecológicos y de contaminantes tóxicos integran a químicos, juristas y víctimas de crisis ambientales en un mismo plano epistémico, y su resultado —este informe— es un bien público. Esta investigación encarna los principios de la transdisciplina exigente y la justicia cognitiva, y se impone una territorialidad radical. Los datos sobre plomo en sangre y plaguicidas en suelos no provienen de laboratorios aislados, sino de colaboraciones transdisciplinarias donde las víctimas son coproductoras del saber. Establece una ética de la urgencia: da forma precisa y científica a la denuncia de la simulación institucional (por ejemplo, a través del subregistro de emisiones y factores contaminantes) y también propone alternativas viables basadas en la evidencia de las capacidades organizacionales de las comunidades y pueblos. En este informe los investigadores no practican el conocimiento extractivo. El conocimiento se teje en talleres donde médicos, toxicólogos y abuelas interpretan juntos análisis de metales pesados; donde las amas de casa enseñan a cultivar sin agrotóxicos mientras ingenieras diseñan biodigestores. Abre rutas de impacto estructural, mostrando cómo la ciencia comprometida puede ganar batallas políticas.

Los capítulos que siguen no son meros diagnósticos: son herramientas de lucha. Documentan cómo el modelo industrial ha envenenado ríos, suelos y cuerpos, y cómo los pueblos han respondido impulsando una investigación comprometida y soluciones basadas en agroecología, gestión comunitaria del agua y sistemas de salud autogestivos. Este libro es también una invitación a la acción. Por ello, este prólogo no es umbral sino llamado: a los investigadores, para que su trabajo sirva a los tribunales y no solo a los índices; a los funcionarios, para que en las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental sus intervenciones sean políticas de Estado y no etiquetas burocráticas; a los lectores, para que vean en las alternativas que aquí se exponen los antecedentes de un futuro donde la vida valga más que las ganancias.

Que este informe no termine solo en bibliotecas, sino en asambleas y cuadrillas de trabajo. La ciencia, cuando es del pueblo, no se divulga: se hace.

Cuernavaca, Morelos, 2 de julio de 2025.

José Raúl García Barrios

INTRODUCCIÓN

La contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac, así como los riesgos y daños a la salud que ésta genera han sido verificados por más de dos décadas por investigadoras e investigadores comprometidos de diversas instituciones del país. Las evidencias han conducido a la implementación de medidas importantes como la Declaratoria de Clasificación de CONAGUA de 2011 o la Recomendación 10/2017 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos. Ambos instrumentos asumieron las evidencias de la problemática, y convocaron a las autoridades federales y municipales a implementar medidas para reducir la contaminación, especialmente del río Atoyac, y a monitorear la salud de la población, poniendo especial énfasis en los riesgos de exposición a contaminantes.

En la gestión 2018-2024 el Conahcyt (hoy SECIHTI) integró una investigación titulada “Primer Informe Estratégico: Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental; Problemática Socioambiental y Recomendaciones”, que incorporó nuevos análisis a partir de información oficial y de los resultados generados por los Proyectos Nacionales Estratégicos (Pronaces) Salud, Agua, Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, financiados por el propio Conahcyt. El primer informe ofreció evidencias de la asociación entre exposición a contaminantes identificados en los cuerpos de agua, el suelo y el aire, con tasas de mortalidad por leucemia infantil y enfermedad renal crónica a edades tempranas superiores a la media nacional. El informe fue presentado a la Secretaría de Salud y al gobierno del Estado de Tlaxcala como evidencia de la problemática de la región.

El volumen que el lector tiene en sus manos da continuidad al “Primer Informe” a través del seguimiento de los procesos territoriales desarrollados por los colectivos de investigación e incidencia formados por habitantes de la Cuenca y por los investigadores de los Pronace de Salud, Agua y Agentes Tóxicos, que reportaron sus hallazgos en dicho informe y a quienes se suma el de Soberanía Alimentaria.

Este volumen profundiza las evidencias de afectación a la salud más allá de las dos enfermedades analizadas en el primer informe, explora los factores de exposición y riesgo de algunos grupos de trabajadores como los artesanos de talavera, aborda la gestión del agua y el territorio como eje articulador de los habitantes que realizan prácticas agroecológicas y presenta las pautas para la atención de la problemática.

La primera parte, “Multidimensionalidad de la devastación socioambiental: situación problemática y retos para su atención” ofrece evidencias de la contaminación y daños a la salud en la Cuenca del Alto Atoyac. Integrada por los capítulos primero al cuarto, presenta la génesis histórica de la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental: la confluencia de actividades contaminantes y la deficiente regulación de las mismas; la calidad ambiental en la Cuenca, y los efectos en la salud de la población general, la percepción de la población sobre la contaminación y la escasez de agua, así como el diagnóstico de hábitos de consumo de bienes agrícolas entre población urbana y rural, a partir de un ejercicio en algunas comunidades.

El capítulo 1. *Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Valle de Puebla-Tlaxcala. Metabolismo ecológico industrial e impactos socio ambientales*, escrito por Gonzalo Flores y Víctor Domínguez, presenta el tipo de industria asentada en la región y la masificación de descargas y emisiones contaminantes asociadas. Este proceso es analizado a la luz del incumplimiento de los límites de concentración de sustancias tóxicas establecidos en la Declaratoria de Clasificación de la Comisión Nacional del Agua (2011). Finalmente, se compara la lista de contaminantes declarados por las empresas del mismo sector en Estados Unidos y en la Región de estudio, dejando abierta la pregunta sobre la completitud de los reportes generados por las propias empresas sobre los contaminantes que generan.

En el capítulo 2. *Calidad ambiental y salud poblacional*, coordinado por Itzel F. Arroyo Ortega, se presentan evidencias de la grave crisis sanitaria que atraviesa la Cuenca del Alto Atoyac. La exposición crónica de los habitantes a sustancias tóxicas presentes en el agua, el aire y el suelo, ha generado un aumento significativo de enfermedades también crónicas no transmisibles, como diversos tipos de cáncer, enfermedades de los sistemas digestivo, del sistema nervioso y renal. Estos afectan especialmente a niños, niñas y jóvenes; mientras que entre los adultos persisten enfermedades de tipo neurológico y endócrino. Múltiples estudios científicos suman evidencias de la exposición ambiental, pues han identificado compuestos orgánicos volátiles (COV) cancerígenos y neurotóxicos en el aire de varios municipios de La Cuenca. En este capítulo se presentan también los resultados de la investigación realizada con trabajadores de la talavera y el barro no derechohabientes de servicios de salud, expuestos a metales y metaloides tanto por la vía laboral como ambiental, y por el uso de loza con plomo. Frente a la exposición a sustancias tóxicas que sufre la población, el sistema de salud local enfrenta serias deficiencias como la escasez de personal, equipamiento insuficiente y ausencia de programas de prevención y promoción de la salud.

En el capítulo 3. *Percepción socioambiental y gestión del ciclo socio-natural del agua* coordinado por Josefina Pedraza, Alfredo Delgado e Itzel F. Arroyo Ortega, se presentan los resultados de un proyecto del Pronace Agua. El capítulo documenta las percepciones comunitarias sobre la disponibilidad, accesibilidad y calidad del agua en distintas localidades de la Cuenca del Alto Atoyac, así como sobre la situación de salud comunitaria, los factores de riesgo ambiental y las transformaciones territoriales asociadas a la contaminación. A través de encuestas, talleres y estudios de caso, se recuperan tanto las vulnerabilidades percibidas como las formas de resistencia social frente a procesos históricos de industrialización, uso intensivo de agroquímicos y abandono institucional. En particular, se destacan las estrategias comunitarias de gestión del agua, como la conformación y consolidación de Comités Comunitarios de Agua (CCA) y la implementación de ecotecnias como jagüeyes y zanjas infiltradoras, que operan en gran medida sin apoyo oficial. Si bien estas prácticas muestran el potencial de una gestión autónoma sustentada en los conocimientos locales, también enfrentan limitaciones legales y presupuestarias, pues no se encuentran reconocidas dentro del marco normativo ni contempladas en los sistemas municipales de gestión. El capítulo concluye con la necesidad de fortalecer institucionalmente la gestión comunitaria del agua, incorporándola en los presupuestos municipales y reformando el marco legal para garantizar el derecho al agua y proteger la autonomía de las comunidades en torno a sus fuentes locales de abastecimiento.

El capítulo 4. *Diagnóstico sobre producción, redes solidarias y consumo en zonas de Tlaxcala y Puebla*, coordinado por Rocío García Bustamante, presenta una reflexión sobre el aporte y retos de las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria (IAEPSS), sus puntos de partida y el amplio trabajo de reflexión-acción comunitaria que transita de un cuestionamiento de los patrones de consumo individual hasta las prácticas sustentables de producción y comercialización. Estas redes enfrentan importantes retos para la sustentabilidad de sus esquemas de producción y consumo, como la persistencia de la pobreza laboral de la que es sujeto la población rural. En este contexto, las comunidades han implementado prácticas agroecológicas: sistemas agroforestales y la producción de bioinsumos, impulsadas por el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), que buscan reducir la dependencia de químicos y fortalecer la soberanía alimentaria. En este capítulo se contrasta la aceptación de este tipo de prácticas por parte de algunos pobladores, con el uso intensivo de agrotóxicos en municipios como Españita y Tlaxcala, donde el 95 % de los agricultores emplea plaguicidas altamente peligrosos, vinculados a problemas de salud como la disfunción renal en jóvenes. El estudio presenta las bondades de las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria que fomentan cadenas cortas de consumo y redes colaborativas, iniciativas, lideradas en un 66 % por mujeres que enfrentan desafíos como la comercialización y la falta de formalización, pero destacan por su enfoque en la equidad y la sostenibilidad.

Segunda parte: “Avances en incidencia en atención a los problemas socioambientales en la CAA”. Compuesta por tres capítulos, presenta los principales avances en la incidencia de diferentes actores para la atención a la salud y la gestión ambiental en la Cuenca del Alto

Atoyac. Tales actores formaron parte de los colectivos de investigación e incidencia de los Pronaii, e involucraron instancias de la Administración Pública Federal, en el caso de la atención a la salud, el Instituto Mexicano del Seguro Social, particularmente, el Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil y el Centro Nacional de Prevención y Control de Enfermedades (CENAPRECE). Los investigadores, investigadoras y las comunidades que formaron parte de estos colectivos realizaron un trabajo de identificación de necesidades y propuestas de planes de atención al problema.

En el caso de las problemáticas ambientales, los colectivos de investigación e incidencia participaron en importantes mesas de diálogo con autoridades estatales, como la centrada en la propuesta de Ley de Aguas del Estado de Tlaxcala. Con estos ejes de trabajo, las organizaciones de base comunitaria llevaron adelante acciones que visibilizan el deterioro ambiental de La Cuenca y que las posicionan a través de procesos sostenidos, como la articulación con el sector académico, la implementación de prácticas agroecológicas y la construcción de redes solidarias de producción y comercio.

En el capítulo 5. *Avances en la atención a los problemas de salud derivados de la contaminación socioambiental en la CAA*, coordinado por Nancy Wence Partida, se presentan los avances en la atención a la salud derivados de los proyectos de investigación e incidencia de Conahcyt. Los proyectos se centraron en tres temáticas:

1. Leucemia, particularmente infantil y en edad temprana.
2. Enfermedad renal crónica.
3. En el análisis los datos de morbi-mortalidad mediante ciencia de datos.

En conjunto, los proyectos diseñaron un programa de atención integral a la salud que trasciende algunas de las barreras de acceso a servicios médicos públicos y el reducido número de especialistas en el estado, entre otros. La intervención de los PRONAIi en la atención a la salud de las y los enfermos resultó medular en el caso de pacientes de leucemia, pues se orientó a incrementar la tasa de supervivencia y de calidad de vida a través de un esquema de atención integral continua que permitió mejorar el seguimiento a los pacientes. Se implementó también el primer registro poblacional de casos de incidencias de leucemias agudas infantiles. Finalmente, los PRONAIi colaboraron con CENAPRECE en la elaboración de un plan de atención integral a la salud a los habitantes ambientalmente expuestos en esta cuenca.

El capítulo 6. *Gestión comunitaria del ciclo socionatural del agua*, coordinado por María Gabriela Garrett Ríos[†], presenta experiencias de lucha de las comunidades por un ambiente sano, y se muestra el camino de un sólido sujeto social que se ha acompañado de investigadoras e investigadores que han documentado por más de dos décadas las afectaciones ambientales y a la salud en la región. Entre los principales avances de este sujeto social se cuentan la presentación de una denuncia ante el Tribunal Latinoamericano del Agua y el

Tribunal Permanente de los Pueblos, que obtuvieron fallos favorables; la obtención de la Recomendación 10/2017 de la CNDH, que reconoce las violaciones a derechos humanos en la región y conmina a las autoridades estatales, municipales, del agua y de medio ambiente a implementar un Programa de Restauración Integral de La Cuenca y a la elaboración de una Propuesta Comunitaria para el Saneamiento Integral (2017), con seis puntos clave, incluyendo saneamiento, restauración de suelos y un plan de salud emergente. En años recientes, las organizaciones sociales de base comunitaria, Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (CFJG), la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAA) y el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES) formaron parte activa de los Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia (Pronaii) desarrollados por Conahcyt para fortalecer a los sujetos de base comunitaria y encaminar procesos de incidencia de la ciencia. Estas comunidades se han mantenido como interlocutores de las autoridades federales y estatales en la discusión de la iniciativa de Ley de Aguas de Tlaxcala (2023), que fue socialmente rechazada por su enfoque privatizador. Entre otros logros importantes se cuenta la permanencia de los Comités Comunitarios de Agua (CCA), que han sido reconocidos como instancias legítimas para gestionar el recurso hídrico en sus comunidades, lo que representa un importante reducto de autonomía y autodeterminación territorial, o a pesar de sufrir presiones como el crecimiento inmobiliario.

En el capítulo 7. *Avances en incidencia en la transición agroecológica en la CAA: producción, formación y fortalecimiento de redes*, coordinado por Nancy Wence Partida y Laura Sánchez Vega, se muestra la trayectoria de catorce años del CES en la implementación de ecotecnias, y en la consolidación de la Escuelita Campesina Agroecológica (ESCAMPA) en la que participan agricultores, estudiantes, investigadores y técnicos que acompañan el trabajo. Las ecotecnias se han implementado en once municipios y en el capítulo se muestran las experiencias que han tenido en ello algunas familias. Adicionalmente recupera los valiosos aportes de las comunidades que habitan la Cuenca en la gestión de los sistemas agroalimentarios tradicionales, como pilar de la transición hacia territorios saludables y sostenibles. Entre las iniciativas también resultantes de la gestión de Conahcyt entre 2018 y 2024, la creación de la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA) y el Pronace de Soberanía Alimentaria. Las prácticas de estas comunidades se amplían hacia la gestión de recursos monetarios a través del trueque, las cajas de ahorro, el uso de monedas alternativas, e incluso a la realización de tequios y faenas, así como la certificación orgánica participativa. La Red Construyendo Soberanía Alimentaria (COSOALI) que articula a estas comunidades, resulta promisorio para la autonomía económica y alimentaria de la región. Esta iniciativa estuvo soportada por el programa de Conahcyt: PIES-ÁGILES. Alineada con los fines de incidencia, acceso a la ciencia y divulgación comunitaria de la ciencia, este proyecto generó un manual para la gestión colectiva de redes alimentarias alternativas, a instancias de Conahcyt. El capítulo presenta el devenir del Programa PIES ÁGILES en la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario.

La tercera parte: “Pautas de acción y seguimiento a las recomendaciones del Primer Informe Estratégico” se compone de tres capítulos en los que se presentan elementos para la elaboración de planes y programas de atención a las problemáticas de salud y ambientales en la Cuenca del Alto Atoyac, a partir de las recomendaciones del Primer Informe Estratégico a las que se suman planes de transición agroecológica. Estas pautas, construidas desde los colectivos de investigación e incidencia, analizan las posibilidades de la normatividad vigente en materia ambiental, de salud y de calidad vegetal y animal, así como la experiencia de las propias comunidades agroecológicas.

El capítulo 8. *Pautas para un plan de acción orientado a la restauración socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA)*, coordinado por Josefina Pedraza López y Alfredo Delgado Rodríguez, da continuidad a las recomendaciones formuladas en el Primer Informe Estratégico de la Cuenca. Propone directrices para la implementación de programas de protección y vigilancia ambiental, fundamentadas en las atribuciones legales de las distintas instancias gubernamentales competentes, lo cual facilita la identificación de actores en la región.

En el capítulo 9. *Pautas para la atención de la salud poblacional, ambiental y laboral*, coordinado por Itzel F. Arroyo Ortega y Nancy Wence Partida, se presenta el marco legal vigente, se identifica a los actores encargados de la política de salud poblacional y se presentan las pautas para la atención de la salud poblacional, ambiental y laboral, en vistas a atender a la población expuesta.

El capítulo 10. *Pautas para la producción agroecológica y redes de Economía Social y Solidaria*, coordinado por Rocío García Bustamante y Laura Sánchez Vega, hace una revisión de las leyes aplicables y los programas federales al amparo de los cuales se posibilita la producción agroecológica libre de agroquímicos y el acceso de la población a una alimentación saludable y “culturalmente apropiada”. Los autores concluyen que entre las pautas indispensables para lograr este cometido se encuentra la prohibición de plaguicidas altamente peligrosos por parte de las autoridades sanitarias y el apoyo a la transición agroecológica de los cultivos. El capítulo presenta también los ocho principios de la agroecología, así como una perspectiva de futuro y de preservación de las prácticas y los saberes comunitarios. También se trata la importancia de la integración de las nuevas generaciones y el fortalecimiento de las redes solidarias de producción y comercialización que se han conformado en la región. El capítulo evidencia cómo el trabajo para sostener estas prácticas y redes depende directamente de las comunidades, pero el apoyo estatal es imprescindible.

PRIMERA PARTE:
MULTIDIMENSIONALIDAD DE LA
DEVASTACIÓN SOCIOAMBIENTAL:
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA Y RETOS
PARA SU ATENCIÓN

Capítulo 1. Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Valle de Puebla-Tlaxcala.

Metabolismo ecológico industrial e impactos socio ambientales

La información que se ofrece en este primer capítulo es resultado del trabajo desarrollado por el Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia (Pronaii): “Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes”, llevado a cabo en la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Valle de Puebla-Tlaxcala y otras siete RESA del centro del país, de noviembre de 2020 a diciembre de 2023; y que formó parte de Programa Nacional Estratégico (PRONACE) Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes del CONAHCYT. El objetivo del Pronaii fue consolidar la formación de un Sujeto Social Colectivo, constituido por organizaciones sociales y comunidades de afectados ambientales articuladas, así como por la comunidad científica, capaz de generar prácticas organizativas orientadas a visibilizar, entender, evaluar, monitorear y prevenir los factores causales de la formación de RESA y que contribuya a establecer un nuevo marco general de investigación e incidencia social en el país.

A lo largo de tres años de trabajo, participaron varios investigadores y ayudantes de investigación: nuestra entrañable compañera Leticia Osorio González (†), Lilia Enríquez Valencia, Fabiola Lara Espinosa, Víctor Domínguez Jacobo, José Luis García Tavera, Víctor Valle Peralta, Sergio de la Rosa Hernández, Michel Corona López, Jusari Rangel Osorio, Alejandro Zuno Landa, Omayra Rodríguez Vázquez, Antonio González Domínguez, María Rodríguez Cruz, Brenda Pérez Vázquez, María del Rosario Vázquez Gutiérrez, Maralhi Padilla Galindo,

Santiago De Urioste Castellanos, Karla Romero Torres, Joseph Almazán Valencia, Karina González Romo, María Flores Suchil, Marisol Espinoza Ramos, David Gómez Millán, Sergio de León López, César Elorza Ortega, Ixlitzin Bravo Carbajal, Esteban López Barrón y Gonzalo Flores Mondragón; quienes trabajamos de manera estrecha con organizaciones sociales de esta región, particularmente la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAV), el Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (CFJG), Centro de Economía Social “Julián Garcés” A. C. (CES) y la Pastoral de Derechos Humanos de la Diócesis de Tlaxcala.

Sin embargo, es preciso aclarar que la responsabilidad de lo que aquí se sostiene es de las tres personas que elaboramos este documento: Gonzalo Flores Mondragón, Víctor Domínguez Jacobo y José Luis García Tavera.

El capítulo presente aborda la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Valle de Puebla-Tlaxcala, que es el área dentro de la cual está comprendida la Cuenca del Alto Atoyac (CAA). Las condiciones de emergencia sanitaria y ambiental que presenta esta cuenca se deben al metabolismo de la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental Valle de Puebla-Tlaxcala; es decir se deben al conjunto de relaciones -en primer lugar- económicas, así como las políticas y sociales que determinan la vida de la región. Dichas relaciones incluyen la relación con la naturaleza, mediada por la tecnología utilizada para el aprovechamiento y explotación de los recursos naturales.

La noción de “metabolismo” que se presenta en este capítulo está tomada directamente de la Crítica de la Economía Política (CEP) y no desde la teoría formulada por Economía Ecológica de “metabolismo social”. En Marx la categoría de metabolismo representa un desarrollo muy importante de las nociones de “valor de uso”, “Forma Natural” y “Fuerzas productivas” planteadas como horizonte clave y fundamental de su obra. En su CEP desarrollada, tal como la presenta en *El Capital*, Marx emplea el concepto de “metabolismo” (*Stoffwechsel*) para definir el proceso de trabajo como “un proceso que tiene lugar entre el hombre y la naturaleza, un proceso mediante el que el hombre, a través de sus propias acciones, media, regula y controla el metabolismo que se establece entre él y la naturaleza”. Sin embargo, una “fractura irreparable” había surgido en este metabolismo como consecuencia de las relaciones de producción capitalistas y la separación antagonista entre ciudad y campo. Así pues, en la sociedad de productores asociados, sería necesario “gobernar el metabolismo humano con la naturaleza de una manera racional”, algo que superaría por completo las posibilidades de la sociedad burguesa (Bellamy Foster, 2004: 220).

La categoría conceptual clave en el análisis teórico de Marx en este campo es el concepto de metabolismo. La palabra alemana *Stoffwechsel* expresa directamente en sus componentes la noción de “intercambio material” que subyace en la noción del proceso estructurado de crecimiento y decadencia biológicos que encierra el término “metabolismo”. En su definición del proceso de trabajo, Marx hizo que el concepto de metabolismo fuese fundamental para

todo su sistema de análisis, al basar en él su comprensión del proceso de trabajo. Así, en su definición del proceso de trabajo en general (en contraposición a sus manifestaciones históricas concretas), Marx utilizó el concepto de metabolismo para definir la relación humana con la naturaleza a través del trabajo (Bellamy Foster, 2004: 243): “El trabajo es, antes que nada, un proceso que tiene lugar entre el hombre y la naturaleza, un proceso por el que el hombre, por medio de sus propias acciones, media, regula y controla el metabolismo que se produce entre él y la naturaleza. Se enfrenta a los materiales de la naturaleza como una fuerza de la naturaleza. Pone en movimiento las fuerzas naturales que forman parte de su propio cuerpo, sus brazos, sus piernas, su cabeza y sus manos, con el fin de apropiarse de los materiales de la naturaleza de una forma adecuada a sus propias necesidades. A través de este movimiento actúa sobre la naturaleza exterior y la cambia, y de este modo cambia simultáneamente su propia naturaleza... [El proceso de trabajo] es la condición universal para la interacción metabólica [*Stoffwechsel*] entre el hombre y la naturaleza, la perenne condición de la existencia humana impuesta por la naturaleza”.

El concepto de metabolismo, con sus nociones asociadas de intercambios materiales y acción reguladora, le permitía expresar la relación humana con la naturaleza como una relación que incluía las “condiciones impuestas por la naturaleza” y la capacidad de los seres humanos para afectar este proceso (Bellamy Foster, 2004: 245). Y, lo que es más importante: el concepto de metabolismo le proporcionaba a Marx un modo concreto de expresar la noción de la alienación de la naturaleza (y su relación con la alienación del trabajo), que era fundamental en su crítica a partir de sus primeros escritos. Tal como explica en los *Grundrisse*: No es la unidad de la humanidad viviente y activa con las condiciones naturales, inorgánicas del intercambio metabólico con la naturaleza, y por tanto de la apropiación humana de ésta, lo que requiere explicación, o es el resultado de un proceso histórico, sino, antes bien, la separación que se produce entre estas condiciones inorgánicas de la existencia humana y esta existencia activa, una separación que se postula completamente tan sólo en la relación del trabajo asalariado y el capital (Bellamy Foster, 2004: 245-246).

En atención a lo recién señalado, explicitamos las razones específicas para hablar de RESA y no precisamente de CAA: a) Si bien la RESA se identifica con la CAA, no se limita a ella. El número de municipios que abarca la RESA Tlaxcala es de sesenta e incluye a la región de Huamantla, al oriente de este estado. Por su parte, el número de municipios en la RESA Valle de Puebla es de treinta y siete, tal y como se muestra en la **Figura 1.1**.

b) Además, la RESA abarca un conjunto de relaciones más amplias y complejas que las que se establecen estrictamente en la Cuenca Alta del Atoyac. La RESA está creciendo y desarrollando su articulación hacia el oriente del estado de Puebla y centro-Sur de Veracruz, así como hacia el norte del estado de Tlaxcala, en dirección hacia Ciudad Sahagún y Pachuca, en el estado de Hidalgo. Por otro lado, el antiguo CONAHCYT -hoy Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación- estableció a las RESA como la unidad territorial

básica para la elaboración y ejecución de sus Programas Nacionales Estratégicos (Pronaces). Sin embargo, es cierto que el eje de esta RESA -y de casi todas las regiones de este tipo en el país- gira en torno a las redes hidrológicas que las inervan. Para el caso de nuestra RESA en particular, el eje estructural de ella es la cruz que forman los ríos Atoyac y Zahuapan.

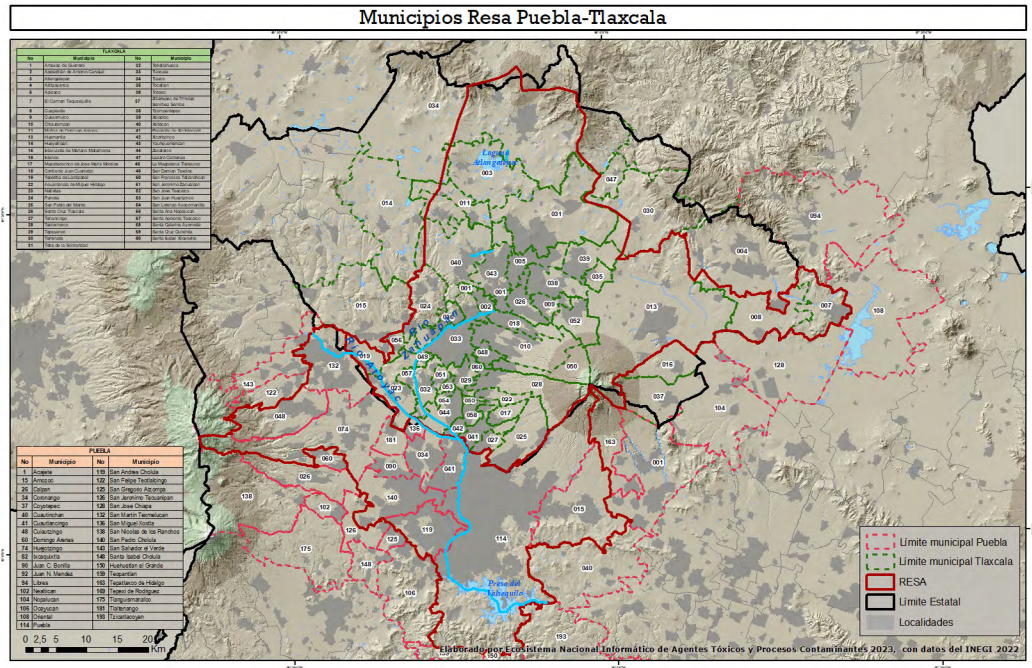


Figura 1.1. Municipios que integran la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Puebla-Tlaxcala.
Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes (2023).

El modelo de desarrollo económico que han promovido las políticas económicas neoliberales en el mundo durante 36-40 años ha tenido graves implicaciones para la calidad de vida de la población y para el medio ambiente de todo el planeta, basadas en mega proyectos que sobre utilizan a la naturaleza, con ritmos acelerados de extracción, contaminación y destrucción de recursos bióticos y abióticos; que suponen —además— intensas jornadas de trabajo con pocos o nulos derechos laborales y que propician la expropiación y/o despojo de los recursos productivos y de vida de comunidades rurales y poblaciones urbanas. Dichas políticas públicas han intentado responder al contexto de crisis económica mundial, que ha estado presente de manera recurrente, con cortos periodos de recuperación desde 1982, sin conseguir superar realmente dicho contexto.

Los saldos de estas políticas y megaproyectos han sido muy altos, sobre todo en los países considerados no desarrollados. Estos países se convirtieron en paraísos laborales, migratorios, medioambientales, turísticos y financieros especulativos para los grandes capitales de las grandes empresas trasnacionales. Países como México se volvieron lugares donde

la explotación, el sacrificio, la inseguridad, las enfermedades infectocontagiosas, crónico degenerativas, la corrupción, el narcotráfico, el despojo de bienes comunes de la población, la contradicción campo / ciudad, la violencia de género contra las mujeres, la devastación ecológica y ambiental se han vuelto la norma a través de la cual se posibilita y apuntala el enriquecimiento de esas empresas.

El problema de fondo en todo este contexto de crisis es la súper explotación de la población trabajadora y población en general junto con la devastación ambiental de los territorios en los que viven. El resultado de ello es el sometimiento del proceso de reproducción individual y social de esos conjuntos poblacionales. Las RESA constituyen la expresión paradigmática de los impactos que sobre el proceso de vida de las poblaciones y su medio ambiente tiene el comportamiento de las grandes empresas transnacionales en beneficio de sus propios intereses. Por este motivo el presente capítulo tomó como objeto de estudio la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala, ubicada dentro de la Cuenca Alta del Atoyac.

Este capítulo consta de cuatro grandes partes y una conclusión. En la primera parte el lector encontrará una sucinta definición de lo que se puede entender por una Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental¹, así como una breve explicación del metabolismo económico-industrial que caracteriza a dichas regiones, el tipo de desarrollo económico-industrial y los núcleos contaminantes que existen, las relaciones sociales pervertidas por ese desarrollo y la identificación del proceso de articulación que se da al interior de una RESA y entre ellas.

En la segunda parte, se ofrece un pequeño panorama histórico de la industrialización en la región, siguiendo la pista de las dos industrias más importantes de la región: a) la textil, dominante en los siglos XVII, XVIII y XIX y comienzos del siglo XX; y b) la automotriz, dominante desde la segunda mitad del siglo XX a la actualidad. En este panorama se podrá apreciar el proceso que explica por qué la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala -ubicada en la Cuenca del Alto Atoyac- se conforma por dos regiones en situación de emergencia íntimamente articuladas que, en su crecimiento y desarrollo, generan muchas contradicciones debido a que guardan entre sí una relación desigual y de subordinación. La región Valle de Puebla integra y somete a la región de Tlaxcala (zona de Huamantla incluida). Esta última queda subordinada a las necesidades económicas de la planta industrial de la primera. Sin embargo, ambas regiones comparten la red hidrológica del Alto Atoyac y sus problemas de contaminación junto a la dinámica socioeconómica de la metrópoli Puebla-Tlaxcala.

En la tercera parte, se expone el impacto ecológico territorial de la actividad industrial a partir del análisis de los niveles de concentración máximos promedio de metales pesados y orgánicos tóxicos a partir de los compromisos establecidos en la Declaratoria de Clasificación

¹ Para una definición y tratamiento amplio y exhaustivo de lo qué es una RESA, véase Barreda (2025)

de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus Afluentes, emitida por la CONAGUA en 2011 (DOF: 06/07/2011) y que constituye el documento oficial que ha fungido como el parámetro a partir del cual se han intentado construir alguna (s) estrategia (s) de solución. Este análisis se complementa con el comentario puntual de la zona cuatro de esta clasificación y que refiere específicamente al río Zahuapan. Después, se ofrecerá un comentario sobre los niveles de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que registra la Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua (RENAMECA) para el periodo 2010-2020.

En la cuarta y última parte se entrega un análisis comparativo de los instrumentos institucionales involucrados en el registro, monitoreo y regulación de la actividad económico-industrial en el país: el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) y el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) con el Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (TRI-EPA), dentro del marco general del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) entre dichos países establecido dentro del TLCAN, hoy TMEC. Estas comparaciones intentan ayudar a entender la naturaleza multidimensional de los procesos de devastación socioambiental en la región, aportando nuevas pistas y elementos de análisis.

1.1. Definición, metabolismo y articulación de las RESA

Definición de RESA

Si bien el nombre “Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental” se acuñó en México por el CONAHCYT, estos espacios no son exclusivos de nuestro país, son una nueva figura de unidad territorial resultado de procesos de deslocalización industrial² en la economía mundial —expresión acuñada en el marco del capitalismo global para describir el traslado de actividades productivas hacia países con menores regulaciones laborales y ambientales—. Dichos procesos, a su vez, son propiciados por las políticas económicas neoliberales y sus estrategias de desarrollo económico, basadas en la reducción de los costos de producción de una empresa cuando se expande hacia otras regiones, principalmente hacia países de “reciente industrialización”. Esta deslocalización industrial se orienta hacia países con

² Expresión de carácter neoliberal para referirse a uno de los rasgos fundamentales de la mundialización del capital o “Mercado Mundial”. El capitalismo, en su desarrollo tiende hacia países con menores niveles de protección social, legislaciones laborales menos estrictas o inexistentes y desregulación ambiental, que le permiten ejercer un mayor nivel de explotación del trabajo, proximidad a materias primas, reservorios y yacimientos de recursos estratégicos, mejores vías de comunicación para contrarrestar la caída en el nivel de sus ganancias. Véase Marx (1987); Grossmann (1979); George & Wolf (2006); Caridad (2013).

menores niveles de protección social, legislaciones laborales menos estrictas o inexistentes, y en lugares donde existen condiciones de desregulación ambiental. Además, toman en consideración las características del entorno geográfico, disponibilidad de vías de comunicación, proximidad a materias primas, reservorios y yacimientos de recursos estratégicos y el acceso a los recursos hídricos de estas regiones. Su delimitación es de carácter económico-ecológico y son regiones que se caracterizan por tener una considerable concentración industrial generadora de emisiones contaminantes al ambiente. Su extensión territorial se determina a partir de los asentamientos industriales, agroindustriales, extractivos o receptores de desechos hídricos de otras ciudades emplazados en la región. Su delimitación puede coincidir parcial o totalmente con una o más cuencas hidrológicas, atmosféricas, jurisdicciones sanitarias, municipios u otras divisiones administrativas. Pero, esencialmente son áreas territoriales en las que confluyen diversos factores de riesgo ambiental y sanitario producidos por fuentes económico-industriales que generan condiciones críticas para la salud de la población.

A partir del trabajo realizado por el Pronaii “Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes” en siete RESA del centro del país, identificamos que sus componentes fundamentales son tres:

1. Las unidades económicas que adquieren el carácter de núcleos de contaminación económico/productivos, las cuales constituyen fuentes fijas (instalaciones estacionarias que emiten contaminantes) y fuentes de área (fuentes de contaminación que se liberan sobre un área relativamente pequeña; por ejemplo: comercios, servicios, casas habitación y vehículos automotores que no circulan por carreteras) generadoras de emisiones contaminantes.
2. El conglomerado de agentes tóxicos, liberados al medio ambiente por estos núcleos de contaminación (fuentes fijas, de área, más las fuentes móviles {todas las formas de transporte y los vehículos automotores, que generan emisiones durante el desplazamiento de la fuente})
3. Las afectaciones a la salud de las poblaciones aledañas a estos núcleos, que se encuentran expuestas de manera permanente a los agentes tóxicos en contextos de deterioro ambiental (Semarnat, 2024).

Las RESA son lugares donde se da una convergencia de factores perversos, como son la alta concentración de corredores, parques y/o ciudades industriales, así como empresas independientes que están asentadas principalmente en núcleos urbanos, regiones agroindustriales, regiones extractivas y en zonas de dispersión y concentración de descargas urbanas tóxicas, porque son lugares donde el desarrollo de actividades económicas clasificadas como riesgosas —de acuerdo a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)— acontece sin ninguna regulación. Esto produce impacto o daños ambientales a gran escala, que han dado lugar a la pérdida de la capacidad depurativa de los ecosistemas, configurando dichas áreas como espacios de riesgo ambiental y, también, la exposición permanente de la

población a riesgos sanitarios ambientales, por convivir con sustancias contaminantes. Esta es la condición fundamental que incide en la multiplicación de patologías crónico-degenerativas, de padecimientos respiratorios, malformaciones congénitas, lo cual constituye una violación al derecho a la salud y al medio ambiente sano (COFEPRIS, 2013).

Esa situación produce: pérdida, cambio, deterioro, menoscabo, afectación o modificación, adversos y mensurables de los hábitats, de los ecosistemas, de los elementos y recursos naturales. Así como de sus condiciones químicas, físicas o biológicas, además de las relaciones de interacción entre éstos, y de los servicios ambientales que proporcionan [en donde es probable que ocurran daños indirectos, definidos como aquellos] que en una cadena causal [de actividades que producen afectaciones] no constituye un efecto inmediato del acto u omisión que es imputado a una persona en términos de esta Ley” (DOF, 2021:6-7).

La concentración de unidades económicas en las RESA ha dado lugar a la generación incontrolada de diversos agentes tóxicos, los cuales, además de afectar significativamente la salud de la población y el medio ambiente, reaccionan químicamente entre sí afectando de una forma desconocida a los diferentes elementos ambientales (aire, suelo, agua), incrementándose con ello los riesgos ambientales y sanitarios. El incumplimiento del marco normativo ambiental ha limitado la posibilidad de demostrar de manera fehaciente estos riesgos dado el reducido número de registros en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Debido a ello, está ocurriendo desde hace varios años la superposición de factores que inciden en el incremento de muertes y proliferación de enfermedades degenerativas asociadas a la contaminación ambiental, las cuales ocurren en un escenario de daños ambientales de dimensiones catastróficas. Esta situación podría perdurar trágicamente durante las próximas décadas, provocando situaciones sociales de desconcierto, sufrimiento y potenciales conflictos sociales.

Metabolismo económico de las RESA

Si las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental son el resultado de relaciones complejas y perversas entre la sociedad y el medio ambiente, producidas por un determinado tipo de desarrollo económico-industrial, se considera necesaria la reconstrucción de esas relaciones socio ambientales que amenazan las condiciones de vida natural y social de la región, a causa de la contaminación y destrucción de los ciclos naturales del agua, el aire, el suelo y la biodiversidad. Como se puede apreciar en la **Figura 1.2**, la reconstrucción de las historias de las RESA debe abordar su desarrollo económico-social a partir de:

1. Una historia de la dinámica de la urbanización voraz y caótica, que desarrolle las contradicciones entre los espacios rurales y los urbanos en distintos momentos de la región.
2. Una historia industrial (agroindustria incluida), como el principal núcleo generador de los factores de la contaminación, y
3. Una historia normativa o legal que aterrice el marco constitucional, las leyes aplicables y analice las fallas en las normas y su aplicación coordinada que han permitido el avance de la corrupción sistémica. En segundo lugar, es necesario reconstruir la historia ambiental-toxicológica regional, dividida en:

- a) Historia edafológica.
- b) Historia hidrológica.
- c) Historia atmosférica.
- d) Historia de la biodiversidad.

Estas historias deben considerar los diferentes tipos y dinámicas de emanaciones, las plumas de dispersión, los accidentes y -a partir de proyecciones y escenarios- permitir pensar el derrotero de la restauración ecológica futura.

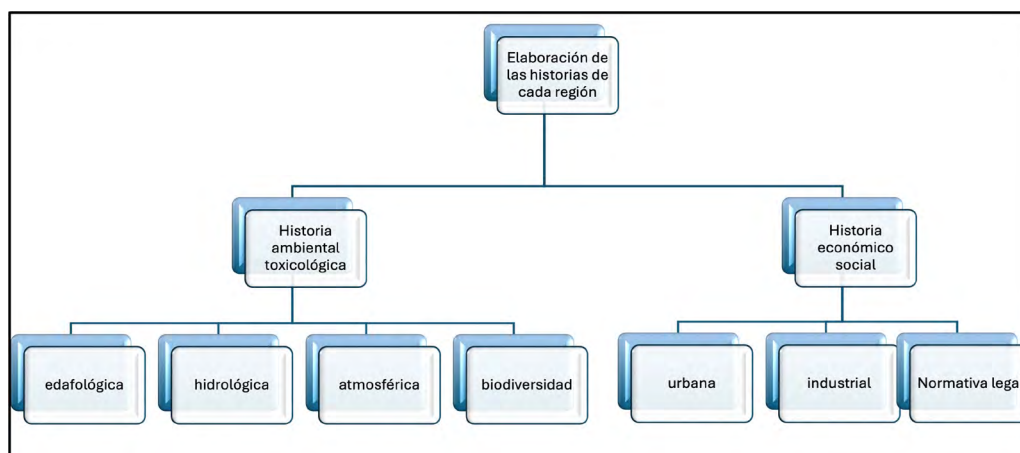


Figura 1.2: Esquema general para la elaboración de las historias regionales de las RESA. Fuente: Pronaii “Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes”, (2023).

Articulación entre RESA

Pese a la complejidad del panorama contaminante que generan las RESA, estas regiones no actúan caóticamente como se pensaría. Observándolas en su conjunto, se puede reconocer que estas regiones, en su movimiento y desarrollo, insinúan una tendencia hacia la articulación entre ellas. La articulación entre las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental puede explicarse como un proceso en el que convergen tres estructuras distintas que se yuxtaponen en un solo proceso de articulación:

1. Una estructura de centros energéticos.
2. Una infraestructura de red de ductos, tendidos eléctricos, carreteras y vías férreas.
3. Un conjunto de plantas industriales bajo la figura de parques, corredores, ciudades o empresas separadas.

Estas tres infraestructuras buscan la vinculación y coordinación de los procesos económicos de producción y distribución que tales entidades llevan a cabo.

El panorama que muestra esta articulación triplemente determinada no está exento de contradicciones pues las propias empresas e —incluso— los propios gobiernos estatales compiten entre sí por recursos, apoyos, mercados, etcétera. Sin embargo, en su movimiento general, el metabolismo regional de cada RESA —como si estuviera codificado en su genoma— tiende a la construcción, junto con las otras RESA, de una producción industrial articulada que se organiza bajo la figura de Cadenas de Proveedores (clústeres); es decir, redes de industrias que establecen estructuras jerárquicas de producción y distribución al interior de los distintos eslabones de estas redes, que se extienden sobre las RESA y que modifican los territorios al exacerbar los mecanismos de desigualdad porque socializan los riesgos de la inversión y privatizan las ganancias en favor de las empresas que son las cabezas de dichas cadenas.

Dentro de forma organizativa bajo la que funcionan las RESA se busca, además, el reciclado de desechos y desperdicios bajo el esquema de “Economía Circular” —esquema que consiste en la reutilización de los desperdicios de un proceso industrial o de una etapa de un proceso industrial por otro—, sin importar si dichos desperdicios son ecológica y sanitariamente reciclables. Esto deja ver que la construcción de una producción económica industrial, agroindustrial y extractiva cohesionada, creciente y competitiva, que es lo que buscan las industrias asentadas en las RESA, no implica que sea sustentable en términos ambientales y, mucho menos, en términos sociales y comunitarios. Cada región de emergencia destaca y preocupa a la opinión pública nacional e internacional por las afectaciones ambientales y sanitarias que alcanzan tasas de devastación, morbilidad y mortalidad extraordinarias y que son producidas por las infraestructuras energéticas, distributivas o productivas de empresas de talla mundial asentadas en esos territorios, pero que en ningún caso operan en beneficio de la población y su entorno.

Los intercambios nocivos más importantes que convergen en el proceso metabólico perverso que han convertido a La Cuenca del Alto Atoyac en una RESA se muestran en la **Figura 1.3**. La eliminación y/o regulación, según sea el caso, de dichos intercambios son necesarios para la restauración regional. La Cuenca del Alto Atoyac, ubicada en el centro del país, constituye la cuarta mancha urbana más importante del país y es víctima de una lógica de devastación ecológica, ambiental y social, impuesta regionalmente por la dinámica de crecimiento de la ciudad de Puebla, en primer lugar. Y, también, por el crecimiento de la CDMX y su corona de ciudades. La demanda de mercado interno que dichas ciudades exige, por ejemplo de

productos agrícolas, alimentos procesados, textiles, entre otras cosas, es la que determina el tipo e intensidad de uso y explotación de los recursos naturales y que afecta a la población asentada en La Cuenca. Este es el hecho decisivo o punto crítico del que debe partir la elaboración de cualquier modelo de restauración ecológica.

Los cambios en el territorio derivados del crecimiento industrial y urbano en los estados de Puebla y Tlaxcala, así como el manejo (o falta de manejo) de sus aguas residuales han tenido efectos colaterales en los ecosistemas naturales, contaminando en primer lugar a los ríos Atoyac y Zahuapan, a las barrancas de la región y efectos en la salud de la población, lo que evidencia la necesidad de que las instituciones estatales vigilen efectivamente el cumplimiento de la normativa ambiental aplicable a las actividades económicas y corrijan sus fallas.

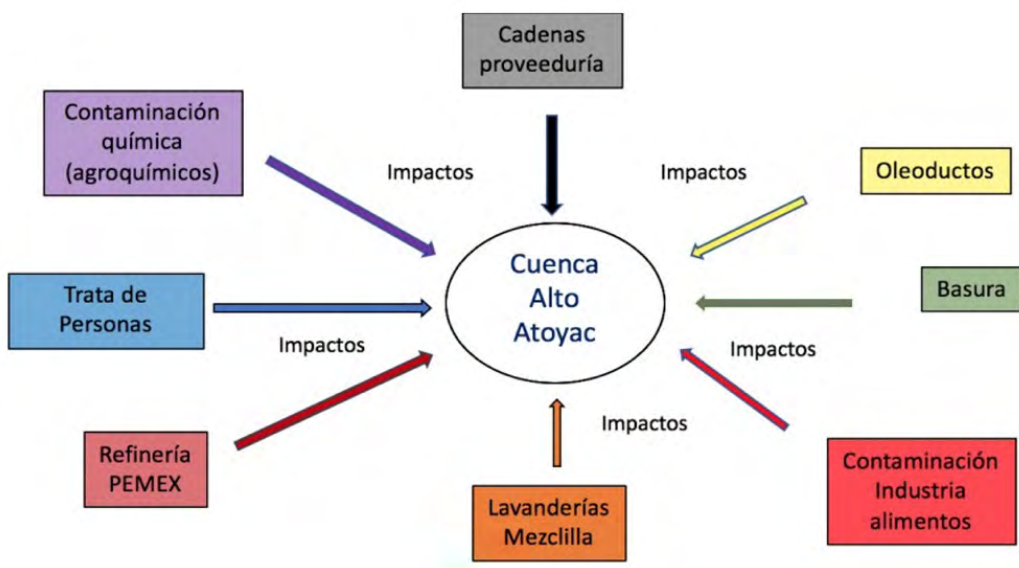


Figura 1.3: Principales intercambios nocivos que confluyen en La Cuenca del Alto Atoyac. Fuente: Pronaii “Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes”, 2022.

La actividad de investigación e incidencia que ha desplegado este Pronaii se estructuró a partir del diagnóstico y ordenamiento de las actividades de la región, particularmente las actividades económico-productivas.

1.2. Panorama histórico de la industrialización de la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala

En concordancia con lo expuesto en la primera parte, iniciamos con un ejercicio para la elaboración de una historia económico-social de la RESA. Se trata de un breve panorama que no pretende ser exhaustivo y amplio, sino inicial y como invitación para que otros trabajos realicen reconstrucciones más completas. Para la elaboración de esta parte, sobre todo del panorama inicial y de la industria textil, nos basamos en el trabajo de Barreda y Lara (s/f)

La Región Puebla/Tlaxcala, en específico el Valle de Puebla y Tlaxcala, ha estado marcada por una relación de integración económica productiva, política y administrativa subordinada de Tlaxcala hacia el Valle de Puebla y que ha dejado en la región una esquila de devastación ambiental y destrucción de la salud comunitaria e individual de las poblaciones que ahí habitan, redefiniendo el costo de la vida de las personas y —a partir de ahí— el valor de la fuerza de trabajo bajo esquemas de superexplotación, marginalidad y pobreza general. Población que, además, cumple el papel de resguardar, preservar y desarrollar los bienes comunes ambientales. De manera que al perjudicar y asesinar a la población se destruye el aspecto decisivo del principal mecanismo de conservación ambiental y ecológico: la unidad sociedad —naturaleza.

Desde la época de la Colonia, Puebla ha sido el polo dominante, aprovechando los recursos naturales y la mano de obra de Tlaxcala, apropiándose de las ganancias económicas que eso genera. Este proceso dio lugar a desigualdades regionales entre ambos lugares. Puebla de los Ángeles se funda como ciudad netamente española en 1532, violando acuerdos hechos por Hernán Cortés con los tlaxcaltecas durante la toma de Tenochtitlán para consumir su dominio sobre la región del centro de Anáhuac, ya que permitió a los tlaxcaltecas que su cabildo, —la forma de gobierno impuesta en lugar de las alianzas prehispánicas— fuera elegido por los mismos tlaxcaltecas sin intermediación española. Los terrenos de Tlaxcala quedaron fuera del sistema de encomiendas, por lo que quedó formalizada como una provincia indígena. Puebla se construyó en terrenos que pertenecían a Cholula. La fundación de dicha ciudad permitía a los españoles —impedidos para establecerse en Tlaxcala— disponer de las riquezas de la región, incluyendo la mano de obra, pues fueron tlaxcaltecas los que edificaron la ciudad, a cambio de eximirlos del pago de 8,000 fanegas de maíz a la Corona (Sempat, 1991: 88-90).

De manera que Puebla fue proyectada por el virreinato como enclave estratégico con la finalidad de dominar el principal corredor comercial, logístico y militar de la Nueva España: Veracruz-Ciudad de México-Acapulco. Este fue el corredor comercial y económico más importante del país hasta muy avanzado el siglo XX. En Puebla se concentró el poder político, religioso y administrativo fiscal (las alcabalas) de la región. La Corona la designó como una de las “capitales de intendencia” para el control de territorios definidos. Se le eligió ciudad

capital y a Tlaxcala como una provincia subordinada a ella. Puebla llegó a ser la segunda ciudad más importante de la Corona y comenzó a disputar la primacía política y económica con la Ciudad de México. Hubo intentos y planes para ello que nunca se concretaron, sin embargo, mantuvo esta condición de privilegio hasta finales del siglo XIX (Thomson, 1989; 2).

De manera resumida podemos señalar que los grupos de poder económico y político asentados en el Valle de Puebla han crecido necesariamente a partir de la precarización y el saqueo de las condiciones de vida de los trabajadores y de su entorno social, sobre todo, con el asentamiento del modo de producción de capital. El proceso de desarrollo económico, específicamente de industrialización que este modo propició, ha conformado muchos grupos de poder locales, nacionales y extranjeros (españoles, franceses, italianos y libaneses). Pero en la actualidad, desde hace 60 años, los grupos dominantes son de empresarios de Estados Unidos y Alemania, que han desarrollado un fuerte y claro proceso de modernización industrial y agroindustrial que ha transformado de manera catastrófica y —quizá— irreparable, la relación con los recursos hídricos y los ecosistemas de la región. Esta modernización presenta un panorama actual en el que conviven procesos productivos altamente tecnificados y automatizados junto a procesos muy artesanales basados en un uso intenso de mano de obra. Ambos han dado lugar -de forma distinta- a un entorno ambiental y social devastado y degradado en el que se distingue el dominio del Valle de Puebla sobre Tlaxcala arriba mencionado y que da continuidad a un proceso secular de sometimiento y de profunda tradición depredadora de la población y la naturaleza.

La industria textil

En nuestra región de estudio, la concentración de mano de obra, el mercado, las corrientes hídricas, las tierras fértiles para la ganadería y la agricultura, determinaron el desarrollo de industria textil a fines del siglo XVI, primero de seda y luego de lana. Una crisis económica a finales del siglo XVII hizo que esa industria pasara de la lana al algodón, aprovechando la mano de obra femenina bajo el esquema de producción por encargo a domicilio (Alonso, 2002: 29). Después de tres siglos de dominio colonial, Tlaxcala es sometida bajo el poder de Puebla, convirtiéndola en su territorio de reserva de mano de obra y recursos naturales; ventaja única que progresivamente a partir del siglo XIX retroalimentará su industria textil, permitiéndole descollar frente a otras regiones industriales de México. Bajo este esquema obtuvieron enormes ganancias económicas, por lo que se dieron intentos de mecanizar el sector en la región del Alto Atoyac entre 1835 y 1845, dando lugar a una de las primeras regiones industriales del país, aprovechando la abundancia de agua y utilización de las pendientes de los ríos como fuente de energía eléctrica para el funcionamiento de la maquinaria textil (González, 2008).

Esta riqueza hídrica y poblacional se combinaba, además, con el hecho de que Tlaxcala y Puebla se localizaban dentro de la ruta que comunicaba a todo el altiplano mexicano

con el puerto de Veracruz y —de ahí— con la economía mundial, la cual permitía tanto importar fácilmente las diversas y cambiantes máquinas industriales y sus refacciones, como exportar las telas producidas. Sobre esta ruta, el proceso modernizador construyó la primera línea ferroviaria del país. Esta ventaja tampoco la tenían otras regiones como la Cuenca del Alto río Lerma o el estado de Morelos, también ricas en agua. El desarrollo del ferrocarril aumentó la importancia estratégica de la región, aunque también implicó el reforzamiento de la supremacía política y económica de la Ciudad de México, ya que el tren dio lugar a una concentración industrial muy grande en esta ciudad. La industria poblana se diversificó aprovechando otra ventaja de la región: las haciendas agropecuarias que fueron reutilizadas para criar ovejas y cultivar algodón. También se produjo harina, azúcar, piloncillo, tabaco, chocolate, aguas gaseosas, galletas, vasijas de barro, azulejos, sombreros, calzado, muebles, productos químicos, entre otras cosas. En Tlaxcala, la industria se diversificó de igual modo, apareciendo la producción de vidrio, papel, fierro fundido, alcohol, almidón, aceite, jabón, sosa, cigarros, cerillos, ixtle, cerveza y otros (Rendón, 1996: 90).

La más productiva de todas fue la industria textil, especializada en productos de algodón, y gran parte de todas las industrias se instalaron a lo largo de la vía del tren que iba de Puebla a Apizaco, Tlaxcala, formando con ello un corredor industrial (Gutiérrez, 2000: 54-58). En 1879 se empezaron a construir pequeñas plantas generadoras de electricidad y en 1888 se construyó la primera gran planta hidroeléctrica sobre el río Atoyac, muy cerca de la ciudad de Puebla (González, 2008: 134). El proceso de acumulación de capital poblano —de alguna manera apuntalado por el saqueo de la reserva laboral y de la naturaleza de Tlaxcala— fue tan exitoso durante la vuelta de siglo que la región superó en producción industrial a la Ciudad de México (González, 2008).

Pero, como bien señala Heath Constable (1982), aunque la industria textil ha tenido gran importancia en Tlaxcala y ha ocupado un lugar preponderante en su economía, en ella ha prevalecido una organización productiva en la que se articulan las fábricas textiles con talleres artesanales de diferentes dimensiones (individual, familiar y pequeña fábrica), que realizan procesos a escala domiciliaria; es decir, talleres domiciliarios en los cuales había presencia de niños desde los 12 años y mujeres, en condiciones de intensa explotación y falta de condiciones elementales de seguridad laboral, dado que la mayor parte del trabajo se paga a destajo.

De acuerdo con los testimonios recabados por dicha autora en 1982, las jornadas de trabajo eran de 10 a 12 horas diarias, en sitios pequeños, mal ventilados, con iluminación insuficiente, expuestos al manejo de residuos textiles que son reaprovechados en el proceso de producción. Esta condición permanece hoy en día, lo que permite, en su conjunto, la obtención de extraordinarias ganancias para los empresarios, a costa de la precarización de la fuerza laboral.

Los empresarios de origen poblano, algunos ya avecindados en Tlaxcala, operaron como acaparadores y monopolizadores de la materia prima y la producción, siendo ellos quienes surtían de hilo y tela a los pequeños talleres, y quienes acaparaban su producción que vendían en circuitos comerciales bajo su control. Entre 1876 y 1911 la industria poblana rebasó a la poderosa industria veracruzana, pues multiplicó vertiginosamente sus ventas en casi 4.7 veces, a diferencia de Veracruz, que solo había podido duplicar sus ventas (Rajchemberg, 1995). La propia oligarquía tlaxcalteca no se preocupó por impulsar la industrialización y, al ser de origen poblano y/o español, se identificaban más con Puebla que con la región en donde vivían. Sus ganancias no las invertían en Tlaxcala, sino fuera de ella.

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 paralizó 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, etcétera. Este crecimiento se prolongó hasta mediados del siglo XX, posibilitado por la Segunda Guerra Mundial y por la Guerra de Corea. La demanda de textiles de todo tipo que el ejército norteamericano tenía era el acicate de esta industria.

A fines de los años sesenta y principios de los setenta del siglo pasado, la industria textil en Puebla y Tlaxcala se vio afectada por la introducción de las fibras sintéticas de menor costo y por el emplazamiento de modernas industrias textiles, por lo cual el sector textil tradicional del algodón y la lana a nivel local y nacional perdió competitividad. Esto produjo una crisis que dio lugar a numerosas huelgas y cierre de fábricas; al cierre de turnos y una inestabilidad laboral para los trabajadores textiles. Los empresarios de mayor capacidad económica aprovecharon la situación para fortalecer su monopolio, al propiciar el cierre de pequeños y medianos productores que no tuvieron condiciones para afrontar esta crisis. Pese a ello, la planta industrial textil de la región continúa siendo una de las más importantes del país hasta la fecha (**Figura 1.4**).

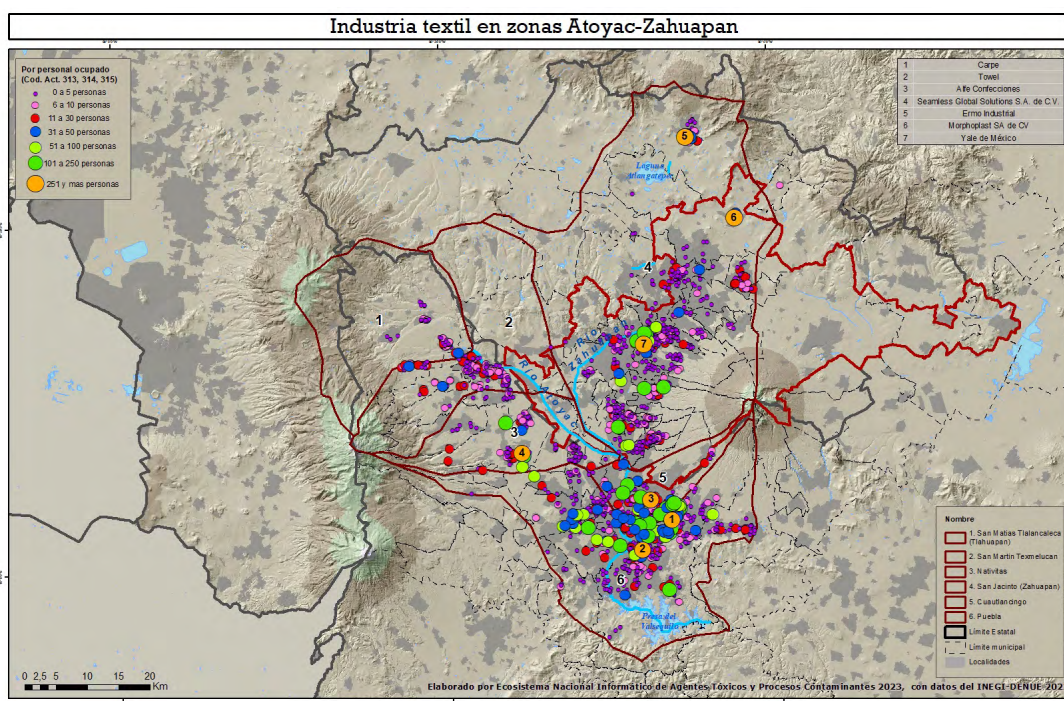


Figura 1.4: Distribución de la industria textil en la región Atoyac-Zahuapan, en 2022, mostrando la concentración de personal ocupado por establecimiento. Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, CONAHCYT, 2023.

La industria automotriz

En los años cincuenta se pone la primera piedra de un nuevo programa de recepción regulada de la Inversión Extranjera Directa en el país que, durante los años sesenta, permitirá avanzar en la aceptación oficial de capitales extranjeros, lo que facilitó el arribo de Volkswagen a México (VWM) y su crecimiento hacia la región de Puebla-Tlaxcala. Desde 1965, la industria automotriz en la región comenzó a dominar la actividad económica, rearticulando el arribo y 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 seleccionó cuidadosamente su emplazamiento industrial, ubicándose en contigüidad con lo que durante miles de años fueron las ciénegas de Nativitas, área que, a partir de ese momento, se comenzó a explotar hidrológica y laboralmente con mucha intensidad.

VWM edifica entonces una planta industrial enfocada a la producción automotriz, que en un inicio estaba solo destinada a abastecer el mercado nacional. De modo que para los años 70 este centro productivo ya se había convertido en la principal fuente de empleo, siendo el

centro de una moderna cultura de proletarización y calificación profesional en torno del cual se desarrolló una intensa actividad sindical y también una modernización con perspectiva estadounidense de la cultura regional. Esto pasó por una erosión o permanente disminución relativa (nunca absoluta) de la importancia de la previa cultura industrial y proletaria textil. VWM operó durante 28 años sin problema alguno. Sin embargo, como señala Huberto Juárez Núñez (2005), durante los primeros años neoliberales, en el sexenio de Miguel de la Madrid, la empresa inició un proceso de reconversión tecnológica dirigido a producir motores y partes para exportación a fin de contrarrestar la crisis económica. Construyó una nueva nave industrial dentro de la planta destinada a la producción de motores enfriados por agua y, también, ejecutó una transformación continua del régimen laboral, así como de todos sus medios de producción y la estructura interna de su división técnica del trabajo.

Esta reorganización técnica/productiva dio lugar a la aparición del “Movimiento del 20 de julio”, que entabló una lucha laboral contra VWM, comenzando con las negociaciones para el contrato colectivo de trabajo de 1992-1994 por parte del Sindicato Independiente de Trabajadores de Volkswagen (SITIAVW). Los dirigentes del sindicato firmaron un acuerdo lateral con la compañía para reestructurar las relaciones laborales en las instalaciones de Puebla, permitiendo la introducción de “equipos de trabajo” (*team works*), dentro de la planta, y modificar cualquier cláusula en favor del trabajo “flexible”, a cambio de un relativamente sustancioso aumento salarial. Los trabajadores de Volkswagen comenzaron un proceso de denuncia y movilización buscando destituir a los líderes del sindicato. El movimiento condujo a un paro en la línea de producción. La compañía respondió acudiendo a la Junta de Conciliación y Arbitraje, la rescisión de contratos individuales y del contrato colectivo de trabajo (Becerril, A. 1992).

Los trabajadores que fueron recontratados por la compañía VW, firmaron un documento en el que renunciaban a sus derechos legales de apelar a la decisión de la Junta del Trabajo y fueron obligados a entregar sus identificaciones antiguas, que especificaban su especialización y antigüedad en la empresa. Cuatrocientos trabajadores participantes del Movimiento 20 de Julio pudieron negociar su reincorporación, mientras que otros seiscientos participantes no fueron recontratados bajo el nuevo acuerdo, al igual que los líderes del movimiento de oposición.

En las sombras de las negociaciones del Tratado de Libre Comercio (TLC), la historia de Volkswagen aparece como precursora de lo que estaba por venir. La compañía había logrado su objetivo, el cual era terminar las relaciones laborales en la planta y reabrir las bajo nuevas y completamente diferentes condiciones, con la complicidad de la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje y de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

A mediados de la última década del siglo pasado VW termina transformando radicalmente la naturaleza de sus cadenas de suministro a partir del 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 y el establecimiento de productos estandarizados. Bajo las nuevas condiciones, a la empresa alemana 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 TLC, 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, y finalmente organizada a la 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.

Gracias a la permanente revolución electroinformática de los procesos de automatización industrial y del desarrollo de las redes de comunicaciones y transportes, madura la 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 organiza una compleja pirámide de cadenas de suministro, ordenada en sucesivas filas o escalones, que son articuladas digitalmente y ordenadas al modo de un clúster que gira en torno de la gran empresa ensambladora VW.

La Cadena de Proveeduría completa de VWM en Tlaxcala y Puebla se compone actualmente de siete cadenas de proveedores específicas. Entre ellas se cubre la totalidad de la fabricación de un automóvil. Estas cadenas son: 1) componentes electrónicos, 2) componentes eléctricos, 3) piezas metálicas (incluida la carrocería), 4) piezas de plástico y hule, 5) textiles, 6) componentes químicos y 7) otros (**Figura 1.5**). Cadenas que se dividen en empresas de Nivel 1, 2, 3 y 4 según sus condiciones tecnológicas de operación.³

3 Con base en la clasificación del DENU (INEGI, 2021), se tomó el número de trabajadores como criterio para determinar el tamaño y nivel tecnológico de las unidades económicas y el desarrollo de las unidades económicas: De 0 a 5 trabajadores constituyen pequeños talleres domiciliarios, en donde la fuerza de trabajo fundamentalmente proviene de la misma familia (padres e hijos), por lo que no pueden catalogarse como empresas. Unidades económicas de 6 a 10, de 11 a 30, de 31 a 50 trabajadores las catalogamos como micro o pequeñas empresas que, si bien pueden tener algún nivel de tecnificación, no tienen condiciones tecnológicas para dominar una rama productiva o una región económica. Las unidades económicas de 51 a 100 las entendemos como empresas medianas que tienen cierto tipo de condiciones tecnológicas promedio, pero en una cantidad todavía relativamente pequeña. Las unidades económicas de 100 a 250 trabajadores son empresas que tienen condiciones tecnológicas más avanzadas y en una cantidad mayor que el segmento anterior, por eso las catalogamos como empresas grandes. Sin embargo, son las unidades económicas de 251 o más trabajadores las que entendemos que son las empresas que tienen las condiciones tecnológicas de vanguardia y en la medida suficiente para dominar una rama productiva y/o una región. Hasta cierto punto, la medida de capital de una empresa determina su nivel tecnológico. Una empresa con más capital es una empresa que puede invertir más en investigación y desarrollo tecnológico. Por lo general, los proveedores de Nivel 1 y 2 pertenecen a este último segmento.

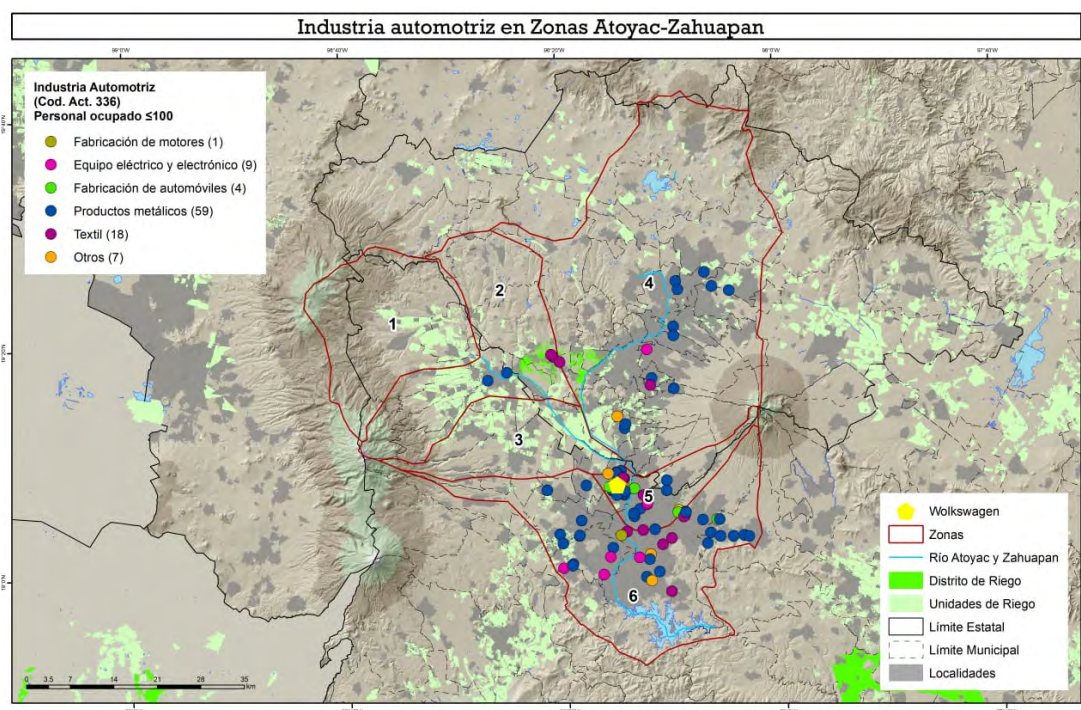


Figura 1.5. Distribución de la industria automotriz en las zonas Atoyac-Zahuapan. Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, CONAHCYT, 2023.

Dentro de estas siete cadenas, la que es estratégica es la primera debido al desarrollo que está teniendo en su conjunto la industria automotriz a nivel mundial.⁴ En la cadena de Electrónica, las tres empresas líderes en la región son: *Sumitomo Electric Bordnetze*, *Grupo Antolin* y *Samvardhana* son las más grandes y líderes a nivel mundial. La primera de ellas fue fundada

⁴ La industria automotriz a nivel mundial está desarrollándose tecnológicamente entendiendo ahora a los autos como una unidad móvil de sistemas integrados que tiende, paulatinamente a la superación de los autos de combustión interna. La electrificación es una tendencia clara en la industria automotriz impulsada por las regulaciones ambientales, la demanda de los consumidores y el desarrollo de nuevas tecnologías, aunque la transición hacia vehículos totalmente eléctricos aún es incierta. El proceso de reconversión de una línea de producción convencional a una de vehículos eléctricos puede tomar entre dos y cuatro años. Vehículos eléctricos de batería, conectividad y digitalización, vehículos eléctricos de pila de combustible y vehículos híbridos eléctricos se han establecido como las tendencias clave más importantes en la industria desde 2017. Con base en ello, cuatro son las líneas de desarrollo tecnológico que está siguiendo la Industria Automotriz a nivel mundial: 1) la electrificación del auto que tenga una movilidad basada en la energía eléctrica y pueda prescindir de los combustibles fósiles. Esto supone, además, lograr la optimización del confort térmico, así como una eficaz tecnología de calentamiento de superficies y una optimización del comportamiento vibro-acústico del automóvil; 2) la digitalización del auto, a partir de sistemas integrales para la distribución de la energía eléctrica, señales e informa a todos los sistemas del auto; 3) el desarrollo de vehículos de conducción autónoma, que supone el desarrollo de sistemas electrónicos y también de una nueva redefinición de espacio y adaptabilidad de la cabina del auto; y por último 4) una nueva movilidad, es decir hacia automóviles de uso compartido, que requieren el rediseño del espacio interior de la cabina. En resumen, las prioridades van hacia la autonomía y la electrificación del auto, así como al incremento de seguridad para mitigar las emisiones y los accidentes. (Thoma Kiwus Ulrich, tomado de Pineda M, 2020)

en 1986 como una empresa común entre Volkswagen AG y Siemens AG bajo el nombre de Volkswagen Bordeze GmbH. En 2006 Sumitomo Electric Industries se hizo cargo de la empresa y adquirió el nombre de *Sumitomo Electric Bordneze* (SEBN). Además de producir los mazos de cables, se encarga de desarrollar el concepto, la construcción y gestión de la cadena de proveedores, así como la construcción de prototipos y verificación de diseños. Le sigue *Grupo Antolin*, empresa de origen español que utiliza fibras naturales como el bambú, así como espumas y adhesivos “verdes”. Para la elaboración de cada tipo de piezas que fabrica, introduce el esquema de economía circular. Establecieron una alianza con BMW para el desarrollo de sistemas completos de iluminación (luces LED con tecnología Roja, Verde y Azul (RGB)). En tercer lugar, está *Samvardhana Motherson Perquform* (SMP), empresa de origen hindú que fabrica arneses de cables, sistemas de visión, iluminación y electrónica. En 1986 realizó una alianza con Volkswagen Bordeze GmbH (ahora *Sumitomo Electric Bordneze*). Además, fabrica módulos y productos poliméricos, módulos y metales de precisión, piezas aeroespaciales y hace investigación en salud y medicina. Originalmente pretendió asentarse en Puebla en los terrenos de Ciudad Modelo, pero por desacuerdos en la compra del terreno se instaló en la frontera con Tlaxcala, del lado tlaxcalteca.

En cuarto lugar, está *Kromberg & Schubert México*, de capital alemán, que manufactura arneses eléctricos y electrónicos, desarrolla y produce sistemas complejos de cableado para la industria automotriz y piezas de plástico y cables personalizados a partir de aluminio. En el lugar cinco se ubica *BURY Tlaxcala*, también de capital alemán, dedicada a la fabricación de dispositivos electrónicos y *gateways* (dispositivos o software que conectan redes o sistemas que usan diferentes protocolos de comunicación), inyección de plástico, dispositivos de manos libres y sistemas de navegación, interfaces multimedia, soportes para teléfonos móviles e inyección de plástico. Por último, en sexto lugar, está *Kathrein Mobilcom México*, empresa de origen germano presente en Tlaxcala desde 2015 y dedicada a la producción de sistemas de antenas automotrices para comunicaciones móviles (4G, 5G). Estas seis empresas están clasificadas como Tiers (Nivel) 1, por el proceso de producción que desarrollan.

Los impactos ambientales de VWM no se limitan a su producción o a las emisiones de su planta en Puebla, ya que decenas de empresas a su alrededor son sus proveedoras, empresas cuya actividad gira en torno a la demanda de Volkswagen, por tanto, los impactos sociales y ambientales de estas otras empresas deberían de ser contabilizados dentro de la huella ambiental y social de Volkswagen como partícipes de la totalidad de su cadena de suministro (#ToxiTourMéxico, 2020).

La producción de un solo automóvil consume, según datos de la propia planta, 2,720 litros (Gutiérrez Rodríguez, 2021); cantidad bastante menor de la que reportaba el Atlas Mundial del Agua (2009) que oscilaba en torno a los 400 mil litros de agua por unidad, dependiendo del tamaño del vehículo producido. 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, pero -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 cadenas 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

La planta de Volkswagen en Cuautlancingo, Puebla -hasta antes de la pandemia- producía más de 460 mil vehículos de enero a septiembre, no contabilizando sábados y domingos, ni los periodos vacacionales, ni los “paros técnicos” que había establecido la propia empresa. Cada minuto, los más de 7 mil obreros sindicalizados fabricaban -en promedio- un vehículo, es decir, producían por hora alrededor de 64 automotores, mil 545 unidades al día y al mes 38 mil 637 autos. Por trabajador, esto equivale a 49 unidades (de enero a septiembre) o a 5.5 unidades por mes (Martínez A., 2019). VW exportaba cerca del 80 % de su producción (Volkswagen, 2017). Después de la pandemia, la magnitud de ensamblaje disminuyó 347 mil unidades y se exportaba el 70 %, la mayor parte (67 %) a Estados Unidos (Hernández Miguel, 2022). En 2022 VW y Audi, en conjunto, incrementaron sus exportaciones de vehículos ligeros, a pesar de la escasez de semiconductores.

Mauricio Kuri Curiel, director de Comunicación Corporativa de VW México, declaró: “Desconozco los volúmenes [de extracción de agua], pero sí te puedo decir que están muy por debajo de los permisos que tenemos con la autoridad, no estamos ni siquiera al 70 por ciento de los permisos que tenemos en el consumo de agua y hemos reducido el consumo de agua de manera muy importante en los últimos años. Volkswagen es un referente a nivel mundial por la forma en que ha disminuido la utilización del vital líquido por cada vehículo manufacturado” (Gutiérrez Rodríguez, 2021).

En términos de consumo de agua, equivale a 1,251 millones 200 mil litros al año. La fabricación de un automóvil, en general, se divide en 8 etapas: Prensa, Ensamblaje, Pintura protectora de corrosión, Pintura acabado final, Instalación del motor, Montaje, Revisión de pista y Prueba de lluvia. Las etapas que más consumen agua son las dos de pintura. ¿Cómo se ha logrado tal reducción? Habría que voltear a ver a los proveedores de la cadena, herramienta organizativa laboral desarrollada durante el neoliberalismo, la cual sirve para borrar la huella hídrica de la empresa armadora.

Por otro lado, el encubrimiento a la industria, con el pretexto de que es generadora de empleo e importadora de tecnología en un país “atrasado”, no tiene validez para las comunidades afectadas. En todo el país la industria genera menos del 30 % del empleo, y en Puebla y en Tlaxcala sólo el 16 % (#ToxiTourMéxico, 2020). Y aunque el nivel de empleo ha crecido por las inversiones extranjeras en este sector, la remuneración de los asalariados desciende de manera notable (Covarrubias, 2014). Como ya se señaló líneas arriba, la brecha salarial entre

países no sólo se ha mantenido, sino que se ha incrementado, ya que el avance explosivo de la IA en México trasladó una porción mayor de las ganancias a los países de origen de los corporativos, en detrimento de lo que los trabajadores perciben. En 1994, los salarios en las empresas armadoras en Estados Unidos y Canadá eran 5.4 y 5.1 veces mayores que los salarios en México; en 2016, dicha razón de salarios se incrementó a 9.1 y 8.4. La misma situación se presenta en la industria de partes automotrices, donde un trabajador mexicano ganó 7.8 % de lo que gana un trabajador canadiense y sólo 8.4 % de un trabajador estadounidense (U.S. Census Bureau, 2017; Statistics Canada, 2017 tomado de Colmex, 2017: 2).

1.3. Impacto ecológico territorial de la actividad industrial

En esta tercera parte se presenta, inicialmente, un estudio integrado de las seis zonas definidas por la Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes, 2011, realizada por la CONAGUA, en donde se ofrece un amplio análisis comparativo de las concentraciones máximas promedio para once metales pesados presentes en la Cuenca alta. Posteriormente se ofrece, en un segundo momento, el estudio del mismo documento para los mismos metales pesados, pero detallado solo para la zona cuatro, que es la que abarca al río Zahuapan. En tercer lugar, se muestra un análisis a los resultados de los muestreos de 2012 a 2020 en el marco de la Declaratoria de Clasificación 2011 para el río Atoyac y sus afluentes que muestra comparativo de los valores máximos y mínimos de DQO registrados por la RENAMECA y su contraste contra la meta de 40 mg/L para cada punto de muestreo en las seis zonas. Ambos análisis se realizaron cubriendo toda la Cuenca de estudio, en donde se establecieron 73 puntos de muestreo: 47 en la zona del río Atoyac y 24 en la zona del río Xochiac o Hueyapan, también conocido como río Zahuapan. La distribución de estos puntos de muestra es la siguiente: para la zona 1, San Matías Tlalancaleca, dos sitios de muestreo, para la zona 2, San Martín Texmelucan, once sitios de muestreo; para la zona 3, Nativitas, ocho sitios de muestreo. Para la zona 4, San Jacinto (río Zahuapan), veinticuatro sitios de muestreo; para la zona 5, Cuautlancingo, tres sitios de muestreo, y, finalmente, para la Zona 6, Puebla, veinticinco sitios de muestreo (véase **Figura 1.6**).

Con dichos puntos se abarcan los afluentes provenientes de los volcanes Iztaccíhuatl y Tláloc que dan origen al río Atoyac, incluyendo a los ríos Cotzala, Xochiac y Metlapanapa, además de los que provienen de la Sierra Norte, el Macizo Tlaxcalteca y el volcán La Malinche, entre ellos el arroyo Capuente, el río Zahuapan con sus afluentes y el río Alseseca. Dicha red hidrológica recibe los impactos asociados con los núcleos urbano-industriales de San Martín Texmelucan, Apizaco, Tlaxcala y Puebla, además del Distrito de Riego 056. La región cuenta con dos presas importantes: la de Atlanga, en la cabecera del río Zahuapan, y la de Valsequillo en el punto más bajo, de donde se reparte el agua para riego del Distrito 030 y otra parte se

desvía a través del canal y túnel de Portezuelos hacia la comunidad de Emilio Portes Gil, en la Cuenca del río Nexapa.

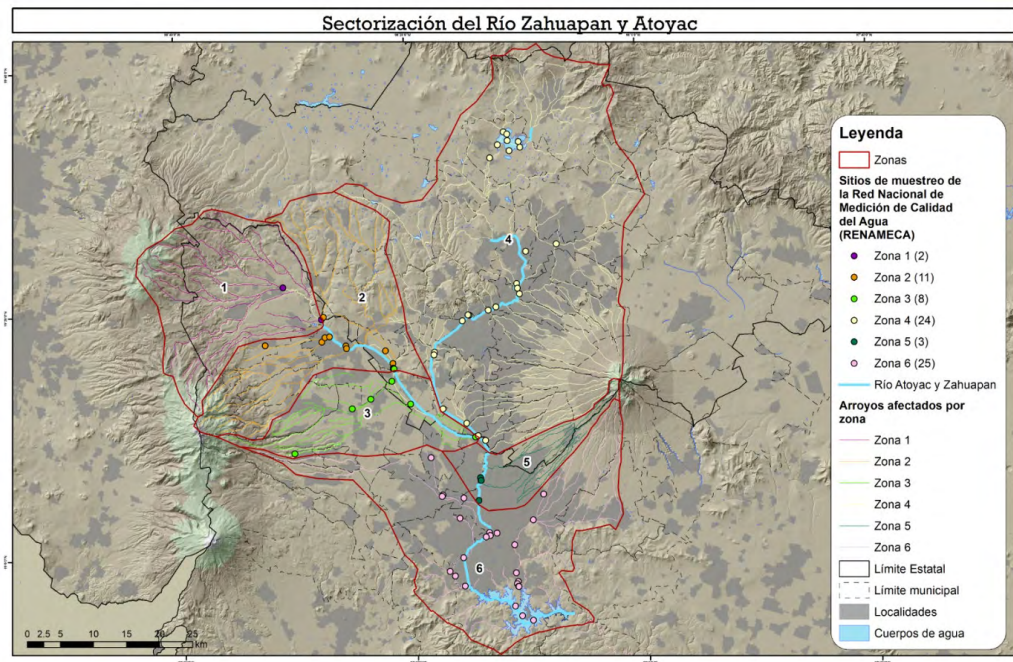


Figura 1.6. Sectorización del Río Zahuapan y Atoyac. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, CONAHCYT (2023), con datos del DOF, 06/07/2011

Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes, 2011. Análisis comparativo de las seis zonas

En 2011, la CONAGUA emitió la “Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac, Xochiac o Hueyapan y sus afluentes”, considerando que las aguas de éstos han sufrido alteración en su calidad con motivo de las descargas de aguas residuales provenientes de procesos industriales y asentamientos humanos, que vierten materia orgánica, sólidos suspendidos totales, nutrientes, metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos, entre otros, más contaminación microbiológica. El estudio de clasificación del Alto Atoyac subdivide la Cuenca en seis zonas, tal y como se puede apreciar en la **Tabla 1.1**.

Tabla 1.1: Clasificación de la Cuenca del Alto Atoyac en seis zonas

No.	Zona	Delimitación	Características
1	San Matías Tlalancaleca	1.4 km aguas arriba de la descarga municipal Santa Rita Tlahuapan hasta antes del río Atotonilco.	Longitud de la zona 12.90 km. Recibe 0.63 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 273 l/s.
2	San Martín Texmelucan	Antes del río Atotonilco hasta antes de la confluencia del río Xochiac.	Longitud de la zona 17.75 km. Confluencia del río Atotonilco y barranca Cruztitla por la margen izquierda y de los ríos Chiquito y Coztala por la margen derecha. Recibe las aguas residuales de San Martín Texmelucan y el Colector Industrial Quetzalcoatl. Recibe 12.91 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 704 l/s.
3	Nativitas	Antes de la confluencia del río Xochiac hasta la estación hidrométrica San Jacinto, antes de la confluencia del río Zahuapan.	Longitud de la zona 16.73 km. Confluencia por la margen derecha de los ríos Xochiac, Xopanac y Tlalapac. Recibe las aguas residuales del Colector Industrial El Carmen. Recibe 12.81 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 1,872 l/s.
4	San Jacinto	Desde la estación hidrométrica San Jacinto antes de la confluencia del río Zahuapan hasta 1.70 km después de la barranca Atlapitz.	Longitud de la zona 5.51 km. Confluencia del río Zahuapan y de las barrancas Tenexac y Atlapitz por la margen izquierda. Recibe las aguas residuales del Colector Panazaco. Recibe 3.74 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 2,208 l/s.
5	Cuautlancingo	1.70 km después de la barranca Atlapitz hasta Puente México.	Longitud de la zona 8.21 km. Recibe las aguas residuales de la planta de tratamiento Barrancas del Conde de la ciudad de Puebla y de los colectores 5 de mayo y del Parque Industrial Santa Ana San Lorenzo. Recibe 7.95 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 2,985 l/s.
6	Puebla	Desde Puente México hasta la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo).	Longitud de la zona 23.87 km. Confluencia del río Atoyac con la barranca Hueyapan y del río San Francisco por la margen izquierda. Recibe las aguas residuales de los colectores del sur de la ciudad de Puebla. Incluye las aguas residuales de la zona industrial. Recibe 28.36 toneladas al día de materia orgánica medida como demanda bioquímica de oxígeno. Caudal de 3,883 l/s.

Fuente: DOF (2011).

A continuación, se presenta un análisis comparativo de las concentraciones máximas promedio para los años 2012 a 2014 y 2015 a 2020, así como su referencia contra las metas del plazo 2 (1 de enero de 2015), plazo 3 (1 de enero de 2030) y la carga reportada en la Declaratoria de 2011 para cada Zona. Se especifica también el caudal reportado por la Declaratoria 2011 para efectos de comparar el aporte total de cada Zona. Una parte importante del caudal de la Zona 2 es derivada al riego del DR 056 y parte del excedente se incorpora en los caudales de Zona 3 y Zona 4, por lo que también los contaminantes de la Zona 2 se incorporan en las zonas mencionadas. La Zona 5 puede explicarse a partir del asentamiento industrial automotriz y sus descargas se transfieren hacia la Zona 4 y la Zona 6. Se trata de la zona más importante a observar y a regular de toda la CAA. La Zona 6 presenta el acumulado de contaminantes no asimilados en las zonas anteriores más los que genera la actividad de su propia planta industrial.

Como se muestra en la **Tabla 1.2**, la **Zona 1** comienza siendo una zona muy poco contaminada y es de hecho considerada, en la Declaratoria de 2011, como la zona de referencia para la Cuenca del Alto Atoyac. Puede observarse, sin embargo, que prácticamente todos los elementos medidos han incrementado su concentración a partir de la reportada en la Declaratoria de 2011, con excepción del arsénico. Actualmente es una zona que incumple en los valores máximos promedio, la meta de calidad de 2015 para cadmio, mercurio, aluminio, hierro y manganeso, y que, rumbo a 2030, está en incumplimiento; adicionalmente en cromo y en valores puntuales para plomo y cobre (se observa por el valor de la desviación estándar). Esta es una situación preocupante pues puede estar reflejando la llegada de procesos altamente contaminantes (aunque no necesariamente la actividad industrial completa) que estén migrando de otras zonas de la Cuenca o que se han instalado nuevos procesos que no se tomaron en cuenta la Declaratoria de Calidad y que han terminado por revertir la ubicación de la zona como sitio de referencia.

Tabla 1.2: Análisis Zona 1. San Matías Tlalancaleca. Caudal aportado 273 litros por segundo (lps). Cabecera de cuenca donde nace el río Atoyac. Área rural de población dispersa, principalmente de agricultura de temporal.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	130.0
Datos DOF 2011	2.54	0.42	2.54	0.0	1.27	78.86	2.97	93.27	24.17	16.78	21.20
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	140	60.0	390.0	110.0	600.0	140.0
máxima promedio 2012-2014	-	5	19.67	1	16	26,178	34.5	9,142	270.75	32	30.67
desviación estándar	-	-	15.53	-	9.54	36,187	36.06	12,962	258.83	36.65	34.08
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	110.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	-	7.33	74.25	1.5	18.83	3,613	26.5	5,523	188.93	22.7	90
desviación estándar	-	2.08	172.22	0.84	11.66	4,080	31.29	13,985	314.46	36.35	110.62

* µg/L, microgramos por litro o partes por billón (ppb). As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

En la **Tabla 1.3** podemos observar que, para el momento de la Declaratoria, en la Zona 2, San Martín Texmelucan sólo la concentración de zinc total tenía un valor por encima de la meta de calidad de 2011, el cual se corrige notablemente para las metas 2015 e incluso 2030. Otros elementos cuya concentración sigue a la baja son el níquel, el cobre y el arsénico, mientras que el mercurio, el cromo y el plomo parecen mantenerse cumpliendo sólo de manera marginal en los promedios, pero rebasando en los valores máximos. Por otro lado, el cadmio, el manganeso, el aluminio y el hierro pasaron de estar en cumplimiento en 2011 a rebasar por más del doble e incluso hasta por dos órdenes de magnitud las metas de calidad. Este es un comportamiento muy peculiar que sugiere que la actividad industrial ha ido en incremento en esta zona y que, aparentemente, han sido procesos que no estaban instaurados

anteriormente, como sugiere el drástico incremento del aluminio, el hierro y el manganeso, todos metales comunes en aleaciones de la industria automotriz, por ejemplo. En general, no parece que se hayan aplicado medidas efectivas para el control de las emisiones de metales, con pocos procesos controlados o eliminados de la zona, como los que involucran el zinc, el níquel, y el arsénico. Es conveniente mencionar que una parte del caudal total de esta zona es desviado al Distrito de Riego (DR) 056 a través del Canal Buenos Aires, parte del cual se trasvasa a la subcuenca del Zahuapan y una parte retorna a la misma zona, a través de los arroyos rectificadores que funcionan como canales, quedando incluido en este análisis uno de los puntos de la Zona 3 por tener total correspondencia con el DR 056.

Tabla 1.3: Análisis Zona 2. San Martín Texmelucan, Puebla. Caudal aportado 431 lps. Predomina la industria química y petroquímica. Se deriva una parte al canal principal para el DR 056.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	30.61	3.49	43.23	1.34	26.05	246.52	43.77	752.99	84.05	168.91	180.46
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	70.0	60.0	440.0	100.0	600.0	150.0
máxima promedio 2012-2014	7.4	7.5	30.7	1.1	28.1	11,931	30.9	5,730	381.0	31.7	66.5
desviación estándar	2.67	2.8	43.12	0.34	44.14	30,107	45.29	14,879	483.3	31.15	98.01
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	8.3	11.3	30.7	1.3	14.2	3,305	13.9	2,304	197.2	12.9	52.6
desviación estándar	4.03	12.62	37.01	0.98	11.37	10,432	17.56	6,594	168.31	14.06	54.45

*µg/L, microgramos por litro o ppb. As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

La **Tabla 1.4** muestra que la Zona 3, Nativitas ha tenido un comportamiento ligeramente distinto, ya que, con relación a los valores de 2011, cuando todos los parámetros estaban dentro de los límites, todos los elementos han ido en incremento. El caso es particularmente grave para el cadmio, el mercurio, el aluminio, el hierro y el manganeso que, al igual que en la zona anterior, han rebasado el valor límite de la meta de calidad para 2015 y 2030, pero es igualmente preocupante en el caso del cromo, el plomo, el cobre y el zinc que, contrario a la Zona 2, han incrementado y rebasado el límite en mediciones puntuales. Es de llamar la atención que estos últimos elementos en la Zona 2 se han mantenido relativamente estables o incluso han disminuido, sugiriendo que los nuevos procesos instalados en los recientes parques industriales de la Zona 3, y que involucran estos elementos, “hayan sustituido a...” o se hayan desplazado a la Zona 2.

Tabla 1.4: Análisis Zona 3, Nativitas, Tlaxcala. Caudal aportado 1,168 lps. Predomina la industria química, textil, de autopartes y siderúrgica. Se ubica un área importante de riego, una pequeña parte correspondiente al DR 056 y el resto a Unidades de Riego y regantes particulares.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	1.49	0.30	4.16	0.20	2.48	130.51	4.26	277.06	19.52	16.65	14.96
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	2.0	30.0	50	60.0	500.0	100.0	600.0	180.0
máxima promedio 2012-2014	9.4	16.0	39.4	5.6	26.1	13,580	24.3	7,491	421.1	32.7	61.2
desviación estándar	3.39	2.64	68.19	13.84	36.56	21,763	14.91	12,370	304.2	28.22	43.9
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	10.4	11.6	37.7	1.2	17.2	9,413	27.8	2,612	425.2	21.1	116.5
desviación estándar	4.01	10.47	34.49	0.67	13.05	35,287	41.89	2,569	371.66	25.67	162.2

*µg/L, microgramos por litro o ppb. As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

En la **Tabla 1.5** puede observarse que la Zona 4 ya presentaba problemas de cumplimiento para el mercurio y el cobre, además de valores muy altos para el aluminio y relativamente altos para el arsénico. Es pertinente recalcar que esta zona, que corresponde al río Zahuapan, no está en la continuidad hidrológica de las zonas 1, 2 y 3, por lo que no carga con el arrastre acumulado de las concentraciones que sí se observa en las zonas del Atoyac. Sin embargo, al igual que en las zonas del Atoyac, se puede notar que su cumplimiento tiende a empeorar en el cadmio, el cromo, el mercurio, el plomo, el aluminio, el hierro, el manganeso y marginalmente en el zinc, destacando considerablemente los valores puntualmente elevados para el cadmio, el cromo, el aluminio y el hierro. Estas observaciones sugieren que una de las zonas que más procesos industriales nuevos ha sumado a su territorio es Tlaxcala, ya sean procesos desplazados de las otras zonas del Atoyac, procesos recién instalados en la región o incrementos en la capacidad y diversidad de producción de las industrias ya instaladas. Al igual que la Zona 2, esta zona también abastece de riego al DR 056, principalmente por derivaciones del río Zahuapan y el Totolac, y recibe parte de las aguas de trasvase del Canal Buenos Aires de la Zona 2, por lo que parte de los contaminantes transportados en este trasvase entran a la dinámica de la Zona 4. Otro rasgo que destacar de esta zona son los tiraderos o rellenos, que con el tiempo se han visto rebasados en su capacidad de manejo y no todos cuentan con un manejo seguro ambientalmente.

Tabla 1.5: Análisis Zona 4, San Jacinto (Zahuapan)^{5*}. Caudal aportado 336 lps. Predomina la industria pesada siderúrgica, metalúrgica, metalmecánica y de cerámicos. Se ubica parte del DR 056 y las principales zonas urbanas de Tlaxcala.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	35.8	3.1	35.48	1.03	21.36	3,789	128.1	378.9	379.6	151.9	100.5
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	320	60.0	340.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2012-2014	9.19	25.3	58.66	1.56	81.44	23,485	44.6	4.6x10⁵	484.0	52.05	57.9
desviación estándar	4.55	38.46	52.89	0.82	95.0	36,839	44.9	1.5x10⁶	346.8	42.39	49.7
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	10.0	14.99	80.30	1.91	16.40	2,647	17.77	1,740.1	296.8	26.5	69.4
desviación estándar	5.02	24.83	125.0	3.2	15.07	3,225	18.23	1,840.6	246.3	21.75	72.5

*µg/L, microgramos por litro ó ppb. As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

La **Tabla 1.6** muestra los resultados de los análisis del pequeño sector que comprende la Zona 5, básicamente en el corredor industrial FINSA. Esta zona tiene un comportamiento muy especial ya que se observa que, aún y cuando se cumplieran las metas de 2011, para la meta de cumplimiento de 2015 (periodo 2012-2014) sólo el níquel y el zinc disminuyeron mientras que el resto superó el límite, con excepción del arsénico que, aunque subió al doble, no alcanzó su valor límite. Lo más interesante es que para el periodo 2015-2020, los valores de arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, cobre, manganeso y níquel están a la mitad o menos de su valor que en el periodo anterior y parece muy plausible que pronto logren el cumplimiento de la meta de calidad fijada para 2030. Este comportamiento es muy peculiar pues parece que hacia 2015 se contaba con una alta actividad contaminante que se redujo hacia el periodo 2015-2020, pero a la par que se incrementaron los procesos contaminantes en las demás zonas, especialmente la 3 y la 4, pero sin dejar fuera a la Zona 6. No es difícil sugerir que descargas y/o procesos contaminantes de las grandes empresas radicadas en Cuautlancingo se hayan transferido a las tres zonas recién mencionadas, independientemente de que hayan aplicado otras medidas de control de la contaminación. Se trata de un ejemplo claro y preciso del mecanismo de “cadena de proveeduría” que aplica, en primer lugar, la industria automotriz, pero no es la única (véanse **Figuras 1A.1, 1A.2, 1A.3, 1A.4, 1A.5 y 1A.6** en el **Anexo 1A**). Este mecanismo, diseñado durante el neoliberalismo, sirve para borrar la huella ecológica o hídrica, de las grandes empresas. Sin embargo, el aluminio y el hierro —que representan muy bien al sector de metales para

5 Esta zona, para efectos de estudio, la subdividimos en cinco subzonas. El análisis puntual de éstos se puede apreciar en los Anexos

autopartes y armadoras— sigue presentando valores muy altos y, de hecho, los más altos para el periodo 2015-2020, superando por mucho los niveles de las zonas 3 y 4 (por más del valor de la adición de sus concentraciones máximas promedio), a pesar de que éstas cuentan con industria siderúrgica y metalmecánica. El manganeso, por su parte, sí parece responder a la carga acumulada que proviene de la confluencia de las Zonas 3 y 4.

Tabla 1.6: Análisis Zona 5, Cuautlancingo. Caudal aportado 777 lps. Predominan las cabezas de sector de la industria química, de autopartes y armadora VW. Comprende una pequeña parte conurbada de la Zona Metropolitana de Puebla

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	4.92	2.68	28.45	0.3	19.81	3,113.2	28.3	1,722.6	135.7	99.5	66.88
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	190	60.0	320.0	120.0	600.0	120.0
máxima promedio 2012-2014	8.9	10.3	67.2	4.2	58.4	3,897	85.5	11,774	827.3	50.5	60.5
desviación estándar	1.96	9.17	48.91	4.99	40.14	-	101.11	9,611	304.2	33.43	2.12
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	110.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	5.7	4.7	34.7	1.1	11.1	14,191	23.6	9,105	392.9	24.4	94.3
desviación estándar	1.41	2.08	25.75	0.35	4.21	23,985	12.85	13,107	172.49	12.79	127.5

*µg/L, microgramos por litro ó ppb.

En la **Tabla 1.7** podemos observar que la **Zona 6 Puebla** es la que estaba en las peores condiciones de calidad del agua al momento de la Declaratoria de 2011. Con excepción del arsénico y el níquel, los demás metales rebasan por lo menos dos veces el valor de la meta de calidad para ese año. Pero para el periodo 2012-2014, no se observan los drásticos incrementos que sí se observan en el resto de la Cuenca. Más bien, esta zona refleja parte del escenario que le aporta (por arrastre) la Zona 5. Para el periodo 2015-2020 es posible notar que, aunque el escenario parece ir a la mejora —en parte por la mejora con la que contribuye la Zona 5—, aún hay procesos propios de esta zona que siguen impactando negativamente a la calidad del río. A diferencia de lo que se observa en las zonas 1, 2, 3 y 4, la Zona 6 no parece haber incrementado sus procesos contaminantes sino más bien ha mantenido prácticamente los mismos, con ciertas mejoras en los valores de arsénico, cromo y plomo, que son los que se observan en incremento en las otras zonas del Atoyac y el Zahuapan, con excepción de la Zona 5. Los valores de aluminio y hierro, por su parte, parecen reflejar más bien el fuerte impacto que le aporta por arrastre la Zona 5.

Tabla 1.7: Análisis Zona 6. Puebla. Caudal aportado 898 lps. Área urbano industrial de Puebla, incluyendo las Cholulas, el centro de Puebla y el río Alseseca.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	35.83	8.51	106.46	2.96	63.8	2,435.9	139.07	863.54	257.9	425.59	255.45
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	320	60.0	340.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2012-2014	7.47	10.62	36.11	1.41	79.94	1,598	23.80	1,549	398.0	47.69	110.33
desviación estándar	2.22	6.26	43.14	0.78	82.68	2,475	15.16	1,858	441.8	62.33	78.49
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	7.84	8.46	41.50	1.36	23.59	2,397	16.53	1,994	268.8	31.04	79.28
desviación estándar	3.57	8.44	40.48	1.05	40.26	4,960	11.17	4,007	199.1	42.44	49.25

*µg/L, microgramos por litro o ppb. As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

Análisis de cumplimiento a la Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes, 2011. Detalle específico de la Zona 4, San Jacinto (río Zahuapan)

La zona 4 corresponde a la incorporación del río Zahuapan, que comprende 24 puntos de muestreo desde la presa de Atlangatepec hasta su confluencia con el río Atoyac. En la Declaratoria de clasificación se especifica que el río Atoyac, en esta zona, tiene un caudal estimado de 2,208 lps, de los cuales 1,872 lps corresponden al gasto aportado por la zona 3, por lo que el aporte total de los afluentes de la zona 4 es de 336 lps, aproximadamente 29,030.4 m³ diarios o 10,596.09 hm³ anuales.

Para el análisis e interpretación de los resultados de esta zona se usaron todos los puntos de muestreo para organizarla en una regionalización propia que reconoce cinco sectores o subzonas, de acuerdo con: los afluentes que se incorporan, sus características fisiográficas y las actividades socioeconómicas que ejercen el principal impacto sobre la calidad del agua. Estos sectores o subzonas se agruparon también con base en los resultados de la calidad del agua, ya que ésta resultó reiterativa en ciertos afluentes para algunos contaminantes, los cuales están siendo cotejados con los reportes del RETC, del Registro Público de Derechos de Agua (REPGA) y del DENUA para distinguir las posibles fuentes.

El primer sector o subzona 4.1 **Tlaxco: Presa de Atlanga y cabecera del río Zahuapan** presenta lomeríos y valle agropecuario, principalmente de temporal, con poblaciones rurales, un parque industrial (Ciudad Industrial Xicohtécatl III - Tlaxco), un relleno sanitario/

tiradero y la Base Aérea Militar No 9. Es la cabecera del río Zahuapan en la Sierra de Tlaxco, cuyo rasgo más sobresaliente es la presa de Atlangatepec. En él hay ocho puntos de muestreo.

El segundo sector o subzona 4.2 es **Apizaco: Río Zahuapan y los afluentes Atlixteca y Texcalac-Atenco**. Se trata de un espacio de relieve accidentado entre la ladera norte de La Malinche, el complejo volcánico de Coaxapo, el sur de la Sierra Norte de Puebla y el flanco oriental del Macizo de Tlaxcala. La actividad agrícola es principalmente cereales de temporal y forrajes; la ganadería incluye vacunos y ovinos. Hay una fuerte presencia de industria pesada de los giros químicos, metales y alimentos, donde destacan Simec, Polaquimia, Iquisa, Doe Química, Kimberly-Clark, Coca-Cola y Sigma-Alimentos. Destaca el núcleo urbano de la ciudad de Apizaco y un Taller Sistemal ferroviario para el desarmado de vagones de ferrocarril. En este sector hay cinco puntos de muestreo.

El tercer sector o subzona 4.3 **Tlaxcala: Río Zahuapan, afluente Los Negros y otros afluentes** es espacio de relieve accidentado por donde escurre el río Zahuapan entre el Macizo de Tlaxcala y La Malinche, ahí se asienta la mancha urbana de la ciudad de Tlaxcala. La actividad industrial se concentra principalmente en el giro textil y alfarería. La actividad agrícola es de temporal y en zonas de pendiente. Aquí hay cuatro puntos de muestreo.

El cuarto sector o subzona 4.4 **DR 056: Río Zahuapan y afluente río Texcalac** incluye al Distrito de Riego 056 Panotla-Nativitas, que se encuentra ubicado en un valle agrícola del río Zahuapan que parte del flanco sur del Macizo de Tlaxcala hasta antes de la confluencia con el río Viejo. La principal actividad es la agricultura de riego y ganadería lechera. Las poblaciones son de tipo rural y destaca la presencia de un tiradero a cielo abierto emplazado, al norte del DR, así como la 23ª Zona Militar. Aquí hay cuatro puntos de muestreo.

Por último, el quinto sector o subzona 4.5 **Papalotla: Río Zahuapan, afluente río Viejo y confluencia con el río Atoyac**. Se trata de un espacio entre la ladera oeste del volcán La Malinche y el río Viejo, abarcando desde Acuitlapilco y Tlaltelulco hasta Papalotla. Incluye un continuo de poblaciones suburbanas y corredores con industria de autopartes, química, textil, metalmecánica, eléctrica/electrónica y al menos cuatro plantas industriales de mobiliario de cerámica sobre las carreteras, que conectan la ciudad de Puebla con la ciudad de Tlaxcala. La agricultura es de temporal sobre la ladera y de riego alrededor del río Viejo. Cuenta con solo tres sitios de muestreo.

Para cada punto de muestreo se recuperaron todos los resultados de los análisis de la concentración total de los elementos tóxicos arsénico, cadmio, cromo, mercurio y plomo, así como los de aluminio, cobre, hierro, manganeso, níquel, selenio y zinc, todos ellos incluidos en el estudio de clasificación y en las metas de calidad de agua para el plazo 3 especificadas en la Declaratoria de 2011. Los datos de cada punto de muestreo se subdividieron por semestre y se registró el valor máximo de cada uno, así como el promedio de valores máximos para

hacer el comparativo entre sectores. Los resultados se tienen a partir del segundo semestre de 2012 y hasta el segundo semestre de 2020 y no son homogéneos en cuanto a sitios de muestreo, número de muestreos y parámetros analizados, ya que para algunos semestres, sitios y parámetros se cuenta con menos información.

En la **Tabla 1.8**, se observa que ninguno de los parámetros muestra una disminución con respecto a la fecha, es decir, no es evidente ningún efecto favorable a partir de las medidas correctivas que se hubieren tomado desde la Declaratoria y derivado de los Planes de Acciones de Saneamiento. La división por semestre, sin embargo, sí evidencia algunos comportamientos que pudieran relacionarse con el arrastre de contaminantes por la escorrentía, especialmente en el río Totolac (antes de la confluencia con el río Zahuapan), en el sector 4.4 DR 056, donde se ubica un tiradero a cielo abierto y la Zona Militar y cuyos escurrimientos atraviesan el distrito de riego. Ahí se recupera parte de la red de canales y arroyos del norte del valle y sur del Macizo. Este sector es el más importante en términos de contaminación en toda la zona del Zahuapan. Obsérvese las cantidades para el Hg, Al, Fe Mn y Zn. En la siguiente tabla se muestra el resumen de los valores reportados organizados para cada sector y mostrando el valor máximo absoluto y el máximo promedio del total de los 17 semestres medidos, contra la meta de calidad especificada en la Declaratoria 2011 para el plazo 3 (año 2030). En esta **Tabla 1.18** y en la siguiente (1.19), los valores resaltados en negrita son las cantidades que se disparan del promedio general de cada renglón y columna.

Tabla 1.8: Concentraciones máxima absoluta y máxima promedio de metales y arsénico en cada Sector de la Zona 4 obtenida con datos del Río Zahuapan

Parámetro (µg/L)		4.1 Tlaxco		4.2 Apizaco		4.3 Tlaxcala		4.4 DR 056		4.5 Papalotla	
simbolo	Meta 2030	Máx abs	Máx Prom	Máx abs	Máx Prom	Máx abs	Máx Prom	Máx abs	Máx Prom	Máx abs	Máx Prom
As	50.0	8.0	6.55	23.2	10.25	13.0	8-86	17.3	11.6	23.4	9.57
Cd	4.0	120.0	42.38	91.4	21.45	8.7	5.7	87.9	26.98	12.7	7.07
Cr	50.0	296.58	55.6	247.34	88.31	144.91	56.38	178.4	53.91	865.75	118.43
Hg	1.0	1.9	0.97	7.0	2.87	4.8	1.43	14.84	2.48	2.0	1.02
Pb	30.0	142.0	56.06	370.0	60.56	217.0	38.86	48.05	22.57	172.0	33.41
Al	50.0	s.d.	s.d.	76,320	9,195	7,431	1,834.4	101,000	11,919	40,390	5,483
Cu	50.0	s.d.	s.d.	121.4	21.51	28.0	15.72	108.8	23.9	144.0	36.8
Fe	300.0	s.d.	s.d.	5,064.4	1,241.8	10,000	1,843.6	5.5x10 ⁶	461,707	29,970	4,595
Mn	100.0	s.d.	s.d.	589.3	184.3	211.8	149.8	1,388.7	638.9	800.6	401.3
Ni	600.0	159.0	33.22	153.10	43.68	79.6	25.73	97.23	33.20	88.0	33.67
Zn	120.0	s.d.	s.d.	268.0	79.54	107.4	60.28	305.5	59.15	252.79	71.25

As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

Las metas de calidad de agua se refieren a la máxima concentración aceptable en los resultados de las muestras obtenidas de los sitios de muestreo en el sistema fluvial y no a los límites máximos que deben cumplir las descargas, ya que éstos últimos los fija las NOM-001 o, en su caso, las condiciones particulares de descarga que hubiere fijado la autoridad competente.

Para evaluar el cumplimiento de la meta de calidad se obtuvo el cociente del valor máximo de cada semestre respecto a la concentración fijada en la Declaratoria. De los valores máximos de cada semestre se obtuvo también la concentración máxima promedio para cada sector, lo que ayuda a entender el comportamiento del contaminante en cuestión para cada sector.

Tabla 1.9: Comparativo de las concentraciones máximas promedio de los elementos mostrados para los años 2012 a 2014 y 2015 a 2020 y su referencia contra las metas del plazo 2 (1 de enero de 2015), plazo 3 (1° de enero de 2030) y la carga reportada en la Declaratoria de 2011 para la Zona 4.

µg/L	As	Cd	Cr	Hg	Pb	Al	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Meta 2011	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	n.e.	60.0	n.e.	n.e.	600.0	120.0
Datos DOF 2011	35.8	3.1	35.48	1.03	21.36	3,789	128.1	378.9	379.6	151.9	100.5
Meta 2015	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	320	60.0	340.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2012-2014	9.19	25.3	58.66	1.56	81.44	23,485	44.6	4.6x10⁵	484.0	52.05	57.9
desviación estándar	4.55	38.46	52.89	0.82	95.0	36,839	44.9	1.5x10 ⁶	346.8	42.39	49.7
Meta 2030	50.0	4.0	50.0	1.0	30.0	50.0	50.0	300.0	100.0	600.0	120.0
máxima promedio 2015-2020	10.0	14.99	80.30	1.91	16.40	2,647	17.77	1,740.1	296.8	26.5	69.4
desviación estándar	5.02	24.83	125.0	3.2	15.07	3,225	18.23	1,840.6	246.3	21.75	72.5

*µg/L, microgramos por litro ó ppb.

En la **Tabla 1.9** se puede observar el comparativo de las metas de calidad fijadas en la Declaratoria del 2011 contra las concentraciones máximas promedio registradas en cada periodo de tiempo. Las metas de calidad se fijaron en tres plazos: el Plazo 1 corresponde al cumplimiento inmediato, ya que el mismo documento define que este plazo se refiere al cumplimiento de la normatividad aplicable a todas las descargas que afectan al sistema fluvial. Para tener un punto de partida en el análisis de los datos del monitoreo de 2012 a 2020 y conocer el comportamiento de la concentración máxima de los metales con respecto al tiempo, se usaron los propios datos de la Declaratoria de 2011 para obtener la concentración inicial; a saber, la primera tabla de ese documento, donde se especifica el caudal para cada una de las zonas y de dónde se obtuvo el volumen por día para la Zona 4. Y la segunda tabla, donde se describe la carga actual de cada contaminante en kg/día, por lo que la concentración de cada metal para 2011 se calculó dividiendo la carga entre el caudal diario. El Plazo 2 especifica como fecha de vencimiento el 1° de enero de 2015 y, para comparar la concentración máxima promedio de cada elemento con la Meta de Calidad para 2015, se usaron los promedios de las concentraciones máximas de cada semestre y cada sector desde 2012 a 2014. El Plazo

3 especifica como fecha de vencimiento el 1° de enero de 2030, usando el promedio de la concentración máxima de cada semestre y cada sector desde 2015 a 2020, para comparar la concentración máxima promedio de cada elemento hacia dicha meta.

Es importante justificar que el uso de las concentraciones máximas de cada semestre y punto de muestreo para obtener las máximas promedio de cada sector tiene el propósito de evaluar la calidad de agua en el sistema fluvial para el peor de los escenarios, ya que el propósito de este análisis es guiar acciones hacia la protección de la salud pública y la calidad del socioecosistema, y éstos son dos factores altamente sensibles a los valores máximos que no se reflejan cuando el promedio los ha diluido al incluir los valores más bajos. Por otro lado, la gran variabilidad de los datos que se nota en las desviaciones estándar, aún al usar sólo los valores máximos, nos refleja que los riesgos por exposición, así como los fenómenos de transporte y disponibilidad de contaminantes tienen una alta heterogeneidad a través del tiempo. En este sentido, es importante recalcar que la comparación hecha con los datos que aporta la Declaratoria de 2011 con respecto a la carga contaminante a esa fecha, no es del todo compatible estadísticamente, pues los datos reportados por CONAGUA usan el promedio de todos los datos, pero aporta un punto de partida para tener una idea de las condiciones que han prevalecido en esta zona y resalta los incrementos o decrementos con respecto a este valor.

Así, en los resultados de la Tabla 1.9 podemos destacar que con respecto a los datos de la Declaratoria de 2011 los valores para el arsénico, el cobre y el zinc presentan una tendencia a la baja, mientras que el plomo, el manganeso y el níquel parecen mantenerse estables (ya que su desviación estándar en el último promedio es muy alta), y el cadmio, cromo, mercurio, aluminio y hierro han incrementado. En 2011 sólo el mercurio y el cobre rebasaban el criterio de cumplimiento para el plazo 1 (datos del Decreto 2011). Para el plazo de 2015 el cadmio, el cromo, el mercurio, el plomo, el aluminio, el hierro y el manganeso no cumplen y el cobre cumple marginalmente (su desviación estándar es mayor que su promedio). Para el plazo de 2030, en el corte hasta 2020, el cadmio, el cromo, el mercurio, el aluminio, el hierro y el manganeso aún siguen sin cumplir.

Para evaluar qué tanto se aparta el valor máximo promedio de la meta de calidad fijada para 2030 en cada sector y para cada elemento, se obtuvo el cociente de dividir el valor máximo de cada semestre entre su límite de calidad, lo que permitió promediar los cocientes de todos los metales y obtener cuántas veces por encima de su meta ha estado cada sector respecto al tiempo (un valor mayor a la unidad indica cuántas veces por encima de su meta de cumplimiento se encuentra el promedio de los once elementos, un valor inferior a la unidad indica que el promedio de los once elementos está por debajo de la meta). Los elementos que se incluyeron son arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, aluminio, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc. Los resultados se muestran en la **Tabla 1.10**.

Tabla 1.10: Comportamiento por semestre y por sector de los promedios +/- desviación estándar de todos los elementos As, Cd, Cr, Hg, Pb, Al, Cu, Fe, Mn, Ni y Zn homologados a través del cociente que resulta de dividir su concentración máxima promedio entre su respectiva meta de calidad para 2030 en la zona 4.

	Sector 4.1		Sector 4.2		Sector 4.3		Sector 4.4		Sector 4.5	
Semestre	Max. Prom.	Desv. Est.	Max. Prom.	Desv. Est.	Max. Prom.	Desv. Est.	Max. Prom.	Desv. Est.	Max. Prom.	Desv. Est.
12-II	8.76	14.3	3.95	3.94	2.91	3.73	s.d.	s.d.	2.18	2.67
13-I	0.40	0.197	9.65	10.19	0.18	0.232	0.2	0.25	0.54	0.435
13-II	0.28	0.179	140.5	459.6	9.57	19.53	2,041	5,775	102.3	266.55
14-I	0.75	0.893	1.34	1.13	1.34	1.04	15.88	41.39	3.81	5.06
14-II	0.79	0.898	4.07	8.79	5.59	13.14	9.28	21.86	3.85	5.019
15-I	0.12	0.107	1.6	32.29	1.67	2.9	10.99	24.43	4.68	10.91
15-II	0.81	0.975	32.29	82.39	9.35	21.62	15.19	39.41	5.35	11.9
16-I	0.25	0.23	1.2	2.19	4.84	10.92	3.05	4.8	1.52	2.45
16-II	0.13	0.166	6.36	16.57	1.83	3.68	11.2	29.22	8.36	22.11
17-I	0.12	0.147	1.54	2.59	1.07	1.406	2.55	4.3	1.29	2.309
17-II	1.46	1.52	2.27	3.27	1.86	3.49	8.1	19.45	9.35	22.12
18-I	2.44	2.57	2.5	3.9	2.34	4.82	4.62	9.73	6.08	15.29
18-II	0.64	0.608	1.23	1.42	1.76	2.88	2.88	4.54	4.94	6.35
19-I	0.34	0.478	1.69	2.81	0.49	0.657	0.37	0.507	0.38	0.52
19-II	0.04	0.003	2.45	3.9	0.23	0.331	4.88	9.58	0.19	0.205
20-I	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
20-II	1.38	1.92	18.41	45.5	18.58	48.93	31.56	80.69	29.55	68.88

As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

De los resultados mostrados en la **Tabla 1.10** se pueden ubicar los semestres con mayor carga de contaminante por metales, qué tan fuera de sus límites estuvieron, en qué sector de la zona 4 se ubicaron y qué tan dispersos estuvieron dentro de cada semestre (desviación estándar). De alguna manera, también puede apreciarse en qué sectores está ocurriendo dilución, asimilación, acumulación o aporte de contaminantes al seguir la continuidad entre sectores y entre semestres. En general, el semestre II (julio - diciembre) tiene los valores más altos y esto puede atribuirse al arrastre por lluvia y escorrentía a partir de los contaminantes depositados en el suelo y otras superficies (o arrastrados de la atmósfera), ya que la lluvia puede facilitar la disolución de los metales y mantenerlos en los sistemas fluviales. El sector 4.4 DR 056 Panotla-Nativitas es el que está más alejado del cumplimiento de la meta 2030 en toda la zona 4, seguido del sector 4.2 Apizaco y el sector 4.5 Papalotla; esto puede estar reflejando la presencia del tiradero ubicado en el sector 4.4 y la industria pesada asentada en los sectores 4.2 y 4.5. Esta Tabla se complementa con las anteriores para ubicar qué metales son los que se encuentran más lejos de la meta de cumplimiento.

Para el caso del sector 4.4, que corresponde al Distrito de Riego (DR) 056 Panotla - Nativitas (**Tabla 1.11**), se obtuvo el estimado de carga aportada por agua de riego para algunos contaminantes usando la concentración máxima promedio del sector, el volumen de riego entregado al DR 056 por gravedad (sea de presas o derivación) y la superficie regada por año, usando como año tipo 2018 (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera, SIAP). Es importante mencionar que esta estimación se hace con el propósito de evaluar el aporte por hectárea que está recibiendo el DR en el área Panotla - Tetlatlahuca - Nativitas a partir de la calidad de agua que recibe vía río Zahuapan y río Totolac.

Tabla 1.11: Aporte total y por hectárea de los metales especificados para el Distrito de Riego 056 con el agua proveniente de los ríos Zahuapan y Totolac

Metal de acuerdo a concentración máxima promedio de 13 semestres	Volumen entregado 1 cultivo	Superficie regada 1 cultivo	Volumen entregado 2 cultivos	Superficie regada 2 cultivos	Volumen entregado anual	Superficie regada anual
	20.87 hm ³	3,751 ha	2.07 hm ³	407 ha	22.95 hm ³	4,158 ha
	kg totales de metal	kg de metal/ha	kg totales de metal	kg de metal/ha	kg totales de metal	kg de metal/ha
Cd	563.2	0.150	55.82	0.137	619.11	0.149
Cr	993.2	0.265	98.42	0.242	1,091.6	0.263
Hg	51.78	0.014	5.13	0.013	56.91	0.014
Pb	471.22	0.126	46.70	0.115	517.91	0.125
Al	248,852.8	66.34	24,661.2	60.59	273,514.0	65.78
Cu	498.98	0.133	49.45	0.121	548.43	0.132
Fe	9.6 x 106	2,570.35	955,458.3	2,347.5	10.5 x 106	14,660.8
Mn	13,338.9	3.55	1,321.8	3.24	14,660.8	3.526

As (Arsénico), Cd (Cadmio), Cr (Cromo), Hg (Mercurio), Pb (Plomo), Al (Aluminio), Cu (Cobre), Fe (Hierro), Mn (Manganeso), Ni (Níquel) y Zn (Zinc).

Para interpretar estos resultados es necesario aclarar que las superficies regadas en el segundo cultivo ya han recibido su tanda de riego para el primer cultivo, por lo que las 407 ha de segundo cultivo se ubican dentro de las 3,751 ha ya regadas en el primer cultivo. Esto quiere decir que las hectáreas de segundo cultivo están recibiendo los kg/ha del primero y del segundo cultivo en el mismo año. Para el caso de los metales Cd, Cr, Cu, Hg y Pb se estarían recibiendo menos de 300 g por hectárea y por cultivo con una lámina de riego de entre 51 y 56 cm. Para el caso del manganeso son hasta 3.55 kg/ha/cultivo, para el aluminio asciende a más de 66 kg/ha/cultivo y para el hierro está entre las 2.3 y 2.5 ton/ha/cultivo regado. Este aporte prácticamente se duplica para el año agrícola de la superficie regada para segundo cultivo. Es necesario profundizar con estudios en la zona, por el posible desbalance de nutrientes y oligoelementos en las tierras de cultivo, pero también por el posible riesgo de contaminación del freático por la recarga vertical al acuífero del Alto Atoyac a través del riego, que en esta zona presenta las profundidades más someras de toda la zona, de entre 5 y 25 m.

Aunado a la carga contaminante por riego con el agua contaminada, está el uso de agroquímicos propios de cada paquete tecnológico que se aplica para cada cultivo. En la **Tabla 1.12** se muestran los principales cultivos para los municipios con más hectáreas de riego cultivadas, sea que reciban el riego por parte del DR 056 o por las unidades de riego organizadas en ellos. Se tomó como referencia el año agrícola de 2018 reportado por el SIAP para homologarlo con las estadísticas de riego de la Tabla 9 reportadas por CONAGUA y el propio SIAP. Los municipios más irrigados son Ixtacuixtla y Nativitas con más de mil hectáreas cultivadas, mientras que Tlaxcala, Tepetitla y Tetlatlahuca reportaron alrededor de las 800 ha. Otros municipios asociados al DR 056 e incluidos en la superficie total cultivada son: San Damián Texoloc, Santa Ana Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco y Totolac.

Tabla 1.12: Cinco cultivos con mayor superficie de riego sembrada en los municipios de Tlaxcala que integran parcialmente a los sectores 2.3 y 4.4 (DR 056) y que tienen más hectáreas cultivadas por año agrícola

Cinco cultivos con mayor superficie sembrada (ha)	Sector 2.3 - DR 056 IXTACUIXTLA tres municipios con más hectáreas cultivadas			Sector 4.4 - DR 056 TETLATLAHUCA tres municipios con más hectáreas cultivadas			Total anual en los Mpios. que coinciden con el DR 056*
	Ixtacuixtla	Nativitas	Tepetitla	Tlaxcala	Tetlatlahuca	Panotla	
Maíz grano	348	673	300	777.5	467.8	132	3,061
Alfalfa	716	168	100	20	189	189	1,416
Haba	105	27	54	55	22	51	372
Frijol	26.97	24.58	53.95	25.78	16.78	40.76	212.8
Ebo (alverjón)	9	13	38	14	19	9	136
Total para todos los cultivos	1,488.5	1,173.9	853.0	895.3	763.4	485.0	6,100.27

Los cultivos mostrados son los que ocupan la mayor superficie: el maíz como el principal cultivo del ciclo primavera-verano; la alfalfa como el cultivo perenne predominante y las leguminosas que se cultivan en cualquier ciclo, como segundo cultivo. El ciclo otoño-invierno, además de leguminosas, también ocupa cereales forrajeros como la avena y la cebada, aunque no se reportan en todos los años. Para estos municipios también se reportan hortalizas como el tomatillo de cáscara y la calabacita, que son cultivos del ciclo primavera - verano para esta zona y que, aunque ocupan una menor superficie, tienen un alto consumo de plaguicidas. La columna del extremo derecho muestra el total de hectáreas sembradas para todos los municipios involucrados parcialmente en el DR 056. La fila del extremo inferior muestra el total de hectáreas sembradas para todos los cultivos de los municipios de los **sectores 2.3 y 4.4**.

La **Tabla 1.13** muestra el conjunto de agroquímicos: Insecticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas y herbicidas aplicados a los cultivos del DR 056.

Tabla 1.13: Catálogo de plaguicidas comúnmente usados para el control de las plagas más comunes en los principales cultivos reportados para el DR 056 y sus municipios.

Insecticidas, acaricidas y nematocidas	Fungicidas	Herbicidas
Abamectina	Azoxistrobina	
Aceite insecticida	Azoxistrobina + Ciproconazol	
Acequinocyl	Azoxystrobin + Ciproconazol + Tebuconazole	
Acetamiprid	Azufre elemental	Acetoclor
Alfa cipermetrin	Benomil	2, 4-D Amina
Azadiractin	Boscalid	2, 4-D Amina + Atrazina
Benzoato de emamecita	Bromuro de metil	o Dicamba
Betaciflutrin	Captan	Alanap
Bifentrina	Carbendazim	Amiben
Cadusafos	Carboxina	Atrazina
Carbaril o Carbarilo	Carboxina+tiram	Atrazina + Dicamba
Carbofuran	Cloropicrina	Bensulide
Carbofuran + Cadusafos	Clorotalonil	Carfentrazone Etil + Glifosato
Cipermetrin	Difenoconazole	Clethodim
Clorantraniliprol	Dimethomorph	Dacthal (DCPA)
Clorpirifos	Fenilamida	Dicamba
Clorpirifos etil	Fluazinam	Dinitroanilina
Clothianidin	Fluconazol	Dinoseb
Ciflutrina	Fludioxonil	Ditiofosfato
Deltametrin	Fludioxonil + ciprodinil	Glifosato
Diazinon	Fluoxastrobin	Glifosato + Dicamba
Dicofol	Flutriafol	Glifosato + Sulfato de amonio
Dimetoato	Flutriafol + Maneb	Halosulfuron metil
Endosulfán	Flutriafol+sulfato de imazalil	Haloxypop-R-metil éster
Esfenvalerate	Folpet	Isoxaflutole
Etoprofos	Fosfito de manganeso	Naptalam
Fipronil	Fuberidazol	Nicosulfuron
Flubendiamida	Hidróxido de cobre	Paraquat
Fonofos	Imazalil	Pendimetalin
Forato	Iprodiona	Picloram
Foxmin	Itraconazol	Propaquizafop
Gamma cyhalotrina	Mancozeb	Quizalofop-p-etil
Glufosinato de amonio	Maneb	S-metolaclo, atrazina
Imidacloprid	Mefenoxam	y mesotrione
Isazofos	Metalaxil	Sal Isopropilamina de Glifosato
Isofenfos	Myclobutanil	Sulfonil ureas
Lambda-cihalotrin	Oxicloruro de cobre	Teflan
Lindano	Picoxistrobina	Tifensulfuron metil
Malatión	Picoxistrobina + Ciproconazol	Trifluralina
Metomilo	Piraclostrobina	
Novaluron	Piraclostrobin + Epoxiconazole	
Oxidemeton metil		

Insecticidas, acaricidas y nematocidas	Fungicidas	Herbicidas
Paratión etílico Paratión metílico Permetrin Pimetrozina Piridincarbonamida Pirimicarb Propargite Pyriproxifen Spinetoram Spirotetramat Tau Fluvalinato Tebupirimphos Teflutrina Terbufos Thiamethoxam Triclorfon Verticillium lecanii Zeta-cipermetrina	Pyraclostrobin 26 % + epoxiconazole 16 % Pirimetanil Procloraz Propiconazol Propiconazol + azoxistrobin Propiconazol + Trifloxystrobin Propineb Tebuconazol Thiram Tiabendazol Tiofanato Tiofanato de metilo Tiram Triadimefon Trichoderma harzianum + T. lignorum + T. viridae + Koningii Trifloxistrobina Triticonazol Voriconazo	

Nota: El nombre corresponde al principio activo. Los nombres comerciales dependen de las formulaciones que cada casa agroquímica elabora para el paquete tecnológico que se recomienda según el cultivo, el ciclo/estación del año, la severidad de la plaga y el mercado destino de la cosecha.

Análisis de cumplimiento a la Declaratoria 2011 en materia de Demanda Química de Oxígeno 2012-2020 (Análisis a los resultados de los muestreos de 2012 a 2020 en el marco de la Declaratoria de Clasificación 2011 para el río Atoyac y sus afluentes.

Este análisis desglosa, de manera gráfica, el comportamiento de la DQO para cada uno de los sitios muestreados por la CONAGUA, de acuerdo con las zonas definidas en la Declaratoria de Clasificación del 2011. El conjunto de dichas gráficas, 73 en total, se ofrece en el **Anexo 1B**.

El parámetro de DQO se seleccionó como representativo de la calidad, ya que abarca un espectro amplio de contaminantes provenientes de actividades domésticas, industriales y de servicios, además de ser un buen indicador diagnóstico de la operación de los sistemas de control y tratamiento de efluentes operados tanto por los municipios como por la industria y las instalaciones de servicios.

En general, el efluente descargado al cuerpo receptor de cualquier sistema de tratamiento en industria o municipios no debería estar por encima de los 40 mg/L de DQO, que es la meta para 2030 comprometida en la Declaratoria de 2011 para todo el Alto Atoyac, en el entendido de que para esa fecha no se estarán descargando efluentes sin tratamiento y que todos estarían bajo estricto cumplimiento de la NOM-001. Un valor de DQO alrededor de los 200 mg/L

generalmente indica contaminación por descargas municipales sin tratamiento, mientras que valores por encima de dicho valor son típicos de efluentes de operaciones de escala industrial que son vertidos sin tratamiento. Valores entre los 20 mg/L y los 40 mg/L indican presencia de contaminación que, por lo general, no rebasa la capacidad de autodepuración (biogeoquímica), aunque sí generan impactos ecológicos negativos y pueden representar aún un riesgo para la salud humana en caso de contacto directo. Valores por debajo de los 20 mg/L, en general, garantizan suficiente oxígeno para la mayoría de los procesos ecológicos propios de los ecosistemas acuáticos y son característicos de corrientes y embalses sanos en términos de su capacidad de autodepuración. Valores inferiores a 10 mg/L se encuentran sólo en aguas no contaminadas.

En las gráficas que se ofrecen en el **Anexo 1B** se representan los valores máximo y mínimo de DQO para cada semestre a partir del II-2012 (cuando iniciaron los muestreos) y hasta II-2020. Los vértices en el contorno del área roja representan los valores máximos, los vértices en el contorno del área verde representan los valores mínimos, y el contorno que delimita el área azul (sin vértices) marca el valor límite que se fijó como meta para 2015 en esa zona. En este sentido, si observamos que las áreas roja y verde se encuentran completamente dentro del área azul, entonces se ha cumplido con la meta de 2015, mientras que si los vértices de las áreas roja y verde rebasan el contorno que delimita al área azul, entonces no se ha cumplido con la meta fijada para 2015 en esa zona. Si el área azul es apenas visible, significa que se está muy por encima del límite de la meta de 2015 debido al ajuste de la escala por los valores máximos. La escala de la gráfica se modifica de acuerdo con los valores máximos de DQO, por lo que no es la misma en todas las gráficas.

Se usó máximo y mínimo en estas gráficas para comprender visualmente qué tan lejos o qué tan cerca se está de la meta 2015, a la vez que se comprende mejor el comportamiento de la calidad de agua al notarse el rango de las fluctuaciones entre estos valores dentro de cada semestre y a lo largo del periodo de estudio. Esto es especialmente útil en el caso de nuestro diagnóstico, en donde el número de muestreos por cada semestre es bajo, ya que se cuenta con un máximo de cuatro muestreos por semestre y en algunos sólo se tiene uno, lo que puede llevar a un dimensionamiento erróneo del problema si sólo se usan promedios. Por otro lado, los máximos nos ayudan a comprender cuál es el peor caso para esa corriente y, analizando la zona y el sitio de muestreo, permiten ver cuáles pueden ser las causas con base en los puntos de descarga que le afectan. Los mínimos, por su parte, nos dan una idea más clara de qué comportamiento han tenido las descargas en sus casos menos graves y qué tan cerca han estado de la meta 2015, lo que eventualmente puede darnos una idea de su capacidad de autodepuración.

Ya que no se cuenta con datos mensuales para comprender el comportamiento de cada año, se usaron los datos disponibles para dividir al año por semestres y aproximar, de alguna manera, el comportamiento en periodos de máxima y mínima escorrentía. Para esto se está

considerando de enero a junio como escurrimiento mínimo y de julio a diciembre como el escurrimiento máximo. El escurrimiento máximo por las lluvias después de haber saturado el suelo combinado con la baja evapotranspiración (julio-diciembre) del segundo semestre puede favorecer una mayor dilución de los contaminantes y por ende sería esperable notar que el máximo sea un valor más bajo que el que le precede y el subsecuente. Lo opuesto sería para el caso del primer semestre, donde lo esperable es que las descargas antropogénicas se mantengan constantes y los contaminantes se concentren al tener un aporte mínimo o nulo por escurrimientos y una mayor evapotranspiración (enero-junio). Bajo este supuesto en el que se ha hecho este análisis, se observaría entonces un patrón tipo “dientes de sierra”, con los máximos más altos en el primer semestre y los más bajos en el segundo, lo cual debería reflejarse también en el caso de los mínimos. La operación de compuertas, la presencia de rebosaderos, las redes de canales de riego/drenaje agrícola asociadas a las corrientes, la operación industrial por “baches”, así como accidentes y derrames industriales, entre otros eventos, pueden alterar este supuesto y generar valores altos en el segundo semestre.

Es muy importante notar en las gráficas que cuando el vértice del máximo y el mínimo se traslapan (sólo se observa el área verde) es porque se trata de un sólo resultado para ese semestre, mientras que cuando ambos están en cero (sólo se observa el área azul) es porque ese semestre no tuvo ningún resultado. Esto es muy notable para el año 2020, donde el primer semestre no tiene ningún muestreo (se toca el cero y se observa sólo el área azul) y el segundo semestre cuenta sólo con uno (sólo se observa el área verde), en agosto, lo cual deja sin representatividad a este año para poder evaluar su cumplimiento. Aun así, el año 2020 se incluye en las gráficas para fines informativos.

Sin embargo, para un entendimiento más completo del contexto geográfico de contaminación de la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala, se presenta un segundo conjunto de Figuras (**Anexo 1C**) que muestra la red hidrológica con los principales afluentes, las áreas de riego (unidades + distritos de riego), las plantas de tratamiento de aguas residuales reportadas por el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) de la Conagua, los puntos de descarga a cuerpo receptor registrados en el REPDA agrupados en los rubros de acuacultura, pecuario, urbano + doméstico + diferentes usos, e industrial + servicios, así como los resultados de los muestreos de la RENAMECA con los valores promedio de DQO en una nueva escala colorimétrica basada en cuántas veces se está por encima (o por debajo) del valor de 40 mg/L (límite de calidad aceptable en cuerpos de agua superficial).

En general se observa que las cabeceras del Río Atoyac, el Río Xochiac y el Río Zahuapan, así como algunos afluentes menores en el área rural y las presas se encuentran alrededor del límite comprometido en la meta de 2015 fijada de manera particular para cada una de las zonas, y no parece difícil para estos sectores llegar a cumplir con la meta de 2030 de no superar los 40 mg/L en ninguno de estos puntos de muestreo. Sin embargo, a medida que las corrientes van incorporando tributarios y acercándose a las zonas urbano-industriales se va alejando la meta

2015, y en muchos casos queda en duda que se pueda incluso lograr la meta 2030, especialmente si se considera que las intervenciones realizadas para el cumplimiento, en caso de haberse hecho, no reflejan ninguna mejora en los resultados de los muestreos oficiales.

De este análisis a los resultados de DQO puede concluirse que los mayores retos están en los espacios urbano-industriales y parques industriales, en donde los valores máximos rebasan los 600 mg/L y en algunos se encuentran bien por encima de los 1,000 mg/L. Este problema requiere de medidas estrictas para que la industria cumpla con condiciones particulares de descarga, pero también que los ayuntamientos hagan lo propio con sus redes de drenaje, además de que la autoridad ambiental en sus tres niveles de competencia refuerce su capacidad de inspección, vigilancia, monitoreo y sanción a los responsables. El espacio rural también refleja ausencia de esfuerzos dedicados al cumplimiento de la meta 2015; sin embargo, por la magnitud que presentan (típicamente alrededor de los 200 mg/L) se perciben más cercanos a lograr la meta 2030 si se hacen las intervenciones adecuadas.

Además de las urgentes medidas de saneamiento, la reparación del daño al Alto Atoyac requiere también de medidas de remediación de pasivos ambientales y restauración socio ecológica en los sectores más afectados de la Cuenca; es decir, devolverles a las corrientes su capacidad de sostener vida y prevenir que se vuelvan a convertir en meros colectores de desperdicios y dispersores de contaminantes y de riesgos sanitarios. Esta urgencia surge al percibir que el comportamiento de las corrientes principales es básicamente el de un colector de aguas residuales sin prácticamente capacidad de autodepuración salvo la mínima que pueden provocar el movimiento del agua y la incorporación de escurrimientos que contribuyan con dilución.

A partir del análisis concienzudo de los resultados de cada parámetro y cada punto de muestreo, es factible recuperar un diagnóstico suficiente para entender cuáles son las medidas más urgentes y pertinentes, y en qué orden hidrológico deben irse aplicando para garantizar el éxito en la recuperación de las condiciones saludables del ecosistema ribereño. Este análisis llevado a otros parámetros también evidenciará qué medidas han resultado favorables y qué medidas no han dado resultados, especialmente para el caso de agentes tóxicos y otros parámetros de calidad ecológica. A su vez, este análisis contribuye a evaluar la congruencia de las propuestas que se están realizando por las autoridades en base al Convenio Marco de Coordinación Interinstitucional y de Cooperación Técnica de 2020 para atender la Recomendación 10/2017 de la CNDH en relación con el cumplimiento de los plazos y límites de la Declaratoria de Clasificación de los Ríos Atoyac y Xochiac y sus afluentes de 2011, así como para el saneamiento y la restauración de la Cuenca que contribuya a este propósito y a las propuestas comunitarias planteadas en 2017, estableciendo un sistema de monitoreo, vigilancia y alerta de emisiones a la atmósfera y descargas de agua residual. Fue firmado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y los gobiernos de Tlaxcala y Puebla.

1.4. Análisis de la actividad industrial con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de México

Actividad económica en la RESA Tlaxcala

En los municipios de la Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) Tlaxcala, el análisis de los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (DENUE-INEGI) permitió identificar 2,193 Unidades Económicas, industrias manufactureras, organizadas en 21 subsectores económicos. La **tabla 1.14** muestra los subsectores en los que están distribuidas las unidades productivas instaladas en el territorio de la RESA Tlaxcala, el orden de los subsectores corresponde al impacto metabólico industrial en la región.

Tabla 1.14: Unidades económicas por subsector económico en la RESA Tlaxcala DENUE - INEGI, Nov 2022

Nº	Clave Subsector	Nombre del subsector económico	Nº Unidades económicas
1	313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	112
2	314	Fab. Productos textiles, excepto prendas de vestir	289
3	315	Fabricación de prendas de vestir	1231
4	316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel	32
5	325	Industria química	40
6	326	Industria del plástico y del hule	46
7	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	3
8	336	Fabricación de equipo de transporte	22
9	331	Industrias metálicas básicas	37
10	332	Fabricación de productos metálicos	47
11	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	182
12	311	Industria alimentaria	28
13	312	Industria de las bebidas y del tabaco	12
14	333	Fabricación de maquinaria y equipo	17
15	334	Equipo de cómputo, componentes y accesorios electrónicos	7
16	335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	16
17	322	Industria del papel	18
18	562	Manejo de residuos peligrosos y servicios de remediación	9

19	323	Impresión e industrias conexas	15
20	339	Otras industrias manufactureras	28
21	337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	2
Total			2193

Nota: El orden de los subsectores económicos corresponde a la importancia en el metabolismo industrial que tiene cada subsector. Se incluyen unidades económicas en el estrato de 0 a 5 personal ocupado para ayudar a inferir las pequeñas unidades económicas que pueden representar talleres domiciliarios de industria textil.

Fuente: INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de la RESA Tlaxcala, nov 2022. Disponible: en: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/>

Como puede observarse las industrias de mayor impacto metabólico sobre el territorio de la RESA son en primer lugar la industria textil, seguidas por la industria química, la industria petrolera y la industria automotriz.

Actividad económica en la RESA Valle de Puebla

Para el caso de la RESA Valle de Puebla en el DENUE se registraron 6,789 unidades económicas instaladas en los municipios de la RESA Valle de Puebla, distribuidas en 28 subsectores económicos. La **tabla 1.15** presenta la distribución de los subsectores en el que están desplegadas las unidades económicas, de igual manera, el orden de los subsectores está determinado por el impacto metabólico industrial en la región.

Tabla 1.15: Unidades económicas por subsector económico en la RESA Valle de Puebla DENUE - INEGI, Nov 2022

N°	Clave Subsector	Nombre del Subsector Económico	N° Unidades Económicas
1	336	Fabricación de equipo de transporte	140
2	325	Industria química	145
3	326	Industria del plástico y del hule	156
4	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	13
5	331	Industria metálica básica	48
6	332	Fabricación de productos metálicos	513
7	313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	193
8	314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	231
9	315	Fabricación de prendas de vestir	1032
10	316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel	26
11	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	2370
12	311	Industria alimentaria	170

N°	Clave Subsector	Nombre del Subsector Económico	N° Unidades Económicas
13	312	Industria de las bebidas y del tabaco	44
14	335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	23
15	212	Minería de minerales no metálicos	108
16	213	Servicios relacionados con la minería	1
17	334	Fabricación de equipo de computación, comunicación	14
18	333	Fabricación de maquinaria y equipo	104
19	322	Industria del papel	72
20	236	Edificación	439
21	238	Trabajos especializados para la construcción	193
22	237	Construcción de obras de ingeniería civil	192
23	321	Industria de la madera	101
24	562	Manejo de residuos y servicios de remediación	22
25	221	Generación, transmisión y distribución de energía	131
26	323	Impresión e industrias conexas	72
27	339	Otras industrias manufactureras	88
28	337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	148
Total			6789

Nota: El orden de los subsectores económicos corresponde a la importancia en el metabolismo industrial que tiene cada subsector. Se incluyen unidades económicas en el estrato de 0 a 5 personal ocupado para ayudar a inferir las pequeñas unidades económicas que pueden representar talleres domiciliarios de industria textil.

Fuente: INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de la RESA Valle de Puebla, nov 2022. Disponible: en: <https://www.inegi.org.mx/app/descarga/>

En la RESA Valle de Puebla las industrias con mayor impacto metabólico sobre el territorio son las que pertenecen a la industria automotriz, seguidas por la industria química, la industria petrolera, la industria metálica, así como la industria textil.

Actividad económica en la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla

En conjunto para la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla, se contabilizaron un total de 8,982 unidades económicas distribuidas en 28 subsectores económicos ubicados en los municipios de la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla en la **tabla 1.16** muestra el orden de los subsectores por su impacto metabólico.

Tabla 1.16: Unidades económicas por subsector económico en la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla DENUE - INEGI, Nov 2022

N°	Clave Subsector	Nombre del subsector económico	N° Unidades económicas
1	325	Industria química	185
2	336	Fabricación de equipo de transporte	162
3	313	Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles	305
4	314	Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	520
5	315	Fabricación de prendas de vestir	2263
6	326	Industria del plástico y del hule	202
7	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	16
8	331	Industria metálica básica	85
9	332	Fabricación de productos metálicos	560
10	334	Fabricación de equipo de computación, comunicación	21
11	212	Minería de minerales no metálicos	108
12	213	Servicios relacionados con la minería	1
13	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	2552
14	311	Industria alimentaria	198
15	312	Industria de las bebidas y del tabaco	56
16	322	Industria del papel	90
17	321	Industria de la madera	101
18	335	Fabricación de accesorios, aparatos eléctricos y equipo de generación de energía eléctrica	39
19	333	Fabricación de maquinaria y equipo	121
20	323	Impresión e industrias conexas	87
21	316	Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel	58
22	221	Generación, transmisión y distribución de energía	131
23	236	Edificación	439
24	238	Trabajos especializados para la construcción	193
25	237	Construcción de obras de ingeniería civil	192
26	562	Manejo de residuos y servicios de remediación	31
27	339	Otras industrias manufactureras	116
28	337	Fabricación de muebles, colchones y persianas	150
Total			8 982

Nota: El orden de los subsectores económicos corresponde a la importancia en el metabolismo industrial que tiene cada subsector.

Fuente: INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas de la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla, noviembre 2022.

En conjunto, para la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla, los subsectores económicos que tienen un mayor impacto metabólico son actividades de la industria química, la industria automotriz, industria textil, industria metálica que incluye la fundición, la forja y el corte de y estampado

de piezas metálicas; actividades extractivas, así como el procesamiento de minerales no metálicos además del impacto de la industria alimentaria.

Datos del Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (TRI-EPA) para la RESA Tlaxcala–Valle de Puebla

De forma paralela se analizó la base de datos del Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (TRI-EPA, por sus siglas en inglés) que realiza el seguimiento de las emisiones de sustancias químicas tóxicas vertidas por los sectores industriales instalados en el territorio estadounidense, y que pueden suponer una amenaza a la salud de los seres humanos y para el medio ambiente. El TRI-EPA registra las sustancias emitidas por la actividad industrial al medio ambiente. Estas instalaciones deben reportar anualmente la cantidad de productos químicos que son liberados al ambiente (US EPA, 2024).

Se revisaron los datos de la actividad industrial en México y en los Estados Unidos de América (EE. UU.) siguiendo la metodología del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). La estructura del SCIAN permite la comparación precisa en los cuatro primeros niveles de agregación: Sector (código de dos dígitos), Subsector (códigos de tres dígitos), rama (códigos de cuatro dígitos), y subrama (cinco dígitos) por último, Clases de Actividad Económica (códigos de seis dígitos), es en este último rubro donde la comparación comienza a presentar variaciones propias de la estructura económica de cada país, están contempladas dentro de la metodología del SCIAN⁶ (INEGI, 2023), sin embargo, es en este nivel de desagregación donde se encontraron discrepancias en los códigos de actividad económica instaladas en México, en las RESA Tlaxcala–Valle de Puebla, y en los EE. UU., en este nivel puede haber alguna dificultad para homologar industrias, procesos productivos así como las sustancias emitidas y reportadas en México y los EE. UU.

Sin embargo, al comparar la base de datos del DENUÉ con los datos recopilados en el TRI-EPA, se encontró que no en todos los casos se mantiene la coincidencia exacta en las clases de actividad económica, (códigos de seis dígitos). Cada una de las diferencias identificadas se ordenaron en cuatro casos: *caso uno* los códigos SCIAN y los nombres de las clases de actividad económica coinciden en los dos países; *caso dos*, los códigos de clasificación SCIAN y los nombres de las actividades económicas instaladas son distintas tanto en México como en los EE. UU.; *caso tres* los códigos de clasificación SCIAN no coinciden, aunque se trata de la misma actividad económica pero en una clase de actividad distinta; y *caso cuatro*, donde

⁶ La estructura del SCIAN permite la comparación precisa en los cuatro primeros niveles de agregación: sector, subsector, rama, y subrama; es justo en el caso de las clases de actividad económica donde la comparación comienza a presentar variaciones, que son propias de la estructura económica de cada país. (INEGI, 2023).

los códigos de clasificación SCIAN son el mismo en ambos países, pero el nombre de las actividades es distinto en cada país, es decir, se presenta una pequeña diferencia en la actividad productiva.

Actividades Económicas Registradas por el TRI-EPA para la RESA Tlaxcala

En el **Anexo 1D** se pueden encontrar las tablas en las que se muestran las combinaciones de los casos con las diferencias que se identificaron, para las RESA Tlaxcala y Valle de Puebla, cada tabla presenta los códigos de actividad del SCIAN registrados en México y en EE. UU., así como el nombre de las actividades económicas para ambos países.

- *Caso 1. Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas coinciden entre EE. UU. y México.* Para la RESA Tlaxcala se identificaron 137 códigos de actividad económica, que de acuerdo con el Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. (TRI-EPA) mostraron una comparabilidad precisa entre el código de actividad y nombre de actividad en un 52.5 %, (72 códigos de actividad económica) un poco más de la mitad de la industria instalada en la RESA Tlaxcala coincide con las actividades económicas instaladas en los EE. UU. (ver **Anexo 1D**).
- *Caso 2. Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas que no coinciden entre EE. UU. y México.* En esta combinación no se encontró coincidencia en los códigos de actividad ni en los nombres de actividad, es decir, 25 de 137 clases de actividad económica identificadas, 18.2 %, de la actividad industrial no mantienen concordancia entre México y EE. UU. (ver **Anexo 1D**).
- *Caso 3 Códigos SCIAN donde solo coinciden los nombres de las actividades económicas entre México y EE. UU.* Se encontraron coincidencias en los nombres de 34 clases de actividad económica, 24.8 %; el resto no presenta concordancia exacta, en cada país registra esas actividades en una clasificación diferente, puede tratarse de pequeñas diferencias que no impiden que los datos puedan ser comparados. (ver **Anexo 1D**).
- *Caso 4. Códigos SCIAN que coinciden en EE. UU. y México, donde el nombre de las actividades económicas no coincide.* En este caso se identificaron cuatro casos donde los códigos de clasificación coinciden, representan 2.1 % del total de las clases de actividad económica, los nombres de las actividades y los procesos vinculados a ellas en México son distintos a los nombres de las actividades productivas realizadas en EE. UU. (ver **Anexo 1D**).

La **Tabla 1.17** muestra las combinaciones de coincidencia de las clases de actividad económica que se registraron en la RESA Tlaxcala. Es importante observar que no todas las actividades económicas instaladas se presentan una coincidencia exacta, al comparar los datos en el 47.5 % de las unidades económicas consultadas no es posible establecer de manera directa la relación entre los códigos de clasificación o en los nombres de las actividades económicas, es decir,

que los procesos productivos pueden presentar diferencias entre los dos países dificultando el seguimiento, de forma directa, de las sustancias que pueden estar vertiendo al ambiente.

Tabla 1.17: Resumen de las coincidencias registradas de Códigos SCIAN entre México y EE. UU. en la RESA Tlaxcala

Caso	Número de códigos SCIAN	% de coincidencia
Códigos SCIAN y nombre de las actividades que coinciden entre México y EE. UU.	72	52.5 %
Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas que no coinciden entre EE. UU. y México	25	18.2 %
Códigos SCIAN donde solo coinciden los nombres de las actividades económicas entre México y EE. UU.	34	24.8 %
Códigos SCIAN que coinciden en EE. UU. y México, donde el nombre de las actividades económicas no coincide	6	4.3 %
Total	137	100 %

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA) de los Estados Unidos.

Actividades Económicas Registradas por el TRI-EPA para la RESA Valle de Puebla

A continuación, se presentan cada uno de los cuatro casos que se encontraron al comparar los datos sobre actividad económica publicadas en México y los publicados en los EE. UU. en el DENUE y en el TRI-EPA respectivamente en la RESA Valle de Puebla.

- *Caso 1. Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas coinciden entre EE. UU. y México.* Muestra los códigos y el nombre de la actividad económica que coinciden en la RESA Valle de Puebla 42.4 %, es decir, se identificaron 79 de un total de 186 códigos de actividad económica, esto indica que menos de la mitad de actividad económica instalada en la RESA puede ser comparada en cuanto a procesos productivos lo que dificulta la identificación de sustancias que pueden estar siendo emitidas al ambiente. Pueden consultarse los cuadros con la información completa de la RESA en el **Anexo 1D**.
- *Caso 2. Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas que no coinciden entre EE. UU. y México.* En esta combinación no hay coincidencia en los códigos de actividad económica ni en los nombres de actividad, indica que 38 clases de actividad económica (20.4 %) no mantienen concordancia entre México y EE. UU. (ver **Anexo 1D**).

- *Caso 3 Códigos SCIAN donde solo coinciden los nombres de las actividades económicas entre México y EE. UU.* En esta combinación sólo coinciden los nombres de actividad económica, los códigos del SCIAN para las actividades no coinciden. Para la RESA Valle de Puebla se trata de 65 clases de actividad (34.9 %) las que no presentan concordancia exacta; las actividades en color azul en el **Anexo 1D** muestran los códigos de actividad por su impacto metabólico industrial en la región.
- *Caso 4. Códigos SCIAN que coinciden en EE. UU. y México, donde el nombre de las actividades económicas no coincide.* En este caso sólo los códigos de clasificación coinciden, mientras los nombres de las actividades y los procesos vinculados a ellas en el caso del Valle de Puebla son distintos a las actividades productivas realizadas en EE. UU.

Para el caso de la RESA Valle de Puebla los registros consultados sobre las clases de actividad económica mostraron las siguientes combinaciones de comparabilidad entre el código y nombre de actividad, 79 de 186 códigos de actividad económica el 42.4 %, coinciden completamente mientras 57 % presenta diferentes combinaciones de códigos o nombres de actividad que no coinciden completamente en la RESA Valle de Puebla, como se muestra en la **tabla 1.18**. Estas inconsistencias dificultan el seguimiento de la ruta de las emisiones que se generan en estas unidades productivas.

Tabla 1.18: Coincidencias registradas de Códigos SCIAN entre México y EE. UU. para la RESA Valle de Puebla

Caso	Número de códigos SCIAN	% de coincidencia
Códigos SCIAN y nombre de las actividades que coinciden entre México y EE. UU.	79	42.47 %
Códigos SCIAN y nombre de las actividades económicas que no coinciden entre México y EE. UU.	38	20.43 %
Códigos SCIAN donde solo coinciden los nombres de las actividades económicas entre México y EE. UU.	65	34.95 %
Códigos SCIAN que coinciden en México y EE. UU., donde el nombre de las actividades económicas no coincide	4	2.15 %
Total	186	100.00 %

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA) de los Estados Unidos.

Sustancias Contaminantes del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en la RESA Tlaxcala

Para el análisis de la situación de la industria instalada en la región se analizaron los datos sobre las emisiones de sustancias liberadas al ambiente o bien, que son transferidas bajo la forma de residuos que reportan las actividades productivas ante la Secretaría del Medio

Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), recopiladas por el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) establece 200 sustancias para ser reportadas por su capacidad de ocasionar daño al medio ambiente y la salud, con base en sus características de toxicidad, persistencia y bioacumulación, riesgo de ocasionar cáncer y producir mutaciones (SEMARNAT, 2023).

Los datos consultados en el RETC, para la RESA Tlaxcala en el año 2021 muestran sólo nueve sustancias reportadas por 30 empresas distribuidas en doce subsectores económicos, como se muestra en la **Tabla 1.19**. Esto equivale a que solo el 1.3 % de las empresas instaladas a lo largo del territorio de la RESA declararon la emisión de algún tipo de sustancia química.

Tabla 1.19: Distribución de sustancias químicas reportadas al RETC en la RESA Tlaxcala (2021)

Subsectores	Empresas que reportan en el RETC	Sustancias químicas reportadas
12	30	9

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

En la **tabla 1.20** se muestran las sustancias químicas emitidas al ambiente reportadas al RETC en 2021 en la RESA Tlaxcala.

Tabla 1.20: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Tlaxcala (2021)

N°	Sustancias
1	Arsénico (compuestos)
2	Cadmio (compuestos)
3	Cromo (compuestos)
4	Dioxinas
5	Mercurio (compuestos)
6	Níquel (compuestos)
7	Plomo (compuestos)
8	Plomo (polvos respirables, humos o vapores)
9	Bióxido de carbono

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

Sustancias Contaminantes del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en la RESA Valle de Puebla

En el caso de la RESA Valle de Puebla se reportaron 17 sustancias emitidas por 69 empresas, distribuidas en 13 subsectores, que representan el 1.01 % de las empresas instaladas en la RESA (Tabla 1.21).

Tabla 1.21: Distribución de sustancias químicas reportadas al RETC en la RESA Valle de Puebla (2021)

Subsectores	Empresas que reportan en el RETC	Sustancias químicas reportadas
13	69	17

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

En la **tabla 1.22** se muestran las sustancias químicas emitidas al ambiente reportadas en la RESA Valle de Puebla.

Tabla 1.22: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Valle de Puebla (2021)

N°	Sustancias
1	Arsénico (compuestos)
2	Asbesto
3	Benceno
4	Cadmio
5	Cadmio (compuestos)
6	Cromo (compuestos)
7	Cromo (polvos respirables, humos o vapores)
8	Dioxinas
9	Formaldehído
10	Mercurio
11	Mercurio (compuestos)
12	Metano
13	Níquel (compuestos)
14	Níquel (polvos respirables, humos o vapores)
15	Plomo (compuestos)
16	Plomo (polvos respirables, humos o vapores)
17	Bióxido de carbono

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

Para el conjunto de la RESA Tlaxcala–Valle de Puebla, Cuenca del Alto Atoyac, se reportaron 18 sustancias por 98 empresas distribuidas en 16 subsectores. 17 sustancias en el Valle de Puebla y 9 en Tlaxcala. Esto significa que en total de las 8 982 unidades económicas sólo el 1.09 % reportó al RETC (**Tabla 1.23**).

Tabla 1.23: Distribución de sustancias químicas reportadas al RETC en la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla (2021)

Subsectores	Empresas que reportan en el RETC	Sustancias químicas reportadas
16	98	18

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

En la **tabla 1.24** se muestran las sustancias químicas emitidas al ambiente reportadas en las RESA Tlaxcala-Valle de Puebla.

Tabla 1.24: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Tlaxcala-Valle de Puebla (2021)

N°	Sustancias
1	Arsénico (compuestos)
2	Asbesto*
3	Benceno*
4	Bióxido de carbono
5	Cadmio
6	Cadmio (compuestos)
7	Cromo (compuestos)
8	Cromo (polvos respirables, humos o vapores)
9	Dioxinas
10	Formaldehído*
11	Mercurio*
12	Mercurio (compuestos)
13	Metano*
14	Níquel (compuestos)
15	Níquel (polvos respirables, humos o vapores)*
16	Plomo (compuestos)
17	Plomo (polvos respirables, humos o vapores)
18	Bióxido de carbono*

*Sustancias que sólo se reportaron en la RESA Valle de Puebla.

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021.

Comparación de Sustancias entre El RETC y el TRI-EPA

Las sustancias reportadas se eligieron siguiendo el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), usar esta clasificación permite elaborar un panorama industrial más completo para las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental Tlaxcala y Valle de Puebla, pues permite ubicar las clases de actividad de económica y estimar así las sustancias tóxicas que podrían estar emitiendo estas unidades económicas.

En los datos recopilados del TRI-EPA, se identificaron 248 sustancias químicas que coinciden con los códigos de actividad del SCIAN, cada una de asociada con su número de registro CAS (Chemical Abstracts Services) a cargo de la Sociedad Estadounidense de Química (ACS por sus siglas en inglés, American Chemical Society) cada registro contiene información asociada con los efectos nocivos a la salud humana. El listado completo de sustancias, así como sus efectos a la salud que se identificaron en la RESA Tlaxcala, se puede consultar en el **Anexo 1E**.

Al comparar las sustancias que se reportan al RETC con las sustancias registradas en el Inventario de Sustancias Tóxicas de la EPA, se puede apreciar una diferencia considerable. Las 248 sustancias reconocidas en el TRI-EPA para la RESA Tlaxcala están distribuidas en 214 sustancias singulares y 34 grupos de sustancias (compuestos de más de dos sustancias); mientras que el RETC solo registra 9 sustancias químicas, lo que representa el 3.6 % de las sustancias que reconoce el TRI-EPA para los EE. UU. (**Tabla 1.25**).

Tabla 1.25: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Tlaxcala y las sustancias registradas en el (TRI-EPA)

RETC	TRI-EPA
Total de sustancias químicas	Total, de sustancias químicas
9	248
% de sustancias reportadas en el RETC con respecto al TRI-EPA	
3.6 %	

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021. Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA), datos de 2021.

En la RESA Valle de Puebla el TRI-EPA reconoce 268 sustancias distribuidas en 232 sustancias singulares y 36 grupos de sustancias, mientras que el RETC sólo registra 17 sustancias químicas (**Tabla 1.26**). La lista completa de sustancias para la RESA Valle de Puebla puede consultarse en el **Anexo 1E**, del cual ofrecemos el enlace para consultarlo.

Tabla 1.26: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Valle de Puebla y las sustancias registradas en el (TRI-EPA)

RETC	TRI-EPA
Total de sustancias químicas	Total de sustancias químicas
17	268
% de sustancias reportadas en el RETC con respecto al TRI-EPA	
6.3 %	

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021. Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA), datos de 2021.

Para el conjunto de la RESA Tlaxcala–Valle de Puebla la distribución se muestra en la **Tabla 1.27**: 277 sustancias en total; 247 sustancias en común entre ambas RESA que se agrupan en 222 sustancias singulares y 25 grupos de sustancias. La **tabla 1.28** muestra la distribución de sustancias para la RESA Tlaxcala, se reportaron 16 sustancias químicas al RETC, en el TRI-EPA se registraron 268 sustancias, las sustancias reportadas en el RETC representa sólo el 6 % respecto a las 277 sustancias registradas en EE. UU. En el **Anexo 1E** puede consultarse la lista completa de sustancias y sus efectos a la salud.

Tabla 1.27: Distribución de sustancias en la RESA Tlaxcala–Valle de Puebla

TRI-EPA para Tlaxcala	TRI-EPA para Valle de Puebla
248 registros totales	268 registros totales
214 sustancias singulares	232 sustancias singulares
34 grupos de sustancias	36 grupos de sustancias
7 sustancias solo para Tlaxcala	23 sustancias solo para Valle de Puebla
247 registros en común	
222 sustancias singulares en común	
25 grupos de sustancias en común	

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA) de los Estados Unidos.

Tabla 1.28: Sustancias reportadas al RETC en la RESA Valle de Puebla-Tlaxcala y las sustancias registradas en el (TRI-EPA)

RETC	TRI-EPA
Total, de sustancias químicas	Total de sustancias químicas
16	277
% de sustancias reportadas en el RETC con respecto al TRI-EPA	
5.7 %	

Fuente: Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes 2023, con base en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) datos de 2021. Inventario de Emisiones Tóxicas de la Agencia de Protección Ambiental (TRI-EPA), datos de 2021.

Consideraciones

La industrialización neoliberal y los problemas resultantes, expresan el agotamiento de un modelo económico basado en la idea arrogante y excluyente de la superioridad de los mercados globales mediante la regionalización de lo local, lo comunitario y lo colectivo. Dicho paradigma económico lo que esconde es la explotación del trabajo y devastación ambiental que las empresas mundiales ejercen sobre la población y el modo como las RESA son instrumentos y resultados de este mecanismo. La paradoja está en que mientras estas empresas intentan mantener a flote el funcionamiento del modelo económico agonizante y decadente con base en especulación financiera, comercial, desregulación laboral, especulación y devastación de la tierra para mantener sus privilegios y ambiciones, solo lo pueden hacer si producen una cantidad excesiva y desmedida de productos alimenticios, de comunicación, de transporte, de vestido, culturales, financieros nocivos (o tóxicos, como les llaman) porque están producidos con base en procesos contaminantes, lo cual hace que esos productos retroalimenten la devastación y emergencia sanitaria y ambiental.

La RESA Valle de Puebla-Tlaxcala es uno de los polos de emplazamiento de industrias globales, constituyendo la cuarta planta industrial más grande del país. -en esta región la contaminación producida puede ser catalogada como un “abuso industrial”, por lo que se evidencia la necesidad de incluir un actor social (las organizaciones sociales de base comunitaria) que funcione como corrector de las fallas de aplicación de tal normatividad ambiental y en vista a construir una normatividad que garantice condiciones básicas de supervivencia y actividad económica en el mediano plazo. Tales acciones y la participación de un sujeto colectivo están previstas en la LGEEPA:

1. Responsabilidad por daños y perjuicios en materia civil, que posibilita el pago de indemnizaciones o compensaciones para los afectados por daños causados al ambiente (arts. 15 y 22 entre otros).

2. Acción comunitaria contemplada en la reforma de 1996 a la LGEEPA (artículo 180), orientada al reconocimiento de los llamados “intereses difusos” en materia ambiental, que habilita a los miembros de las comunidades afectadas por violaciones a la ley ambiental a impugnar dichos actos a través de un procedimiento de revisión ante la autoridad administrativa competente” (Azuela, 2006: 18-19).
3. Incorporación de información confiable y suficiente sobre las consecuencias, beneficios, costos ambientales al sistema de precios de la economía (art. 21).

Los anteriores tres puntos orientan la participación social a la construcción del marco de referencia para identificar, clasificar, cuantificar y valorar los daños y perjuicios derivados de la contaminación del medio ambiente; a construir conocimiento social sobre la impugnación de procedimientos que deterioren el medio ambiente o la salud social, y a la construcción de información completa sobre las externalidades ambientales y de salud producidas por la actividad económica. Del mismo modo, ante el hecho de que el marco normativo ambiental reproduce un sistema de autorizaciones, funcionamiento, emisiones y extracción o explotación, la representación y acción social son parte de la función efectiva de las secretarías de estado en lo respectivo a la regulación ambiental para lo cual:

1. Constituye todo un reto metodológico, pero también una necesidad imprescindible y urgente, a 30 años de su creación, la completa homologación e identificación con mucha mayor precisión de las clases de actividad económica dentro del Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN) para los tres países que lo conforman, especialmente para México. La falta de homologación permite y oculta las grandes lagunas e insuficiencias que los instrumentos y organismos institucionales -como el DENUe y el RETC- tienen en su funcionamiento y normatividad. Si bien en los primeros niveles de categorización del DENUe (Sector, Subsector, Rama y Sub-rama, que equivalen a códigos de dos, tres, cuatro y cinco dígitos, respectivamente) las categorías mantienen una coincidencia exacta en términos de procesos productivos, así como de los insumos utilizados por las empresas, en el nivel de Clases de Actividad Económica (código de seis dígitos) se presenta la dificultad para homologar y comparar los procesos productivos en México y registrarlos en el SCIAN. Esto se muestra en los casos de *no coincidencia* donde prácticamente la mitad de las actividades económicas registradas no coincide y está fuera de la clasificación, limitando la regulación, así como el seguimiento de sustancias y de procesos de la actividad económica instalada en la RESA. En Tlaxcala el RETC solo reporta el 3.6 % (9 sustancias) de las que el TRI-EPA reporta para el mismo tipo de actividades económicas (248 sustancias). En el caso del Valle de Puebla el porcentaje es de 6.3 % (17 sustancias) reportadas por el RETC frente a lo que reporta el TRI-EPA (268).
2. Los mecanismos de corrección podrían incluir sistemas de sanciones que permita dar seguimiento legal a las empresas que han recibido sanciones por incumplimiento o

violación de las normas ambientales, retomando iniciativas como el Índice Nacional de Cumplimiento de la Normatividad Ambiental INCNA (citado en Azuela, 2006: 26) y en comités ciudadanos de verificación y seguimiento.

3. La participación social en campo formule la calendarización de las inspecciones exhaustivas a las empresas identificadas como peligrosas.

En este sentido, las actuales obligaciones de gestión de las empresas, niveles máximos permisibles de emisión, operación de sistemas de captación, conducción, control y emisión de contaminantes, medidas de mitigación para evitar impactos ambientales negativos, estudios de riesgo, programas de prevención de accidentes, ejecución de medidas de mitigación de riesgo y ejecución de medidas de mitigación de accidentes probables, incluirían como instrumento de corrección de fallas también la participación de las organizaciones sociales de base comunitaria.

En la región de la CAA, como en otras regiones del país, la contaminación y destrucción ambiental, y sus consecuencias sobre la salud humana y el comportamiento de las enfermedades, han sido determinadas en gran medida por las condiciones de vulnerabilidad económica, social, política y cultural que sus comunidades han enfrentado desde hace siglos, pero que se han acelerado en las últimas décadas bajo la hegemonía del neoliberalismo.

Sin embargo, para solucionar la devastación socioambiental por motivos toxicológicos y/o epidemiológicos —además de contar con métodos técnico-científicos de monitoreo y acopio de información, modelos multi escalares y procesos de evaluación de impactos en escenarios múltiples—, se requiere de una comprensión más profunda e íntima de tales fenómenos tal y como se manifiestan en la vida cotidiana de quienes son afectados por ellos y escuchar su saber, su conocimiento y sus decisiones con el propósito, no sólo de conocer mejor los problemas de contaminación, sino también para ser capaces de identificar sus manifestaciones tempranas, denunciarlas adecuadamente ante las autoridades correspondientes, diseñar correctamente los procedimientos precautorios necesarios y contar con los medios legítimos para elaborar predicciones correctas y bien situadas de los impactos en la sociedad y el ambiente que pudieran desprenderse de la política pública.

Lo anterior supone la necesidad de desarrollar nuevas formas de organizar y socializar la investigación científica en el largo plazo, de tal forma que el trabajo científico y técnico no se subordinen a las necesidades lucrativas inmediatas de las empresas, ni a las expectativas cambiantes del mercado. Se requiere, además, impulsar y desarrollar formas de organización y articulación inter e intracomunitarias que permitan el intercambio de experiencias, saberes y propuestas de acción encaminadas a la resolución de los problemas. Ambas condiciones tienen que ser construidas y desarrolladas de forma articulada, estableciendo compromisos y mecanismos claros y precisos de cooperación que se traduzcan en una plataforma de trabajo sostenido durante los próximos años y que derive en el empoderamiento de las comunidades

en su región; en otras palabras, que permitan alcanzar una condición de soberanía territorial como premisa de la salud comunitaria.

Con ello se trata de erigir una industrialización productiva y no una industrialización destructiva, como se ha venido construyendo y que es el resultado de elecciones históricas y concretas de política industrial y económica específicas. Los responsables tienen nombre y apellido. Ante nosotros se abre un desafío: la necesidad de combatir la industrialización que nos arrebató lo que nos es necesario y vital y que, por lo tanto, nos es propio. Y -al mismo tiempo- basarnos en nuestros conocimientos comunitarios y en la ciencia y la tecnología para asociarnos libremente en nuestros territorios y poder construir una vida sustentable para todos.

“La solución a las paradojas abiertas en esta coyuntura de crisis y sobreacumulación de valores de uso y valores nocivos la constituye la recuperación y/o diseño de nuevas formas de democracia directa, que puedan implementar estrategias concretas emancipadoras a la subsunción real del consumo bajo el capital a partir de círculos virtuosos de gestión económica, política y cultural que permitan la transformación progresiva de la tecnología capitalista nociva y en fuerzas productivas de la humanidad” (Veraza, J., 2012: 25).

Referencias

- Azuela, A. (2006). *Visionarios y pragmáticos. Una aproximación sociológica al derecho ambiental*, México, IISUNAM/Fontamara
- Barreda A. & Lara F. (s/f). “Génesis y estructura actual de la decadencia ambiental en la subcuenca del Alto Atoyac de Tlaxcala y Puebla”, en *Problemas socioambientales en la Cuenca del Alto Atoyac: Diálogos transdisciplinarios*, CONAHCYT /FCE. México, de próxima publicación
- Bellamy Foster, John (2004). *La ecología de Marx. Materialismo y naturaleza*, España, El viejo topo, p. 449.
- Caridad. A. (2013). *Comprender el mundo del siglo XXI*, Ed. Manuscritos. Madrid.
- COFEPRIS, (2013), Compendio de Estadísticas Ambientales Edición 2013. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2013/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletac55.html
- Diario Oficial de la Federación (DOF), (2011). *Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan y sus afluentes*, 6 de julio
- Diario Oficial de la Federación (DOF), (2021). *Ley Federal de Responsabilidad Ambiental, 2013*, artículo 2º, fracciones III y IV.
- Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. (s.f.). Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. [https://www.gob.mx/semarnat %7Cretc/articulos/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes](https://www.gob.mx/semarnat/%7Cretc/articulos/registro-de-emisiones-y-transferencia-de-contaminantes)
- George S. y Wolf M. (2006). *La globalización neoliberal*, Ed. Anagrama. México
- González, D. (2008). *Polarización regional entre Puebla y Tlaxcala: la influencia de la industria automotriz*. DCSH, UAM-X, México
- Grossmann H. (1979). *La ley de la acumulación y del derrumbe del sistema capitalista. Una teoría de la crisis*, México, Siglo XXI editores
- Gutiérrez Álvarez, C. (2000). *Experiencias contrastadas. Industrialización y conflictos en los textiles del centro-oriente de México, 1884-1917*, COLMEX / BUAP, México
- Gutiérrez Rodríguez P. (2021). “2 mil 720 litros de agua ocupa Volkswagen para producir cada vehículo”, en *La Jornada de Oriente*, 22 de diciembre, tomado de: <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/puebla/2-mil-720-litros-de-agua-ocupa-volkswagen-para-producir-cada-vehiculo/>
- Heath, H. J. (1982). *Lucha de clases: la industria textil en Tlaxcala*. México, El Caballito.

- Hernández M. (2022). “En 2023 iniciará la construcción de parque industrial de proveedores de Volkswagen en Puebla”, *El Economista* 28 de noviembre de 2022, tomado de <https://www.economista.com.mx/estados/En-2023-iniciara-la-construccion-de-parque-industrial-de-proveedores-de-Volkswagen-en-Puebla-20221128-0110.html>
- INEGI (2021). Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera. www.inegi.org.mx
- INEGI (2022). *Registro administrativo de la industria automotriz de vehículos ligeros. Octubre 2022*.
- INEGI (2023). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte*, México SCIAN 2023. México, INEGI. 654 p.
- Juárez, H. (2005). *El Auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria del automóvil*, Huberto Juárez Núñez, Arturo Lara Rivero, Carmen Bueno Castellanos, coordinadores. BUAP-CONACyT, México.
- Martínez A. (2019). “Volkswagen de México produce un auto por minuto”, *Newsweek*, 14 de octubre de 2019, tomado de: <https://newsweekespanol.com/2019/10/volkswagen-de-mexico-produce-un-auto-por-minuto/>
- Marx, K. (1987). *El Capital*, Tomo III, Vol. 3. México, Siglo XXI editores, 297-308.
- Pineda M. (2020). “Industria automotriz en México en 2020: de la reactivación a la recuperación”, *Modern Machine Shop*, 15 de octubre de 2020, <https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-automotriz-en-mexico-en-2020-de-la-reactivacion-a-la-recuperacion>
- Rajchemberg-Sznajer, E. (1995). *Tradición e identidad: la clase obrera de Orizaba (1900-1920)*. Estudios sociológicos de El Colegio de México. DOI: <https://doi.org/10.24201/es.1995v13n38.764>
- Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), (s. f.). *Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes*. <http://sinat.semarnat.gob.mx/retc/index.html>
- Rendón R. (1996). *Breve historia de Tlaxcala*, El Colegio de México, México
- Semarnat (2024). *Fuentes de Contaminación Atmosférica*, tomado de: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/fuentes-de-contaminacion-atmosferica#:~:text=Se%20agrupan%20en%3A,transporte%20y%20los%20veh%C3%ADculos%20automotores.>
- Sempat, C. (1991). “Estructuras económicas coloniales: el sistema de las haciendas”, en: Martínez Baracs, A. y Carlos Sempat Assadourian, Tlaxcala. *Una historia compartida. Siglos XVII-XVIII*, Vol. 10. Gobierno del Estado de Tlaxcala / CONACULTA. México, 1991, 88-90.

Statistics Canada (2017). Recent Trends in Canadian Automotive Industries: Survey of Employment, Payroll and Hours. Consultado el 3 de marzo de 2021 en: <http://www.statcan.gc.ca/pub/11-626-x/11-626-x2013026-eng.pdf>

Thomson G., (2002). *Puebla de los Ángeles, industria y sociedad de una ciudad mexicana 1700-1850*, Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Puebla, Puebla

Toxics Release Inventory (TRI) Program. (s. f.). *TRI Explorer Fact Sheets*. https://enviro.epa.gov/triexplorer/tri_factsheet_search.searchfactsheet?

#ToxiTourMéxico (2020). Informes desde los focos de degradación ambiental. Economía que envenena. Impactos sociales y ambientales de las empresas trasnacionales y el libre comercio en México. Gira virtual de las organizaciones mexicanas Centro Fray Julián Garcés y Un Salto de Vida, 27 de noviembre de 2020, disponible en: <https://www.facebook.com/oeku.buero/videos/711678149746654/>

U.S. Census Bureau, *Current Employment* (2017). Consultado el 17 de febrero de 2021 en: <https://www.bls.gov/iag/tgs/iagauto.htm>

US EPA (2024, 09 de mayo). *¿Qué es el Inventario de Emisiones Tóxicas?* <https://espanol.epa.gov/tri/que-es-el-inventario-de-emisiones-toxicas>

Veraza, J. (2012). “Crisis y Revolución o la crisis económica complicada mundial del capitalismo. México”, en *La Migraña. Revista de análisis político*, Vicepresidencia del Estado Plurinacional de Bolivia, año 1, vol., 1. La Paz.

Volkswagen (2017). *Autos que ensambla Volkswagen México*, <https://www.vw.com.mx/es/experiencia/cultura/ensambladora-volkswagen-mexico-2.html>

Las Tablas son de elaboración propia del Pronaii “Ecosistema Nacional Informático de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes con base en las fuentes especificadas a continuación:

Las tablas con la información acerca de las concentraciones máximas promedios de metales se trabajaron con base en los datos publicados por la CONAGUA para el río Atoyac y sus afluentes (periodo 2012 - 2020)
https://files.conagua.gob.mx/aguasnacionales/5_Result_Cuenca_R_Alto_Atoyac.xlsb
Los datos de volúmenes brutos entregados y superficie regada para el DR 056 en la Zona Cuatro, San Jacinto, (Tabla 1.10), se obtuvieron del Sistema Nacional del Agua de la CONAGUA:
https://sina.conagua.gob.mx/sina/index.php https://sina.conagua.gob.mx/sina/tema.php?tema=distritosiego
Tabla 1.5. Los datos de los cultivos por superficie y municipio para la Zona Cuatro, San Jacinto, se obtuvieron de:
Comisión Nacional del Agua.- Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego. Año Agrícola 2017-2018. Edición 2019. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://app.conagua.gob.mx/ConsultaPublicaciones.aspx
Información general de los cultivos (monografías)
https://www.gob.mx/siap/documentos/monografias

Tabla 1.6. La información de los plaguicidas que suelen aplicarse para la Zona Cuatro, San Jacinto, se obtuvo de la búsqueda de las plagas comunes del cultivo y su control químico, principalmente a partir de fuentes oficiales:

<http://cesavedf.org.mx/informes/2018/002/20hortalizas/20febrero/202018.pdf>
<http://oiapes.sagarhpa.sonora.gob.mx/paq-tec/paq-ajo.pdf>
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes/11.pdf>
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes/181.pdf>
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/149.pdf>
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes2012/95.pdf>
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/130.pdf>
<http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Tecnologia/20para/20cultivar/20ajo/20en/20Zac.pdf>
<https://agricultura.unison.mx/memorias/20de/20maestros/EL/20CULTIVO/20DEL/20FRIJOL.pdf>
<https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PP03/catalogo.pdf>
https://download.basf.com/p/1/8a8081c57fd4b609017fe07e8f4e6f6c/es/MX_-_Ficha_T%C3%A9cnica_-_Prowl%C2%AE_H2O_Product_Data_Sheet_espa%C3%B1ol.pdf?view
<https://fmcagro.es/producto/1/altacor-sup-sup-35wg>
<https://hidroponia.mx/principales-plagas-que-amenazan-el-cultivo-de-calabaza/>
<https://icamex.edomex.gob.mx/cempoalxochitl>
<https://icamex.edomex.gob.mx/chicharo>
<https://icamex.edomex.gob.mx/gladiolo>
<https://icamex.edomex.gob.mx/lechuga>
https://mx.gowanco.com/sites/default/files/mx_gowanco_com/_attachments/product/resource/label/prefar_ft-019_2.pdf
<https://panorama-agro.com/?p=3078>
<https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/retrieve/e83c1df5-a39e-4dc7-a2f1-33c44e1a2b28/250427.pdf>
<https://www.compucampo.com/tecnicos/enfermedadesfungosasbacterianas-tomate-nay.pdf>
<https://www.compucampo.com/tecnicos/enfermedadesfungosasbacterianas-tomate-nay.pdf>
<https://www.compucampo.com/tecnicos/principalesenfermedades-frijolejotero-mor.pdf>
<https://www.corteva.mx/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/galant-ultra.html>
<https://www.fao.org/3/t1147s/t1147s0e.htm>
https://www.tacsa.mx/DEAQ/src/productos/261_53.htm
https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?book_id=3&composition_id=12528&crop_id=890
https://www.terralia.com/agroquimicos_de_mexico/view_composition?book_id=3&composition_id=13721&crop_id=828

Capítulo 2. Calidad ambiental y salud poblacional

La convergencia de actividades industriales, agroquímicas y urbanas en la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) ha provocado un grave deterioro ambiental, afectando tanto a los ecosistemas como a la salud de las comunidades locales. En este contexto, el presente capítulo presenta los principales aspectos relacionados con la calidad ambiental y su impacto en la salud pública, así como los desafíos asociados con la atención sanitaria.

La presencia de compuestos tóxicos en el agua, el aire y el suelo, junto con una gestión inadecuada de residuos sólidos, está generando serios impactos en los ecosistemas y la salud pública. Las concentraciones elevadas de metales pesados y otros parámetros fisicoquímicos en varias zonas de la CAA, exceden los límites máximos permisibles de acuerdo con la normativa nacional e internacional, mostrando un deterioro de la calidad tanto del agua subterránea como superficial. En las áreas industrializadas, los contaminantes atmosféricos, incluidos compuestos orgánicos volátiles, agravan la situación ambiental, mientras que el uso de plaguicidas altamente peligrosos en los suelos agrícolas supone una amenaza directa para la biodiversidad y la salud humana. Además, la ineficiencia en la gestión de los residuos sólidos urbanos no sólo incumple las normativas ambientales, sino que también contribuye a la degradación del ecosistema y a la emisión de gases de efecto invernadero, exacerbando aún más los problemas ambientales de la Cuenca.

La contaminación ambiental y la exposición a sustancias tóxicas, vinculadas a un incremento en el riesgo de enfermedades no transmisibles, han sido documentadas en la Recomendación 10/2017 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH), emitida

en marzo de 2017, y en 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*” (CONAHCYT, 2023). En este capítulo, se presentan nuevos hallazgos que revelan niveles preocupantes de metales pesados como plomo y cadmio en adolescentes y trabajadores, especialmente en áreas industrializadas y agrícolas. Estas exposiciones están vinculadas con alteraciones renales, hepáticas, neurológicas y endocrinas. Adicionalmente, se evidencia un aumento en las tasas de mortalidad debido a malformaciones congénitas, neoplasias y enfermedades de los sistemas digestivo, nervioso y circulatorio, así como por enfermedad renal, afectando a niños, adolescentes y jóvenes. La incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales también es notablemente alta, y se asocia con la contaminación del agua y del aire, así como con las condiciones socioeconómicas de vulnerabilidad de la región.

El sistema de salud en la Cuenca del Alto Atoyac enfrenta importantes desafíos, especialmente en el primer nivel de atención. La escasez de personal especializado, equipos médicos y una infraestructura deficiente contribuyen a retrasos en el diagnóstico y en la atención de enfermedades crónicas. Esto obliga a una parte de la población a recurrir a servicios de salud privados o, en algunos casos, a abandonar los tratamientos. Además, la falta de información sobre la toxicidad de los compuestos químicos presentes en el entorno y la ausencia de programas efectivos de prevención y promoción de la salud agravan la situación de vulnerabilidad socioambiental en la región.

Este capítulo presenta los resultados obtenidos de diversos Pronaii. Específicamente, el Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, bajo la dirección técnica de Alfredo Delgado Rodríguez, aborda la *Calidad del agua subterránea y superficial*, con las aportaciones de María Inés J. Navarro González, Alma Chávez Mejía, Rita Valladares Rodríguez, Erasmo Flores Valverde, Roxana Fabiola Martínez Navarro, Paola Ivonne Ortiz Onofre, Yamil López Morales y Fernanda Ruiz Rodríguez. Adicionalmente, el segmento sobre *Enfermedades infecciosas*, también producto de este Pronaii fue desarrollado por Gabriela Pérez Castresana, Raúl Camacho Sanabria e Itzel Fabiola Arroyo Ortega.

El Pronaii “Ciencia de Datos y Salud en la CAA”, bajo la coordinación técnica de Gabriela Pérez Castresana, con la colaboración de Itzel Fabiola Arroyo Ortega, Raúl Camacho Sanabria, David Fernández Uribe, David Jiménez Ramos, Aline Romero Natale y Arturo Sánchez Porras, realizó aportaciones en el apartado de *Calidad del aire*, específicamente en el estudio del *Comportamiento del viento y contaminantes atmosféricos*. Además, este equipo realizó el *Análisis poblacional de las Enfermedades No Transmisibles (ENT) en la CAA*, así como el análisis de la *Situación de la atención sanitaria en la CAA*.

Bajo la coordinación técnica de Regina Montero Montoya y con la colaboración de Rodolfo Omar Arellano Aguilar, Cristina Cortinas, Fernando Cuatecontzi Galicia, Itzel Hernández González, Judith Montes de Oca Cruz, Rocío López Vargas, Karen Suárez Larios, Emilio Muñoz Berruecos, Reyna Santiago Castillo y Alejandra Méndez Serrano, el Pronaii “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental” contribuyó a la sección de *Calidad del aire*. Este equipo desarrolló específicamente, las *Determinaciones de contaminantes volátiles en el aire*. Además, realizó la identificación de las *Evidencias de exposición a tóxicos y el riesgo de enfermedades no transmisibles* en la región.

La sección de *Gestión de Residuos Sólidos* fue desarrollada bajo la coordinación de Raúl García Barrios e Hipólito Rodríguez Herrero, con Jorge Vilar Lloréns y Javier Gómez Maturano como responsables técnicos. Este apartado, parte del Pronaii “Residuos Sólidos Urbanos”, contó con la colaboración de Ana Lilia Aguilar García, Mayra Serna Hernández y José David Mendoza Santana.

El Pronaii “Salud Laboral”, bajo la coordinación técnica de Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez, se enfocó en el estudio de la *Exposición al plomo por actividades productivas*. Este análisis contó con la colaboración de Amanda Georgina González Ochoa, Luz Estela Hernández Téllez, Albadelia Solano Juárez, Nadia Viveros de la Cruz y Brian Gómez Flores.

Finalmente, los Pronaii de “*Leucemia Infantil*” y “*Citómica del Cáncer Infantil*”, dirigidos por Juan Carlos Núñez Enríquez y Rosana Pelayo Camacho, abordaron la *Incidencia de leucemia por grupo de edad en la CAA* y la sección de *Atención a Pacientes Pediátricos con Leucemia en la CAA*. Este esfuerzo incluyó la colaboración de Erika Alarcón Ruiz, Aldo Allende López, Lourdes Andrea Arriaga Pizano, Diana Casique Aguirre, David Aldebarán Duarte Rodríguez y Janet Flores Lujano.

2.1. Calidad Ambiental

Calidad del agua

En el Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, se realizó un estudio sobre la calidad del agua subterránea y superficial en las subcuencas de los ríos Atoyac y Zahuapan. El análisis de la calidad del agua subterránea se realizó a partir de los muestreos efectuados en 2022 y 2023 en 22 pozos de abastecimiento (**Figura 2.1a**). Para el agua superficial, los muestreos se llevaron a cabo en 62 sitios ubicados en los cauces de ambos ríos durante 2023 (**Figura 2.1b**).

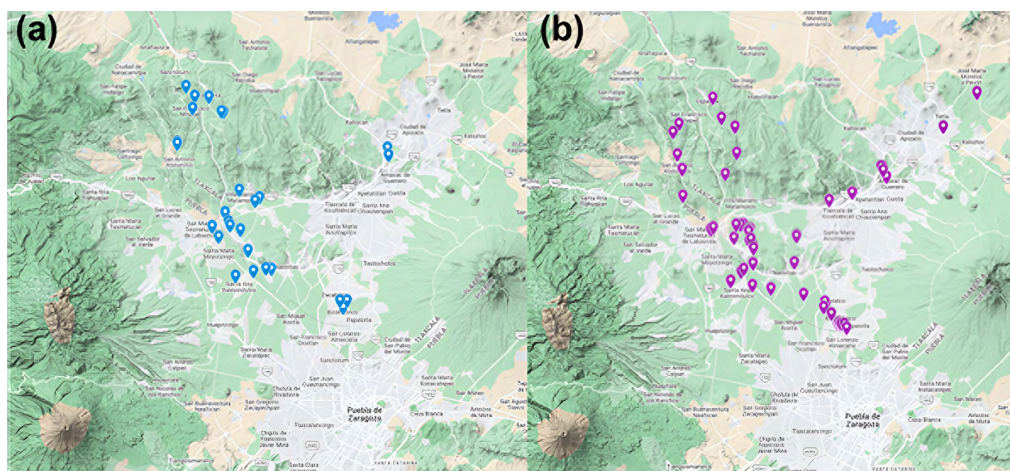


Figura 2.1. (a) sitios de monitoreo de agua subterránea. (b) sitios de monitoreo de agua superficial. Fuente: Navarro González et al., 2024⁷.

La calidad del agua subterránea fue evaluada en función del cumplimiento de la normativa vigente para agua potable, las concentraciones detectadas en 2022 se compararon con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la NOM-127-SSA1-1994, mientras que las concentraciones detectadas en 2023 se compararon con los valores de la NOM-127-SSA1-2021. Para los parámetros fisicoquímicos no contemplados en estas normativas, se emplearon valores de referencia obtenidos de fuentes internacionales, como Canadá (Health Canada, 2019), España (Ministerio de la Presidencia, 2023), Colombia (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2000) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1998). La calidad del agua superficial fue evaluada conforme a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Declaratoria para seis zonas del río Atoyac (SEMARNAT, 2011), que define los valores para 48 parámetros, según los límites establecidos para el segundo plazo en 2015 (SEMARNAT, 2011).

Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, temperatura (T°C), sólidos disueltos totales (SDT), turbiedad, dureza, color aparente, nitratos, cloruros, sulfuros, carbono orgánico total (COT), sulfatos, coliformes fecales (C fecales), nitritos, nitrógeno amoniacal (N-amoniacal), sustancias activas al azul de metileno (SAAM), fluoruros, oxígeno disuelto (OD), demanda química de oxígeno (DQO), toxicidad *Vibrio fischeri* y color verdadero. Además, se determinó la presencia de arsénico, cadmio, cromo, mercurio, plomo, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc. Los detalles metodológicos del muestreo y su análisis se presentan en el **Anexo 2A**.

⁷ Gestión del agua subterránea y superficial. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Calidad del agua Subterránea

Los 22 pozos evaluados, son fuente de abastecimiento de 17 comunidades de los municipios de Españaita, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tepetitla de Lardizabal, Nativitas, Xicohtzinco y Yauquemecan en el estado de Tlaxcala, y San Martín Texmelucan y Huejotzingo en el estado de Puebla. Estos municipios corresponden a extracciones del acuífero 2901 Alto Atoyac y del acuífero 2104 Valle de Puebla (**Anexo 2B**).

La **Tabla 2.1** presenta la variabilidad en la presencia de metales en los pozos de abastecimiento monitoreados, destacando las concentraciones de cromo, cadmio, plomo y manganeso que superan los LMP. En 2022, únicamente el rango de concentración del cromo superó el LMP, mientras que, en el monitoreo del año 2023, se detectaron rangos de concentraciones de cadmio, plomo y manganeso por encima del LMP. El arsénico y metales como cobre, hierro, níquel y zinc también fueron detectados en el agua de los pozos; sin embargo, se encontraron dentro de los niveles permitidos.

Tabla 2.1. Variación de las concentraciones de metales en pozos de abastecimiento

Parámetro	NOM-127-SSA1-1994 (mg/L)	2022 Rango (mg/L)	NOM-127-SSA1-2021 (mg/L)	2023 Rango (mg/L)
Arsénico (As)	0.025	N/A	0.010	0.002 - 0.008
Cadmio (Cd)	0.005	N/A	0.003	0.001 - 0.023
Cromo (Cr)	0.050	0.015 - 0.054	0.050	< LD
Mercurio (Hg)	0.001	N/A	0.006	N/A
Plomo (Pb)	0.010	N/A	0.010	0.002 - 0.117
Cobre (Cu)	2.000	0.017 - 0.074	2.000	0.012
Hierro (Fe)	0.300	0.042 - 0.072	0.300	0.035 - 0.300
Manganeso (Mn)	0.150	0.018 - 0.086	0.150	0.056 - 0.170
Níquel (Ni)	-	N/A	0.070	0.027 - 0.027
Zinc (Zn)	5.000	0.031 - 0.163	5.000	0.015 - 0.112

< **LD**: menor al límite de detección. **N/A**: no aplica. **Fuente**: Navarro González et al., 2024.

En total, 11 de los 22 pozos monitoreados, presentaron concentraciones de metales que exceden los límites aceptables para agua potable en al menos un parámetro en los dos años de muestreo. En 2022, la presencia de cromo se detectó en 14 pozos, aunque solo en uno de ellos la concentración superó el LMP, mientras que en otros cuatro se observaron niveles muy cercanos al límite establecido (**Figura 2.2**).

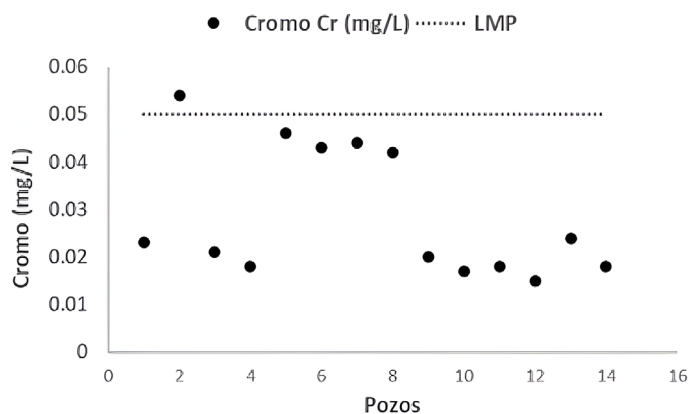


Figura 2.2. Variación de la concentración de cromo en los pozos monitoreados en 2022. **Fuente:** Navarro González et al., 2024.

En cambio, en 2023, el cadmio se detectó en 19 de los 22 pozos monitoreados, y en 10 de ellos las concentraciones superan el LMP (**Figura 2.3a**), mientras que el plomo fue detectado en todos los pozos, pero solo en seis se registraron concentraciones que incumplen el LMP (**Figura 2.3b**). En cuanto al manganeso, su única detección en un pozo superó el límite establecido por la normativa.

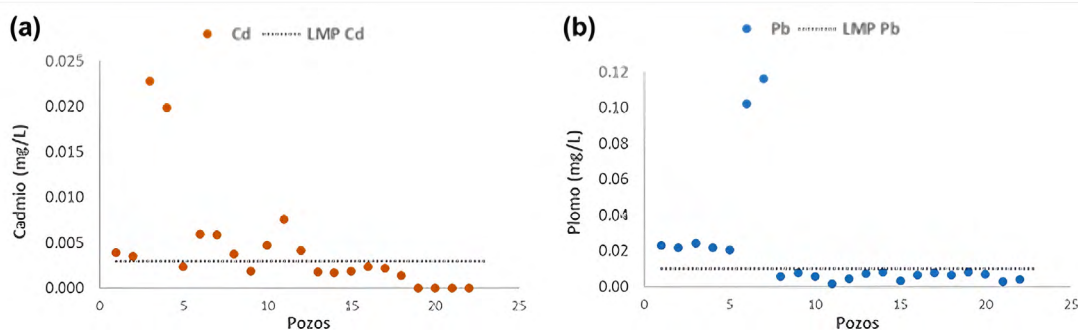


Figura 2.3. (a) Variación de la concentración de cadmio en los pozos monitoreados en 2023. **(b)** Variación de la concentración de plomo en los pozos monitoreados en 2023. **Fuente:** Navarro González et al., 2024.

En lo que respecta a los metales como cobre, hierro y zinc, así como al arsénico, destaca que el zinc fue detectado en nueve pozos, el arsénico en 11, el hierro en 14 y el cobre en 18. En todos los casos, las concentraciones estuvieron por debajo del LMP para agua potable, e incluso, considerablemente por debajo de los límites permitidos.

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos, la **Tabla 2.2** muestra que en 2022 se encontraron niveles de dureza y pH por encima de los LMP, mientras que, en 2023, integrando un mayor número de parámetros, se detectaron incumplimientos adicionales en coliformes fecales, turbiedad, SAAM, fluoruro, sulfuros, COT, OD y color aparente.

En detalle, en 2022, el valor de pH detectado fue menor al rango aceptable de 6.5 en dos pozos y la dureza se registró también mayor al LMP en dos más. En 2023 se hallaron coliformes fecales en dos pozos, alta turbiedad en uno y en un manantial, SAAM en un pozo, sulfuros en uno y el color aparente superó el LMP en dos de ellos. El color verdadero cumplió con las nuevas normativas.

Tabla 2.2. Variación de las concentraciones de parámetros fisicoquímicos en pozos de abastecimiento 2022-2023

2022			2023		
Parámetro	Rango (mg/L)	NOM-127-SSA1-1994 (mg/L)	Parámetro	Rango (mg/L)	NOM-127-SSA1-2021 (mg/L)
pH	6.4 - 7.7	6.5 - 8.5	pH	6.5 - 7.6	6.5 - 8.5
T (°C)	13.5 - 25.2	< 15 ⁽¹⁾	T (°C)	14 - 26	< 15 ⁽¹⁾
SDT	85 - 384	1000	SDT	85 - 639	1000
Turbiedad (NTU)	0 - 1.7	5	Turbiedad (UTN)	0 - 6	≤ 4
Dureza (CaCO ₃)	71 - 719	500	Dureza CaCO ₃	65 - 425	500
Color aparente (Pt/Co)	0 - 15	20	Color aparente (Pt/Co)	0 - 50	15
Nitratos N-NO ₃ ¹⁻	0.131 - 2.912	10	Nitratos N-NO ₃ ¹⁻	0.04 - 0.73	11
Cloruros	0.72 - 27.0	250	Cloruros	1 - 56	250 ⁽⁵⁾
Sulfuros	0	< 0.05 ⁽¹⁾	Sulfuros	0 - 5	< 0.05 ⁽¹⁾
COT	1.9 - 91	≤ 5 ⁽²⁾	COT	2.2 - 13.3	≤ 5 ⁽²⁾
Sulfatos SO ₄ ²⁻	3.9 - 99.5	400	C fecales (NMP/100 mL)	4 - 11	< 1
			Nitritos N-NO ₂ ¹⁻	< LD	0.9
			N-amoniacal	< LD	0.5
			SAAM	0.02 - 1.14	0.5
			Fluoruros	0.609 - 1.339	1
			OD	2.1 - 6.4	> 4 ⁽³⁾
			DQO	0 - 5	20 ⁽⁴⁾
			Toxicidad V. <i>fisheri</i> (UT)	< 1	< 1
			Color verdadero 436 nm	0.1 - 0.6	7.0 m ⁻¹
			Color verdadero 525 nm	0 - 0.4	5.0 m ⁻¹
			Color verdadero 620 nm	0 - 0.3	3.0 m ⁻¹

< LD: menor al límite de detección ⁽¹⁾ Health Canada, 2019; ⁽²⁾ Ministerio de la Presidencia, 2023; ⁽³⁾ Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2000; ⁽⁴⁾ WHO, 1998; ⁽⁵⁾ NOM-127-SSA1-1994.

Fuente: Navarro González et al., 2024.

Los parámetros fisicoquímicos que superaron los LMP en un mayor número de pozos fueron el COT, que superó el límite de la recomendación internacional de 5 mg/L en nueve pozos (Ministerio de la Presidencia, 2023), el OD que de acuerdo con la norma internacional (Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, 2000) fue inadecuado en cuatro pozos y los niveles de fluoruro, que superan el LMP en 10 pozos, con valores cercanos al límite en otros nueve.

En total, 13 pozos presentaron al menos un parámetro que no cumplió con los estándares de agua potable en los muestreos realizados en 2022 y 2023. Los parámetros detectados que no cumplen con los estándares para consumo humano afectan negativamente el sabor y la apariencia del agua (EPA, 2018). Sin embargo, las concentraciones de coliformes fecales y fluoruros tienen implicaciones más graves: los coliformes fecales pueden causar enfermedades gastrointestinales (WHO, 2017), mientras que los fluoruros pueden provocar daño en el esmalte dental, manifestándose inicialmente como una decoloración de los dientes, conocida como fluorosis dental, debido a la exposición al flúor (WHO, 2004).

Calidad del agua Superficial

La selección de los 62 sitios para evaluar la calidad del agua superficial en la Cuenca del Alto Atoyac se basó en estudios previos, conocimiento local y recorridos de campo. Se incluyeron sitios que CONAGUA ha monitoreado desde 2012 (CONAGUA 2022) y los del estudio para la Declaratoria del Río Atoyac (SEMARNAT, 2011). Además, se consideraron las ubicaciones de los acuíferos Alto Atoyac y Valle de Puebla para un análisis integral. La distribución de los sitios de muestreo es la siguiente: el 21 % se ubica en los cauces del Río Atoyac, el 19 % en el Río Zahuapan, el 42 % en sus principales afluentes, y el 18 % en canales y manantiales utilizados para riego agrícola (**Anexo 2B**).

La variabilidad en las concentraciones de metales en el agua superficial mostró que el cadmio, plomo, hierro, manganeso y zinc superaron los LMP establecidos en la Declaratoria (SEMARNAT, 2011). También se detectó incumplimiento en los parámetros fisicoquímicos como pH, grasas y aceites, nitrógeno total, SDT, cloruros, sulfuros, OD, COT, DQO, toxicidad y color verdadero y aparente (**Tabla 2.3**).

Tabla 2.3. Variación de la concentración de metales y parámetros fisicoquímicos en agua superficial (2023).

Metales			Fisicoquímicos		
Parámetro	Rango (mg/L)	LMP Declaratoria (mg/L)	Parámetro	Rango	LMP Declaratoria
Arsénico	0.001 - 0.012	0.05	pH	3.7 - 8.3	6.5 - 8.5
Cadmio	0.001 - 0.040	0.004	T (°C)	15 - 28.3	< 35
Cromo	0.049 - 0.049	0.05	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	3 - 460	< 1,000
Mercurio	N/A	0.001 - 0.002	Grasas y Aceites (mg/L)	9 - 403	5.2 - 13
Plomo	0.003 - 0.906	0.03	Nitrógeno Total (mg/L)	0.3 - 15.8	5 - 14.5
Cobre	0.016 - 0.050	0.05	SDT (mg/L)	1 - 946	500 - 720
Hierro	0.045 - 8.000	0.30 - 0.50	Turbiedad (NTU)	7 - 620	-
Manganeso	0.038 - 0.220	0.10 - 0.12	Cloruros (mg/L)	1 - 270	250
Níquel	0.020 - 0.059	0.6	Fósforo total (mg/L)	0.144 - 1.55	1.2 - 3.9
Zinc	0.015 - 0.906	0.12 - 0.18	Sulfuros (mg/L)	0 - 3.6	0.002 - 0.114
			OD (mg/L)	0.001 - 7.21	> 5 mg/L
			COT (mg/L)	1 - 876	53
			DQO (mg/L)	9 - 2,020	26.2 - 171
			Toxicidad (UT)	0.21 - 95	< 2
			Color aparente (Pt/Co)	75 - 500	< 100
			Color verdadero 436 nm	0 - 11.3	7.0 m ⁻¹
			Color verdadero 525 nm	0 - 8	5.0 m ⁻¹
			Color verdadero 620 nm	0 - 5.7	3.0 m ⁻¹

< LD: menor al límite de detección. N/A: no aplica.

Fuente: Navarro González et al., 2024.

Concentraciones de metales y parámetros fisicoquímicos por zona

Los 62 sitios de muestreo de agua superficial se agruparon en seis zonas de acuerdo con su ubicación: el río Atoyac y sus afluentes, el río Zahuapan y sus afluentes, las zonas de riego, y los escurrimientos del río Atotonilco y la presa Mariano Matamoros. Para proporcionar un panorama detallado de la contaminación, se analizaron los rangos de concentración de metales y parámetros fisicoquímicos por zona. Los detalles completos de estos rangos se encuentran en el **Anexo 2C**.

La **Tabla 2.4** presenta los parámetros que superaron los LMP, así como el número de sitios de muestreo por zona. Se destaca que metales como cadmio, plomo, hierro y zinc aparecen en concentraciones superiores a los LMP en la mayoría de estas, mientras que el cromo y el cobre permanecieron por debajo de los niveles detectables. También se detectaron valores

fuera de los LMP de parámetros fisicoquímicos, como grasas y aceites, sulfuros, OD, COT, DQO, toxicidad y colores aparente y verdadero, entre otros.

Tabla 2.4. Parámetros monitoreados de agua superficial que superan los LMP.

Zona	Metales		Fisicoquímicos	
Río Atoyac (13 sitios) Afluentes (9 sitios)	Río Atoyac Cadmio Plomo Hierro Zinc	Afluentes Cadmio Plomo Hierro	Río Atoyac: Grasas y aceites Sulfuros OD COT DQO Toxicidad Color aparente Color verdadero	Afluentes pH Grasas y aceites Nitrógeno total SDT Cloruros Sulfuros OD COT DQO Toxicidad Color aparente Color verdadero
Río Zahuapan (12 sitios) Afluentes (7 sitios)	Río Zahuapan Cadmio Plomo	Afluentes Cadmio Plomo	Río Zahuapan Grasas y aceites Sulfuros OD Color aparente	Afluentes Grasas y aceites Sulfuros OD COT DQO Toxicidad Color Color verdadero (436, 620 nm)
Zona de riego (14 sitios)	Cadmio Plomo Hierro Manganeso		pH Coliformes fecales Grasas y aceites SDT Cloruros Sulfuros	OD COT DQO Toxicidad Color aparente Color verdadero (426 nm)
Río Atotonilco y Presa Mariano Matamoros (5 sitios cada uno)	Río Atotonilco Cadmio Plomo Zinc	Presa Mariano Matamoros Cadmio Plomo Zinc Hierro	Río Atotonilco pH OD Color aparente	Presa Mariano Matamoros Sulfuros OD Color aparente

Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir de la información de Navarro González et al., 2024.

Además, se identificó que, en todas las zonas evaluadas, las concentraciones de cadmio y plomo exceden los LMP establecidos en la Declaratoria, junto con parámetros fisicoquímicos como el color aparente y el OD, indicando que las condiciones del agua ya no son aptas para la vida acuática.

En la zona del río Atoyac, desde la confluencia con el río Xochiac hasta el último punto de monitoreo de este cauce se presentaron valores de plomo por encima del LMP (**Figura 2.4a**), mientras que, en todos los sitios de monitoreo de sus afluentes, se detectaron concentraciones de cadmio y plomo por encima del LMP.

Además, todos los sitios ubicados desde la confluencia del río Xopanac hasta el último punto de monitoreo en este cauce, junto con los sitios de monitoreo en los afluentes del río Atoyac, mostraron concentraciones de DQO, sulfuros y niveles de toxicidad que exceden los LMP establecidos en la Declaratoria y todos los sitios, superan los LMP para el color (**Figura 2.4b**).

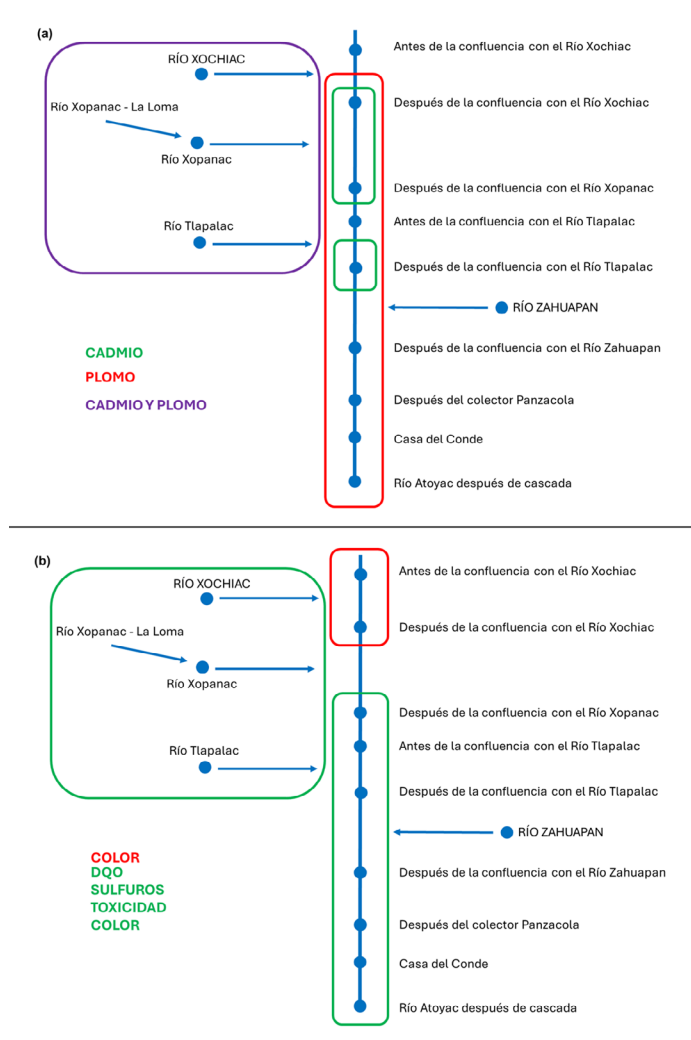


Figura 2.4. Sitios de monitoreo en el río Atoyac y sus afluentes. (a) Sitios con concentraciones de metales que sobrepasan los LMP. (b) Sitios con parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los LMP. **Fuente:** Arroyo-Ortega, I.F., modificado de Navarro González et al., 2024.

Por otro lado, en el río Zahuapan se detectaron concentraciones de plomo mayor a los LMP en seis sitios de monitoreo, mientras que cadmio se detectó en el sitio de monitoreo ubicado antes de la confluencia del río Atenco. En los afluentes del río Zahuapan, la presencia de cadmio que supera los LMP se detectó en los ríos Texcalac y Zambrano. Por su parte, el plomo con concentración mayor a los LMP se detectó en los ríos Zambrano, Atenco y Los Negros (Figura 2.5a).

El color aparente superó los LMP en gran parte del cauce del río Zahuapan, y en sus seis afluentes se registraron valores fuera del LMP tanto para el color aparente como para el OD.

Los ríos Texcalac, Zambrano, Los Negros y Río Viejo presentaron incumplimientos en la DQO. La toxicidad fue superior a 2 unidades de toxicidad (UT) en los ríos Texcalac, Totolac y Río Viejo, siendo este último el que registró el nivel más alto del estudio. Las concentraciones de sulfuros superaron los LMP en los ríos Texcalac y Río Viejo. Además, se detectaron concentraciones de COT por encima de los LMP en los ríos Texcalac, Zambrano, Los Negros y Río Viejo (Figura 2.5b).

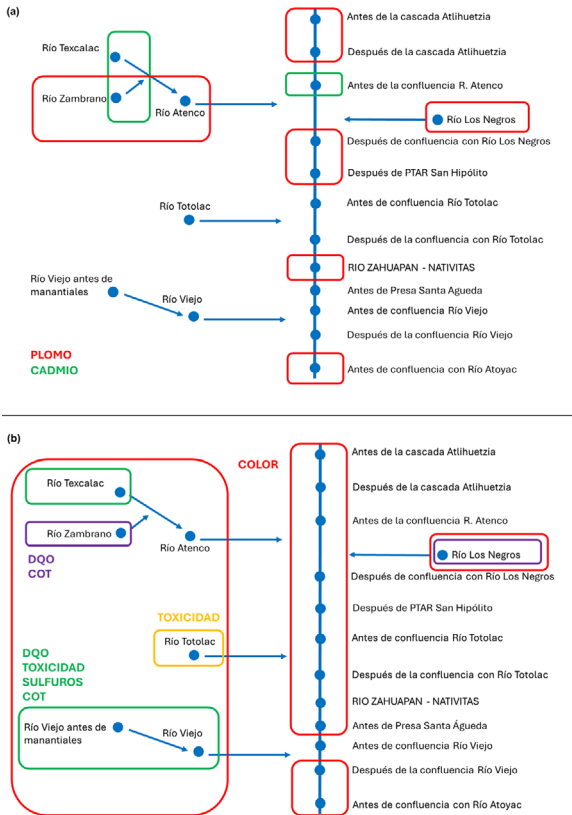


Figura 2.5. Sitios de monitoreo en el río Zahuapan y sus afluentes. **(a)**Sitios con concentraciones de metales que sobrepasan los LMP. **(b)**Sitios con parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los LMP. **Fuente:** Arroyo-Ortega, I.F., modificado de Navarro González et al., 2024.

El agua superficial que abastece las zonas del DR 056 proviene del caudal del río Atoyac, desviado específicamente para este fin en la zona del vertedero, y de los tramos de los ríos Xochiac y Xopanac, que irrigan el área antes de unirse al río Atoyac. En estas zonas de riego, se detectaron concentraciones de plomo que superan los LMP en nueve sitios, y de cadmio en siete (**Figura 2.6a**). Los altos niveles de sulfuros, DQO, toxicidad y color aparente, junto con los bajos niveles de OD, se destacan especialmente en la Zanja Real en donde se detectó la concentración de DQO y sulfuros más alta del estudio (**Figura 2.6b**).

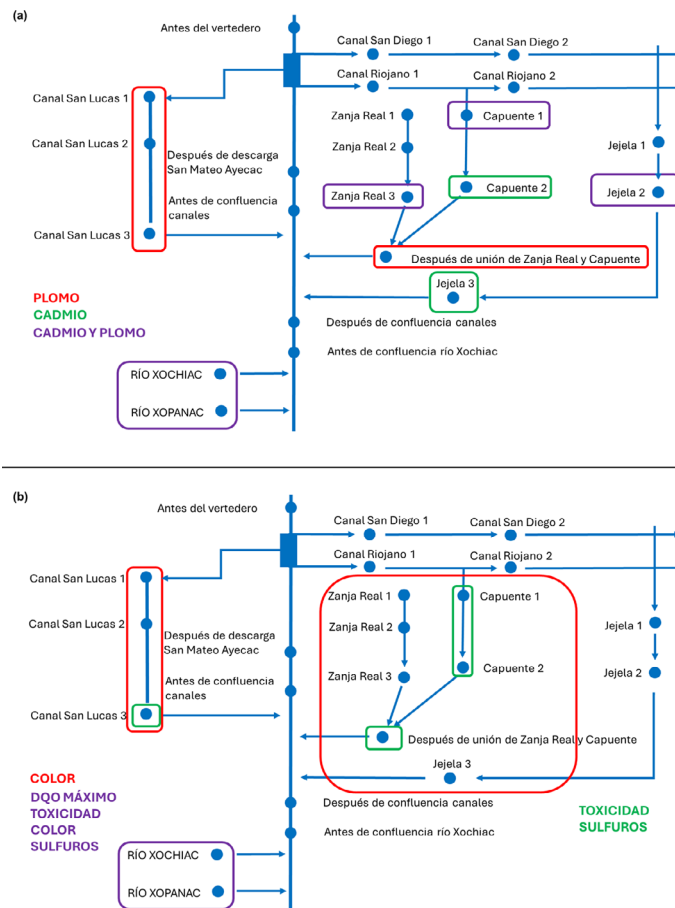


Figura 2.6. Sitios de monitoreo en las zonas de riego. (a) Sitios con concentraciones de metales que superan los LMP. (b) Sitios con parámetros fisicoquímicos que superan los LMP. **Fuente:** Arroyo-Ortega, I.F., modificado de Navarro González et al., 2024.

En todos los sitios monitoreados de los escurrimientos del río Atotonilco y la presa Mariano Matamoros se detectaron concentraciones de plomo y cadmio que superan los LMP, así como niveles de zinc en los cinco sitios monitoreados de la presa (**Figura 2.7a**). Además, en todos los puntos de monitoreo de ambos escurrimientos se registró color aparente por encima de

los LMP, y en un punto de la presa se detectaron concentraciones de sulfuros que exceden los límites permitidos (**Figura 2.7b**).

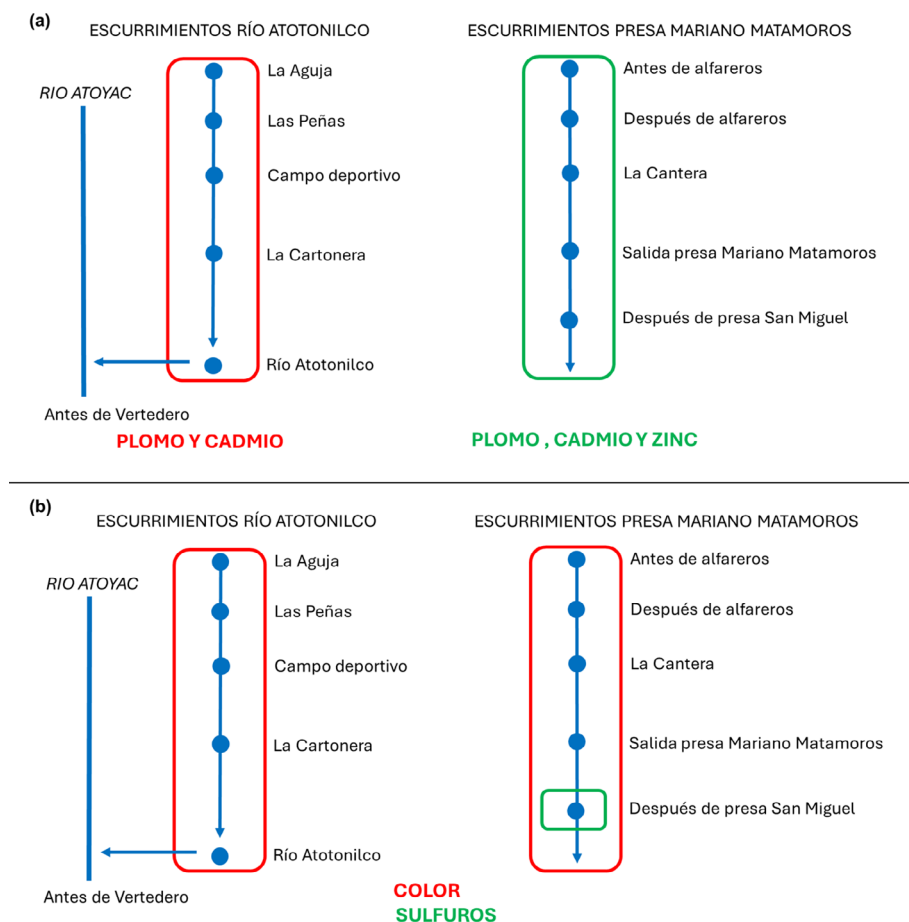


Figura 2.7. Sitios de monitoreo en los escurrimientos del río Atotonilco y la presa Mariano Matamoros. **(a)** Sitios con concentraciones de metales que sobrepasan los LMP. **(b)** Sitios con parámetros fisicoquímicos que sobrepasan los LMP. **Fuente:** Arroyo-Ortega, I.F., modificado de Navarro González et al., 2024.

La elevada contaminación detectada en las zonas de riego y los escurrimientos de la presa Mariano Matamoros refleja el notable impacto de las actividades agrícolas y las descargas industriales sobre los cuerpos de agua de la Cuenca. Los contaminantes presentes en las subcuencas de los ríos Atoyac y Zahuapan destacan la urgencia de una intervención en sitios y zonas prioritarias, donde la atención integral es necesaria para mitigar los efectos ambientales y proteger la salud de los ecosistemas y de las comunidades locales.

Calidad del aire

Comportamiento del viento y variación espacio-temporal de contaminantes del aire

En el Pronaii de “Ciencia de Datos y Salud en la CAA” se estudió el comportamiento del viento y la variación espacio-temporal en las concentraciones de formaldehído, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre en el aire, a partir de datos del 2000-2020 extraídos de las plataformas POWER de la NASA y de la Agencia Espacial Europea (ESA). Los datos de los contaminantes (mol/m^3) corresponden a mediciones realizadas entre los 7 y los 20 kilómetros del suelo; y los datos de viento (dirección y velocidad) a los 2 y 10 metros del suelo (satélite Sentinel-5P y el sensor TROPOMI). Se construyeron mapas con el software ArcMap para facilitar la visualización y el análisis. En los mapas se integró la información de la velocidad y dirección de los vientos, el patrón de distribución espacial de los contaminantes atmosféricos y la localización de las industrias en la CAA. Se elaboraron mapas para las estaciones de febrero-mayo, junio-septiembre y octubre-enero; esto para conocer las diferencias en el patrón de vientos y contaminantes atmosféricos dentro de un ciclo anual. Asimismo, para facilitar el análisis y la identificación de patrones espaciales, se dividió el área de la CAA por microcuencas. En la **Figura 2.8** se puede observar el listado de los municipios que conforman las siete microcuencas pertenecientes a la Cuenca del Alto Atoyac y su delimitación.

En la **Tabla 2.4**, se muestra la velocidad y dirección de los vientos en las siete microcuencas, diferenciando las mediciones a 2 metros y 10 metros de altura. Los datos revelan que las microcuencas 3, 4 y 5, integradas por municipios como Acuamanala, Zacatelco, Teolocholco, Papalotla, San Pablo del Monte en Tlaxcala, y Amozoc, Cuautlancingo, San Pedro Cholula, San Andrés Cholula y Puebla capital en el estado de Puebla, registran las mayores velocidades de viento, tanto a 2 metros (1.80, 1.89 y 1.82 m/s respectivamente) como a 10 metros (2.79, 2.89 y 2.79 m/s respectivamente). Estas velocidades son superiores a las observadas en las demás microcuencas.

En cuanto a la dirección de los vientos, de febrero a mayo y de octubre a enero, en la mayoría de las microcuencas los vientos fluyen del sureste hacia el noroeste (SE-NO). Sin embargo, en la microcuenca 7, la dirección cambia de sur a norte (S-N) durante estos meses.

De junio a septiembre, las microcuencas 1 y 2 experimentan vientos del noreste hacia el suroeste (NE-SO), mientras que las microcuencas 3 a 7 muestran una dirección de este a oeste (E-O). Estos patrones indican que la región este y sureste de la Cuenca (microcuencas 3 a 5) enfrentan mayores velocidades de viento y mantienen una dirección constante de este a oeste a lo largo del año, a diferencia del resto de la Cuenca, en donde se exhiben variaciones estacionales marcadas en la dirección del viento.

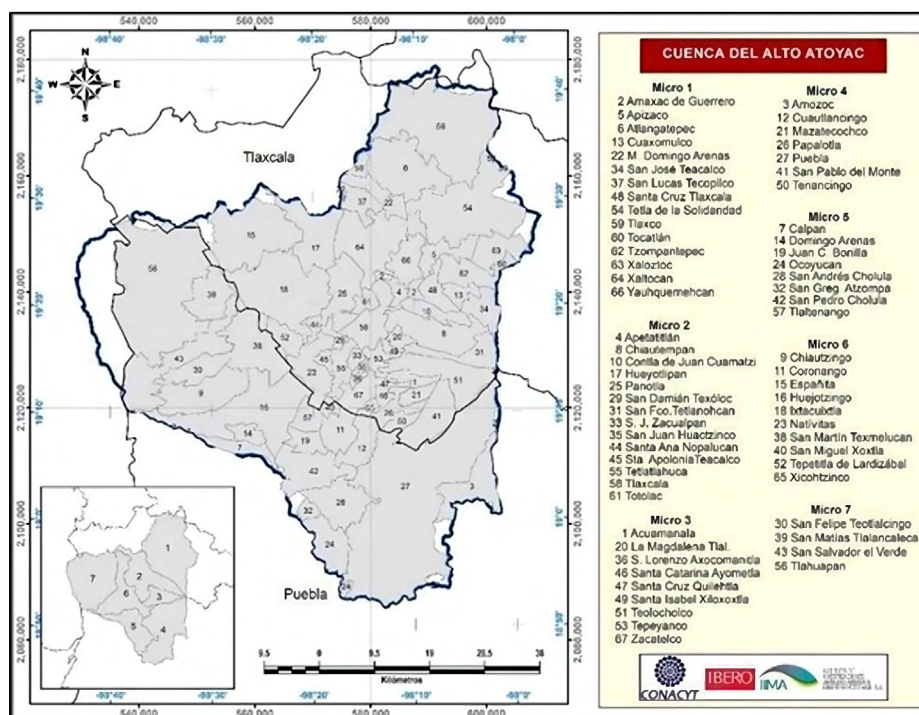


Figura 2.8. Municipios de la Cuenca del Alto Atoyac y su localización por microcuenca. **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023⁸.

Tabla 2.4. Velocidad y dirección de los vientos en las microcuencas.

Microcuenca	Velocidad de los vientos a 2 m de altura (m/s)	Velocidad de los vientos a 10 m de altura (m/s)	Dirección de los vientos de febrero a mayo	Dirección de los vientos de junio a septiembre	Dirección de los vientos de octubre a enero
1	1.60	2.58	SE-NO	NE-SO	SE-NO
2	1.68	2.65	SE-NO	NE-SO	SE-NO
3	1.80	2.79	SE-NO	E-O	E-O
4	1.89	2.89	SE-NO	E-O	E-O
5	1.82	2.79	SE-NO	E-O	E-O
6	1.70	2.62	SE-NO	E-O	E-O
7	1.55	2.44	S-N	E-O	SE-NO

Fuente: Pérez-Castresana et al., 2023.

8 Pronaii “Análisis espacio-temporal 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”.

Al analizar la calidad del aire mediante concentraciones promedio anuales de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y formaldehído entre 2000 y 2020 (AEE, 2021), se detectaron las mayores concentraciones de formaldehído y dióxido de nitrógeno en las microcuencas 3, 4, 5 y 6. Las concentraciones más elevadas de dióxido de azufre se registraron en las microcuencas 5, 6 y 7 (**Tabla 2.5**).

Tabla 2.5. Parámetros de calidad del aire (AEE, 2021).

Microcuenca	Dióxido de azufre (mol/m ³)	Dióxido de nitrógeno (mol/m ³)	Formaldehído (mol/m ³)
1	0.33	0.56	0.55
2	0.49	0.74	0.72
3	0.49	0.78	0.76
4	0.50	0.76	0.75
5	0.62	0.72	0.78
6	0.56	0.72	0.75
7	0.54	0.60	0.68

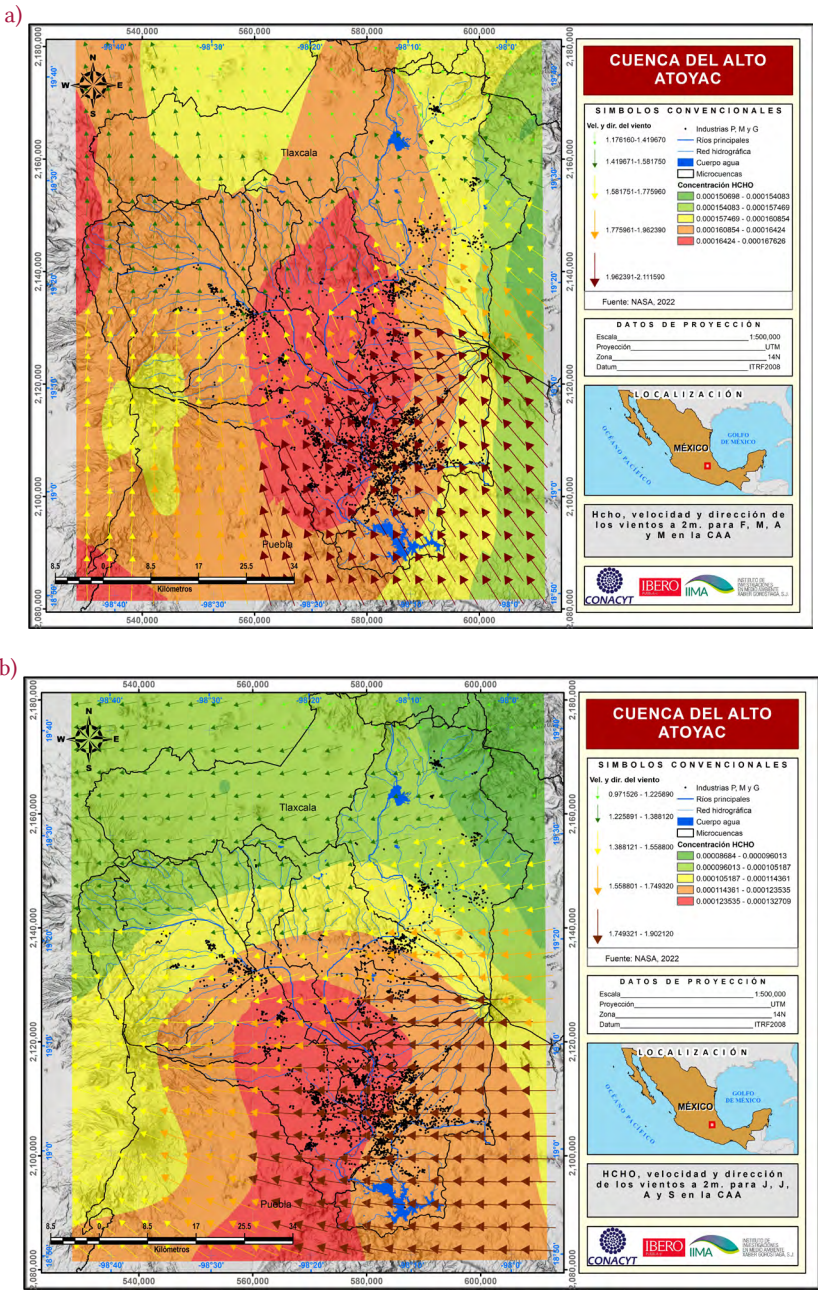
Fuente: Pérez-Castresana et al., 2023.

Las **Figuras 2.9, 2.10 y 2.11** muestran modelos de interpolación para la velocidad y dirección promedio de los vientos a 2 metros de altura a lo largo del año, en conjunto con las concentraciones de los compuestos atmosféricos evaluados y la distribución de las industrias pequeñas, medianas y grandes instaladas en la CAA, representadas por puntos negros. Se destaca que los mayores niveles de dióxido de azufre se localizan sobre el volcán Popocatepetl, lo que manifiesta que este es su principal fuente de emisión y que las poblaciones de los municipios ubicados en las microcuencas 5 y 6 son las más expuestas a este compuesto.

En cuanto al patrón de distribución del formaldehído y el dióxido de nitrógeno, se observa que los mayores niveles se encuentran hacia las zonas más industrializadas y pobladas de la Cuenca, con una tendencia de desplazamiento hacia el noreste probablemente debido a la influencia de los vientos.

La dirección y velocidad del viento son determinantes en el transporte y dispersión de los contaminantes (Yang et al., 2019). En zonas llanas, el viento tiende a desplazarse horizontalmente, lo que, con una dirección constante, expone continuamente a estas áreas a diversos contaminantes (Vidal Daza & Pérez Vidal, 2018). Aunque la mayor densidad industrial se encuentra hacia el sur de la Cuenca, la velocidad del viento tiende a ser relativamente alta en esa zona con dirección predominante hacia el oeste y norte, lo que podría favorecer el transporte de los contaminantes de la microcuenca 4 hacia la microcuenca 6 donde se localizan municipios como San Martín Texmelucan, Españita, Huejotzingo, Ixtacuixtla, entre otros.

La información obtenida permite comprender los patrones de variación estacional en la velocidad y dirección del viento, y explorar los posibles riesgos a la salud asociados a la instalación de parques industriales en ciertas áreas de la Cuenca, así como a las emisiones naturales del Popocatepetl. Además, respaldan la necesidad de incluir en el ordenamiento ecológico territorial zonas no aptas para la industria, basándose en los posibles riesgos derivados de las emisiones de contaminantes y su transporte hacia los centros poblados.



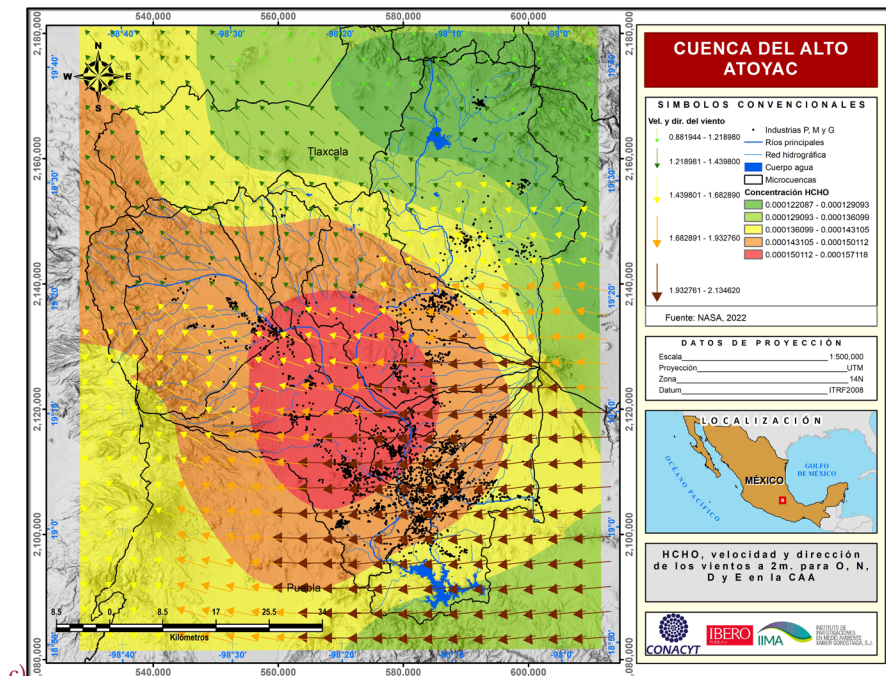
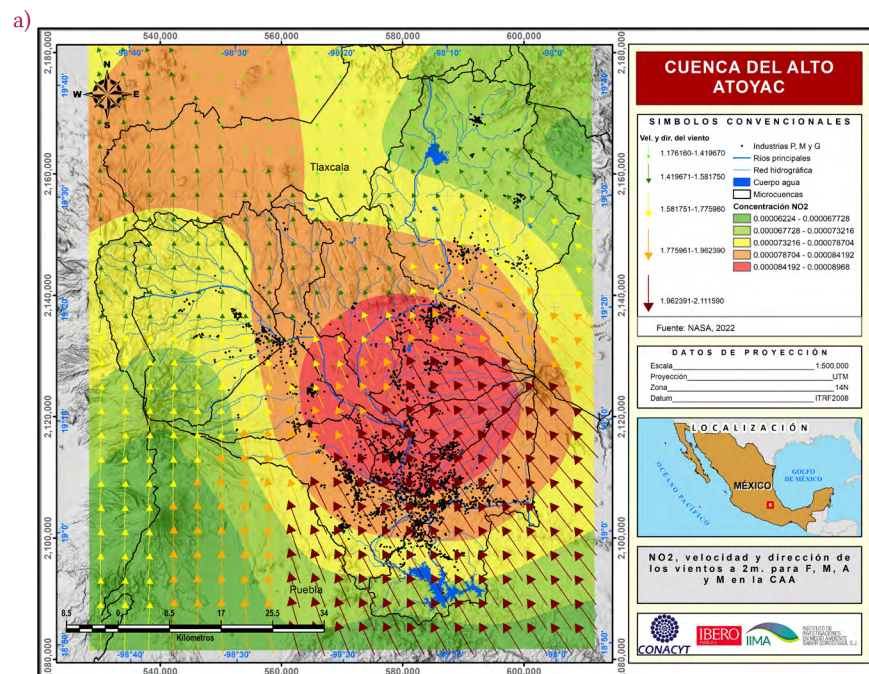


Figura 2.9. Velocidad y dirección de los vientos (a) febrero a mayo, (b) junio a septiembre (c) octubre a enero y la concentración de formaldehído respectiva (mol/m^3). Fuente: Pérez-Castresana et al., 2023.



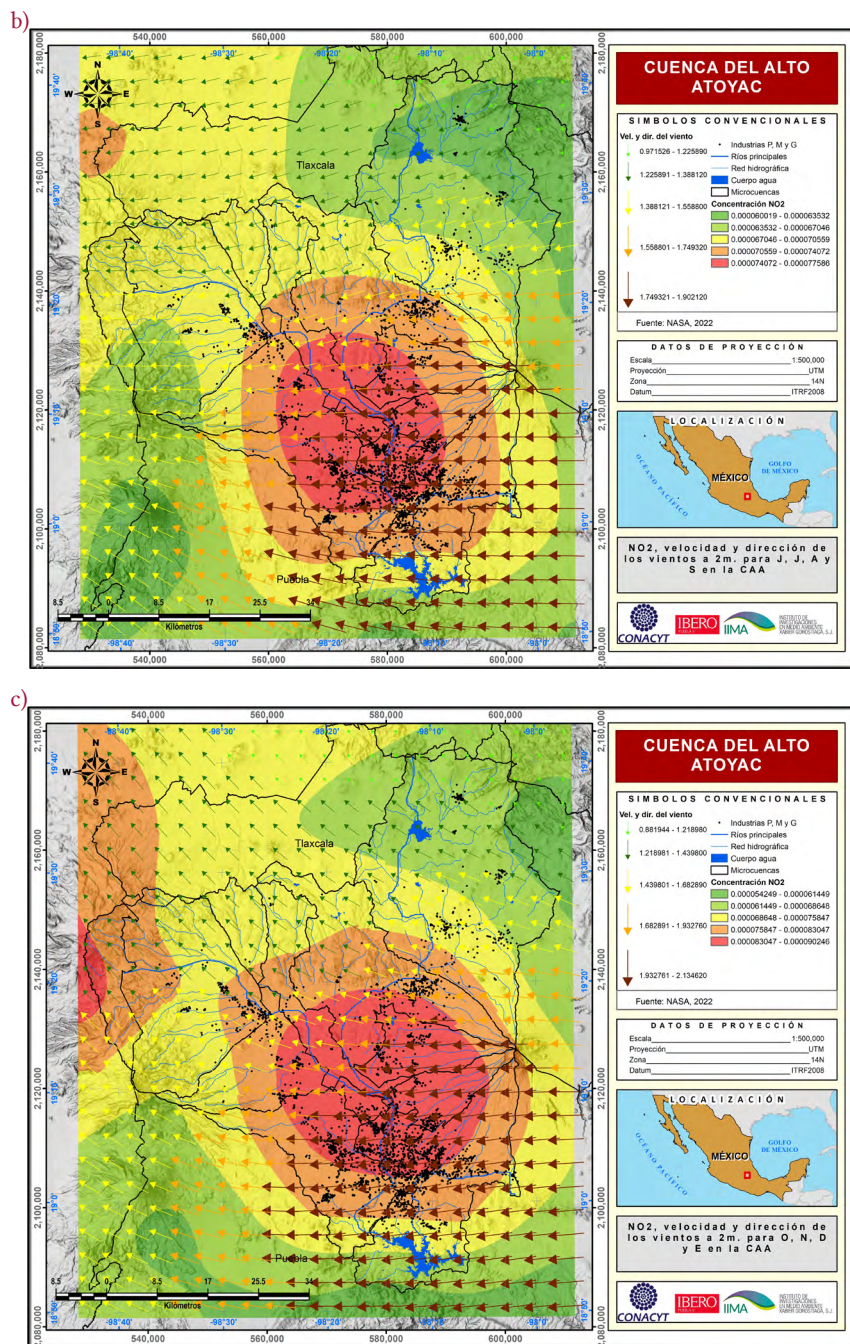
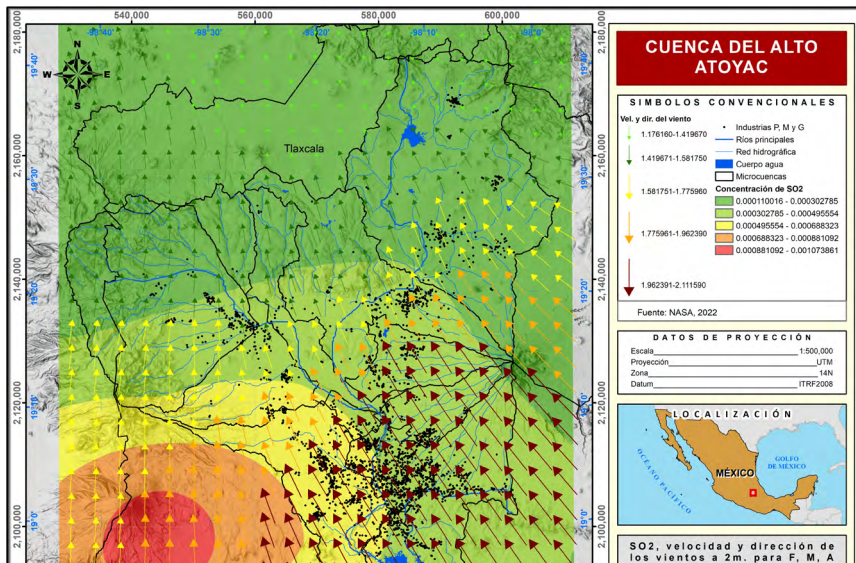
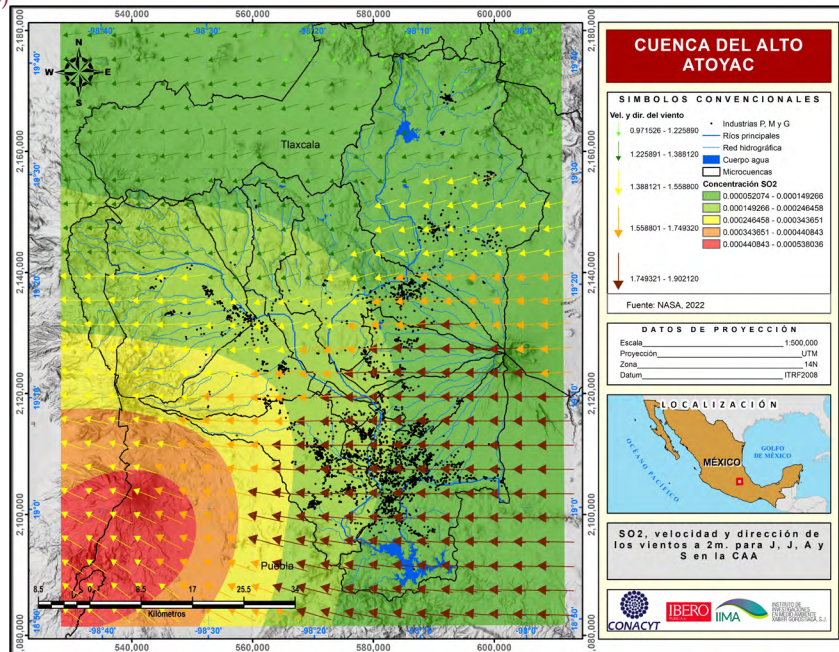


Figura 2.10. Velocidad y dirección de los vientos (a) febrero a mayo, (b) junio a septiembre (c) octubre a enero y la concentración de dióxido de nitrógeno respectiva (mol/m³). **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

a)



b)



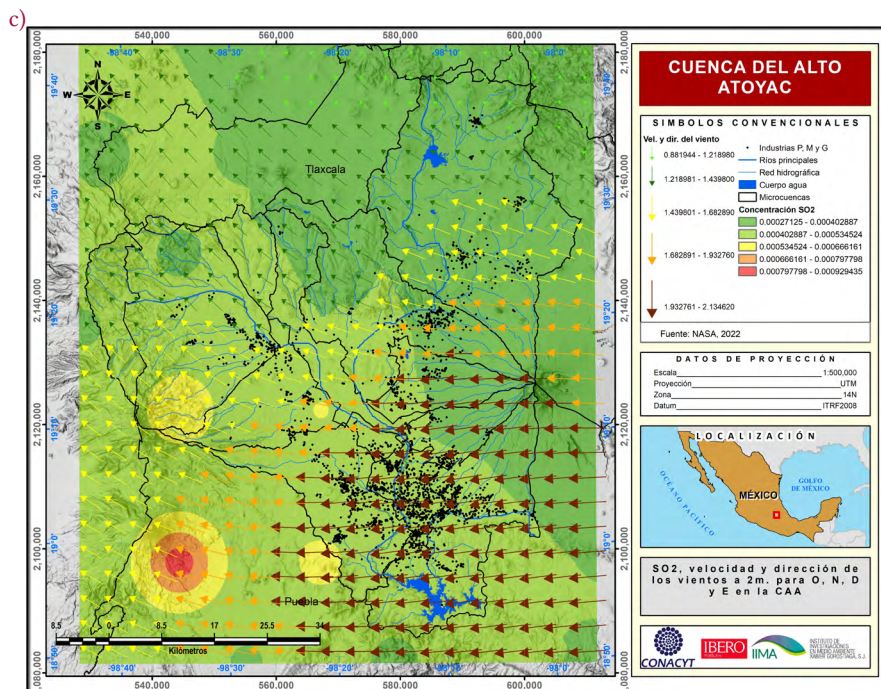


Figura 2.11. Velocidad y dirección de los vientos (a) febrero a mayo, (b) junio a septiembre (c) octubre a enero y la concentración de dióxido de azufre respectiva (mol/m³). **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

Determinación de contaminantes volátiles en aire

En el Pronaii “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental”, mediante un instrumento cromatográfico portátil, se realizaron mediciones con la finalidad de detectar compuestos orgánicos volátiles (COVs) cancerígenos como benceno, cloruro de vinilo y tricloroetileno, así como neurotóxicos, entre ellos, tolueno y xilenos. Estas mediciones se llevaron a cabo en los municipios de Xicohtzingo, Tepetitla de Lardizabal, Santa Ana Nopalucan, Españita, Apizaco y Atlangatepec, en el estado de Tlaxcala, y Tlahuapan, en el estado de Puebla, todos pertenecientes a la Cuenca del Alto Atoyac.

Las mediciones, tomadas durante la época seca (del mes de diciembre de 2023 al mes de abril de 2024), revelan que los niveles más elevados de estos contaminantes se concentran principalmente en la región central de la Cuenca (**Figura 2.12**).

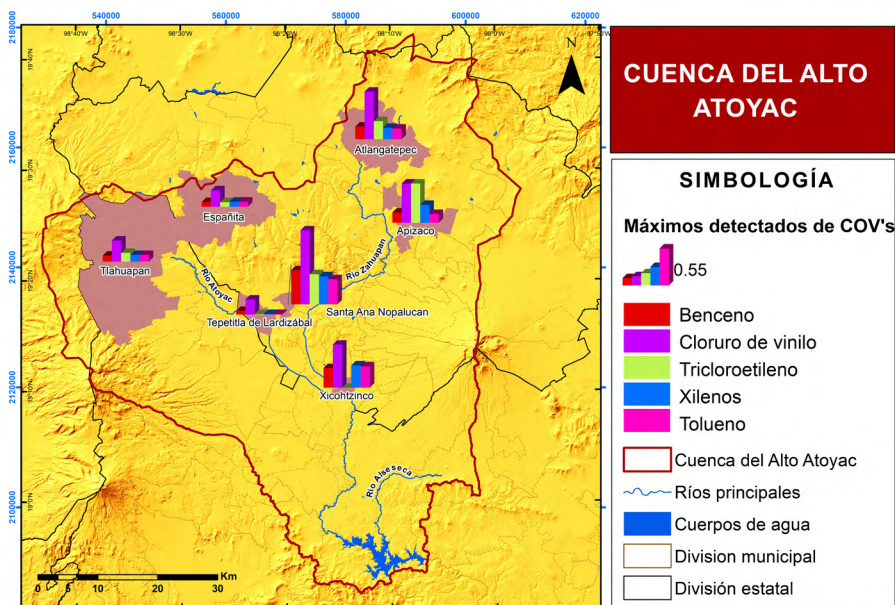


Figura 2.12. Valores máximos de COV detectados en el aire de los municipios muestreados. **Fuente:** Arroyo-Ortega, I.F., a partir de la información de Montero Montoya et al., 2024⁹.

En comparación con el resto de los municipios estudiados, en Xicohtzingo y Santa Ana Nopalucan, se encontraron altos niveles de benceno, cloruro de vinilo, xilenos y tolueno, mientras que el tricloroetileno presentó su nivel más alto en Apizaco. Cabe resaltar que, el benceno, el cloruro de vinilo y tricloroetileno tienen una densidad mayor que la del aire, por lo que tienden a permanecer a niveles bajos, cerca del suelo, en donde está garantizada la exposición de los humanos.

La **Tabla 2.6** resume las concentraciones detectadas de COV's en los diferentes municipios estudiados. Estas mediciones, en diferentes comunidades de la Cuenca del Atoyac, revelan una presencia preocupante de contaminantes cancerígenos y neurotóxicos, tanto en zonas industrializadas como Xicohtzingo, Santa Ana Nopalucan y Apizaco, como en zonas menos alteradas, como Españita y Tlahuapan.

⁹ Pronaii "Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental: 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".

Tabla 2.6. Rangos de concentraciones detectadas de COVs en distintas localidades.

Localidad	Benceno (ppm)	Cloruro de vinilo (ppm)	Tricloroetileno (ppm)	Xilenos (ppm)	Tolueno (ppm)
Xicohtzingo	0.003 – 0.293	0 – 0.642	No detectado	0 – 0.333	0 – 0.318
Tepetitla de Lardizabal	0.001 – 0.054	0.003 – 0.225	0.001 – 0.006	0.001 – 0.009	0.001 – 0.008
Santa Ana Nopalucan	0.002 – 0.510	0.001 – 1.105	0.007 – 0.451	0.002 – 0.420	0.001 – 0.337
Españita	0 – 0.070	0 – 0.244	0.002 – 0.068	0 – 0.076	0 – 0.077
Apizaco	0.002 – 0.153	0.016 – 0.583	0.006 – 0.334	0.002 – 0.267	0 – 0.132
Atlangatepec	0.001 – 0.190	0.003 – 0.710	0.002 – 0.270	0 – 0.170	0.001 – 0.159
Tlahuapan	0.001 – 0.089	0.005 – 0.314	0.003 – 0.130	0.002 – 0.098	0.001 – 0.098

Fuente: Montero Montoya et al., 2024.

Los compuestos analizados tienen diversos efectos en la salud humana como leucemia (benceno), cáncer hepático (cloruro de vinilo) y cáncer de riñón (tricloroetileno), además de tener efectos tóxicos en otros sistemas, como el sistema nervioso, el sistema inmune, el sistema reproductivo masculino y el desarrollo embrionario (ATSDR, 2007; CDC-NIOSH, 2019 a,b; Chiu y cols. 2013, IARC 2008, 2012, 2014). Por su parte, los neurotóxicos como el tolueno y los xilenos afectan el sistema nervioso central, provocando daños cognitivos y motores (ATSDR, 2007; Langman, 1994; CCOHS, 2023).

Dado que estas sustancias tienden a acumularse a niveles bajos, cerca del suelo, incrementan la exposición de la población local, en particular de niños y personas vulnerables. Aunque en áreas más alejadas de la industria, como Atlangatepec y Tlahuapan, se registraron concentraciones relativamente más bajas, su presencia allí indica que el aire actúa como un eficiente transportador de estos tóxicos. Esto subraya la urgencia de incluir estos contaminantes en los programas de monitoreo de calidad del aire, para reducir los riesgos de salud pública a largo plazo.

Gestión de residuos sólidos

En el Pronaii de “Residuos Sólidos Urbanos”, se evaluaron los Sitios de Disposición Final (SDF) encontrados en la Cuenca del Alto Atoyac, que incluye municipios del estado de Tlaxcala, Puebla y Estado de México. Además, por solicitud de la autoridad estatal de Tlaxcala, también se analizó el total de superficie de este estado (**Figura 2.13**).

La generación de residuos sólidos está directamente vinculada al crecimiento poblacional. En el estado de Tlaxcala se producen diariamente 1,123 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU), lo que equivale a aproximadamente 0.83 kg por habitante al día (SEMARNAT, 2020). En el estado de Puebla, la producción diaria de RSU se estima en 5,991 toneladas, de las cuales el 44.64 % proviene de su área metropolitana, generando 2,487 toneladas por día (SEMARNAT, 2020).

En el estudio se identificaron y evaluaron los impactos que generan los SDF que están en operación, en abandono o aparentemente clausurados. Para ello se realizó un análisis documental junto con el uso de herramientas de percepción remota y sistemas de información geográfica (SIG), lo que permitió la identificación, clasificación y caracterización de los Sitios de Disposición Final (SDF) oficiales y los sitios clandestinos de disposición de residuos en la zona de estudio (**Anexo 2D**).

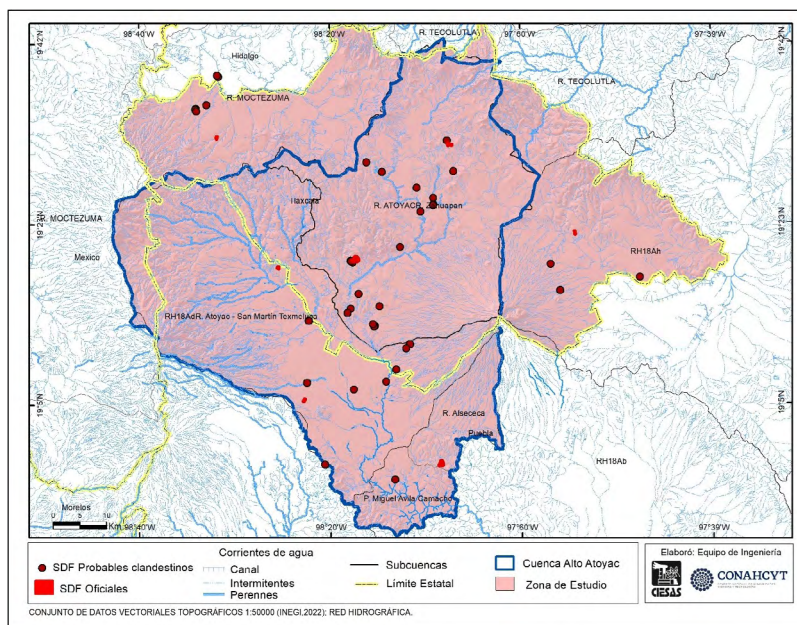


Figura 2.13. Ubicación de la zona de estudio: Cuenca del Alto Atoyac y estado de Tlaxcala. **Fuente:** Gómez Maturano et al., 2024¹⁰.

Para detectar patrones de acumulación de residuos, se emplearon técnicas como la clasificación supervisada a partir de imágenes satelitales de alta resolución y validación en campo. Los sitios identificados fueron evaluados de acuerdo con la NOM-083-SEMARNAT-2003, que establece las especificaciones para la localización, diseño, construcción, operación, monitoreo, cierre y obras complementarias de los SDF de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) (SEMARNAT, 2004). La evaluación incluyó aspectos geohidrológicos, considerando la proximidad a cuerpos de agua y la posible afectación de acuíferos; aspectos ecológicos, evaluando el impacto sobre la biodiversidad y ecosistemas locales; y aspectos socioeconómicos, considerando los efectos en la salud pública y la calidad de vida de las comunidades locales, ya que una mala gestión de RSU puede afectar la salud de la población, degradar el medioambiente, contaminar el suelo, el aire y el agua, violando flagrantemente las leyes y reglamentos aplicables. Por ello es necesario determinar las causas directas e indirectas que afectan a la salud de los seres vivos y al ambiente.

¹⁰ Evaluación de los sitios de disposición final de residuos en operación, abandonados y aparentemente clausurados en la subcuenca del Alto Atoyac y el estado de Tlaxcala. Pronaii “Estrategia transdisciplinaria de investigación y resolución en la problemática nacional de los residuos sólidos urbanos, aplicada en 6 ciudades mexicanas”.

Sitios de Disposición Final oficiales

Se identificaron ocho SDF en el área de la Cuenca y el estado de Tlaxcala (**Tabla 2.7**). De estos, tres están ubicados en el estado de Puebla, dentro de la Cuenca, y los cinco restantes en el estado de Tlaxcala, siendo el sitio de Huamantla el único que se encuentra fuera de la Cuenca.

Tabla 2.7. Sitios de disposición final de RSU oficiales

Id	Nombre del sitio	Estado	Municipio
1	Sitio de disposición final de Nanacamilpa	Tlaxcala	Nanacamilpa de Mariano Arista
2	Sitio de disposición final de Morelos	Tlaxcala	Atlangatepec
3	Sitio de disposición final Benito Juárez	Tlaxcala	Huamantla
4	Sitio de disposición final Tonsil	Tlaxcala	Panotla
5	Sitio de disposición final Pro-Faj Hidro Limpieza S.A. De C.V.	Puebla	San Pedro Cholula
6	Sitio de disposición final del Chiltepeque	Puebla	Puebla
7	Sitio de disposición final San Martín Texmelucan Puebla	Puebla	San Martín Texmelucan
8	Sitio de disposición final de residuos de manejo especial	Tlaxcala	Atlangatepec

Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

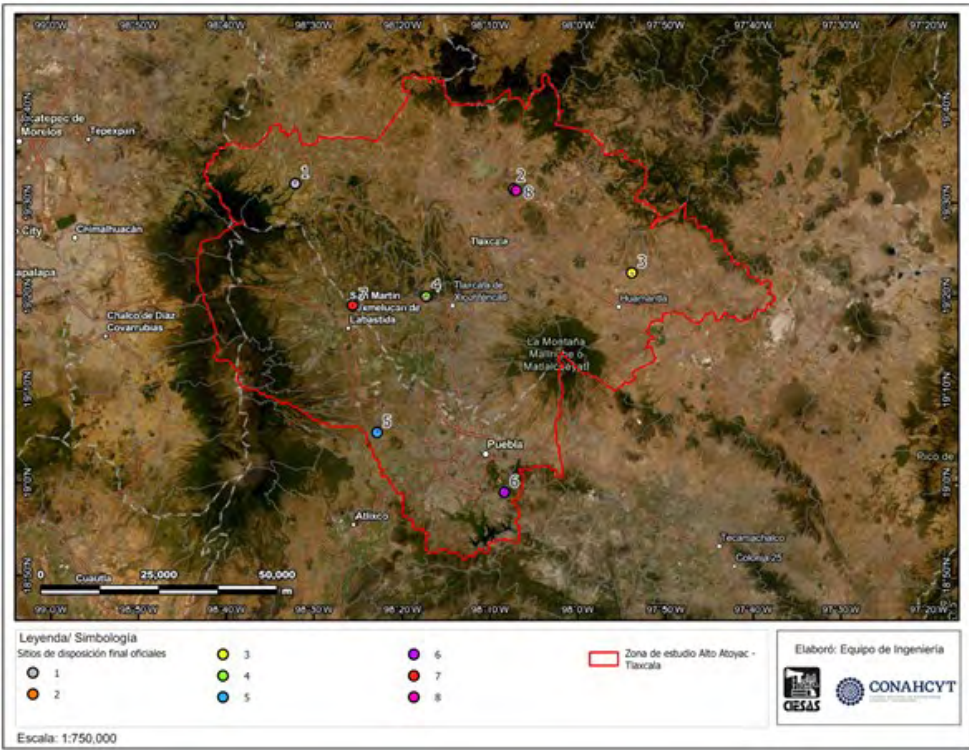


Figura 2.14. Ubicación de los sitios de disposición final oficiales. Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

La **Figura 2.14** muestra la distribución espacial de los Sitios de Disposición Final oficiales. Se observa que estos SDF están estratégicamente dispersos a lo largo de la Cuenca, lo que sugiere una planificación orientada a la gestión de residuos para las comunidades circundantes.

Caracterización de los SDF oficiales

La caracterización se enfoca en las características físicas, constructivas y operativas de los ocho SDF oficiales en operación activa identificados en la zona de estudio. La mayoría de los SDF han funcionado durante al menos dos o tres décadas, cubriendo la disposición final de residuos de los asentamientos de la zona, incluso antes de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

La mitad de los SDF tienen una antigüedad de al menos 30 años y solo uno de ellos ha sido establecido en los últimos diez años. En la **Tabla 2.8** se muestran las características principales de los SDF oficiales identificados, destacando sus fortalezas y áreas de mejora en cuanto a su desarrollo constructivo y operativo.

Tabla 2.8. Características principales de los SDF oficiales

SDF	Características principales
SDF de Nanacamilpa	Extensión de 7.7 ha. Residuos a cielo abierto sin infraestructura ni medidas de control. Se practica la quema de basura, lo que libera gases tóxicos y contribuye al deterioro ambiental. No cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2003. Cercano a campos de cultivo y en operación. Opera sin barrera de geomembrana, con suelo considerado adecuado. Sistema de lixiviación en desarrollo y medidas de drenaje pluvial implementadas. Acceso controlado con cercas y vigilancia Falta de cobertura adecuada para los residuos y báscula para registro de residuos.
SDF de Morelos	Extensión de 13.25 ha. Aunque cumple con obras de infraestructura y operación propias de un relleno sanitario, no tiene impermeabilización adecuada ni cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2003. Cercano a zonas agrícolas, la exposición de RSU genera problemas de control de vectores y malos olores, afectando a las comunidades cercanas y la salud ocupacional de los trabajadores. Cuenta con un conjunto completo de instalaciones operativas. No tiene barreras artificiales en el suelo, pero funciona sin fallas estructurales. Gestiona eficazmente los líquidos residuales con tinas de lixiviación y drenaje pluvial. Infraestructura robusta con caminos pavimentados, cercas perimetrales, caseta de vigilancia y báscula para controlar los flujos de residuos y garantizar la seguridad operativa.
Relleno Sanitario Benito Juárez	Extensión de 5.95 ha. Operando por más de 20 años como tiradero a cielo abierto sin infraestructura adecuada. No cumple con la NOM-083-SEMARNAT-2003 y está cerca de campos de cultivo. Los RSU expuestos al aire libre generan problemas de dispersión de contaminantes que afectan el suelo y el aire, impactando la producción agrícola y la salud de los trabajadores. Cuenta con infraestructura elemental como caminos de acceso, cerca perimetral y báscula. Funcionamiento continuo, manejo de lixiviados eficiente, falta de geomembrana, pero con infraestructura sólida y seguridad.

SDF de RSU Tonsil	Extensión de 87.2 ha, el sitio más grande de la zona. Más de 20 años de operación, es un sitio no controlado con residuos a cielo abierto. Escurremientos de lixiviados detectados en mayo de 2023 plantean un riesgo de contaminación del suelo y acuíferos. La exposición de los trabajadores a residuos sin cobertura genera riesgos sanitarios graves. Requiere revisión de prácticas de manejo y monitoreo de acuíferos y biogás. Grandes acumulaciones de residuos sin compactar, falta de manejo de lixiviados, ausencia de báscula de pesaje y maquinaria operativa funcional. Infraestructura interna y cerca perimetral que indican una gestión efectiva de los residuos y un control de acceso estricto reforzado por una caseta de vigilancia.
Pro-Faj Hidro Limpieza S.A. de C.V.	Extensión de 7.26 ha, operando desde 2015. Cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en cuanto a infraestructura y operación, pero no con la impermeabilización. Es el SDF con mayor control y mitigación de impactos en la zona de estudio. Desde antes de 2012, la zona estaba bordeada por depósitos de residuos a cielo abierto. Uno de los sitios con mejor desarrollo constructivo y operativo, aunque no cumple completamente con la normativa.
SDF de Chiltepeque	Extensión de 57.29 ha. Operando al menos desde 2001, el segundo más grande de la zona de estudio. Cuenta con infraestructura para la captación de lixiviados, aunque el sistema de barrancas que lo rodea puede generar riesgo de dispersión de contaminantes por escurrimientos intermitentes.
SDF de San Martín Texmelucan	Extensión de 8.82 ha. Operando desde al menos 2008. Es un sitio no controlado pequeño, con ingeniería básica.
SDF de Residuos de Manejo Especial	Similar al Pro-Faj, presenta un buen desarrollo constructivo y operativo, pero no cumple completamente con la normativa. Infraestructura que parece anexo del SDF Morelos. Involucra métodos y obras de ingeniería para la disposición final de RSU y RME mediante compactación y control de impactos ambientales.

Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir de la información de Gómez Maturano et al., 2024.

Clasificación de los SDF

La clasificación de SDF en México, según la NOM-083-SEMARNAT-2003, se basa en el grado de control que tienen sobre los residuos sólidos urbanos (RSU) y de manejo especial. Los SDF se dividen en tres tipos: rellenos sanitarios, sitios de disposición final controlados y no controlados (**Figura 2.15**).



Figura 2.15. Estructura del sistema de clasificación de SDF Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

Los SDF identificados en la zona de estudio son en su mayoría sitios de disposición final no controlados. En la **Tabla 2.9** se muestra la clasificación de los SDF oficiales identificados en la zona de análisis.

Tabla 2.9. Clasificación de los SDF oficiales

ID	NOMBRE DEL SITIO	CATEGORÍA	TIPO
1	SDF de Nanacamilpa	IV. Tiradero reconocido	2. Tiradero reconocido mal ubicado
2	SDF Morelos	II. Sitio controlado	2. Sin impermeabilización del suelo natural
3	SDF Benito Juárez	III. Sitio no controlado	5. Infraestructura elemental
4	SDF Tonsil	III. Sitio no controlado	5. Infraestructura elemental
5	SDF Pro-Faj Hidro Limpieza S.A. de C.V.	II. Sitio controlado	1. Sin cobertura impermeable y con restricciones de emplazamiento
6	SDF Del Chiltepeque	II. Sitio controlado	1. Sin cobertura impermeable y con restricciones de emplazamiento
7	SDF San Martín Texmelucan, Puebla	III. Sitio no controlado	3. Ingeniería básica
8	SDF de residuos de manejo especial	I. Relleno Sanitario	3. Ingeniería GM

Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

Impactos asociados a los SDF oficiales en Tlaxcala

Los SDF en Tlaxcala generan impactos sociales, ambientales y sanitarios debido a sus características constructivas y operativas. Estos sitios afectan a las comunidades locales y al ecosistema de la Cuenca, con problemas como el escurrimiento de lixiviados y la falta de cobertura en algunos casos. En la **Tabla 2.10** se presentan datos que muestran la magnitud de estas afectaciones.

En este sentido, se destaca la importancia de implementar estrategias de mitigación, así como prácticas de gestión sostenible para reducir los impactos negativos y asegurar que las operaciones de estos sitios se alineen con la protección ambiental y el bienestar social.

Tabla 2.10. Descripción de los impactos identificados en los SDF oficiales de Tlaxcala.

ID	SDF	Social	Ambiental	Sanitario
1	SDF Nanacamilpa	El SDF se localiza en cercanías de campos de cultivo.	Los RSU, se encuentran expuestos al aire libre, se observó que se realizan prácticas de quema de basura, aunado a que el área del sitio tuvo poco incremento de tamaño por área.	La gente que trabaja en el lugar está en contacto con los RSU, debido a que no se tiene algún indicio que se tenga colocación de material de cobertura. Por otra parte, también puede estar expuesta a inhalar gases tóxicos cuando se queman los RSU.

2	SDF Morelos	El SDF se localiza en cercanías de campos de cultivo.	Los RSU, en su mayoría se encuentran expuestos al aire libre, aún a pesar de que se coloca material de cobertura	La gente que trabaja en el lugar está en contacto con los RSU.
3	SDF Benito Juárez	El SDF se localiza en cercanías de campos de cultivo.	Los RSU, en su mayoría se encuentran expuestos al aire libre, aún a pesar de que se coloca material de cobertura.	La gente que trabaja en el lugar está en contacto con los RSU.
4	SDF Tonsil	El SDF se localiza en cercanías de campos de cultivo.	Se reporta que el sitio ha estado operando desde 1981, por lo que se estima que algunas áreas han sido cerradas. Es necesario conocer si se lleva un programa de monitoreo de acuíferos y biogás conforme a la Norma 083 para el cierre de estas. Por otro lado, en 06/05/2023, se detectaron escurrimientos de lixiviados en el lugar donde se tiene el acopio de los RSU	La gente que trabaja en el lugar está en contacto con los RSU, debido a que no se tiene algún indicio que se tenga colocación de material de cobertura.

Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

El incumplimiento de los SDF analizados con la normatividad federal, específicamente la NOM-083-SEMARNAT-2003, en su Capítulo 7 que habla sobre las características constructivas y operativas, genera impactos negativos en el entorno. La mayoría de los SDF no cumplen con varios aspectos incluyendo:

- La falta de barrera geológica o sistema de impermeabilización adecuado (7.1).
- Ausencia de sistemas para la extracción y quema de biogás (7.2).
- Falta de un sistema para captación y manejo de lixiviados (7.3).
- Deficiencia en los drenajes pluviales para desviar el agua de lluvia (7.4).
- Falta de control sobre la dispersión de residuos y fauna nociva, además de la cobertura inadecuada de residuos (7.7).

Estos incumplimientos contribuyen a una gestión deficiente de los SDF, afectando el medio ambiente y a la población de las comunidades cercanas. Además, los SDF que carecen de cercas perimetrales, casetas de vigilancia y control de acceso, impiden el cumplimiento de disposiciones como:

- El sitio debe asegurar que no se admitan residuos líquidos, aceites minerales ni residuos peligrosos (7.8).
- Los lodos deben ser tratados o acondicionados antes de su disposición final (7.8.1).

Estas deficiencias en infraestructura y control de acceso pueden permitir el ingreso de residuos no autorizados, incumpliendo la normativa vigente y generando riesgos ambientales.

Los principales impactos ambientales de los SDF en la zona de estudio incluyen la emisión de gases de efecto invernadero, como metano y dióxido de carbono, producto de la descomposición anaerobia de residuos orgánicos. El metano específicamente requiere un sistema

de monitoreo y control que la mayoría de los SDF carecen. Se estima que, debido a la falta de control, se emiten aproximadamente 9,402 m³ de biogás diariamente en la región, lo que contribuye al calentamiento global.

Otro impacto significativo es la generación de lixiviados, líquidos que se filtran de los residuos y que pueden contaminar suelos y cuerpos de agua. La falta de infraestructura en los SDF para captar y controlar los lixiviados aumenta el riesgo de contaminación y pone en peligro la salud humana y ambiental.

Sitios clandestinos de disposición de residuos

La identificación de los posibles tiraderos clandestinos es fundamental para abordar las preocupaciones ambientales y de salud pública. La **Figura 2.16** muestra la ubicación de estos posibles tiraderos clandestinos, proporcionando una herramienta valiosa para autoridades y organizaciones ambientales. Esto facilita la toma de decisiones estratégicas para mitigar y eliminar estos focos de contaminación.

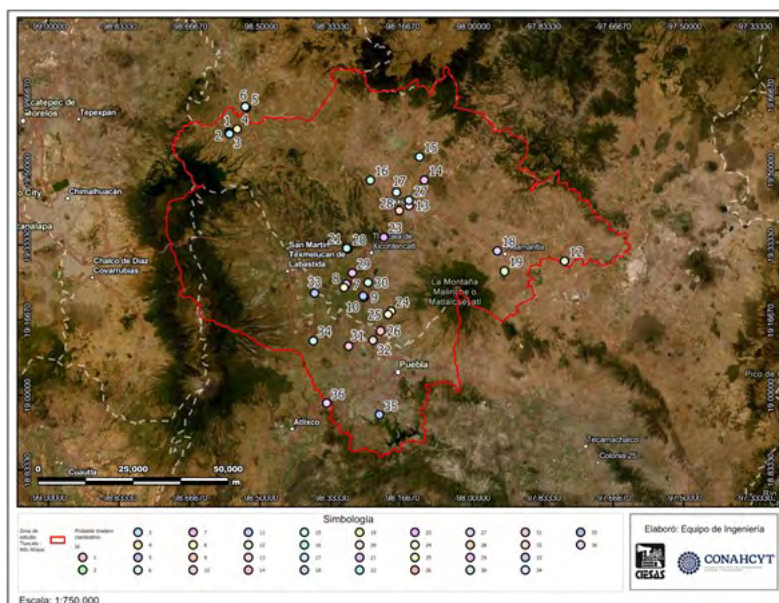


Figura 2.16. Ubicación de los sitios de disposición final clandestinos en Tlaxcala. **Fuente:** Gómez Maturano et al., 2024.

En la **Tabla 2.11** se presenta un listado detallado de los posibles tiraderos clandestinos de RSU, junto con su ubicación municipal. En total, se identificaron 34 sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos (SDF) en los estados de Puebla y Tlaxcala, de los cuales, seis se encuentran en Puebla y 26 en Tlaxcala. Además, se incluyeron dos sitios adicionales ubicados en el estado de Hidalgo.

Tabla 2.11. Ubicación de los posibles Tiraderos Clandestinos de residuos sólidos

Id	Estado	Municipio	Id	Estado	Municipio
1	Tlaxcala	Calpulalpan	19	Tlaxcala	Ixtenco
2	Tlaxcala	Calpulalpan	20	Tlaxcala	Panotla
3	Tlaxcala	Calpulalpan	21	Tlaxcala	Panotla
4	Tlaxcala	Calpulalpan	22	Tlaxcala	Panotla
5	Hidalgo	Emiliano Zapata	23	Tlaxcala	Tlaxcala
6	Hidalgo	Emiliano Zapata	24	Tlaxcala	Papalotla De Xicohténcatl
7	Tlaxcala	Tetlatlahuca	25	Tlaxcala	Papalotla De Xicohténcatl
8	Tlaxcala	San Apolonia Teacalco	26	Tlaxcala	Tenancingo
9	Tlaxcala	San Lorenzo Axocomanitla	27	Tlaxcala	Yauhquemehcan
10	Tlaxcala	San Lorenzo Axocomanitla	28	Tlaxcala	Yauhquemehcan
11	Tlaxcala	San Lorenzo Axocomanitla	29	Tlaxcala	Tetlatlahuca
12	Tlaxcala	Cuapixtla	30	Tlaxcala	San Juan Huactzinco
13	Tlaxcala	Apizaco	31	Puebla	Coronango
14	Tlaxcala	Tetla	32	Puebla	Cuautlancingo
15	Tlaxcala	Atlangatepec	33	Puebla	Huejotzingo
16	Tlaxcala	Xaltocan	34	Puebla	Juan C. Bonilla
17	Tlaxcala	Xaltocan	35	Puebla	Puebla
18	Tlaxcala	Huamantla	36	Puebla	Ocoyucan

Fuente: Gómez Maturano et al., 2024.

En la **Tabla 2.12** se describen los aspectos constructivos y operativos de algunos de los posibles tiraderos clandestinos identificados en la Cuenca mediante un modelo de clasificación supervisada. Este enfoque permitió detectar una variedad de sitios con residuos que van desde materiales de construcción hasta basura doméstica. Aunque el acceso físico a algunos sitios fue limitado, las observaciones se fundamentan en la mejor información disponible y, donde fue posible, se validaron en campo.

Tabla 2.12. Características principales de los sitios clandestinos de disposición de residuos

Tiradero	Características generales
SDF-C1	Acumulaciones de basura dispersa y materiales de construcción depositados por habitantes; presencia de formaciones rocosas.
SDF-C2	Considerables acumulaciones de escombros de construcción y residuos sólidos domésticos que interrumpen el paisaje natural y urbano; ubicado cerca de áreas habitadas.
SDF-C3	Residuos sólidos, como plásticos y papel, dispuestos al borde de una barranca; riesgo de contaminación por erosión.
SDF-C4	Posibles residuos textiles en propiedad privada; cercano a campos agrícolas, lo que podría afectar la calidad del suelo.

SDF-C5	Acumulación de residuos antiguos en un sitio adyacente a un panteón; terreno seco y agrietado con posible negligencia prolongada.
SDF-C6	Celda de disposición final clausurada; presencia de pozos de bio venteo para extracción de biogás y material de cobertura compactado.
SDF-C7	El polígono tiene un área de 0.31 ha y presenta acumulación de basura en diferentes puntos. Se localiza a pie de carretera a 800 m de la localidad de San Bartolomé de Tenango.
SDF-C8	Sitio de 0.54 ha de área, aparentemente abandonado en el que se depositaron residuos de construcción. Desde el año 2013 se comenzó la disposición de residuos. Se localiza al lado de un canal y sobre la carretera, entre el poblado de Nativitas y Barrio Atenco.
SDF-C9	Predio con área de 2.15 ha, con montículos dispersos de basura y escombros. En el año 2013 se observan modificaciones en el terreno y hasta el año 2020 se puede observar la disposición de residuos. Se localiza en las orillas de la mancha urbana de la comunidad de Zacatelco.
SDF-C10	Predio con área de 1.1 ha, con montículos dispersos de basura y escombros. En el 2021 se aprecia desmonte del predio y en 2023 ya se observan las acumulaciones de residuos. Localizado sobre camino de terracería en las orillas de la mancha urbana de la comunidad de Zacatelco
SDF-C11	Predio con área de 0.58 ha y montículos dispersos de basura y escombros. En el año 2015 se aprecia desmonte y en el año 2020 ya se observan las acumulaciones de residuos. Se localiza sobre camino de terracería en las orillas de la comunidad San Lorenzo Axocomanitla.
SDF-C12	Predio con área de 3.32 ha que podría tratarse de un banco de materiales. Se localiza sobre camino de terracería, a 1.3 km de la comunidad de Cuapixtla.
SDF-C13	Zona de Transferencia de Apizaco, se observan vehículos abandonados. Predio ocupado hasta el año 2019, localizado a 800 m del centro de la localidad, con un área de 0.42 ha.
SDF-C14	Predio particular que muestran huella espectral de RSU provocado aparentemente por láminas.
SDF-C15	Sitio de almacenamiento de algún tipo de RSU. Polígono con área de 3.1 ha, localizado sobre la carretera Apizaco – Tlaxco. En el año 2016 se observan primeras acumulaciones de residuos.
SDF-C16	Predio en donde se realizó despalme y movimiento de tierras, probable banco de material.
SDF-C17	Zona agrícola; en 2011 había construcciones, pero desde 2015 se comenzó a acumular residuos. En 2017, la acumulación cubría menos de la mitad del predio, y para 2023, la mayor parte del terreno estaba ocupada por lo que parece ser RSU.
SDF-C18	Predio de 2.16 hectáreas, cerca de la salida de Huamantla. En 2012 era utilizado para cultivos, pero desde 2017 se desarrollaron construcciones. En 2019 se observaron escombros y un área afectada por fuego, y para 2023, se detectó acumulación de RSU y escombros en la zona norte
SDF-C19	Zona de 0.99 hectáreas, situada al final del tramo municipal Huamantla - La Venta. De 2017 a 2023, se observaron acumulaciones de residuos de construcción, que se han extendido de norte a sur del predio.
SDF-C20	Área de 0.85 hectáreas, ubicada a 400 m al suroeste del SDF Tonsil. Desde febrero de 2021 se han acumulado residuos en la parte oeste, los cuales para 2023 se han extendido hacia el este. Las acumulaciones parecen consistir en RSU valorizables.
SDF-C21	Área de 0.52 hectáreas, ubicada a 700 m al suroeste del SDF Tonsil. Las acumulaciones de residuos comenzaron en 2016 en la parte central, y para 2023 se han expandido ligeramente hacia el este. Podrían ser residuos valorizables
SDF-C22	Área de 0.61 hectáreas, ubicada a 80 m al oeste del SDF Tonsil. Desde 2015, la acumulación de residuos ha crecido hacia el norte y el este del predio. Para 2023, los residuos han avanzado hacia el suroeste, con riesgo de expansión hacia terrenos adyacentes.
SDF-C23	Área de 0.43 hectáreas en calle Hidalgo, Cuahuatzala. En 2017 era un campo de cultivo, pero en 2021 comenzaron a aparecer acumulaciones en la parte norte del predio, que parecen ser materiales de construcción. Para mayo de 2023, los cúmulos han aumentado en tamaño.

SDF-C24	Área de 0.21 hectáreas al sur del CECyTE 09 Mazatecocho. En 2017, el terreno tenía vegetación sin rastros de residuos. Para 2020, se observaron residuos de construcción en el fondo de la barranca, y en 2021, la vegetación había desaparecido por completo.
SDF-C25	Acumulación de residuos localizada sobre un meandro de una corriente intermitente. Polígono con área de 0.03 ha y ubicado a 800 m del centro de Mazatecocho. La disposición de residuos se aprecia desde el año 2023.
SDF-C26	Zona ubicada al sur del Fraccionamiento los Pilares, por calle Camino Real, se observa acumulación de RSU dispersa a lo largo de ese tramo. Cubre una pequeña superficie de 0.14 ha. En fotografías aéreas del 2017 esta zona se observaba sin rastro de residuos, pero para el año 2019 ya se observa la acumulación de residuos de construcción mezclados con basura que se observa en crecimiento para el 2023.
SDF-C27	Predio ubicado en Av. Central esquina con carretera San Francisco Atexcatzingo. Se identifica el depósito de lodos, residuos aparentemente de construcción y RSU desde 2017. Cubre una superficie de aproximadamente 0.5 ha.
SDF-C28	Residuos depositados en un talud ubicado al sur de la Avenida 15 de septiembre, estas acumulaciones se encuentran justo detrás de construcciones habitacionales. Cubre una superficie de aproximadamente 1000 m ² . En fotografías del 2023 se observaron caminos de terracería bien definidos para llegar a este punto.
SDF-C29	Predio que cubre una superficie aproximada de 0.3 ha. Desde el 2017 se observaba residuos de construcción y basura en una barranca al sureste del panteón San Francisco, en San Damián Texoloc. Se observa que se encuentra a menos de 100 m de una corriente de agua perenne.
SDF-C30	Zona de aproximadamente 0.24 ha con residuos de construcción y RSU al borde de una pendiente, se aprecian fotos del 2021 con áreas de posible quema de los RSU. La acumulación de residuos se observa a pie de camino de terracería en una zona de terrenos preferentemente forestales.
SDF-C31	Predio con depósitos de residuos de construcción y RSU, con movimientos de tierra visibles. Se necesita más información sobre su origen. Imagen de Google Earth Pro, muestra entrada y salida de camiones y compactación de residuos. Cubre una superficie de más de 8 ha, por lo que se considera de prioridad alta. Este predio se ubica inmerso en una zona agrícola.
SDF-C32	Predio con construcciones donde se depositan residuos sólidos urbanos valorizables como cartón, fierro y tarimas. El predio cuenta con una superficie aproximada de 1.4 ha. Se detectó evidencia de residuos enterrados en la zona sur, lo que sugiere que existe descarte de materiales no valorizables.
SDF-C33	Predio al sureste de "Cerámica de Santa Julia", en la autopista México-Puebla cerca de Santa Ana Xalmimilulco y la caseta de San Martín Texmelucan. Fotografía aérea de Google Earth PRO de febrero de 2017 muestra depósitos de residuos de construcción. Este predio cubre una superficie aproximada de 0.5 ha
SDF-C34	Predio junto al camino Pino Suárez intercepta el Río Actiopa. Desde 2020, se acumulan residuos de construcción, RSU, llantas, ladrillos, papeles y botellas. Cubre un área de poco más de 400 m ²
SDF-C35	Imágenes de Google Earth Pro muestran depósitos de residuos desde 2017, extendiéndose de oeste a norte. La entrada actual está por la calle Real al Bosque. Hay una corriente perenne al suroeste a menos de 50 m del límite de este predio. Se requiere validación en campo, de esta superficie que cubre cerca de 1.7 ha.
SDF-C36	Predio de aproximadamente 800 m ² en el que se observan residuos desde junio de 2023. En diferentes sectores del predio se aprecian zonas que sugieren la probable incineración de una parte de estos desechos. Se requiere validación en campo.

Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir de la información de Gómez Maturano et al., 2024.

La identificación, caracterización y evaluación de los SDF de RSU, así como los posibles sitios clandestinos de disposición de residuos, resulta necesaria para abordar de manera integral los desafíos ambientales presentes en la Cuenca del Alto Atoyac. Este proceso integral no

solo revela las condiciones actuales de los SDF sino que también subraya la urgencia de implementar prácticas de manejo más sostenibles y en cumplimiento de las normas vigentes. La cooperación entre las entidades gubernamentales y la aplicación de políticas informadas son clave para mejorar la salud pública y preservar la integridad ecológica de la región. Este estudio establece una base sólida para futuras intervenciones y destaca la importancia de un compromiso continuo con la gestión sostenible de residuos.

2.2. Salud Poblacional

Exposición laboral y ambiental a tóxicos

Evidencias de exposición a tóxicos y riesgo de Enfermedades No Transmisibles

En el Pronaii “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental”, se empleó una batería de pruebas clínicas para valorar el estado de salud de 308 adolescentes que asisten regularmente a la escuela secundaria, sin síntomas ni diagnósticos previos de enfermedad. Se partió de la premisa de que estos jóvenes están expuestos a contaminantes industriales en zonas tanto agrícolas como industrializadas.

En la **Tabla 2.13** se presenta la coexposición a los contaminantes medidos, aunque no se limita a estos, ya que en la Cuenca se han identificado más de 60 sustancias tóxicas (CONAGUA-IMTA, 2008; CONAHCYT, 2023, el presente proyecto). En términos de salud renal, se reportan infecciones en la orina y exposición a metales como plomo (100 % de los adolescentes presentaron exposición) y cadmio (98 % de los jóvenes estuvieron expuestos). En cuanto a la función hepática, se observan niveles elevados de fosfatasa alcalina y exposición generalizada a compuestos tóxicos como Compuestos Organoclorados (OC) y Bifenilos policlorados (BPC). En el ámbito neurológico, se detectan bajos niveles de colinesterasa y una alta exposición a plomo y organofosforados. En cuanto a los riesgos endocrinológicos, se identifican alteraciones hormonales en ambos sexos, relacionadas con la exposición a contaminantes.

Tabla 2.13. Factores de riesgo a la salud por exposición a tóxicos en la CAA (N=308)

Daño a la salud	Factores de riesgo	% de niños con alteración (12 a 15 años)
Riesgo de enfermedad renal	Infecciones bacterianas	52 % con infección en orina
	Exposición a Plomo	25 % exceden 5 µg/L en sangre
	Exposición a Cadmio	25 % exceden 0.4 µg/L en sangre
Riesgo de daño hepático	Fosfatasa alcalina	43 % con valores >300 U/L
	Bilirrubina	12 % con valores >1 mg/dL
	Transaminasas	2.5 % con valores >50 U/L
	Exposición a OC cancerígenos	100 % presentaron exposición
	Exposición a PCB cancerígenos	90 % presentaron exposición
Riesgo neurológico	Colinesterasa	74 % con niveles <4.65 U/ml
	Manganeso	50 % con niveles >15 µg/L
	Exposición a organofosforados	100 % con exposición
	Exposición a Plomo	25 % exceden 5 µg/L en sangre
Riesgo endocrinológico obesidad, inmadurez sexual.	Niveles de estradiol en niños	50 % con niveles > 40 pg/ml
	Niveles de estradiol en niñas	25 % con niveles >87 pg/ml
	Niveles de testosterona en niños	100 % con niveles bajos
	Niveles de testosterona en niñas	100 % con niveles bajos
	Exposición a OC y PCB	100 % muestran co-exposición
Riesgo de cáncer	Exposición a: cadmio, plaguicidas organoclorados, organofosforados, bifenilos policlorados, benceno, cloruro de vinilo, tricloroetileno	

Fuente: Montero Montoya et al., 2024.

Las alteraciones observadas son consistentes con la coexposición a varios tóxicos, incluyendo compuestos organoclorados, bifenilos policlorados y metales pesados como plomo, antimonio, cromo, cadmio, manganeso y arsénico. En comparación con investigaciones realizadas en EE. UU. (CDC, 2023), los niveles detectados en este grupo de edad son entre 3 y 10 veces mayores.

Exposición al plomo por actividades productivas

En el Pronaii “Salud Laboral”¹¹, se realizó en 2023 un muestreo inicial con la participación de 184 alfareros, cuyos resultados fueron presentados en el *1er Informe Estratégico Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental; Problemática Socioambiental y Recomendaciones para su Atención Integral* (CONAHCYT, 2023). En esta

11 Pronaii “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”.

actualización, el estudio ha ampliado el análisis a un total de 613 participantes de diversas comunidades de Tlaxcala, como San Salvador Tzompantepec, San Pablo del Monte, La Trinidad Tenexyecac y Españaita. La determinación de plomo en sangre total se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica, con una referencia normativa de $\leq 5 \mu\text{g/dL}$ de plomo en sangre (PbS), dado que se han documentado efectos adversos incluso a niveles bajos tanto en niños como en adultos (NOM-199-SSA1-2000; ATSDR, 2020).

Las concentraciones de plomo en sangre, en los diez grupos comunitarios del estado de Tlaxcala revelan que las comunidades de alfareros presentan los niveles más elevados. La **Tabla 2.14** muestra la distribución de niveles de plomo en sangre (PbS) en diferentes grupos comunitarios. Se presenta la cantidad total de personas evaluadas en cada grupo, y se describe la mediana de los niveles de plomo en sangre, junto con el rango intercuartil (p25, p75) y el rango total [mín-máx] en microgramos por decilitro ($\mu\text{g/dL}$). Las últimas dos columnas indican el porcentaje de personas con niveles de plomo en sangre iguales o inferiores a $5 \mu\text{g/dL}$ (considerado dentro del límite normativo) y el porcentaje con niveles superiores a $5 \mu\text{g/dL}$, que implica un riesgo mayor para la salud. Esto permite identificar los grupos con mayor exposición al plomo, especialmente aquellos que superan los $5 \mu\text{g/dL}$. Con respecto a la NOM-199-SSA1-2000, esta es rebasada en todos los grupos.

Tabla 2.14. Concentraciones de plomo en sangre por grupos comunitarios

Grupo comunitario (No.)	Porcentaje de participantes	Mediana (p25, p75)	[min-max] ($\mu\text{g/dL}$ de PbS)	$\leq 5 \mu\text{g/dL}$ (%)	$> 5 \mu\text{g/dL}$ (%)
Profesionales de la cultura (13)	2.12 %	2.3 (1.2, 3.6)	[0.1-26.1]	77 %	23 %
Trabajadores administrativos de las artesanías (34)	5.50 %	5.7 (2.9, 9.5)	[0.1-21.0]	41.20 %	58.80 %
Alfareros que no vidrian con plomo (9)	1.50 %	4.6 (1.1, 9.7)	[0.2-14.8]	55.60 %	44.44 %
Artesanos de la madera (24)	3.90 %	1.55 (1, 2.8)	[0.1-12.4]	87.50 %	13.50 %
Artesanos textiles (59)	9.60 %	4.8 (2.1, 8.9)	[0.4-35.8]	50.85 %	49.15 %
Artesanas del bordado (30)	4.90 %	5.1 (1.7, 9.6)	[0.1-29.4]	50 %	50 %
Alfareros con y sin vidriado con plomo (60)	9.80 %	7.8 (3.9, 15.2)	[0.6-36.4]	35 %	65 %
Artesanos de talavera (156)	25.40 %	11.2 (6.9, 16.4)	[0.2-50.5]	18 %	82 %
Artesanos alfareros que vidrian con y sin plomo (173)	28.20 %	22.7 (12.6, 41.1)	[0.2-103]	5 %	95 %
Artesanos con y sin vidriado con plomo (55)	9.0 %	26.5 (8.9, 44.2)	[1-64.3]	9 %	91 %

Fuente: Juárez-Pérez et al., 2024.

Con respecto a los niveles de plomo en sangre en relación con la edad, se observan concentraciones más elevadas en todas las categorías en las comunidades de alfareros y alfareras (Tabla 2.15), lo cual está vinculado principalmente a la exposición laboral al plomo. En los demás grupos comunitarios, la exposición podría estar relacionada con el uso de alfarería tradicional para cocinar, así como con otras posibles fuentes de contaminación.

Tabla 2.15. Niveles de plomo en sangre por edad y grupos comunitarios.

Grupo comunitario	Edad				
	<30	31 a 44	45 a 54	≥55	Medianas
	Concentraciones medias (µg/dL) ± desviación estándar				
Cultura	8.5 (12.1)	2.85 (1.85)	2.8 (1.13)	1.4 (0.87)	2.3
Artesanías	4.3 (2.6)	6.8 (5.0)	9.35 (5.2)	7.0 (5.3)	5.7
Alfarería sin/pb	N/A	2.4 (3.1)	1.1 (0)	8.1 (5.3)	4.6
Talla de madera	0.9 (0.62)	1.96 (0.84)	4.15 (4.5)	3.2 (4.10)	1.5
Textiles	5.35 (4.0)	5.6 (6.45)	10.4 (8.6)	5.23 (4.2)	4.8
Bordado	6.1 (4.02)	4.75 (4.7)	13.3 (12.4)	5.9 (3.8)	5.1
Alfarería con y sin/pb ¹	6.3 (5.8)	13.6 (11.44)	7.48 (7.05)	11.6 (6.9)	7.8
Cerámica talavera ²	12.3 (9.1)	12.8 (10.3)	13.6 (7.84)	13.0 (11.6)	11.2
Alfarería con y sin/pb ³	24.4 (3.8)	31.14 (4.13)	28.8 (3.7)	29.15 (2.05)	22.7
Alfarería con y sin/pb ⁴	26.63 (17.3)	31.4 (18.5)	28.24 (21.2)	22.0 (19.4)	26.5

N/A: No aplica. **pb**: plomo (¹) San Salvador Tzompantepec (²) San Pablo del Monte (³) La Trinidad Tenexyecac (⁴) Españita.

Fuente: Juárez Pérez et al., 2024.

Concentraciones urinarias de biomarcadores de daño renal temprano

En una submuestra (n=405), se evaluó el estado de salud renal mediante la tasa de filtración glomerular (eGFR) y siete biomarcadores de daño renal temprano: nefrina, alfa-1-microglobulina (a1-MG), calbindina D (Calb-D), lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos (NGAL), osteopontina (OPN), molécula de lesión renal (KIM-1) y cistatina C (Cys-C), que se midieron en orina. Todos los marcadores, excepto Cys-C, mostraron diferencias significativas entre las comunidades de artesanos (Tabla 2.16). Las comunidades de la Trinidad Tenexyecac y Españita presentaron los niveles más altos de eGFR, Nefrina, Calb-D, KIM-1 y Cys-C, mientras que en Tzompantepec se observaron los niveles más elevados de a1-MG y OPN.

Descripción de los niveles de plomo en sangre por comunidad

En cuanto a los niveles de plomo en sangre, las comunidades de La Trinidad y Españita registraron las concentraciones más altas, con una mediana de 27.4 µg/dL (rango intercuartílico

20.4-41.7), seguidas por San Pablo del Monte, con una mediana de 16.1 µg/dL (rango intercuartílico 9.2-23.1), superando ambas la mediana del estudio, que fue de 13.4 µg/dL (rango intercuartílico 7.4-22.2) (**Tabla 2.16**).

Tabla 2.16. Parámetros renales, biomarcadores de daño renal temprano y niveles de exposición a plomo en sangre

Características	Total (N=405)	San pablo del monte (N=146)	La trinidad Tenexyecac y española (N=70)	Tzompantepec (N=82)	Otros (N=107)	Valor p (p<0.05)
	p50 (p25; p75)					
eGFR(mil/ min/1.73 m²)	102.2 (93.5;113.2)	104.1 (94.3;113.3)	106.6 (98.8;120.4)	99.8 (92.8;109.6)	99.5 (90.7;110.3)	0.0020
Nefrina (ng/ mg-creat.)	1.1 (0.5;2.2)	1.4 (0.7;2.4)	1.4 (0.6;2.8)	0.5 (0.1;1.5)	0.9 (0.5;2.1)	0.0001
a1-MG (µg/ mg-creat.)	649.8 (395.2;1267.6)	496.1 (325.2;825.5)	767.3 (507.1; 2311.4)	1002.3 (537.2; 2933.6)	589.7 (356.0;1082.4)	0.0001
Calb-D (pg/ mg-creat.)	1484.0 (982.1;2357.9)	1288.1 (864.3;2001.6)	1755.7 (1059.3;3031.0)	1533.8 (1097.1;2591.7)	1537.9 (1151.5;2406.3)	0.0020
NGAL (ng/mg-creat.)	4.2 (1.4;10.5)	5.2 (2.5;10.6)	3.6 (1.1;10.5)	0.3 (0.1;3.6)	5.8 (2.6;15.5)	0.0001
OPN (ng/mg-creat.)	1019.7 (384.5;4014.7)	1074.6 (371.5;2369.9)	883.7 (353.9;7983.4)	3693.4 (482.8;8642.6)	892.2 (396.9; 2041.6)	0.0045
KIM-1 (pg/ mg-creat.)	1010.4 (444.6;2010.4)	852.3 (510.0;1337.6)	1831.1 (824.3;3232.7)	1504.4 (193.5;2580.3)	842.7 (391.1;1655.7)	0.0001
Cys-C (ng/mg-creat.)	52.2 (29.3;126.7)	48.0 (26.5;95.5)	59.8 (29.6;205.4)	52.2 (32.4;137.5)	49.5 (30.8;139.7)	0.2153
Pb en sangre (µg/dL)	13.4 (7.4;22.2)	16.1 (9.2;23.1)	27.4 (20.4;41.7)	8.1 (4.7;13.1)	9.7 (5.8;13.7)	0.0001

Abreviaturas: **p50**: percentil 50 o mediana; **p25**: percentil 25; **p75**: percentil 75; **eGFR**: Tasa de filtración glomerular estimada; **a1-MG**: alfa-1-microglobulina; **Calb-D**: Calbindina D; **NGAL**: Lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos; **OPN**: Osteopontina; **KIM-1**: Molécula de lesión renal-1; **Cys-C**: Cistatina C. **Fuente:** Juárez Pérez et al., 2024.

Relación de los niveles de plomo en sangre con los biomarcadores de daño renal temprano

Los niveles de plomo en sangre se asociaron con biomarcadores de daño renal temprano y la tasa de filtración glomerular mediante modelos de regresión lineal, ajustando por factores de confusión.

Los resultados muestran que el aumento de plomo en sangre eleva los niveles de la tasa de filtración glomerular, NGAL, KIM-1, calbindina y a1-MG (**Figura 2.17 y Tabla 2.17**). Este incremento en los biomarcadores puede indicar daño en la nefrona, afectada por

contaminantes como el plomo, que daña tanto el túbulo como el glomérulo. Inicialmente, la tasa de filtración glomerular puede aumentar como respuesta a la lesión, seguida de una disminución progresiva.

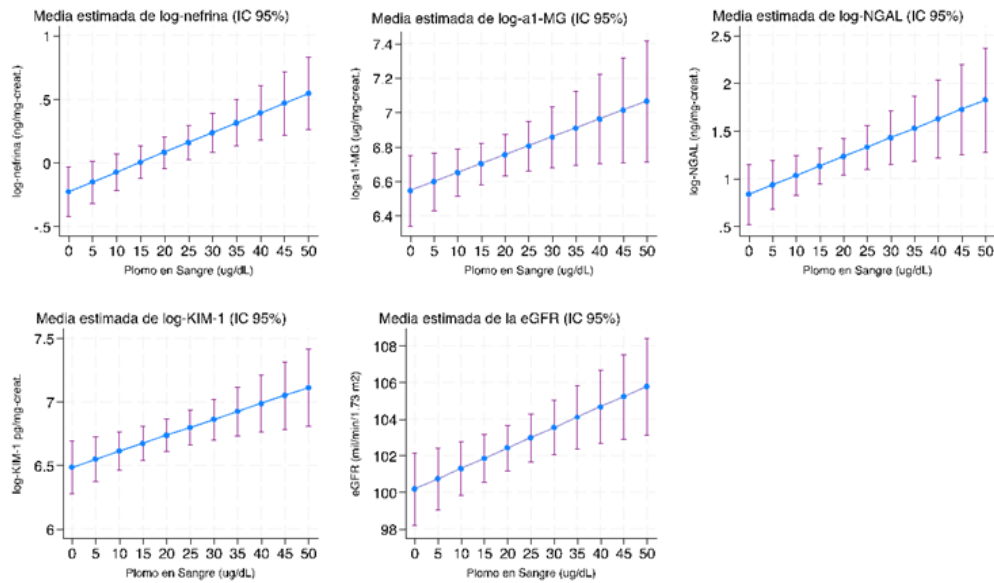


Figura 2.17. Media estimada de los biomarcadores de daño renal temprano y la tasa de filtración glomerular en los niveles de Pb en sangre. Abreviaturas: **a1-MG:** alfa-1-microglobulina; **Calb-D:** Calbindina D; **NGAL:** Lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos; **KIM-1:** Molécula de lesión renal 1; **eGFR:** Tasa de filtración glomerular estimada. **Fuente:** Juárez Pérez et al., 2024.

Tabla 2.17. Modelos de regresión lineal múltiple para relacionar los niveles de plomo en sangre con los parámetros renales

Parámetro renal	Plomo en sangre (µg/dl)	Categorías de plomo en sangre (µg/dl)			
	n=405 β(IC 95 %)	<5 n=61	5 a 9.9 n=86 β(IC 95 %)	10 a 19.9 n=126 β(IC 95 %)	≥20 n=132 β(IC 95 %)
eGFR(mil/min/1.73 m²)	0.11(0.04;0.19)	Ref.	-2.79(-7.43;1.84)	-0.21(-3.36;2.49)	1.10(-2.22;4.42)
log-Nefrina (ng/mg-creat.)	0.02(0.01;0.25)	Ref.	0.02(-0.45;0.48)	0.30(-0.15;0.76)	0.48(0.05;0.90) ^a
log-a1-MG (µg/mg-creat.)	0.01(0.0003;0.02)	Ref.	0.05(-0.39;0.50)	-0.06(-0.47;0.34)	-0.01(-0.42;0.40) ^b
log-Calb-D (pg/mg-creat.)	0.001(-0.005;0.006)	Ref.	0.08(-0.18;0.33)	0.03(-0.23;0.29)	0.01(-0.25;0.27)
log-NGAL (ng/mg-creat.)	0.02(0.005;0.04)	Ref.	0.42(-0.27;1.11)	0.90(0.24;1.56) ^a	1.20(0.55;1.84) ^a
log-OPN (ng/mg-creat.)	-0.01(-0.02;0.002)	Ref.	0.29(-0.18;0.77)	0.05(-0.40;0.51)	-0.09(-0.56;0.37)
log-KIM-1 (pg/mg-creat.)	0.01(0.004;0.021)	Ref.	-0.84(-0.60;0.44)	0.07(-0.39;0.53)	0.41(-0.06;0.88) ^b
log-Cys-C (ng/mg-creat.)	0.003(-0.007;0.012)	Ref.	-0.46(-0.89;-0.36) ^a	-0.23(-0.64;0.19)	-0.25(-0.67;0.17)

Abreviaturas: **eGFR:** Tasa de filtración glomerular estimada; **a1-MG:** alfa-1-microglobulina; **Calb-D:** calbindina D; **NGAL:** lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos; **OPN:** osteopontina; **KIM-1:** molécula de lesión renal 1; **Cys-C:** cistatina C. **Ref.** Categoría de referencia para comparar los coeficientes beta en la regresión lineal, se utilizó la categoría con los niveles más bajos de exposición. ^aValor p<0.05; ^bValor p <0.10. Modelos ajustados por edad, sexo e índice de masa corporal.

Fuente: Juárez Pérez et al., 2024.

Enfermedades No Transmisibles (ENT)

Análisis poblacional de las Enfermedades No Transmisibles (ENT) en la CAA

En el Pronaii “Ciencia de Datos y Salud en la CAA”¹² se estudió la morbi-mortalidad poblacional por causa de enfermedades no transmisibles (ENT) para el período 2000-2019. Se estimaron los porcentajes de defunciones y las tasas de mortalidad a nivel poblacional, por grupo etario y sexo, tomando en cuenta trece grupos de ENT con base en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019). Posteriormente se analizaron las tendencias y se realizaron comparaciones entre regiones y municipios de la Cuenca. Asimismo, se hizo un estudio de la situación de salud de la población de jóvenes y menores de edad de la CAA, a partir de datos de mortalidad, incidencia y prevalencia de enfermedades con el propósito de identificar aquellas ENT que requieren mayor vigilancia y control en el territorio.

Los datos de defunciones se obtuvieron de las bases de datos de mortalidad del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Las tasas de mortalidad se calcularon dividiendo el número de defunciones por ENT entre la población total de la Cuenca y multiplicando por 1,000 habitantes. Posteriormente, las tasas fueron estandarizadas mediante el método directo, utilizando como referencia la población de México en 2010, al representar el punto medio del periodo de estudio.

Las incidencias acumuladas (IA) de ENT se calcularon a partir de los registros de casos de enfermedades del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE), de acuerdo con la siguiente fórmula $IA = \text{número de casos por ENT} / \text{población} * 1,000 \text{ habitantes}$. Los datos fueron proporcionados por las jurisdicciones sanitarias N° 5 y N° 6 del Estado de Puebla.

Las prevalencias de enfermedades fueron calculadas a partir de los datos de personas afectadas por distintas ENT en la CAA para el 2021, los cuales se obtuvieron en un censo realizado para tal fin, por la encuestadora *Parametría S.A.*, como parte de las actividades del proyecto.

Mortalidad por Enfermedades no transmisibles (ENT) en la CAA

En la CAA, las tasas de mortalidad por ENT han aumentado significativamente en los últimos veinte años y las enfermedades responsables del mayor número de muertes a nivel

¹² Pronaii “Análisis espacio-temporal 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”.

poblacional incluyendo todas las edades, son las del sistema circulatorio, las endocrinas y metabólicas, y las neoplasias. Sin embargo, las principales causas de muerte varían según el grupo etario. Esto se puede observar en la **Tabla 2.18**, donde se muestra el número de defunciones y las tasas de mortalidad para las cinco principales causas de muerte por ENT, desglosadas por grupo de edad y periodos: 2000-2009 y 2010-2019.

Se observa que en la primera infancia (0-4 años) las principales causas de muerte están relacionadas con distintas afecciones originadas en el periodo perinatal y cardiopatías congénitas.

En la segunda infancia y en la pubertad la leucemia linfoide es la principal causa de muerte, seguida por cardiopatías congénitas, parálisis cerebral e insuficiencia renal. Esta última, es la ENT que causa más muertes en la adolescencia (15-19 años) y en la juventud (20-24 años). Las muertes por leucemia linfoide también son relativamente elevadas en ambas edades, aunque más en adolescentes. Los infartos también son una importante causa de muerte en estas poblaciones y al igual que la insuficiencia renal, las tasas de mortalidad se han incrementado en el tiempo.

En la etapa adulta (25-59 años) y en la población de adultos mayores (>60 años), las principales causas de muerte se relacionan con enfermedades endocrinas y metabólicas, particularmente con diabetes, así como con neoplasias y enfermedades del sistema circulatorio como infarto agudo de miocardio. Las muertes por enfermedades del sistema digestivo tienen una mayor representación en estas edades en comparación con las otras edades, específicamente por fibrosis y cirrosis del hígado. Las enfermedades respiratorias como las pulmonares obstructivas crónicas también son una importante causa de muerte en la tercera edad.

Tabla 2.18. Número de defunciones y tasa de mortalidad por causa de las enfermedades de mayor impacto en los distintos grupos etarios.

Grupo edad	Periodo	CIE-10*	Enfermedad	No. Total muertes	Tasa de mortalidad promedio (def. X 1000 hab)
1.ª Infancia (0-4 años)	2000-2009	P22	Dificultad respiratoria del recién nacido	2107	0.591
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	959	0.301
		P24	Síndrome de aspiración neonatal	501	0.193
		P21	Asfixia del nacimiento	471	0.134
		P07	Trastornos relacionados con corta gestación y bajo peso al nacer	427	0.105
	2010-2019	P22	Dificultad respiratoria del recién nacido	953	0.305
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	837	0.231
		P07	Trastornos relacionados con corta gestación y bajo peso al nacer	384	0.113
		P21	Asfixia del nacimiento	265	0.074
		P24	Síndrome de aspiración neonatal	202	0.063
Infancia (5-9 años)	2000-2009	C91	Leucemia linfóide	95	0.028
		G80	Parálisis cerebral	54	0.019
		N18	Insuficiencia renal crónica	37	0.017
		C71	Neoplasias malignas de cerebro	30	0.004
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	21	0.008
	2010-2019	C91	Leucemia linfóide	85	0.018
		G80	Parálisis cerebral	44	0.021
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	25	0.006
		G40	Epilepsia	19	0.004
		Q03	Hidrocefalia congénita	17	0.008
Pubertad (10-14 años)	2000-2009	C91	Leucemia linfóide	73	0.026
		N18	Insuficiencia renal crónica	70	0.026
		G80	Parálisis cerebral	40	0.010
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	18	0.004
		Q03	Hidrocefalia congénita	17	0.006
	2010-2019	C91	Leucemia linfóide	76	0.018
		G80	Parálisis cerebral	60	0.022
		C71	Tumor maligno del encéfalo	27	0.020
		Q24	Otras malformaciones congénitas del corazón	18	0.004
		N18	Insuficiencia renal crónica	15	0.005

Grupo edad	Periodo	CIE-10*	Enfermedad	No. Total muertes	Tasa de mortalidad promedio (def. X 1000 hab)
Adolescencia (15-19 años)	2000-2009	N18	Insuficiencia renal crónica	105	0.052
		C91	Leucemia linfoide	70	0.026
		G80	Parálisis cerebral	41	0.010
		G71	Trastornos musculares primarios	25	0.010
		I21	Infarto agudo de miocardio	21	0.011
	2010-2019	N18	Insuficiencia renal crónica	122	0.046
		C91	Leucemia linfoide	80	0.017
		G80	Parálisis cerebral	62	0.016
		I21	Infarto agudo de miocardio	36	0.010
		G40	Epilepsia	35	0.020
Juventud (20-24 años)	2000-2009	N18	Insuficiencia renal crónica	116	0.055
		G80	Parálisis cerebral	44	0.016
		C91	Leucemia linfoide	34	0.013
		G40	Epilepsia	32	0.016
		I21	Infarto agudo de miocardio	28	0.006
	2010-2019	N18	Insuficiencia renal crónica	211	0.091
		I21	Infarto agudo de miocardio	84	0.027
		I12	Enfermedad renal hipertensiva	53	0.011
		C62	Tumor maligno de testículo	53	0.011
		C91	Leucemia linfoide	49	0.010
Adulthood (25-59 años)	2000-2009	E11	Diabetes mellitus no insulino dependiente	3299	0.246
		E14	Diabetes mellitus no especificada	2059	0.157
		K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	1693	0.130
		I21	Infarto agudo de miocardio	1458	0.089
		N18	Insuficiencia renal crónica	764	0.065
	2010-2019	E11	Diabetes mellitus no insulino dependiente	6132	0.425
		I21	Infarto agudo de miocardio	3038	0.177
		E14	Diabetes mellitus no especificada	1926	0.121
		K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	1726	0.105
		N18	Insuficiencia renal crónica	973	0.075

Grupo edad	Periodo	CIE-10*	Enfermedad	No. Total muertes	Tasa de mortalidad promedio (def. X 1000 hab)
Adultos mayores (+60 años)	2000-2009	E11	Diabetes mellitus no insulino dependiente	9925	3.810
		E14	Diabetes mellitus no especificada	6375	2.480
		I21	Infarto agudo de miocardio	5931	2.300
		J44	Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	2815	1.390
		K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	2484	0.957
	2010-2019	E11	Diabetes mellitus no insulino dependiente	18577	6.020
		I21	Infarto agudo de miocardio	14725	4.370
		E14	Diabetes mellitus no especificada	5866	1.830
		J44	Otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	4942	1.750
		K74	Fibrosis y cirrosis del hígado	2792	0.819

* Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) (OMS, 2019).

Fuente: Pérez-Castresana et al., 2023.

Al analizar la mortalidad por sexo (**Figura 2.18**), se observa que hay enfermedades que provocan un mayor número de muertes en la población masculina, particularmente en el grupo de adolescentes y jóvenes, entre estas, las neoplasias, las enfermedades respiratorias y las enfermedades del sistema genitourinario, circulatorio y nervioso.

En el caso de la población adulta, las principales causas de muerte en la población femenina son el cáncer de mama y órganos genitales, así como enfermedades del sistema osteomuscular y conectivo como la artritis reumatoide y el lupus, mientras que en el caso de la población masculina son las enfermedades respiratorias y del sistema nervioso.

En la población de adultos mayores, las muertes por enfermedades genitourinarias, digestivas, así como enfermedades del sistema nervioso y respiratorio son mayores en la población masculina, mientras que en la población femenina las enfermedades osteomusculares generan un mayor impacto.

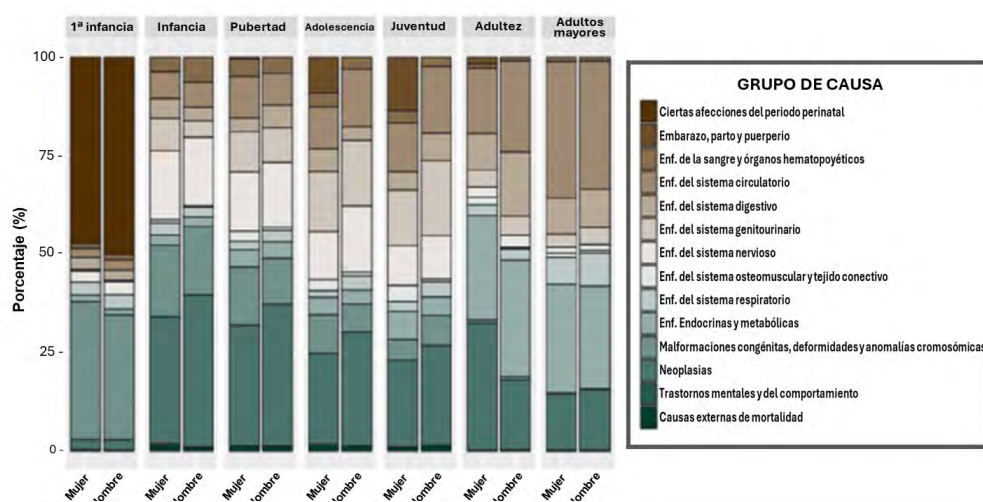


Figura 2.18. Porcentaje de defunciones (%) por grupo de enfermedades no transmisibles y por sexo (2000-2019). **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

El estudio de la morbi-mortalidad por ENT reveló una problemática creciente que no solo afecta a la población adulta sino a la población de jóvenes y menores de edad. En la CAA, muchas de las muertes fueron prematuras y pudieron ser evitadas a través de medidas y acciones de prevención primaria, y/o con un tratamiento oportuno y adecuado.

Dada la problemática de salud ambiental en la Cuenca y el impacto de las ENT en la población de jóvenes y menores, fue necesario profundizar el análisis de la situación de salud en estos grupos etarios a fin de identificar aquellas enfermedades que requieren mayor vigilancia y atención prioritaria.

Morbi-mortalidad por Enfermedades No transmisibles (ENT) en la población infantil, de adolescentes y jóvenes

Población infantil (0-9 años)

El panorama en la situación de salud de la población infantil se representa en la **Figura 2.19** a través de los datos de incidencias, prevalencias y tasas de mortalidad por causa de las ENT de mayor impacto dentro de ese grupo etario.

Se observa que las malformaciones congénitas (MC), las neoplasias y las enfermedades del sistema nervioso son los grupos de enfermedades que provocan más muertes en la infancia (ver círculos en **Figura 2.19**). Sin embargo, el impacto de las malformaciones congénitas es mucho mayor en la mortalidad infantil, sobre todo en la primera infancia (**Tabla 2.18**), ya que en la CAA se mueren siete veces más niñas y niños por malformaciones congénitas que por cáncer; aun con ello, esta problemática ha recibido poca atención.

De las MC, las cardiopatías congénitas son las responsables del mayor número de muertes en la población infantil, y al igual que la epilepsia y las enfermedades del sistema digestivo, éstas han registrado un alza en las tasas de mortalidad en la última década.

En la **Figura 2.19** también se puede observar las ENT que registran las mayores incidencias (ver rectángulos verticales) como el asma, las gastritis, úlceras y duodenitis, y la obesidad, que en conjunto representan más del 90 % de los casos de enfermedades que se atienden en los centros de salud. De estas tres enfermedades, las incidencias de obesidad, y de gastritis, úlceras y duodenitis, se incrementaron notablemente en el tiempo en más del 150 %.

Según la información del censo, las ENT de mayor prevalencia en la edad infantil son el asma, la epilepsia y las malformaciones congénitas, que en su conjunto representan el 52 % de las enfermedades contabilizadas.

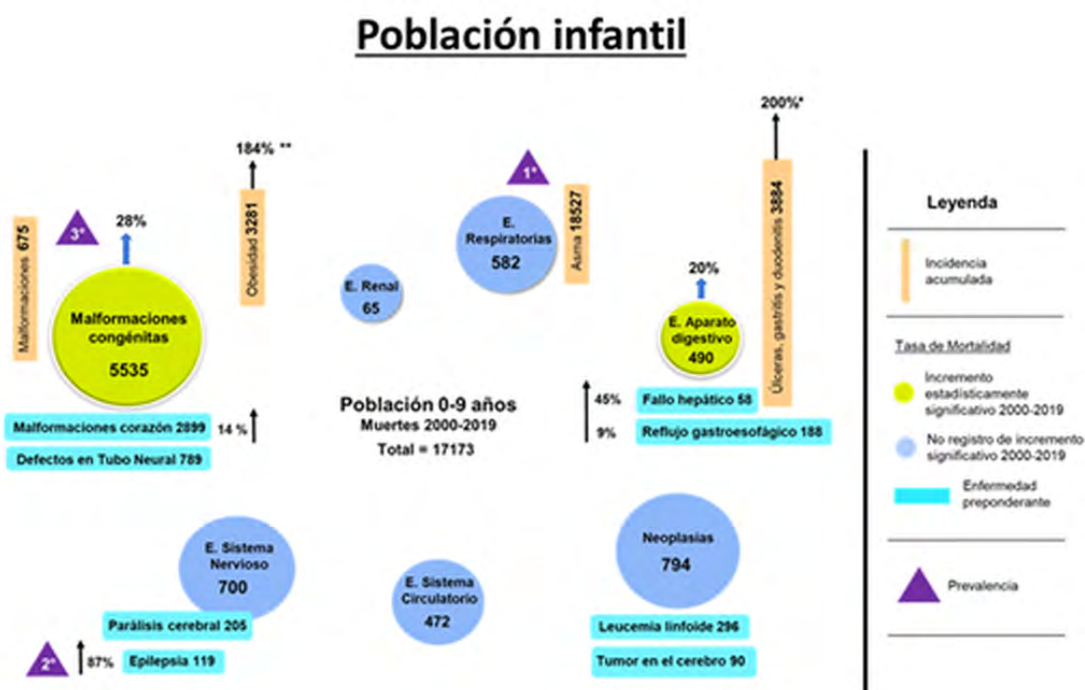


Figura 2.19. Patrón de las ENT en la población infantil (0-9 años). **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

Población de adolescentes (10-19 años)

En la población adolescente; las neoplasias, las enfermedades del sistema nervioso y las del sistema circulatorio son las principales causas de muerte (**Figura 2.20**), y las tasas de mortalidad registraron un incremento significativo en la última década (ver flechas en **Figura 2.20**). Aunque en la población de adolescentes la leucemia y la enfermedad renal están entre las enfermedades que provocan el mayor número de muertes (**Tabla 2.18**), las tasas

de mortalidad no se han incrementado en la misma magnitud que aquellas causadas por enfermedades del sistema nervioso como la epilepsia, la parálisis cerebral y los tumores de cerebro. Otras enfermedades como fallo hepático y enfermedades de coagulación y púrpura trombocitopénica mostraron una tendencia creciente, sin embargo, estas no fueron estadísticamente significativas.

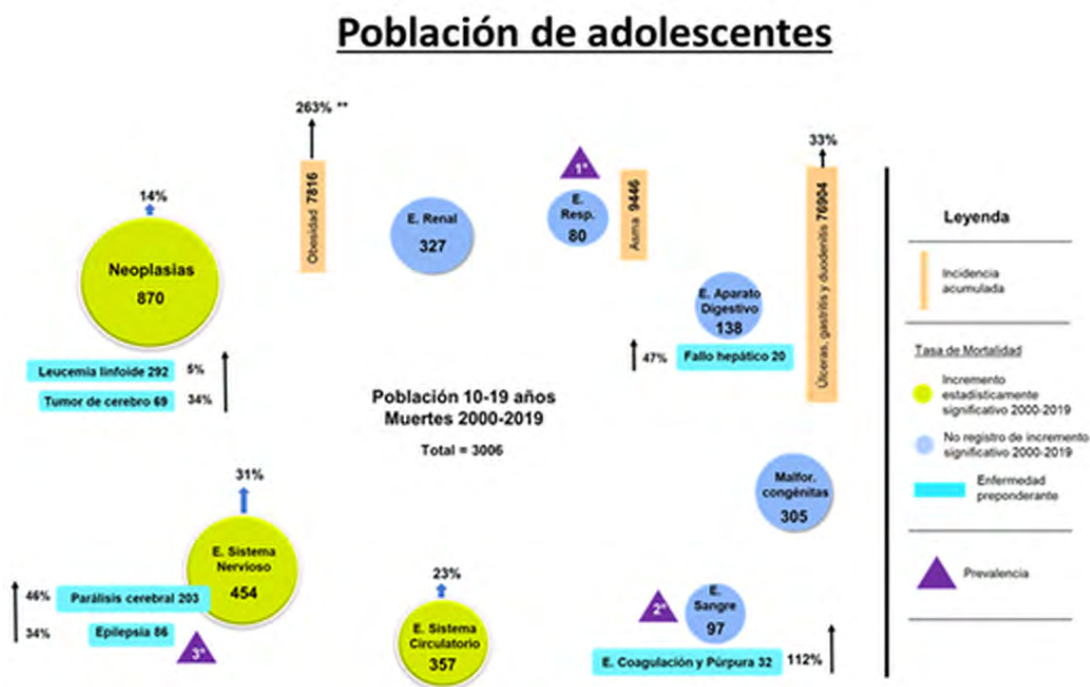


Figura 2.20. Patrón de las ENT en el grupo etario de adolescentes. **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

En cuanto a la incidencia de enfermedades no transmisibles, las úlceras, gastritis y duodenitis, el asma y la obesidad son las más frecuentes. Las primeras tres representan más del 70 % de las enfermedades en adolescentes, destacando un aumento de más del 200 % en la obesidad en la última década. El asma, la anemia y la epilepsia fueron las ENT con las prevalencias más altas en estas edades, según los datos del censo.

Población de jóvenes (20-24 años)

En jóvenes, las principales causas de muerte son las neoplasias, las enfermedades del sistema circulatorio y la enfermedad renal crónica (**Figura 2.21**). Las ENT con mayor aumento en las tasas de mortalidad en el tiempo fueron las enfermedades digestivas (34 %), renales (58 %) y circulatorias (124 %). Aunque la tasa de mortalidad por neoplasias a nivel de grupo de enfermedad no mostró un incremento significativo en el tiempo, la mortalidad por cáncer de testículo y por leucemia linfóide sí registraron una tendencia creciente

estadísticamente significativa, particularmente acentuada debido al cáncer de testículo en este grupo etario (77 %).

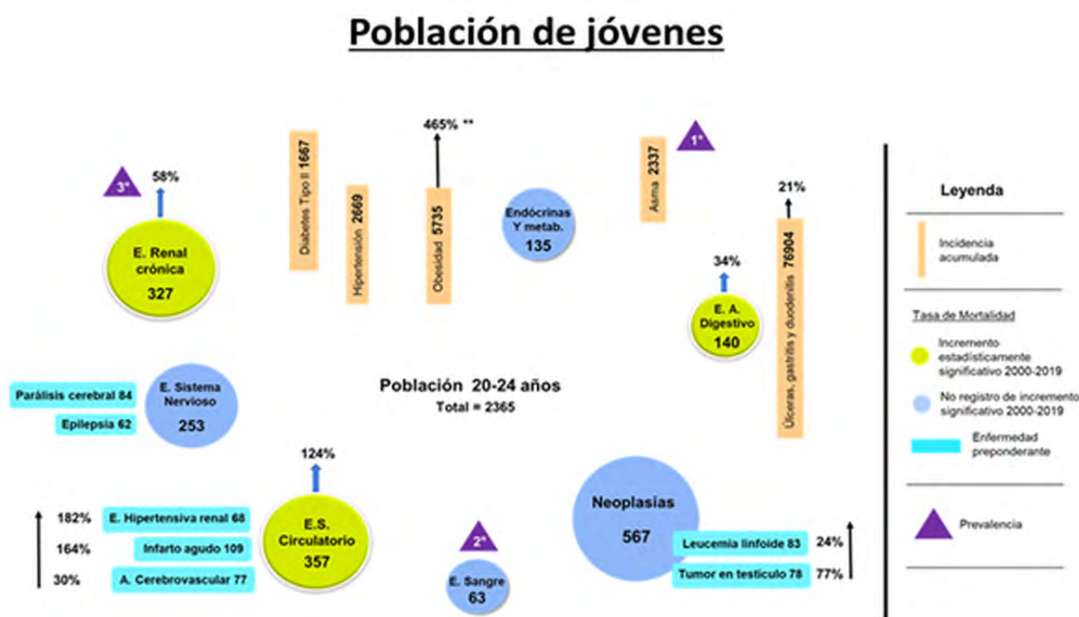


Figura 2.21. Patrón de las ENT en la población juvenil. **Fuente:** Pérez-Castresana et al., 2023.

En la población de jóvenes, las tasas de mortalidad por enfermedades del sistema circulatorio también se han incrementado considerablemente en el tiempo, particularmente las provocadas por la enfermedad hipertensiva renal (182 %), por infartos de miocardio (164 %) y por enfermedades cerebrovasculares (30 %). Asimismo, la tasa de mortalidad por enfermedades del aparato digestivo en jóvenes experimentó un aumento del 34 % y por enfermedad renal crónica del 58 %.

En la población de jóvenes no solo han aumentado las tasas de mortalidad por diversas ENT, sino también la morbilidad. En la **Figura 2.21** también se puede observar que las úlceras, gastritis y duodenitis han tenido un incremento del 21 % y la obesidad ha crecido de manera alarmante, con un aumento del 400 % desde su registro en 2011. Estas enfermedades representan más del 90 % de las enfermedades en jóvenes. En cuanto a la prevalencia, el asma, las enfermedades en la sangre y la enfermedad renal crónica son las ENT más comunes entre los jóvenes de la CAA.

Enfermedades No Transmisibles (ENT) de mayor impacto en la población de la Cuenca

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*”, presenta un análisis detallado de las enfermedades no transmisibles de mayor impacto en la población de la Cuenca, específicamente las enfermedades renales crónicas y leucemias agudas cuyas tasas de mortalidad exceden tanto a la media estatal, como a la media nacional, particularmente en niños, adolescentes y jóvenes. Para obtener un mayor entendimiento y acceder a información adicional, recomendamos la consulta de este informe (CONHACYT, 2023). Este apartado proporciona una actualización sobre la incidencia de leucemia por grupo de edad en la CAA.

Incidencia de leucemia por grupo de edad en la CAA

En el marco de los Pronaii de “Leucemia infantil” y “Citómica del cáncer infantil”¹³, el 1 de enero de 2021 se dio inicio al registro de casos de leucemias agudas en pacientes menores de 20 años atendidos en hospitales públicos y privados de los estados de Puebla, Tlaxcala y Oaxaca.

El registro de leucemia infantil ha permitido identificar a las regiones dentro de estos Estados con la mayor tasa de incidencia y los factores de riesgo relacionados con el desarrollo de la enfermedad. Asimismo, ha permitido la colaboración entre otros proyectos del Pronaii de Leucemia Infantil con la finalidad de correlacionar los hallazgos de biología molecular, inmunofenotipo, enfermedad medible residual y otros hallazgos biológicos con la supervivencia de los pacientes.

Aunque resultados preliminares fueron presentados en el *1er Informe Estratégico Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental; Problemática Socioambiental y Recomendaciones para su Atención Integral* (CONAHCYT, 2023), se presenta una actualización de los datos al 15 de agosto de 2024.

Entre el 1 de enero de 2021 y el 15 de agosto de 2024, se han registrado un total de 481 casos de leucemias agudas en niños, adolescentes y jóvenes menores de 20 años en los estados de Puebla y Tlaxcala, de los cuales el 41 % (equivalente a 197 casos) corresponden a residentes de la región de la Cuenca del Alto Atoyac. La distribución de los pacientes pediátricos con leucemia infantil dentro de la CAA por grupos de edad se detalla en la **Tabla 2.19**.

13 Pronaii “Epidemiología y supervivencia de las leucemias agudas en niños de zonas marginadas de México” y “Laboratorio de Citómica del cáncer infantil”.

Tabla 2.19. Distribución por grupo de edad de pacientes pediátricos en la CAA.

Grupo de edad	Total de pacientes con LA (n=197)	Porcentaje
0 a 4 años	52	26.2
5 a 9 años	58	29.2
10 a 14 años	55	28.2
15 a 19 años	32	16.4

Fuente: Datos del primer registro de base poblacional de leucemia infantil (Pronaii-leucemia infantil).

La distribución de pacientes pediátricos con LA en la Cuenca muestra que la mayor proporción de casos se concentra en los grupos de 5 a 9 años y 10 a 14 años, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad durante la infancia media y resalta la necesidad de estrategias de prevención y diagnóstico temprano en estas edades. Aunque la incidencia disminuye en la adolescencia, con un 16.4 % de casos en el grupo de 15 a 19 años, persiste la importancia de la atención médica. Además, el 26.2 % de los casos en el grupo de 0 a 4 años subraya la necesidad de fortalecer la detección temprana desde los primeros años de vida. Estos datos indican la necesidad de servicios de salud especializados para atender a estos grupos, con un enfoque particular en la infancia media, donde se concentran la mayoría de los casos.

Enfermedades infecciosas

Incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales

En el marco del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”¹⁴, se estudiaron las variaciones espacio-temporales en la incidencia acumulada de enfermedades gastrointestinales y respiratorias en la población, a partir de datos provenientes del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) de la Secretaría de Salud. Específicamente se analizó el comportamiento histórico de estas enfermedades entre 2003 y 2022, desagregando por municipio, sexo y grupos etarios. Se identificaron patrones en la distribución geográfica de estas enfermedades a nivel de municipios y se evaluaron las relaciones estadísticas entre estas y diversas variables ambientales y sociales. Los detalles metodológicos sobre la identificación de variaciones espacio-temporales en la incidencia de 17 enfermedades infecciosas, los municipios más afectados y las relaciones estadísticas con factores socioambientales se presentan en el **Anexo 2E**.

¹⁴ Diagnóstico de la situación de salud de la población de la Cuenca del Alto Atoyac con base en el análisis espacio-temporal de la morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias agudas y su relación con factores socioambientales para el periodo 2003-2022 (Etapa 2), en el Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Se analizaron las siguientes enfermedades gastrointestinales: *absceso hepático amebiano*, *amebiasis intestinal*, *ascariasis*, *enterobiasis*, *fiebre paratifoidea*, *fiebre tifoidea*, *giardiasis*, *infecciones intestinales por otros organismos* y *las mal definidas*, *intoxicación alimentaria bacteriana*, *otras helmintiasis*, *otras infecciones intestinales debido a protozoarios*, *otras salmonelosis*, *shigelosis*. Las enfermedades respiratorias incluyeron: *faringitis* y *amigdalitis estreptocócica*, *infecciones respiratorias agudas*, *neumonías* y *bronconeumonías* y *tuberculosis respiratoria*.

La información que se presenta en esta sección está centrada en aquellas enfermedades que presentaron tendencias crecientemente significativas, diferencias entre las regiones de Puebla y Tlaxcala que pertenecen a la Cuenca, así como las correlaciones con factores ambientales y de vulnerabilidad social. Los resultados de las incidencias de enfermedades gastrointestinales y respiratorias para la población total y por grupo etario, así como los valores de significancia estadística (p), pueden consultarse en el **Anexo 2F**.

En la **Figura 2.22** se puede observar que las enfermedades respiratorias tienen un impacto notablemente mayor en la población de la Cuenca en comparación con las enfermedades gastrointestinales, registrándose tasas de incidencia aproximadamente cuatro veces superiores. Las enfermedades gastrointestinales y respiratorias afectan en mayor medida a la población infantil y a los adultos mayores, quienes son los grupos más vulnerables a estas infecciones. Aunque se detecta una tendencia de disminución en las incidencias acumuladas a partir del 2019, este patrón podría estar relacionado con la reducción de visitas a los centros de salud debido a la pandemia de COVID-19.

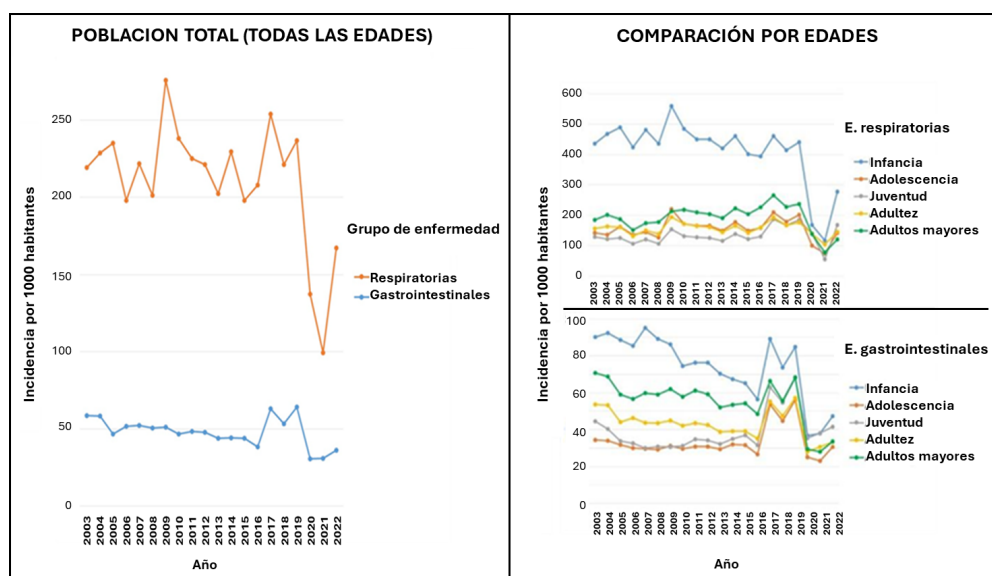


Figura 2.22. Incidencia del total de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la población de la Cuenca del Alto Atoyac en 2003-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

A nivel nacional, las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades gastrointestinales son un problema de salud pública. De acuerdo con el Anuario de Morbilidad 1984-2022, las enfermedades diarreicas agudas ocupan los primeros lugares de morbilidad, siendo la segunda causa a nivel nacional y una de las cinco principales causas de mortalidad en menores de cinco años. Las infecciones respiratorias agudas, por su parte, son la principal causa de morbilidad particularmente en infancias donde generan alrededor del 40 % de las hospitalizaciones (SSA, 2021).

Enfermedades gastrointestinales agudas

En la **Figura 2.23** se puede observar el comportamiento histórico de las incidencias de las enfermedades gastrointestinales en la población de la CAA y por entidad federativa considerando únicamente los municipios dentro de la Cuenca. Aunque los patrones son similares, se aprecia que las incidencias de estas enfermedades son ligeramente mayores en la región tlaxcalteca de la Cuenca.

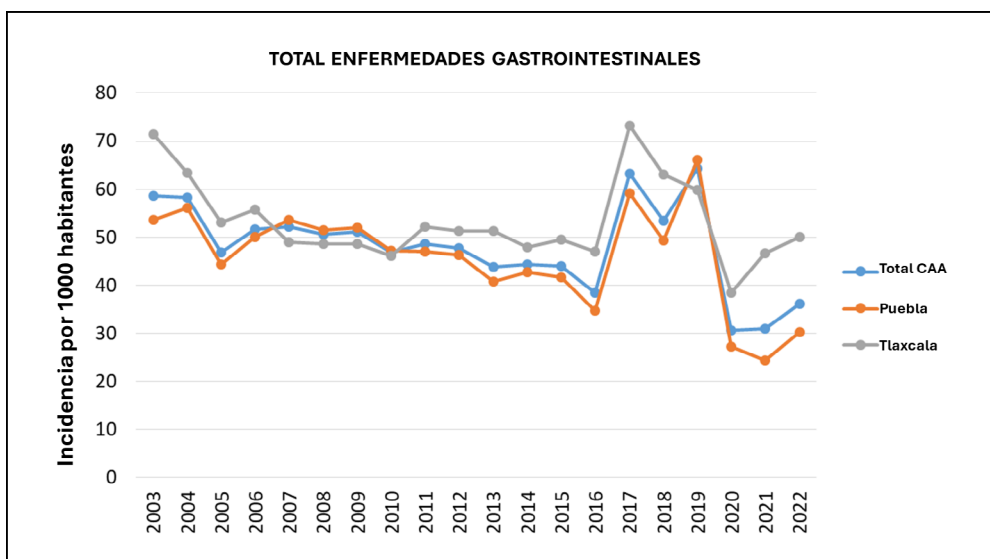


Figura 2.23. Incidencia del total de enfermedades gastrointestinales en la CAA, Puebla y Tlaxcala en el periodo de 2003-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

De las 13 enfermedades gastrointestinales consideradas en el estudio, las *infecciones intestinales por otros organismos* y las *mal definidas* son las de mayor incidencia (**Figura 2.24**), con valores superiores que los reportados a nivel nacional. Por ejemplo, en el 2022, la incidencia de estas enfermedades en la CAA fue de 36 casos por cada 1,000 habitantes, mientras que a nivel nacional fue de 24.6 por cada 1,000. Además, el promedio nacional para el período 2013-2022 fue de 36.20 casos por cada 1,000 habitantes, en contraste con la CAA, donde el promedio alcanzó 42.22 por cada 1,000 habitantes (Anuario de Morbilidad 1984-2022, SSA, 2022).

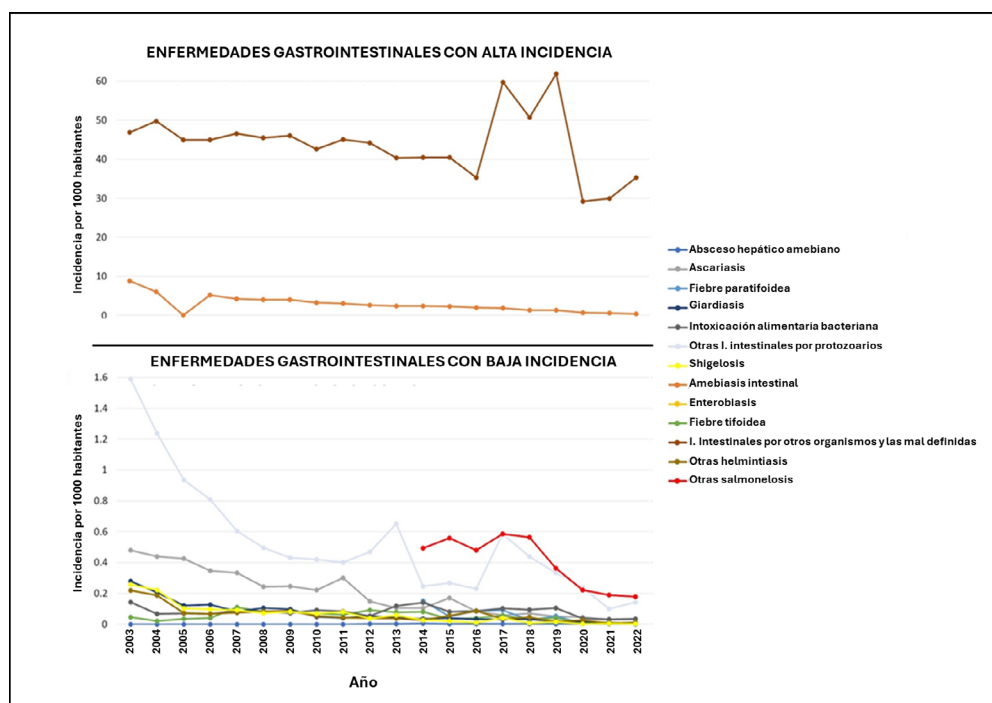


Figura 2.24. Incidencia de las distintas enfermedades gastrointestinales para la población de la Cuenca del Alto Atoyac en 2003-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

En la **Figura 2.25** se puede observar que las *infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas* presentan la mayor incidencia en todos los grupos etarios. Sin embargo, se destaca que estas enfermedades afectan principalmente a los menores de edad, aunque también registran altas tasas en adultos mayores.

Las evidencias indican que los niños y los adultos mayores son los grupos etarios más propensos a sufrir infecciones gastrointestinales, así como también las personas cuyo sistema inmunitario se encuentra debilitado debido a ciertas afecciones como diabetes, enfermedad del hígado, enfermedad de los riñones y cáncer o a sus tratamientos (Bellido, 2007).

Estas infecciones intestinales se asocian con diversos virus, bacterias y parásitos; y en la población infantil, los virus son la causa más común de gastroenteritis, destacando el rotavirus y el norovirus como los principales agentes infecciosos. Estos virus se transmiten fundamentalmente por contacto entre humanos o por ingestión de agua o alimentos contaminados, aunque también algunos de ellos, como los *Adenovirus entéricos*, se pueden transmitir por vía aérea (Bellido, 2007).

En general, la mayoría de las infecciones gastrointestinales muestran altas incidencias en la población infantil; sin embargo, en el caso de *Otras salmonelosis*, se observa una mayor incidencia en adultos, lo cual puede estar relacionado con hábitos alimenticios y la exposición a alimentos contaminados.

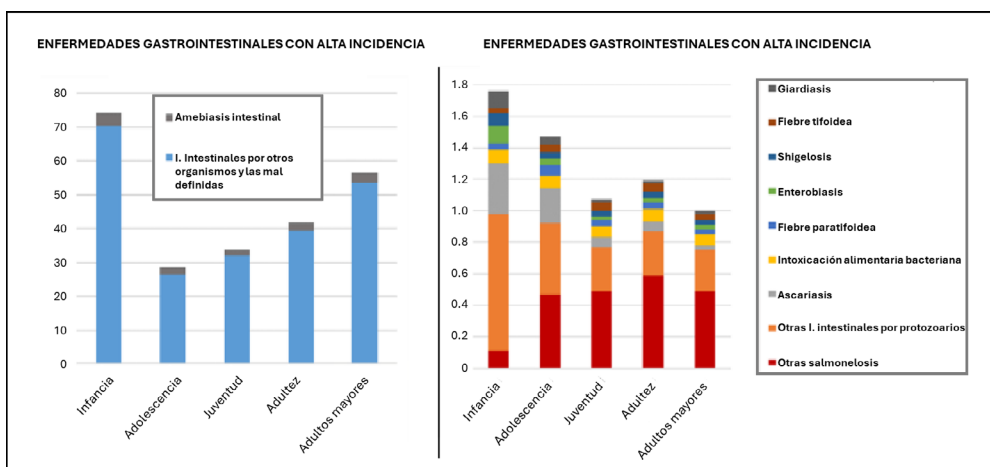


Figura 2.25. Incidencia acumulada de enfermedades gastrointestinales por grupo de edad en las CAA. Se presenta el dato de la mediana para el período 2013-2023. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

Tendencias, patrones espaciales y correlaciones

Las incidencias acumuladas de enfermedades gastrointestinales por grupo de edades mostraron una tendencia de disminución en el tiempo para la mayoría de las enfermedades analizadas. Sin embargo, se detectó un incremento significativo según la prueba de Mann-Kendall, en la incidencia de *Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas* en las poblaciones de adolescentes y jóvenes de la Cuenca, así como también por intoxicaciones bacterianas alimentarias en infantes, adolescentes y jóvenes en 2003-2022.

Las enfermedades clasificadas como *Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas* parecen tener un mayor impacto en la población tlaxcalteca, registrándose valores de incidencia relativamente mayores con respecto a Puebla.

Estas enfermedades se asociaron estadísticamente con la presencia de una mayor densidad de ríos contaminados en zonas urbanas, lo cual representa un riesgo de exposición directa e indirecta (aire, agua, alimentos) a distintos patógenos. Otra de las variables asociadas positivamente con estas infecciones fueron los pozos como fuentes de abastecimiento de agua. De acuerdo con la información obtenida en los talleres participativos realizados en el 2022 en Tlaxcala, en muchas de comunidades el agua de consumo se obtiene directamente de pozos sin ser sometida previamente a hervor o desinfección, lo cual es un riesgo tomando en cuenta que las autoridades respectivas no realizan acciones de vigilancia y control de la calidad del agua. Otras enfermedades gastrointestinales provocadas por protozoarios y/o bacterias, y las intoxicaciones alimentarias se correlacionaron con distintas variables, entre estas, la presencia de ríos contaminados, la agricultura de riego, el uso de pozos como fuente de agua potable, así como con la vulnerabilidad educativa, carencia a nivel de vivienda (falta de drenaje, falta de acceso al agua, piso de tierra y tamaño de vivienda), entre otras.

La infraestructura inadecuada de saneamiento y acceso al agua potable, sumada al consumo frecuente de agua sin desinfección, aumenta considerablemente el riesgo de infecciones como la amebiasis, especialmente en comunidades donde el agua se obtiene de pozos sin control de calidad adecuado.

Por otro lado, las deficiencias en el manejo y tratamiento de las aguas residuales, combinadas con prácticas agrícolas que utilizan agua contaminada para el riego, contribuyen significativamente al riesgo de infecciones a través del consumo de alimentos contaminados. Finalmente, las condiciones de vulnerabilidad de vivienda y el bajo nivel educativo dificultan la implementación de prácticas sanitarias efectivas, elevando aún más el riesgo de contagio.

Enfermedades respiratorias agudas

En la **Figura 2.26** se presentan las series de tiempo de las incidencias del total de enfermedades respiratorias para la población de la CAA y de manera discriminada por región (Puebla y Tlaxcala). Se observa un patrón similar para los tres casos, con una tendencia de estabilidad que persiste hasta 2019. Sin embargo, las mayores incidencias de estas enfermedades se registran en la región tlaxcalteca de la Cuenca.

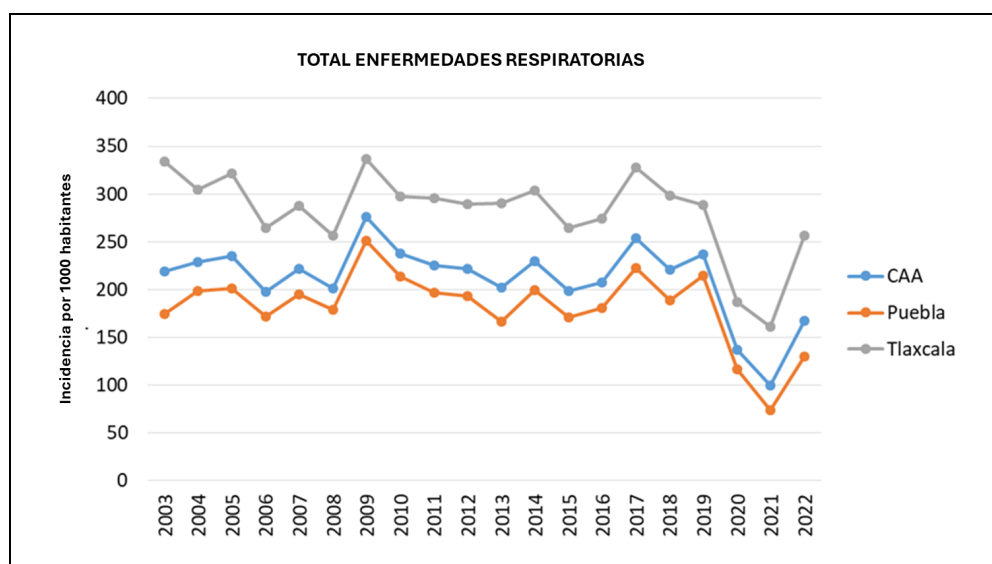


Figura 2.26. Incidencia del total de enfermedades respiratorias en la CAA, Puebla y Tlaxcala para el período 2003-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

Del conjunto de enfermedades respiratorias analizadas, destacan las *Infecciones Respiratorias Agudas* por su alta incidencia, con valores hasta 280 veces mayores con respecto al segundo grupo de enfermedades más frecuentes como las *Neumonías y bronconeumonías* (**Figura 2.27**).

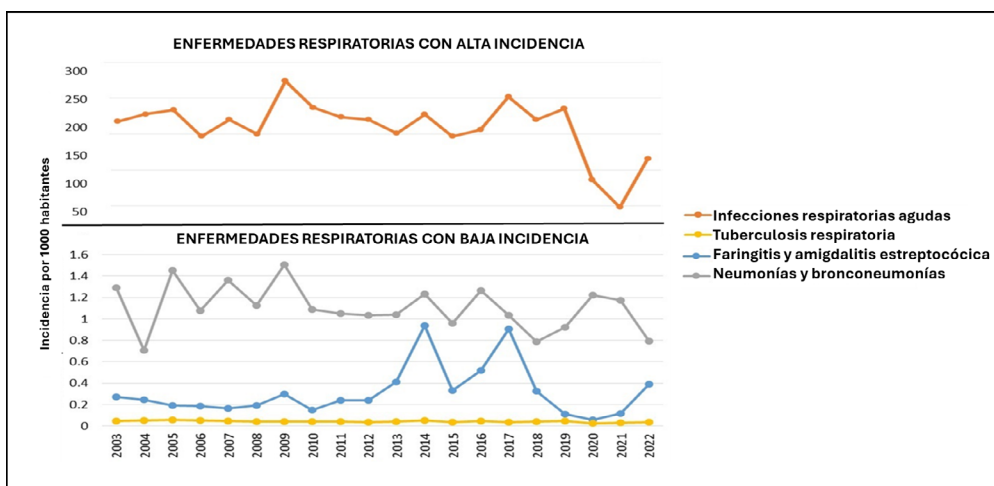


Figura 2.27. Incidencia acumulada de las enfermedades respiratorias para la población de la Cuenca del Alto Atoyac en 2003-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

Las infecciones respiratorias agudas comprenden un grupo de enfermedades que afectan el aparato respiratorio, causadas por diversos microorganismos como virus y bacterias. Estas infecciones tienen un inicio repentino y suelen durar menos de dos semanas. Aunque la mayoría, como el resfriado común, son leves, en personas con condiciones de salud vulnerable pueden complicarse y poner en riesgo la vida, como ocurre en casos de neumonía (SSA, 2021). Dentro de este grupo se incluyen la rinofaringitis aguda (resfriado común), sinusitis aguda, faringitis aguda, amigdalitis aguda, laringitis y traqueítis agudas, laringitis obstructiva aguda y epiglotitis, infecciones agudas de las vías respiratorias superiores, bronquitis aguda y bronquiolitis.

A nivel nacional, las infecciones respiratorias agudas son las más comunes, y en la Cuenca representan un riesgo aun mayor, con tasas superiores a la media nacional. Mientras que en la CAA se registró una tasa de 152 por cada 1,000 habitantes en 2022, a nivel nacional fue de 124 por cada 1,000 habitantes (Anuario de Morbilidad 1984-2022, SSA, 2022). El promedio nacional de incidencia entre 2013 y 2022 fue de 175.12 por cada 1,000 habitantes, mientras que en la CAA fue de 193.86, evidenciando un impacto más severo en esta región.

Al analizar las enfermedades respiratorias por edades, se observa que el grupo etario más afectado en general por las enfermedades respiratorias es el de los infantes, seguido por los adultos mayores (**Figura 2.28**), mientras que estos últimos también presentan altas tasas de *neumonías y bronconeumonías*, así como de *tuberculosis respiratoria*. Esto refleja alta vulnerabilidad en estos dos grupos etarios a este tipo de enfermedades, particularmente en entornos con condiciones de exposición ambiental adversa como las que se encuentran en la CAA.

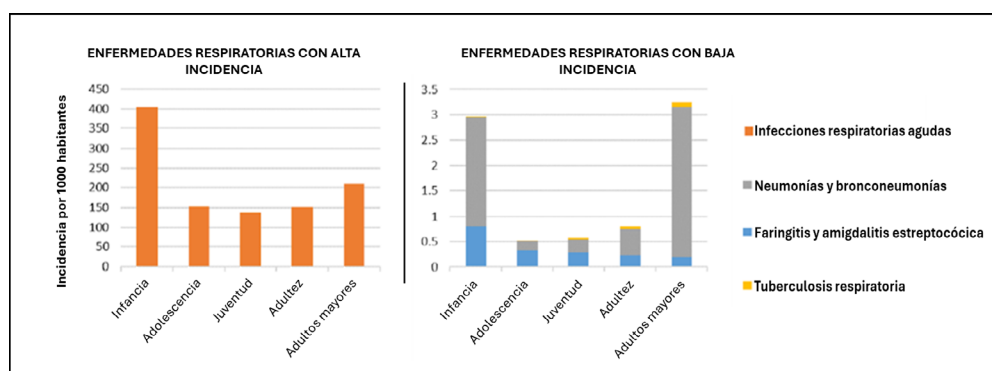


Figura 2.28. Incidencia acumulada de enfermedades respiratorias agudas por grupo de edad en la CAA. Se presenta el dato de la mediana para el periodo 2013-2022. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023b.

Tendencias, patrones espaciales y correlaciones

En el análisis del comportamiento histórico de las tasas de incidencia de las enfermedades respiratorias por grupos de edad, se observa un aumento general en varios grupos etarios; sin embargo, la única tendencia creciente significativa corresponde a las *infecciones respiratorias agudas* en los jóvenes de Puebla, lo cual podría estar relacionado con factores como los hábitos de vida, exposición a contaminantes ambientales o actividades laborales que aumentan el contacto en entornos cerrados, lo que favorece la propagación de infecciones en este grupo.

En Tlaxcala, las enfermedades respiratorias de *infecciones respiratorias agudas* y *faringitis y amigdalitis estreptocócica* tienen una mayor incidencia en infantes, adolescentes y jóvenes, siendo en muchos casos aproximadamente el doble que en Puebla. Por el contrario, en Puebla, las *neumonías y bronconeumonías* y la *tuberculosis respiratoria* son más comunes en los adultos y adultos mayores, lo que sugiere una distribución diferenciada de las enfermedades respiratorias según el grupo etario en cada estado. Estas diferencias se pueden vincular con hacinamiento, contaminación ambiental y sistemas inmunitarios vulnerables (NIH, 2022, OMS, 2023; SSA, 2023).

Por último, se detectaron correlaciones significativas entre las tasas de incidencia de las enfermedades respiratorias y las variables ambientales como la densidad de ríos en zonas urbanas, localidades urbanas y la contaminación del agua y aire, así como con variables de vulnerabilidad social como las condiciones de vivienda y el analfabetismo. Las *infecciones respiratorias agudas* mostraron una relación significativa con la densidad de ríos contaminados, lo que sugiere que la exposición a patógenos presentes en las aguas residuales es un factor de riesgo importante.

Las *neumonías y bronconeumonías*, además de asociarse con la precariedad en la vivienda, particularmente en el acceso a agua potable y saneamiento, también se vincularon con factores ambientales como la densidad de ríos contaminados, las localidades urbanas y las emisiones

de compuestos orgánicos volátiles (COV) por fuentes aéreas. Estas emisiones provienen de actividades como el uso doméstico de solventes, el manejo inadecuado de aguas residuales, el almacenamiento y transporte de derivados del petróleo, la quema agrícola y las ladrilleras, entre otras (SEMARNAT, 2016).

En el caso de la faringitis y amigdalitis estreptocócica, se detectó una asociación con la contaminación del agua por coliformes, la agricultura de riego, las localidades urbanas y las emisiones de amoníaco (NH₃), principalmente derivadas del uso de fertilizantes. Por último, la tuberculosis respiratoria presentó correlaciones con un mayor número de variables, destacando la contaminación en ríos, la agricultura de riego, el analfabetismo, la precariedad en la vivienda y la contaminación del aire por fuentes fijas, aéreas y móviles, incluyendo NH₃, COV, SO₂, NOX y PM_{2.5}.

En lo que respecta a estas enfermedades respiratorias, los municipios más impactados son aquellos urbanos e industrializados, con prácticas de riego que utilizan aguas residuales y fuentes de contaminación del aire como Puebla, Apizaco, Tlaxcala, San Martín Texmelucan, San Pedro Cholula, Zacatelco, Chiautempan, Tzompantepec, Apetatitlán de Antonio Carvajal.

En este sentido, las correlaciones entre enfermedades respiratorias y factores ambientales y sociales en la Cuenca del Alto Atoyac se pueden explicar por:

- La mayor densidad de los ríos contaminados en zonas urbanas aumenta la exposición a patógenos virales presentes en las aguas residuales, contribuyendo a la transmisión de enfermedades respiratorias. Virus como el Adenovirus, Rotavirus y Coronavirus, entre otros, se detectan comúnmente en este tipo de aguas, reflejando un riesgo elevado para las comunidades cercanas.
- Las emisiones de compuestos orgánicos volátiles y otros contaminantes aéreos de fuentes industriales y agrícolas deterioran la calidad del aire, lo que puede desencadenar o exacerbar enfermedades respiratorias. Esto es particularmente significativo en áreas con presencia industrial como Tzompantepec, donde los residentes reportan afectaciones severas debido a la contaminación industrial.
- La precariedad en la vivienda, el analfabetismo y la falta de servicios básicos son factores que aumentan la vulnerabilidad a enfermedades respiratorias. Estos factores se agravan en áreas con altas tasas de pobreza y en comunidades que viven en condiciones de hacinamiento, en donde las prácticas de higiene y acceso a servicios de salud son limitados.
- El uso de fertilizantes aumenta los niveles de amoníaco en el aire, por lo que la exposición a sustancias irritantes y tóxicas en zonas agrícolas también podrían estar jugando un rol crítico. Esta exposición es particularmente relevante en el estado Tlaxcala, donde la aplicación de fertilizantes es cuantiosamente más alta en comparación con Puebla.

2.3. Sistemas de Salud

La información presentada anteriormente evidencia la situación crítica de salud que enfrenta la población de la Cuenca. Por un lado, se ha observado un aumento alarmante de enfermedades no transmisibles (ENT) en infantes, adolescentes y jóvenes, incluyendo padecimientos poco comunes en estas etapas de la vida. Por otro lado, las tasas de mortalidad por diversas enfermedades no transmisibles han mostrado un incremento sostenido a lo largo del tiempo. Además, se ha demostrado de manera clara la relación entre el deterioro de la salud y la exposición a compuestos químicos presentes en el ambiente (CNDH, 2017; CONAHCYT, 2023).

Esta problemática sanitaria se agrava por las deficiencias estructurales y operativas del sistema de salud en la región, el cual carece de las condiciones necesarias para atender adecuadamente los problemas derivados de la contaminación ambiental y la vulnerabilidad social. Limitaciones en la infraestructura, el personal médico especializado y los recursos diagnósticos impiden una atención integral a las poblaciones afectadas.

En este sentido, los Pronaii “Ciencia de Datos y Salud en la CAA”, “Leucemia Infantil” y “Citómica del cáncer infantil” han identificado diversas barreras de acceso a la salud en la Cuenca, así como factores asociados a la vulnerabilidad socioambiental.

Situación de la atención sanitaria en la CAA

En el Pronaii “Ciencia de Datos y Salud en la CAA”, se llevó a cabo un diagnóstico de la situación de la atención pública sanitaria en la Cuenca del Alto Atoyac y su capacidad con base en los recursos disponibles. Este análisis incluyó la caracterización de los recursos médicos en los tres niveles de atención, la vulnerabilidad geográfica hospitalaria y la identificación de las principales barreras de acceso a los servicios de salud en la CAA. La explicación metodológica se puede encontrar en el **Anexo 2G**.

En la CAA, el acceso a los servicios de salud enfrenta múltiples barreras, especialmente para las poblaciones rurales. La concentración de recursos médicos en zonas urbanas y la escasez de personal y equipos tanto en áreas rurales como urbanas incrementan las desigualdades en la atención. Además, la falta de especialistas y de unidades de segundo y tercer nivel de atención médica agravan la situación, lo que obliga a muchas personas a recorrer grandes distancias para recibir atención especializada. En el **Anexo 2H**, se muestra un resumen de la caracterización de los recursos médicos disponibles para la población de la CAA en 2020 (DGIS, 2020; CLUES, 2021).

Deficiencias en los niveles de atención

En la **Figura 2.29** se observa la ubicación de las unidades de Primer Nivel de Atención (PNA), concentradas en las principales ciudades de la Cuenca, donde la población es más abundante, mientras que la mayoría de los municipios cuentan con menos de tres unidades públicas de atención.

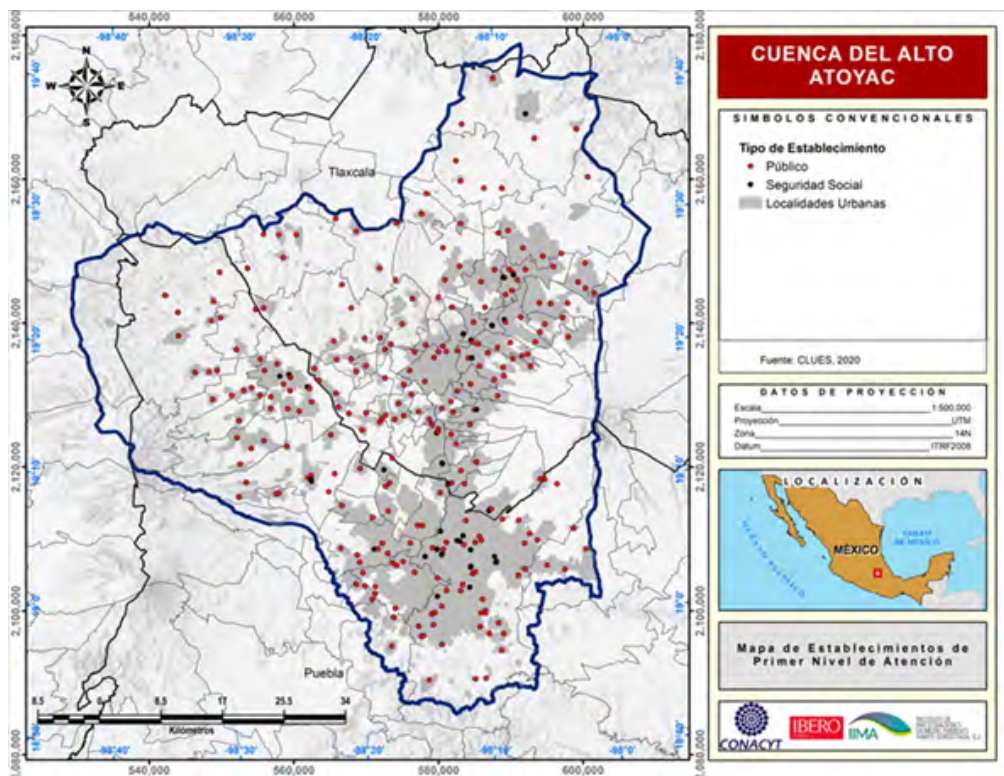


Figura 2.29. Unidades de Primer Nivel de Atención públicas y de Seguridad Social. **Fuente:** Pérez Castresana et al., 2023.

En la **Tabla 2.19** se sintetizan las principales deficiencias identificadas en los tres niveles de atención del sistema de salud en la Cuenca del Alto Atoyac. La tabla destaca la falta de personal médico, la escasez de equipos, y las limitaciones en la infraestructura sanitaria en las unidades de salud.

Tabla 2.19. Deficiencias identificadas en el sistema de salud.

Nivel De Atención	Descripción	Deficiencias Identificadas	Datos Específicos
1er. Nivel (PNA)	Atención ambulatoria, primer contacto con el sistema de salud con fines preventivos, consulta, diagnóstico, tratamiento y/o rehabilitación	-Falta de unidades de atención -Falta de recursos en centros urbanos y rurales. -Deficiencias en laboratorios, equipos y personal médico. -Insuficiencia de unidades móviles adecuadas. -Carencia de especialistas en enfermedades comunes.	- 311 unidades de salud, con no más de tres unidades públicas de atención por municipio. - El 82 % de los centros de salud urbanos carecen de recursos humanos y equipos disponibles -Unidades sin médico general asignado en zonas rurales -Únicamente 22 unidades móviles para toda la CAA y con equipamiento y recursos humanos insuficiente. -Déficit de laboratorios públicos, con solo 15 en toda la CAA -Equipo médico como electroencefalógrafos, ultrasonido, electrocardiógrafos y mastógrafos insuficiente. -Sin especialistas de gastroenterología, neumología, endocrinología, alergología, epidemiología, cardiología ni angiología, pese a la incidencia de enfermedades asociadas.
2do. Nivel (SNA)	Atención especializada, diagnóstico y tratamiento de enfermedades que requieren más tecnología y personal especializado.	-Distribución centralizada de hospitales -Insuficiencia de áreas críticas en hospitales - Carencia de camas para especialidades clave. - Deficiencia en personal y equipo especializado.	-Los hospitales públicos en la CAA concentrados en zonas urbanas. - Insuficiencia de áreas especializadas como quimioterapia, radioterapia, unidades de cuidados intermedios y hemodiálisis. - Falta de consultorios para reumatología, hematología, geriatría, proctología, infectología, entre otras especialidades. - Falta de camas de especialidades como quimioterapia, oncología y cardiología. - Falta de equipos como resonancia magnética. - La densidad de médicos está muy por debajo del estándar de la OMS (2.3 médicos X 1000 habitantes). - Falta de médicos especialistas como genetistas, reumatólogos, hematólogos, neurólogos y neumólogos. - Falta de técnicos en áreas como bancos de sangre, anestesiología y biomédica.
3er. Nivel (TNA)	Atención de alta complejidad, incluyendo hospitales especializados para tratamientos complejos y cuidados intensivos.	- Falta de unidades y áreas especializadas para tratar enfermedades complejas. - Carencia de consultorios y camas para especialidades clave. - Deficiencia en equipamiento médico avanzado.	-8 hospitales de TNA en la CAA, 6 en Puebla y 2 en Tlaxcala. -Solo 2 hospitales están acreditados para atención oncológica en menores de 20 años. - Los hospitales de Tlaxcala carecen de áreas como banco de sangre, radioterapia, cirugía ambulatoria, neonatología y medicina física y rehabilitación. - En Tlaxcala, no hay consultorios para 16 especialidades, como urología, reumatología, neumología, dermatología y angiología. - No hay camas para 21 especialidades en Tlaxcala, incluyendo oncología, cardiología, neurología y gastroenterología. - Equipos como resonancia magnética, aceleradores lineales, mastógrafos y hemodiálisis no están disponibles en Tlaxcala. - En Tlaxcala no hay médicos para 15 especialidades, como neumología, dermatología, hematología y reumatología

Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir de la información de Pérez Castresana et al., 2023

Vulnerabilidad geográfica hospitalaria

De los 67 municipios que conforman la CAA (**Figura 2.30**), se identificó que 8 de ellos presentan los valores más altos de vulnerabilidad por el acceso a hospitales debido a su lejanía. Estos municipios son: uno en Puebla (Tlahuapan) y siete en Tlaxcala (Hueyotlipan, Domingo Arenas, San Lucas Tecopilco, Tocatlán, Españaita, San Francisco Tetlanohcan y San José Teacalco). Por otro lado, el 42 % de los municipios registraron la menor vulnerabilidad.

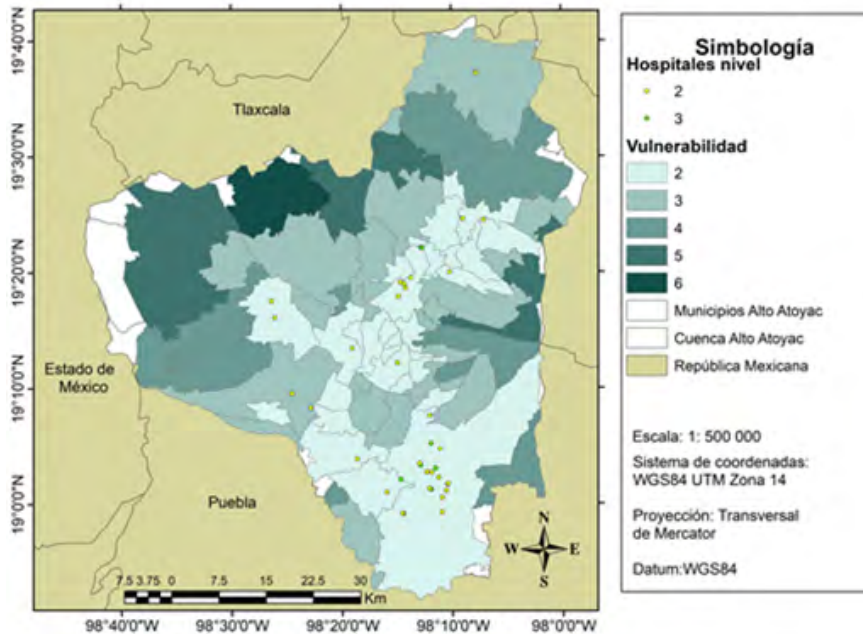


Figura 2.30. Vulnerabilidad hospitalaria en los municipios. Fuente: Pérez Castresana et al., 2023.

Barreras para el acceso a los servicios de salud

A partir de las deficiencias identificadas, se pueden identificar cinco principales tipos de barreras que afectan el acceso y la calidad de los servicios de salud en la Cuenca del Alto Atoyac. Estas barreras abarcan desde la dispersión geográfica de los centros de salud y la falta de recursos médicos, hasta las limitaciones económicas y estructurales que impiden una atención adecuada para la población de la Cuenca

1. Barreras geográficas

- La distancia y dispersión de los centros de salud dificultan el acceso oportuno a los servicios médicos.
- La atención médica se concentra principalmente en zonas urbanas, lo que deja a las comunidades rurales sin cobertura adecuada.

2. Disponibilidad de recursos médicos

- Existen déficits en personal, equipos y medicamentos, tanto en las áreas rurales como urbanas, siendo más graves en las zonas rurales.
- Escasez de unidades de primer nivel de atención.
- Los hospitales de segundo y tercer nivel están concentrados en zonas urbanas, lo que deja sin acceso a muchas áreas rurales.
- La falta de ambulancias agrava el acceso a servicios médicos y promueve el abandono de tratamientos.
- Existe un déficit de especialistas en áreas clave como neurología, inmunología, cardiología, neumología, gastroenterología, endocrinología y nutrición.
- Los equipos médicos, como ultrasonidos y electrocardiógrafos, son limitados, situación más pronunciada en el estado de Tlaxcala.

3. Barreras económicas

- Los altos costos de los tratamientos médicos especializados impiden que muchos pacientes accedan a la atención que necesitan.
- En tratamientos de larga duración, muchas familias no pueden costear servicios privados, lo que agrava su vulnerabilidad frente a enfermedades crónicas.
- El acompañamiento del paciente, el traslado y la obtención de medicamentos deben ser solventados por las familias, lo que genera una carga económica significativa.

4. Afiliación a la seguridad social

- Desarticulación entre la atención de 1er nivel y la transferencia del paciente a otros niveles.
- La segmentación de los subsistemas de salud impide la integración de servicios entre diferentes hospitales, lo que afecta gravemente a las personas sin derechohabencia.

5. Calidad de atención médica

- Las unidades de primer nivel no cuentan con la capacidad resolutive adecuada, forzando a la población a buscar alternativas privadas o esperar largos periodos para recibir atención especializada.
- La transferencia de pacientes entre los niveles de atención primaria, secundaria y terciaria no está bien coordinada.
- El abandono de tratamientos es elevado, especialmente en familias con más de un enfermo.

Atención a pacientes pediátricos con Leucemia en la CAA

A través del primer registro poblacional de casos incidentes de leucemias agudas infantiles en la región, implementado por el Pronaii “Leucemia Infantil”, se han podido identificar las Instituciones del Sector Salud público y privado que cuentan con la infraestructura mínima necesaria para la atención de pacientes con datos clínicos de leucemias agudas (Flores-Lujano et. al., 2024).

La vasta mayoría de pacientes son atendidos en Instituciones públicas (98.9 %). Los hospitales de la Secretaría de Salud (SS) atendieron al 57.6 % de la población diagnosticada con leucemia infantil, mientras que, hospitales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) atendieron aproximadamente al 37 % de los casos. El resto de los pacientes eran derechohabientes del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE) o del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores al Servicio de los Poderes del Estado de Puebla (ISSSTEP).

Los hospitales públicos que atienden pacientes con leucemia infantil de la CAA son los siguientes:

- a) Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional “Manuel Ávila Camacho” del IMSS
- b) Hospital para el Niño Poblano de la SS
- c) Hospital Infantil de Tlaxcala, también de la SS
- d) Hospital Regional del ISSSTE
- e) ISSSTEP.

Con relación a las Instituciones privadas que han brindado atención a estos pacientes éstas son: la Clínica Ruiz y el Hospital Universitario de Puebla.

Retraso al diagnóstico de leucemia infantil en la CAA

El retraso en el diagnóstico de leucemia infantil representa un problema crítico en la atención médica, especialmente en regiones con recursos limitados. La leucemia es el cáncer más común en niños y su pronóstico mejora significativamente con un diagnóstico y tratamiento tempranos. Sin embargo, la falta de acceso a servicios de salud adecuados, deficiencias en la formación médica, y limitaciones en la infraestructura sanitaria contribuyen a que los síntomas iniciales de la enfermedad sean frecuentemente pasados por alto o malinterpretados. Esto retrasa el inicio del tratamiento, lo que puede llevar a una progresión más rápida de la enfermedad y a una disminución en las tasas de supervivencia. Abordar estos retrasos es esencial para mejorar los resultados y garantizar una atención equitativa para todos los niños afectados.

Para llevar a cabo el diagnóstico situacional de los tiempos de atención a pacientes pediátricos con leucemia aguda, se recopiló la información sobre el inicio de los signos y síntomas de la enfermedad mediante entrevistas cara a cara con los padres o tutores legales de los pacientes. Estas entrevistas fueron realizadas por personal capacitado del Pronaii “Leucemia Infantil”, quienes también contrastaron la información con los registros clínicos de los pacientes. Se consideró como momento de confirmación diagnóstica la fecha del reporte del aspirado de médula ósea, dado que actualmente este método se establece como el estándar de oro para el diagnóstico inicial de pacientes con esta neoplasia, al encontrar más del 20 % de blastos en la médula ósea.

En promedio, transcurren 51 días desde la aparición de signos y síntomas de la enfermedad hasta el diagnóstico de leucemia infantil en residentes de la CAA. Este periodo es significativamente prolongado, dado que la detección temprana es crucial para mejorar el pronóstico y la supervivencia de los pacientes afectados. De acuerdo con estudios internacionales, la rapidez en el diagnóstico puede influir de manera decisiva en los resultados del tratamiento, afectando directamente la tasa de supervivencia a largo plazo y la calidad de vida de los niños diagnosticados con leucemia.

Aún más preocupante, casi la mitad de los pacientes (47.8 %) en esta región experimentan un retraso diagnóstico superior a 30 días desde la aparición de las manifestaciones clínicas, y solo un pequeño porcentaje recibe atención oportuna dentro de los primeros 15 días del inicio de los síntomas.

Entre los factores identificados por el Pronaii “Leucemia Infantil” como contribuyentes al retraso en el diagnóstico se incluyen:

- Distancia desde el domicilio de los pacientes hasta el hospital más cercano
- Nivel educativo de los padres
- Reticencia de los adolescentes a buscar atención médica.

Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de estrategias que mejoren el acceso a la atención médica especializada y la conciencia pública sobre los síntomas de la leucemia infantil en la CAA.

Georreferenciación de casos de leucemia infantil y distancia al centro hospitalario

Cuando se llevó a cabo la georreferenciación de los domicilios de los casos de leucemia infantil y se trazó la trayectoria hacia el hospital donde recibieron atención médica para la confirmación diagnóstica, tratamiento y seguimiento de la enfermedad, se observó que los

pacientes que residían en municipios de la región oriental y del sur de la CAA enfrentaban distancias considerablemente largas (>90 km) (**Figura 2.31**).

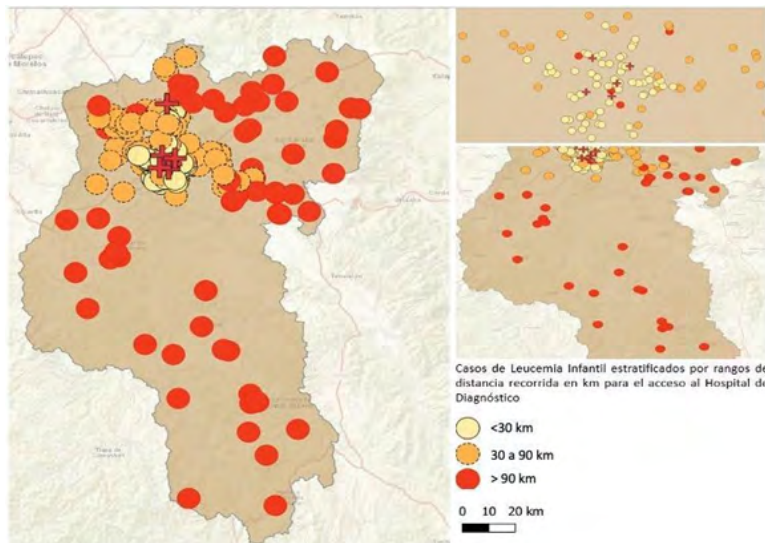


Figura 2.31. Regiones en la CAA en donde la distancia al centro hospitalario es considerable y favorece el retraso a la atención de infantes con leucemia **Fuente:** Núñez Enríquez et al., 2024.

Esta situación plantea diversas implicaciones significativas en el manejo de la leucemia infantil en esta área geográfica. Primero, las distancias extensas pueden resultar en retrasos significativos para la llegada oportuna al centro de atención médica especializado, afectando negativamente el diagnóstico temprano. La demora en el diagnóstico puede influir directamente en el pronóstico y la efectividad del tratamiento inicial, factores cruciales para la supervivencia a largo plazo de los pacientes.

Además, las largas distancias pueden contribuir al seguimiento irregular y al incumplimiento del tratamiento por parte de los pacientes y sus familias. El acceso limitado a servicios de salud cercanos podría aumentar las tasas de abandono del tratamiento, debido a la dificultad logística y los costos asociados con los viajes frecuentes hacia el centro médico.

Para mitigar estas barreras geográficas y mejorar los resultados en el manejo de la leucemia infantil en los municipios del este y sur de la CAA, es crucial implementar estrategias que mejoren el acceso a la atención médica especializada, como la telemedicina, la creación de unidades de atención más cercanas a las comunidades afectadas, y programas de apoyo logístico y económico para las familias. Estas medidas no solo podrían reducir los tiempos de diagnóstico y tratamiento, sino también promover un mayor apego al tratamiento y una mejor calidad de vida para los pacientes pediátricos con leucemia en esta región.

Consideraciones

Los resultados obtenidos subrayan la necesidad urgente de mejorar los sistemas de monitoreo ambiental en la Cuenca del Alto Atoyac. Actualmente, la información disponible sobre la calidad del aire es limitada y concentrada en algunos municipios, dificultando una evaluación integral de los riesgos para la salud pública en toda la Cuenca. Por ello, es esencial ampliar la red de estaciones de monitoreo, especialmente en áreas con alta densidad industrial, para obtener datos más representativos y diseñar intervenciones precisas. Sin esta información amplia, no es posible extrapolar conclusiones a toda la región ni implementar medidas correctivas efectivas que incidan adecuadamente en los diversos contextos de la Cuenca. Además, es necesario fortalecer el cumplimiento de la normativa ambiental en lo referente a la gestión de residuos sólidos y emisiones industriales. Un sistema de vigilancia ambiental más robusto, que abarque aire, agua y suelo, permitirá una mejor comprensión de cómo la contaminación interactúa con la salud pública, facilitando acciones basadas en evidencia científica para proteger tanto a la población local como a los ecosistemas.

La población de la CAA enfrenta una alta vulnerabilidad en salud, exacerbada por la exposición a contaminantes ambientales y la falta de acceso a servicios médicos de calidad. Esta vulnerabilidad es especialmente crítica en cuanto a las enfermedades no transmisibles, cuyas tasas de mortalidad han mostrado un incremento significativo, afectando desproporcionadamente a niños, adolescentes y jóvenes. Además, el vínculo entre las ENT y la exposición a químicos tóxicos resalta la importancia de abordar estos riesgos ambientales como un factor clave en la estrategia de salud pública. El sistema de atención médica en la CAA está altamente segmentado, lo que refuerza las desigualdades en el acceso a servicios esenciales y perpetúa la vulnerabilidad de las poblaciones más afectadas por la contaminación ambiental.

Referencias

- Agencia Espacial Europea (AEE). (2021). TROPOMI – Instrumento de Monitoreo Troposférico. Recuperado de https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/TROPOMI
- ATSDR. Benzene – Public Health Statement. ToxFaqs, 2007.
- ATSDR. Xylene – Public Health Statement. ToxFaqs, 2007.
- ATSDR-Lead. Toxic profile for lead, August 2020. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.pdf>. Consultado 01 de septiembre del 2024.
- Bejarano, F., y Rojas-García, AE. (2023). Informe sobre clorpirifos en México. Razones para su prohibición, México, RAPAM.
- Bellido, J. B. (2007). Epidemiología de las GastroEnteritis Agudas Víricas. Aspectos Actuales. Sociedad Española de Epidemiología. EMISA. España. ISBN: 84-96277-12-7. https://www.seepidemiologia.es/documents/dummy/265-gastroenteritis_agudas_viricas.pdf
- Belmonte- Serrato, F., Romero-Díaz, A., Alonso-Sarría, F., Moreno-Brotóns, J., y Rojo-López, S. (2010). Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del Sureste de España. Papeles de Geografía, (51-52), 45–54.
- Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud (CLUES). (2021). Catálogo de Clave Única de Establecimientos de Salud-CLUES. Secretaría de Salud, DGIS, Sistema de Información en Salud. http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/s_clues.html
- CCOHS - Canadian Centre for Occupational Health and Safety. Chemical Profiles – Toluene. 2023.
- CDC (Centers for Disease Control and Prevention). Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals. Biomonitoring Data Tables for Environmental Chemicals | CDC consultado en julio de 2023.
- CDC-NIOSH. Pocket guide to chemical hazards. Trichloroethylene, 2019b.
- CDC-NIOSH. Pocket guide to chemical hazards. Vinyl-chloride, 2019a.
- Chiu WA, Jinot J, Scott CS, Makris SL, Cooper GS, Dzubow RC, Bale AS, Evans MV, Guyton KZ, Keshava N, Lipscomb JC, Barone S Jr, Fox JF, Gwinn MR, Schaum J, Caldwell JC. Human health effects of trichloroethylene: key findings and scientific issues. *Environ Health Perspect.* 2013 Mar;121(3):303-11. doi: 10.1289/ehp.1205879.
- CONAGUA (2022) Resultados Cuenca Río Alto Atoyac y Sitios Subterráneos <https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua> [Consulta 12 Diciembre 2022]

- CONAGUA, (2008). IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Comisión Nacional del Agua), Evaluación del Riesgo Sanitario-Ambiental de las Zonas Aledañas al Río Atoyac. Resumen ejecutivo.
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. (2023, octubre). 1er informe estratégico: Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral.
- Dirección General de Información en Salud (DGIS). (2020). Sistemas de Información en Salud. Secretaría de Salud, Dirección General de Información en Salud. <http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinais/subsistema1.html>
- EPA (2018) 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. EPA 822-F-18-001. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC
- Flores-Lujano J, Allende-López A, Duarte-Rodríguez DA, Alarcón-Ruiz E, López-Carrillo L, Shamah-Levy T, Cebrián ME, Baños-Lara MDR, Casique-Aguirre D, Elizarrarás-Rivas J, López-Aquino JA, Garrido-Hernández MÁ, Olvera-Caraza D, Terán-Cerqueda V, Martínez-José KB, Aristil-Chery PM, Alvarez-Rodríguez E, Herrera-Olivares W, Ruíz-Arguelles GJ, Chavez-Aguilar LA, Márquez-Toledo A, Cano-Cuapio LS, Luna-Silva NC, Martínez-Martell MA, Ramirez-Ramirez AB, Merino-Pasaye LE, Galván-Díaz CA, Medina-Sanson A, Gutiérrez-Rivera ML, Martín-Trejo JA, Rodriguez-Cedeño E, Bekker-Méndez VC, Romero-Tlalolini MLÁ, Cruz-Maza A, Juárez-Avendaño G, Pérez-Tapia SM, Rodríguez-Espinosa JC, Suárez-Aguirre MC, Herrera-Quezada F, Hernández-Díaz A, Galván-González LA, Mata-Rocha M, Olivares-Sosa AI, Rosas-Vargas H, Jiménez-Morales S, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla Rocas ME, Duque-Molina C, Pelayo R, Mejía-Arangur JM, Núñez-Enriquez JC. Epidemiology of childhood acute leukemias in marginalized populations of the central-south region of Mexico: results from a population-based registry. *Front Oncol*. 2024 Feb 20;14:1304263. doi: 10.3389/fonc.2024.1304263. PMID: 38444682; PMCID: PMC10914251.
- Gómez Maturano, J., Aguilar García, A. L., Serna Hernández, M., & Mendoza Santana, J. D. (2024). *Evaluación de los sitios de disposición final de residuos en operación, abandonados y aparentemente clausurados en la subcuenca del Alto Atoyac y el estado de Tlaxcala: Informe de resultados en extenso*. En Pronaii: Estrategia transdisciplinaria de investigación y resolución en la problemática nacional de los residuos sólidos urbanos, aplicada en 6 ciudades mexicanas. Pronaces Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt); CIESAS.
- Health Canada (2019) Guidelines for Canadian Drinking Water Quality—Summary Table. Water and Air Quality Bureau, Healthy Environments and Consumer Safety Branch, Health Canada, Ottawa, Ontario.

- IARC. IARC monographs. 1,3-Butadiene, Ethylene Oxide and Vinyl Halides (Vinyl Fluoride, Vinyl Chloride and Vinyl Bromide). Volume 97. Lyon, France, 2008.
- IARC. IARC monographs. Chemical agents and related occupations volume 100 F. A review of human carcinogens. Lyon, France, 2012.
- IARC. IARC monographs. Trichloroethylene, tetrachloroethylene and some other chlorinated agents. Volume 106. Lyon, France, 2012.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Juárez Pérez, C. A., González Ochoa, A. G., Hernández Téllez, L. E., Solano Juárez, A., & Viveros de la Cruz, N. (2024). Pronaii Salud Laboral: 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 Nacional de Investigación e Incidencia, Pronaces Salud, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt).
- Langman JM. Xylene: its toxicity, measurement of exposure levels, absorption, metabolism and clearance. *Pathology* 26(3): 301-309, 1994.
- Michael J. Kosnett, Richard P. Wedeen, Stephen J. Rothenberg, Karen L. Hipkins, Barbara L. Materna, Brian S. Schwartz, Howard Hu, and Alan Woolf. Recommendations for Medical Management of Adult Lead Exposure. *Environ Health Perspect* 115:463–471 (2007). doi:10.1289/ehp.9784 available via <http://dx.doi.org/>
- Ministerio de la Presidencia (2003) Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. España.
- Montero Montoya, R., Arellano Aguilar, O., Cortinas, C., Cuatecontzi Galicia, F., Hernández González, I., Montes de Oca Cruz, J., López Vargas, R., Suárez Larios, K., Muñoz Berruecos, E., Santiago Castillo, R., Méndez Serrano, A., & Pohls Fuentes, F. (2024). Pronaii Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental: 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. Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia, Pronaces Salud, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt).
- National Heart, Lung and Blood Institute (NIH). (2022). Neumonía. Causas y factores de riesgo. NIH. <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/neumonia/causas>

- Navarro González, I. J., Chávez Mejía, A., Valladares Rodríguez, R., Flores Valverde, E., Martínez Navarro, R. F., Ortiz Onofre, P. I., López Morales, Y., & Ruiz Rodríguez, F. (2024). Gestión del agua subterránea y superficial: Informe 2ª etapa - 2023. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad Autónoma de Tlaxcala. Pronaii Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan, clave 318959.
- NOM-127-SSA1-1994 (Mod 2000) Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Secretaría de Salud. Diario Oficial de la Federación el 22 noviembre 2000. México.
- NOM-127-SSA1-2021 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Secretaría de Salud. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios COFEPRIS. Diario Oficial de la Federación el 2 mayo 2022, México.
- NOM-199-SSA1-2000, Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente”.
- Núñez Enríquez, J. C., Pelayo Camacho, R., Alarcón Ruiz, E., Allende López, A. A., Arriaga Pizano, L. A., Casique Aguirre, D., Duarte Rodríguez, D. A., Flores Lujano, J., & Viveros de la Cruz, N. (2024). Pronaii Leucemia Infantil: 1. Epidemiología y supervivencia de las leucemias agudas en niños de zonas marginadas de México, y 2. Laboratorio de Citómica del cáncer infantil. Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia, Pronaces Salud, Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt).
- Núñez-Enríquez JC, Romo-Rodríguez R, Gaspar-Mendoza P, Zamora-Herrera G, Torres-Pineda L, Amador-Cardoso J, López-Blanco JA, Alfaro-Hernández L, López-García L, Rosas-Cruz A, Alberto-Aguilar DR, Trejo-Pichardo CO, Ramírez-Ramírez D, Cruz-Maza A, Flores-Lujano J, Luna-Silva N, Martínez-Martell A, Martínez-Jose K, Ramírez-Ramírez A, Solís-Poblano JC, Zagoya-Martínez P, Terán-Cerqueda V, Huerta-Moreno A, Montiel-Jarquín Á, Garrido-Hernández M, Hernández-Ramos R, Olvera-Caraza D, Cruz-Medina CS, Alvarez-Rodríguez E, Chávez-Aguilar LA, Herrera-Olivares W, García-Hidalgo B, Cano-Cuapio LS, Guevara-Espejel C, Juárez-Avendaño G, Balandrán JC, Baños-Lara MDR, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla ER, Pérez-Tapia SM, Casique-Aguirre D, Pelayo R. 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. *Front Oncol.* 2024 Apr 3;14:1304690. doi: 10.3389/fonc.2024.1304690. PMID: 38634051; PMCID: PMC11022691.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2019). Clasificación Internacional de Enfermedades (10ª ed.). <https://icd.who.int/>

- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023). Agua para consumo humano. OMS, centro de prensa, notas descriptivas. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Pérez Castresana, G., Camacho Sanabria, R., & Arroyo Ortega, I. F. (2023b). Diagnóstico de la situación de salud de la población de la Cuenca del Alto Atoyac con base en el análisis espacio-temporal de la morbilidad por enfermedades gastrointestinales y respiratorias agudas y su relación con factores socioambientales para el período 2003-2022 (Etapa 2). En Pronaii: Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan. Instituto de Investigaciones en Medio Ambiente Xavier Gorostiaga, S. J., Universidad Iberoamericana Puebla; Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Pérez-Castresana, G.; Camacho Sanabria, R., Romero Natale A., Sánchez-Porras A., Arroyo-Ortega I.F., y Jiménez Ramos D. (2023). Recomendaciones para el sector salud: Diagnóstico de la situación de salud pública ambiental en la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para fortalecer la atención de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Informe técnico final. Pronaii Ciencia de Datos y Salud. CONAHCYT [en línea]. <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/60>
- Pesticide Action Network (PAN). 2021. Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos. Pesticide Action Network International (PAN International), Hamburg, Germany. 35 pp.
- Romo-Rodríguez R, Zamora-Herrera G, López-Blanco JA, López-García L, Rosas-Cruz A, Alfaro-Hernández L, Trejo-Pichardo CO, Alberto-Aguilar DR, Casique-Aguirre D, Vilchis-Ordoñez A, Solis-Poblano JC, García-Stivalet LA, Terán-Cerqueda V, Luna-Silva NC, Garrido-Hernández MÁ, Cano-Cuapio LS, Ayala-Contreras K, Domínguez F, Del Campo-Martínez MLÁ, Juárez-Avendaño G, Balandrán JC, Pérez-Tapia SM, Fernández-Giménez C, Zárate-Rodríguez PA, López-Aguilar E, Treviño-García A, Duque-Molina C, Bonifaz LC, Núñez-Enríquez JC, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla ER, Ramírez-Ramírez D, Pelayo R. Subclassification of B-acute lymphoblastic leukemia according to age, immunophenotype and microenvironment, predicts MRD risk in Mexican children from vulnerable regions. *Front Oncol*. 2024 Jan 5;13:1304662. doi: 10.3389/fonc.2023.1304662. PMID: 38250553; PMCID: PMC10796993.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2020). Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2016). Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio. SEMARNAT, INEM. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-contaminantes-criterio-inem>

- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2007). NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0.
- Seltenrich, N. (2022). More pieces of the puzzle: new insights into azoxystrobin exposures and neurotoxicity. *Environmental Health Perspectives*, 130(4), 044002.
- SEMARNAT (2004). Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación D.O.F. No. 658648. Recuperado el 10 de octubre de 2023 de: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=658648&fecha=20/10/2004#gsc.tab=0
- SEMARNAT (2011) Declaratoria de clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes.
- SSA (2021). Programa de acción específico. SSA, Prevención y control de infecciones respiratorias agudas (neumonías, influenza y COVID-19) 2020-2024. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/706929/PAE_IRA_cF.pdf
- SSA (2022). Veinte principales causas de enfermedad Nacional, por grupos de edad, Estados Unidos Mexicanos 2022, Población General. SSA, SUIVE, DGE. https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/2022/morbilidad/nacional/veinte_principales_causas_enfermedad_nacional_grupo_edad.pdf
- SSA (2023). Tuberculosis Pulmonar. SSA, salud en línea. <https://imss.gob.mx/salud-en-linea/tuberculosis-pulmonar>
- Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (2000) Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Resolución 1096 del año 2000, Colombia.
- Vidal Daza, O. A., & Perez Vidal, A. (2018). Estimación de la Dispersión de Contaminantes Atmosféricos Emitidos por una Industria Papelera Mediante el Modelo AERMOD. *Ingeniería*, 23(1), 31. <https://doi.org/10.14483/23448393.12262>
- WHO (1998) International Standards for Drinking-Water. Second Edition, Geneva.
- WHO (2004) Fluoride in Drinking-water: Background Document for 708 Development of WHO guidelines for Drinking-water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04.96, Geneva 2004. 709: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/fluoride.pdf

WHO (2017) Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first Addendum. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. ISBN 978-92-4-154995-0

Yang, J., Ji, Z., Kang, S., Zhang, Q., Chen, X., & Lee, S. Y. (2019). Spatiotemporal variations of air pollutants in western China and their relationship to meteorological factors and emission sources. *Environmental Pollution*, 254, 112952. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.07.120>

Capítulo 3. Percepciones socioambientales y problemáticas en la gestión del agua

Este capítulo aborda las percepciones de la población en algunas comunidades de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) en Tlaxcala respecto a la disponibilidad, accesibilidad y calidad del agua, así como sobre la situación de salud comunitaria, los factores de riesgo ambiental y las transformaciones socioambientales del territorio que han promovido la contaminación.

La percepción social se plantea como una herramienta clave para comprender los cambios territoriales en un contexto de devastación socioambiental, donde la contaminación afecta gravemente la salud, la calidad de vida y los ecosistemas locales. La percepción a través de los relatos comunitarios permite identificar tanto las vulnerabilidades como las formas de resistencia que coexisten en las comunidades rurales de la Cuenca, frente a procesos históricos de industrialización, uso intensivo de agroquímicos y abandono institucional. En este sentido, resulta fundamental entender cómo las comunidades interpretan los fenómenos que afectan su territorio, ya que estas percepciones influyen directamente en las acciones que están dispuestas a emprender y en las soluciones que consideran posibles.

El análisis contempla los factores que inciden en dichas percepciones, tales como los contextos socioeconómicos, históricos y culturales. Asimismo, explora cómo estas interpretaciones varían entre distintos grupos sociales al interior de las propias comunidades, lo que refleja desigualdades en el acceso a la información, el nivel de afectación, la participación en la toma de decisiones y la relación con el medio ambiente.

Esta aproximación permite profundizar en las causas que las comunidades identifican como origen de sus problemas ambientales, así como en las dinámicas de poder y las relaciones entre actores locales e instituciones externas, que han influido históricamente en la configuración, permanencia y gestión de estos problemas.

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos en el marco del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”. En el tema de Problemáticas del agua y percepción social, participó el equipo de investigación antropológica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), conformado por Paola Velasco Santos, Hernán Javier Salas Quintanal, Celia López Miguel y Leonor Alejandra González Nava. La percepción sobre la situación de salud comunitaria y factores de riesgo fue abordada por el equipo de salud coordinado por Gabriela Pérez Castresana y David Jiménez Ramos en colaboración con la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAV); el Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (CFJG); el Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (CES) y con la participación de Matilde Ortuño, Emilia Torres, Aline Romero Nathale, Arturo Sánchez Porras, Pablo Spencer y Karen Rojas; mientras que el apartado sobre Percepciones socioambientales en Españita, Tlaxcala, fue desarrollado por el Grupo de Investigación de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, integrado por María Virginia González Santiago, Atenógenes Leobardo Licona Vargas, Claudia Fernández González e Itzel Ángeles Hernández González, en colaboración con Fernando Cuatecontzi Galicia, Carlos Cuatecontzi Galicia y Judith Montes de Oca Cruz del CES.

Finalmente, en el apartado en torno a la situación de la gestión del agua en comunidades de la CAA a cargo de Rodrigo Gutiérrez Rivas, Yacotzin Bravo Espinosa y Yolanda Mexicalcochitl García Beltrán, se incluye un conjunto de estudios de caso realizados en diversos municipios de Tlaxcala y Puebla que permiten documentar distintos esquemas de trabajo comunitario. Esto permite identificar actores locales, dinámicas organizativas y problemáticas asociadas al acceso, la distribución y el mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua. Asimismo, se presenta una experiencia particular en el municipio de Españita, Tlaxcala, que profundiza en la historia organizativa, las prácticas tradicionales de manejo del agua y las transformaciones recientes en sus formas de autogestión frente a un contexto de vulnerabilidad hídrica y cambio social.

3.1. Problemáticas del agua y percepción social

En el marco del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, el equipo antropológico llevó a cabo la Encuesta Socio Ambiental de la Cuenca Atoyac-Zahuapan (ESACA-Z, 2022). Esta se aplicó en 695 hogares distribuidos en siete localidades, con el objetivo de indagar sobre las formas de vida de la

población, su relación con el medio ambiente y las principales problemáticas sociales y ambientales que enfrentan.

Las localidades seleccionadas fueron elegidas por su relevancia y representatividad en la Cuenca del Alto Atoyac, considerando la necesidad de abarcar distintos entornos (zonas boscosas, laderas y llanuras), modos de vida (actividades laborales y económicas), así como formas de organización y propiedad (pequeña propiedad, comunal y ejidal). Las localidades fueron Santa Rita Tlahuapan y San Rafael Ixtapalucan en el estado de Puebla y Santa Ana Nopalucan, San Luis Apizaquito, San Pedro Ecatepec, Santa María Tepetzala y Villa de las Flores en el estado de Tlaxcala. La distribución de las encuestas fue la siguiente:

En el municipio de Tlahuapan, Puebla, se aplicaron encuestas en Santa Rita Tlahuapan (140 hogares; 20.1 %) y San Rafael Ixtapalucan (80 hogares; 11.51 %). En el estado de Tlaxcala, las encuestas se aplicaron en Santa Ana Nopalucan (196 hogares; 28.2 %), municipio del mismo nombre; en San Luis Apizaquito (193 hogares; 27.8 %), municipio de Apizaco; y San Pedro Ecatepec (45 hogares; 6.47 %), Santa María Tepetzala (11 hogares; 1.58 %) y Villa de las Flores (30 hogares; 4.32 %) en el municipio de Atlangatepec. El número de encuestas por localidad correspondió aproximadamente al 10 % de los hogares ocupados, conforme a las cifras del INEGI.

Con la aplicación de esta encuesta fue posible identificar, por un lado, la información general sobre el acceso y la disponibilidad de agua potable en los hogares y, por otro, la percepción social sobre la calidad y suficiencia del agua.

Acceso y disponibilidad de agua potable

Se registró la variedad en las formas de distribución, procedencia y tenencia del agua, así como la accesibilidad, costos e infraestructuras. En las localidades estudiadas, el acceso al agua entubada es generalizado ya que el 99 % de los hogares cuenta con agua entubada, de este porcentaje, el 37.7 % identifica que el agua proviene de un manantial, el 27.2 % señala que es extraída de un pozo ejidal o comunal, y el 29.9 % reconoce que el agua proviene de un pozo municipal. Cabe señalar que el único caso identificado en el estudio donde el servicio de agua potable es gestionado por el gobierno municipal corresponde a Santa Ana Nopalucan, Tlaxcala, un municipio de creación reciente que heredó el pozo comunitario previamente gestionado por la población local.

Respecto al pago del servicio, los costos por el agua varían por localidad, pero son montos fijos, la mayoría de los hogares paga una cuota mensual que oscila principalmente entre 30 y 50 pesos (44 %). Otros rangos menos frecuentes son de 51 a 70 pesos (14.7 %), 71 a 90 pesos (18.8 %), y más de 91 pesos (4.5 %). Un 9.4 % de los hogares desconoce cuánto paga por el

servicio. El cobro es administrado por los Comités de Agua Potable locales, las presidencias municipales o los comisariados ejidales, dependiendo del tipo de organización comunitaria.

Independientemente de que el agua provenga de un manantial o de un pozo, del ejido o bien de la localidad; la distribución del recurso se organiza a través de un comité o comisión de agua potable conformada por la población elegida en asamblea o nombrada por la autoridad local. Los miembros de los comités o comisiones se encargan; por lo general, de los cobros, pagar el recibo de luz que corresponde a la bomba y gestionar el dinero en caso de desperfectos en el sistema.

Sin embargo, el puesto más importante en estos comités es el de los aguadores o bomberos que se encargan de distribuir físicamente el agua, abrir y cerrar llaves, reparar fugas en el sistema, abrir nuevas tomas y revisar día con día que el sistema funcione. Estos, por lo general, son los únicos que reciben un pago por su servicio y cuentan con mucha experiencia, puesto que deben conocer el tendido de tubos de toda la localidad; además de conocer las necesidades específicas de los habitantes.

Cabe señalar que el pago no depende de la cantidad de agua consumida, ya que en las localidades no existen medidores para el servicio doméstico. Cuando existen atrasos en el pago, las comunidades han implementado medidas como la publicación de listas de deudores, cobros domiciliarios y, más recientemente, el corte del suministro mediante la instalación de llaves de paso (botas), que permiten suspender el servicio en casos de adeudo. Sin embargo, no todas las localidades cuentan con la infraestructura necesaria para aplicar estas medidas, y en algunos casos el corte requiere romper el pavimento.

Con excepción de un comité de agua que distribuye el agua por gravedad desde un manantial ejidal, los demás cuentan con una bomba eléctrica que extrae agua de un pozo o de un manantial hacia las tomas de las casas, locales comerciales o empresas. Hasta ahora se han negado a instalar “botas” en cada toma, lo que permitiría el corte del servicio o la instalación de medidores.

A pesar del pago por el servicio, el abastecimiento de agua no es continuo. La mayoría de los hogares recibe el suministro por tandeo o de manera intermitente, lo que significa que, aunque exista una programación, la población no cuenta con agua disponible las 24 horas del día. En este contexto, el 42.3 % de los hogares recibe agua cada tercer día, el 11.2 % una vez por semana y el 7.1 % de forma irregular. Solo el 37.7 % reporta recibir agua diariamente; sin embargo, autoridades locales y habitantes señalan que incluso en estos casos el servicio diario está limitado a unas cuantas horas.

Ante estas limitaciones, la población recurre a fuentes alternas para cubrir sus necesidades de agua. La principal es la compra de agua embotellada o de garrafón, utilizada por el 57.4 %

de los hogares, seguida de la captación de agua de lluvia (11.3 %), extracción de pozos particulares (5.8 %) y la compra de agua por pipas (4.8 %). Igual o menor al 1 %, se identificaron como fuentes alternas el acceso a través de otra vivienda; filtros, cisternas o jagueyes (0.8 %) y llave comunitaria (0.3 %). Un 18.9 % de los hogares señaló que no cuenta con ninguna otra fuente adicional, lo que refleja una alta dependencia del servicio entubado, aun cuando en muchos casos es intermitente.

En suma, en las siete localidades estudiadas se encontró que el agua potable es gestionada por la población. Se identificó que los gastos más onerosos en la gestión del agua provienen de las cuentas de luz por el uso de las bombas. En segundo plano, aunque no menos importantes, son las averías sufridas por esta maquinaria y las fugas en la red de tuberías. Estos problemas se agravan debido a que un número importante de personas no paga su cuota de agua. Adicionalmente, el servicio insuficiente e irregular, obliga a las familias a buscar alternativas que implican un gasto adicional o esfuerzos comunitarios para su almacenamiento.

Percepción sobre la calidad y suficiencia del agua potable

Con la finalidad de analizar el conocimiento que las comunidades de la Cuenca del Alto Atoyac han construido sobre calidad y suficiencia del agua potable, se aborda la percepción social como un elemento central.

En las localidades estudiadas, las familias perciben no solo limitaciones en la disponibilidad del agua potable, sino también incertidumbre respecto a su calidad. Aunque no existe una percepción uniforme que permita establecer criterios claros sobre qué consideran como agua segura o de calidad, las respuestas reflejan una diversidad de experiencias y sensibilidades en torno a este recurso vital.

A pesar de esta diversidad de opiniones, se observa una tendencia clara en las prácticas de consumo: la mayoría de los hogares opta por utilizar agua purificada o embotellada para beber y cocinar. Esta preferencia evidencia una desconfianza hacia las fuentes locales y una preocupación por los posibles riesgos sanitarios asociados al consumo de agua no tratada. La elección del agua purificada no solo está relacionada con la percepción de contaminación, sino también con la búsqueda de seguridad sanitaria y la influencia de factores externos como la comercialización del agua embotellada y las campañas de salud pública.

De acuerdo con los datos recabados, el 41 % de los hogares utiliza agua envasada para su consumo diario, mientras que el 27.9 % consume agua directamente de la llave. Otros hogares combinan diferentes fuentes: 9.5 % alterna agua envasada y de la llave, 4.3 % agua envasada y de la llave hervida, y porcentajes menores recurren al agua hervida, filtrada o de pozo.

Entre quienes consumen agua envasada (381 hogares), 64.7 % la adquiere en purificadoras locales y 28.5 % la compra como agua de marca comercial, mientras que un 6.5 % alterna entre ambas opciones. Las purificadoras locales obtienen el agua principalmente de la red pública y ofrecen servicios como el llenado de envases y reparto a domicilio, mientras que las marcas comerciales provienen de otras fuentes externas a la región. En todas las localidades se identificó la presencia de purificadoras locales y la distribución mediante camionetas repartidoras.

El consumo de agua envasada no es reciente: el 47.3 % de los hogares la consume desde hace más de 10 años, el 30.1 % comenzó a consumirla en los últimos cinco años, y el 20.8 % hace entre cinco y diez años. Esto muestra que el uso de agua envasada se ha convertido en una práctica cotidiana y sostenida a lo largo del tiempo, como respuesta a la desconfianza sobre la calidad del agua entubada.

Respecto a lo que los habitantes de las localidades estudiadas consideran como el agua de mejor calidad para beber, el 43.7 % identifica al agua extraída directamente de manantiales, mientras que el 18.2 % menciona el agua purificada y el 16.4 % el agua embotellada. En contraste, cuando se les preguntó por el agua de peor calidad, el 38.2 % señaló el agua de la llave sin hervir y el 23.9 % el agua embotellada, lo que evidencia percepciones contrastantes sobre las fuentes disponibles para el consumo cotidiano.

En cuanto a la suficiencia del agua se puede señalar que la mayoría (66.8 % de los hogares) considera que tiene agua suficiente, 30.8 % mencionan falta de agua y 1.9 % afirma que tiene agua de sobra (**Tabla 3.1**).

Tabla 3.1. Percepción sobre la suficiencia del agua por hogar (2022).

Percepción	No.	% total
Tienen suficiente agua	464	66.8 %
Les falta el agua	214	30.8 %
Les sobra agua	13	1.9 %
No contestó	4	0.5 %
Total	695	100 %

Fuente: Pedraza López, J., con base en la Encuesta Socio Ambiental de la Cuenca Atoyac-Zahuapan, 2022.

3.2. Percepción sobre la situación de salud comunitaria y factores de riesgo

En el segundo semestre de 2022, el equipo de salud del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, realizó diversos talleres comunitarios y entrevistas con habitantes de comunidades rurales de la Cuenca del Alto Atoyac, ubicadas en el estado de Tlaxcala. Estas actividades permitieron conocer las percepciones de la población sobre la situación de salud comunitaria, las enfermedades más frecuentes, la atención sanitaria disponible y los riesgos asociados a la contaminación industrial y al uso de agroquímicos.

Se llevaron a cabo dos talleres comunitarios, 16 diálogos semiestructurados y dos encuentros con grupos focales, con el objetivo de profundizar en la percepción local sobre la salud comunitaria, las necesidades de atención sanitaria y los factores de riesgo ambiental. En estas actividades participaron más de 120 personas provenientes de 31 comunidades rurales de la Cuenca.

Se realizaron dos talleres comunitarios: uno en el municipio de Españaíta y otro en Ocotlán, ambos en el estado de Tlaxcala. En el taller de Españaíta participaron comunidades del propio municipio, mientras que en el taller de Ocotlán se reunieron habitantes de 30 comunidades pertenecientes a 20 municipios de Tlaxcala, entre ellos Amaxac de Guerrero, Apizaco, Españaíta, Ixtacuixtla, Nativitas (San Rafael Tenanyecac), Papalotla de Xicohténcatl, Santa Ana Chiautempan, Santa Ana Nopalucan, Santa Apolonia Teacalco, Santa Cruz Quilehtla, Santa Isabel Tetlatlauhca, San Francisco Tetlanohcan, San Juan Huactzinco, San Miguel Contla, San Pablo del Monte, Teolocholco, Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala, Totolac y Xicohtzinco.

Percepción sobre la salud comunitaria

Los participantes en los talleres y entrevistas perciben un deterioro progresivo de la salud comunitaria. Identifican un aumento tanto de enfermedades infecciosas gastrointestinales y respiratorias como de enfermedades crónicas no transmisibles, entre ellas leucemia, enfermedad renal crónica, diabetes e hipertensión. Les preocupa especialmente que estas enfermedades afecten cada vez más a adolescentes y jóvenes, quienes padecen enfermedades que antes eran consideradas propias de adultos.

Durante el taller realizado en Españaíta, también se mencionaron problemas de salud que afectan a las mujeres, como manchas en la piel, estrés y depresión. Las manchas se asociaron con la exposición al sol o a la contaminación del agua potable, mientras que el estrés y la depresión se vincularon con las cargas de trabajo doméstico, las dificultades económicas y el cuidado de familiares enfermos.

Por otra parte, los hombres que trabajan en el campo señalaron riesgos asociados al uso de plaguicidas sintéticos, los cuales han provocado intoxicaciones agudas e incluso casos fatales por el manejo inadecuado de estas sustancias. Las personas participantes relataron experiencias personales y de familiares que han sufrido afectaciones graves por el contacto con herbicidas y pesticidas.

En general, la percepción comunitaria refleja una preocupación por el aumento de enfermedades graves, el impacto de los agroquímicos en la salud y el deterioro general de las condiciones ambientales que afectan la vida cotidiana de las comunidades.

Percepción sobre las causas de las enfermedades crónicas

Las comunidades del valle de la Cuenca del Alto Atoyac, especialmente en Tepetitla y municipios cercanos, perciben que la industrialización ha deteriorado su calidad de vida y vinculan la contaminación del agua, aire y suelo con el aumento de enfermedades crónicas como cáncer, insuficiencia renal y otros padecimientos graves. A pesar de que los médicos no siempre confirman esta relación, las personas señalan que las descargas industriales en el río Atoyac y los canales de riego afectan tanto a la salud humana como a la de los animales. Recuerdan que, décadas atrás, el río era limpio y fuente de alimento y recreación, pero actualmente se encuentra contaminado y sin vida acuática.

El corredor industrial Quetzalcóatl les genera una preocupación particular, ya que la identifican como fuente principal de contaminación, cuyos efluentes cambian el color del río y generan olores penetrantes que afectan a las viviendas cercanas. Los habitantes describen esta situación como un ecicidio que ha alterado profundamente el equilibrio ambiental y la vida comunitaria.

En contraste, en Españita —territorio sin industria, pero con actividad agrícola— las personas no consideran a la contaminación industrial como una causa directa de sus problemas de salud. Sin embargo, expresan preocupación por el uso intensivo de agroquímicos y por la calidad del agua que consumen, la cual es extraída de pozos profundos que podrían contaminarse por los escurrimientos de agroquímicos o por fugas de fosas sépticas. También señalan que existe una falta de control en la cloración del agua potable, así como la ausencia de estudios oficiales que garanticen su calidad sanitaria.

Tanto en Españita como en otros municipios, la población considera que la mala alimentación basada en productos procesados, los cuales consideran que son promovidos por la industria y el gobierno, es otro factor que está contribuyendo a las enfermedades crónicas. A esto se suma un impacto económico, ya que consideran que los alimentos industrializados son más caros y el costo de atender las enfermedades representa un gasto adicional para las familias.

Las comunidades identifican a los grupos más vulnerables como niñas, niños, personas adultas mayores y mujeres embarazadas, quienes son los más afectados por la mala alimentación y la exposición a contaminantes en el agua y el aire.

Percepción sobre la calidad del servicio de atención en salud

En cuanto al sistema de salud, la población expresó una percepción negativa sobre la atención primaria en los centros públicos de salud, ya que consideró que la atención es insuficiente y de baja calidad. Señalan la falta de personal, medicamentos y servicios preventivos, lo que les obliga a recurrir a médicos particulares para resolver problemas de salud, generando gastos adicionales para las familias. La atención pública, según expresan, solo cubre enfermedades comunes y no aborda de manera integral la prevención ni los riesgos ambientales asociados a la salud.

Durante los talleres, también manifestaron dudas sobre los riesgos derivados del uso de agroquímicos como el glifosato, así como sobre la contaminación del agua, la quema de basura y otras prácticas cotidianas que afectan la salud, lo que evidencia una falta de información clara y accesible sobre estos temas.

Como fortaleza comunitaria, reconocen el uso tradicional de plantas medicinales, transmitido por generaciones de mujeres, aunque advierten que este conocimiento está en riesgo debido a la pérdida de especies vegetales por el uso de herbicidas y a la falta de transmisión intergeneracional.

Respecto al acceso a hospitales, señalaron que los servicios de segundo y tercer nivel se concentran en zonas urbanas alejadas de sus comunidades, lo que dificulta la atención en casos graves. Además, mencionaron problemas de atención deficiente, largas esperas y carencias de medicamentos en hospitales cercanos como el de Calpulalpan. En enfermedades complejas, deben trasladarse a la capital del estado, Puebla, o incluso a la Ciudad de México, lo que implica un desgaste físico, emocional y económico.

3.3. Percepciones socioambientales en Españaita, Tlaxcala

El municipio de Españaita, situado en la parte alta de la Cuenca del Alto Atoyac (**Figura 3.1**), representa un caso relevante para comprender las problemáticas socioambientales asociadas a la contaminación y a la disponibilidad y calidad del agua en contextos rurales. Es un territorio predominantemente agrícola, donde la producción para autoconsumo y la agricultura a pequeña escala han sido históricamente las principales actividades económicas de

las familias campesinas. Sin embargo, estas formas de vida se ven afectadas por procesos de contaminación ambiental que impactan tanto los recursos hídricos como los suelos agrícolas, condicionando la producción local, la salud y el bienestar de la población.

Aunque en Españaíta no se localizan grandes industrias contaminantes, el territorio enfrenta problemáticas derivadas del uso prolongado e intensivo de agroquímicos, especialmente plaguicidas y fertilizantes de alta toxicidad, que generan afectaciones en los suelos y el agua utilizados en las actividades productivas. A esto se suma la contaminación generada en otros municipios de la Cuenca, que incide de manera indirecta sobre Españaíta mediante la dispersión atmosférica y la deposición de contaminantes en sus suelos y cuerpos de agua, ampliando el alcance de la problemática ambiental más allá de sus límites territoriales.

Diversos estudios han documentado la exposición de la población a contaminantes orgánicos persistentes, algunos de ellos detectados en matrices humanas como la sangre de adolescentes. Asimismo, se han identificado tendencias preocupantes en la incidencia de enfermedades renales y otros padecimientos crónicos, lo que evidencia la necesidad de profundizar en el análisis de los riesgos ambientales y su impacto en la salud de las comunidades rurales de la región.

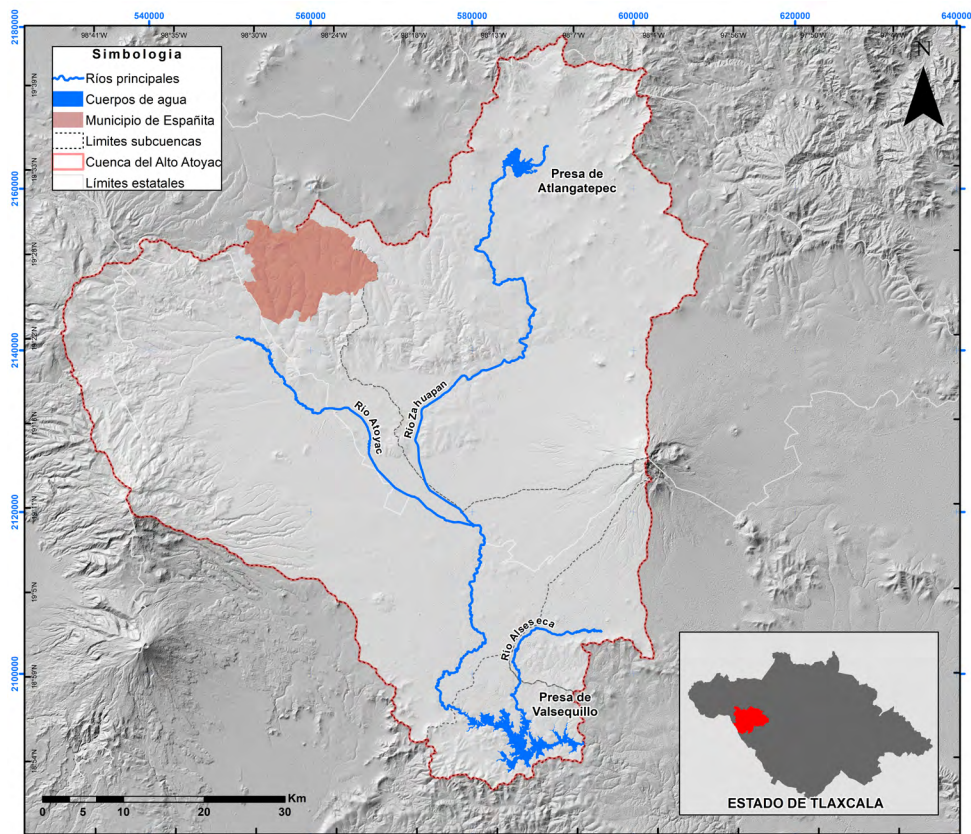


Figura 3.1. Municipio de Españaíta en el contexto de la CAA. **Fuente:** Arroyo Ortega, I. F., 2025.

Pese a estas condiciones, las problemáticas ambientales del municipio han recibido poca atención pública e institucional. No obstante, las percepciones de la población local reflejan una creciente preocupación por la contaminación del agua, su disponibilidad irregular y los posibles riesgos para la salud y el bienestar comunitario. Por ello, Españaita constituye un estudio de caso para explorar las percepciones sociales sobre el agua y la contaminación en territorios rurales que enfrentan vulnerabilidades socioambientales importantes.

Centro de Economía Social Julián Garcés (CES)

En este contexto, el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), organización de base comunitaria (OBC) con presencia en el municipio de Españaita, se ha constituido como un espacio para la organización social y la reflexión sobre las problemáticas socioambientales del territorio. Desde su creación, ha impulsado procesos de formación y fortalecimiento comunitario, promoviendo el diálogo entre las comunidades campesinas y otros actores sociales. A través de sus actividades, el CES ha contribuido a visibilizar las afectaciones derivadas de la contaminación y a fomentar acciones colectivas orientadas a la defensa del territorio y la mejora de las condiciones de vida.

A lo largo de sus 19 años de trabajo en la región, el CES ha reconocido la importancia histórica y actual de la organización comunitaria en diversos ámbitos, especialmente en la gestión del agua para consumo humano. Desde esta perspectiva, ha promovido prácticas que contribuyen a fortalecer el ciclo hidrológico local, como la construcción y rehabilitación de zanjias infiltradoras y jagüeyes, fundamentales para la captación y almacenamiento de agua.

El CES ha mantenido un diálogo continuo con los procesos organizativos locales, buscando fortalecer la defensa de derechos fundamentales como el derecho al agua, a la alimentación, a la salud y a un ambiente sano. Este enfoque integral ha permitido articular una red de colaboración entre comunidades, ejidos y autoridades comunitarias de la región para promover prácticas sustentables y solidarias. Entre las actividades impulsadas se encuentran asambleas comunitarias, faenas agroecológicas, la Escuelita Campesina Agroecológica (ESCAMPA), así como el acompañamiento a comités comunitarios y cooperativas. En estos espacios, se han promovido reflexiones sobre el peligro de la privatización del agua, el valor de los usos y costumbres, y la importancia de mantener el conocimiento local como base para la gestión comunitaria del territorio.

En sus primeras acciones en Españaita, el CES se enfocó en comprender las percepciones locales sobre la contaminación ambiental, prestando especial atención a la actividad agrícola, principal fuente de sustento en la región. Su trabajo buscó identificar cómo los habitantes perciben los efectos de las prácticas agrícolas sobre el medio ambiente, particularmente en relación con el uso de agroquímicos y el manejo del agua. Las investigaciones iniciales evidenciaron una diversidad de opiniones entre agricultores y otros actores locales, mostrando que,

aunque existe preocupación por la contaminación, las percepciones varían según el nivel de conocimiento técnico y la experiencia de cada grupo respecto a la sostenibilidad agrícola.

El CES no solo ha recopilado estas percepciones, sino que también las ha utilizado como base para promover prácticas más sostenibles, fomentando el diálogo entre distintos sectores de la comunidad agrícola y proponiendo alternativas económicas que reduzcan el impacto ambiental sin afectar la producción. Este análisis inicial ha servido para diseñar estrategias de intervención que atiendan las preocupaciones locales y contribuyan a un desarrollo más sostenible del territorio.

En los últimos tres años, el CES estableció vínculos con equipos científicos de dos Pronaii del CONAHCYT, ahora SECIHTI (Agua y Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes), buscando que las investigaciones respondan a las problemáticas identificadas en los diálogos comunitarios. Esta colaboración ha permitido que los resultados preliminares sean compartidos con las comunidades. Paralelamente, se han impulsado acciones locales de gestión del agua, como la capacitación de comités sobre la exposición a contaminantes y la implementación de sistemas de captación de agua de lluvia para la elaboración de insumos agroecológicos en el cultivo del maíz. Estos procesos serán abordados con mayor detalle en capítulos posteriores.

Percepciones sociales de la contaminación

La percepción se entiende como el proceso mediante el cual las personas reciben, interpretan y otorgan significado a lo que sucede en su entorno. A partir de ella, los habitantes forman ideas y opiniones sobre las problemáticas que afectan su vida cotidiana.

Con el propósito de comprender las percepciones comunitarias sobre la contaminación ambiental en el municipio de Españita, así como las fuentes, la localización, los efectos, las causas y el impacto de esta contaminación en la vida comunitaria, se emplearon tres métodos complementarios: encuestas, talleres participativos y recorridos transecto. Estas actividades se realizaron en el marco del Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan” a través del Grupo de Investigación de Agroecología y el CES.

La investigación se llevó a cabo en tres comunidades agrícolas del municipio de Españita, Tlaxcala: San Francisco Mitepec, La Magdalena Cuextotitla y La Reforma. Se aplicaron encuestas a una muestra representativa de 55 personas, integrantes de un padrón de agricultores beneficiarios de un subsidio federal en 2022. Además, se llevó a cabo un taller participativo con 15 personas provenientes de La Magdalena Cuextotitla y La Reforma.

La combinación de estos tres métodos permitió contrastar, profundizar y validar la información reportada por las personas participantes, quienes identificaron tres áreas principales afectadas por diversas fuentes de contaminación, tanto locales como externas, las cuales se explican a continuación:

a) Salud y alimentación

En este eje se analizan los aspectos vinculados a la salud y la alimentación, considerando las fuentes de contaminación que afectan de manera directa a la salud humana en la región. El análisis permitió identificar transformaciones significativas a lo largo del tiempo en la calidad del agua, la seguridad alimentaria y la incidencia de enfermedades asociadas a la contaminación ambiental. Estos cambios fueron ubicados en una línea del tiempo (**Tabla 3.2**), la cual ilustra los momentos clave en los que las comunidades han experimentado impactos directos en su salud y alimentación debido a la degradación ambiental.

Tabla 3.2. Cambios socioambientales y percepciones comunitarias sobre alimentación y salud en tres comunidades de Españita, Tlaxcala.

Año	Situación
1960	Se instalan basureros clandestinos
A partir de 1980	- Se incrementa el uso de cloro y suavizantes en los hogares. - Se fortalece la industria de alimentos ultraprocesados y el consumo de comida chatarra. - Se inicia la industria de empaques desechables. - Comienza la quema de basura.
A partir del 2000	- Aumenta el uso de aceite vegetal y aceite quemado, dañando la salud y el ambiente, al ser vertidos comúnmente en las coladeras. - En los sistemas agrícolas se incorpora el uso de pesticidas. - Incrementa el uso de plásticos y desechables.
2009	Se realizan los primeros estudios académicos que confirman altos niveles de metales pesados en el agua de riego agrícola y su correlación con problemas de salud en la población.
2013	La población percibe un aumento en enfermedades respiratorias y dermatológicas en las comunidades cercanas al río Atoyac, relacionado con el incremento de sustancias vertidas por las industrias.
2017	El CES organiza talleres comunitarios sobre el derecho al agua y la salud, identificando limitaciones en el acceso al agua potable, principalmente para la población rural.
2020	El CES establece programas de zanjas infiltradoras y jagüeyes para mejorar la filtración y captación de agua pluvial, así como prácticas agroecológicas para reducir los riesgos alimentarios.

Fuente: Pedraza López, J., 2025. Con base a la información del CES.

En los últimos años, se ha observado un notable incremento en el uso de cloro y suavizantes de tela en las comunidades del territorio estudiado. Estos productos, ampliamente utilizados

en los hogares para la limpieza y el cuidado de la ropa, han comenzado a generar preocupaciones debido a sus efectos tanto en el medio ambiente como en la salud humana.

El cloro, empleado principalmente para la desinfección del agua y la limpieza de superficies, se ha convertido en un elemento común en la mayoría de los hogares. Sin embargo, su uso excesivo está asociado a la liberación de compuestos químicos que, al llegar a los cuerpos de agua, pueden afectar la calidad del agua potable y de los ecosistemas acuáticos. Además, el contacto frecuente con cloro sin las precauciones adecuadas puede ocasionar problemas respiratorios y dermatológicos en las personas.

Por otro lado, los suavizantes de tela, aunque son de uso común por su capacidad de mejorar la textura y fragancia de la ropa, contienen ingredientes químicos que son difícilmente biodegradables. Estos productos terminan en las aguas residuales, contribuyendo a la contaminación de ríos y acuíferos, afectando tanto a los recursos hídricos como a los suelos agrícolas. Su uso prolongado también está relacionado con la aparición de alergias cutáneas y otros problemas de salud.

Este incremento en el uso de productos químicos en el ámbito doméstico plantea un desafío para las comunidades y para las organizaciones como el CES, que buscan promover alternativas más sostenibles y seguras para el entorno. Por ello, se ha iniciado una campaña de concienciación sobre el uso responsable de estos productos y se han fomentado prácticas más ecológicas en el hogar, con el fin de reducir tanto la contaminación ambiental como los riesgos para la salud humana.

La población no solo identifica los cambios sino también sus efectos, entre ellos mencionan que la alimentación es poco natural, menos sana y más procesada, ello ha promovido un aumento en enfermedades tales como obesidad, diabetes, hipertensión e insuficiencia renal, así como el aumento de las infecciones respiratorias.

b) Ambiente

Entre las principales fuentes de contaminación identificadas por las personas participantes se encuentran los residuos plásticos y textiles, que, según su percepción, provienen principalmente de las fábricas de mezclilla y afectan tanto el agua como el aire debido a sus descargas en los cuerpos hídricos locales. La población considera que esta situación se ha agravado por la sequía, relacionada con la disminución de lluvias y la deforestación en la región. Además, señalan que la construcción de la carretera del Arco Norte y la existencia de fosas de aguas negras provenientes de desagües domésticos sin mantenimiento han intensificado los problemas de contaminación ambiental.

Por lo tanto, los efectos que las personas participantes asocian a esta problemática incluyen la disminución de la fauna silvestre, como animales, insectos, plantas y hongos, así como la modificación de normas comunitarias relacionadas con el uso del agua de jagüeyes y zanjas. También señalan un aumento en la ocurrencia de incendios forestales. Según su percepción, estos cambios han afectado la frecuencia y el volumen de las lluvias, además de incrementar las enfermedades y malestares provocados por los olores que emiten las fábricas, impactando principalmente a los grupos más vulnerables.

La construcción de la autopista Arco Norte es vista como un factor que ha generado múltiples afectaciones en la región, actuando como una barrera que interrumpe el paso de la fauna silvestre y altera el equilibrio ecológico. Asimismo, señalan que esta obra ha perjudicado manantiales y corrientes de agua en la barranca, exacerbando la escasez hídrica, ya que los pozos existentes no logran abastecer adecuadamente a la población.

La comunidad también identifica problemas en el sistema de agua potable, como fugas, fallas mecánicas y robos, que agravan la situación de acceso al agua. A esto se suma la contaminación de represas y la presencia de aguas negras en la barranca, donde además se arroja basura, lo que ha deteriorado la calidad del agua y ha generado malos olores, así como afectaciones a la salud ambiental de la zona.

c) Agricultura

Desde la década de 1960, el uso de fertilizantes y agrotóxicos ha sustituido la práctica tradicional de incorporar residuos orgánicos de las parcelas, lo que ha generado un aumento significativo en la contaminación asociada a la actividad agrícola. En la actualidad, se utilizan 32 tipos de agrotóxicos en el territorio, además de semillas híbridas de maíz y cebada.

La gente percibe que los paquetes tecnológicos de agricultura con cero labranzas requieren más fertilizantes y que, desde el año 2000, las fuentes de agua como pozos y manantiales comenzaron a contaminarse debido al uso intensivo de agroquímicos. También observan la reducción del uso de semillas criollas, enfermedades en las plantas y árboles, así como una disminución de la biodiversidad.

La percepción de las fuentes y causas de la contaminación está influida por factores como las políticas públicas, los medios de comunicación, el sistema educativo y los patrones de consumo. Aunque los agroquímicos son reconocidos como una fuente de contaminación, no suelen ser identificados entre los principales contaminantes por la población. La contaminación por pesticidas, especialmente aquella menos visible, tiene efectos profundos sobre el medio ambiente, la salud y el sistema agroalimentario. Sin embargo, su impacto sobre el suelo, por ejemplo, es poco percibido. En España, las mismas sustancias químicas se han

utilizado durante más de 20 años, lo que sugiere una posible persistencia de residuos activos, ya que solo se suspende la fumigación durante tres meses al año.

Por otra parte, la población visualiza un mejor futuro asociado a un territorio con mayor cobertura arbórea que permita un aire más limpio y más presencia de fauna silvestre. También destacan la importancia de evitar la quema de bosques y de fomentar la educación ambiental en niñas, niños y jóvenes, principalmente sobre el cuidado del ambiente y la no quema de basura. Asimismo, se espera que la agroecología se promueva tanto a nivel comunitario como en las políticas públicas.

3.4. Situación en la gestión del agua en comunidades de la Cuenca

La gestión del agua en la Cuenca del Alto Atoyac enfrenta desafíos complejos y territorialmente diferenciados, resultado de procesos históricos, socioeconómicos y ambientales diversos. A diferencia de los apartados anteriores, centrados en las condiciones de acceso doméstico o en la percepción de calidad del recurso, en este apartado se documentan las formas locales de organización, las tensiones comunitarias, las modalidades de distribución y los retos institucionales que configuran el manejo cotidiano del agua.

Para dar continuidad a los resultados del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, se presentan hallazgos sobre las condiciones estructurales y territoriales que inciden en la gestión del agua en algunas comunidades de la Cuenca. Estas fueron identificadas por dos equipos de trabajo que abordaron el tema desde enfoques complementarios.

Por un lado, el equipo antropológico realizó una serie de estudios de caso etnográficos en siete localidades de la Cuenca, apoyados en la Encuesta Socioambiental de la Cuenca (ESACA-Z 2022) con el objetivo de identificar las diversas formas locales de administración del recurso, los actores involucrados y las principales problemáticas relacionadas con el acceso, distribución y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento.

Por otro lado, el Grupo de Investigación en Agroecología y el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES) desarrolló un análisis comunitario y territorial en el municipio de Españita, Tlaxcala, con énfasis en las prácticas tradicionales de manejo del agua, sus transformaciones recientes y las estrategias colectivas ante la crisis hídrica.

La información refleja algunas expresiones de la crisis hídrica en el territorio asociadas con el deterioro de infraestructura, tensiones por el control del recurso, fragmentación en los

arreglos organizativos, presiones por el uso industrial del agua y limitaciones institucionales que afectan la gobernanza local. En algunos casos, también se registran impactos en cuerpos de agua superficiales y preocupaciones por la disponibilidad futura del recurso. Al mismo tiempo, los estudios evidencian los esfuerzos comunitarios por sostener formas autónomas de gestión, adaptar prácticas tradicionales y fortalecer la acción colectiva frente a contextos de creciente vulnerabilidad socioambiental.

Estudios de caso sobre la gestión comunitaria del agua en Tlaxcala y Puebla

A continuación, se presentan los hallazgos por localidad, con énfasis en los esquemas de gestión vigentes, las dinámicas comunitarias y los principales desafíos identificados en torno al acceso, distribución y mantenimiento del agua.

Santa Ana Nopalucan, Tlaxcala

El territorio se encuentra ubicado en la Laguna del Rosario, la cual forma parte de la Ciénega de Tlaxcala, alimentada por los ríos Atoyac y Zahuapan. El municipio se caracteriza por el uso de técnicas prehispánicas como las chinampas y camellos para la agricultura en los humedales, un proceso que propició la desecación en la época colonial a partir de la construcción de canales como el desagüe de la Hacienda de la Compañía, la cual drenó la laguna para convertirla en tierras agrícolas. Es importante resaltar que en la memoria de la comunidad están presentes las actividades de pesca de carpas, recolección de camarones de agua dulce (acociles) y la extracción de tequezquite (sal mineral de lagos evaporados).

En Santa Ana Nopalucan, la gestión del agua potable se ha consolidado como un sistema funcional y relativamente estable. Su infraestructura actual se basa en el servicio coordinado por una instancia municipal y la Coordinación de Agua Potable, que asumió el control del sistema en 1995 tras la creación del municipio, sustituyendo al comité comunitario que lo gestionaba previamente mediante asamblea.

En esta comunidad el agua proviene de un pozo profundo, almacenado en un tanque elevado que se distribuye a través de una red que alimenta una caja de agua, cubriendo aproximadamente 2,500 tomas, incluidas algunas viviendas de localidades vecinas. En fechas recientes, se realizó una sustitución significativa de tuberías de asbesto por tubos de PVC, lo que representa una mejora en la infraestructura. El servicio es intermitente, pero programado: se distribuye cada tercer día durante toda la jornada. El cobro por toma es de \$40 pesos mensuales y se mantiene fijo. Las iglesias, escuelas y espacios deportivos están exentos de pago, sin embargo, coexisten dos antiguos canales que reflejan desafíos ambientales, el canal de la Compañía y el de San Ignacio, contruidos originalmente para drenar la laguna.

Actualmente este espacio recibe el drenaje doméstico y aguas pluviales, por lo que sufre de la acumulación de basura y contaminación.

Las funciones de la coordinación incluyen el mantenimiento del sistema, el control de válvulas, la operación de la bomba, la atención a fugas y la cobranza. Aunque no se identificaron problemáticas críticas actuales, el tránsito desde una gestión comunitaria hacia una coordinación municipalizada representa una transformación institucional que, si bien ha permitido mantener el servicio, también ha implicado la pérdida de ciertas formas de autogestión local.

El municipio se encapsula entre el progreso y la memoria hídrica, mientras su economía se diversifica hacia servicios e industria, la gestión sostenible del agua y la revitalización de su legado lacustre es importante para equilibrar el desarrollo y la resiliencia ambiental.

San Luis Apizaquito, Apizaco, Tlaxcala

San Luis Apizaquito cuenta con una red hídrica que se integra al norte por el Río Atenco y afluente Zahuapan, además del río Apizaco/Tequizquitla, el cual nace en el cerro San Gregorio ubicado en Tlaxco, Tlaxcala y la Matlalcuéyatl, el cual recorre 20 km hasta unirse al Zahuapan en San Bernabé Amaxac. Esta red hídrica en la que se ubica el municipio atrajo fábricas textiles que se ubicaron de manera estratégica. Desde el periodo colonial el rol del agua en este territorio fue como fuente energética para obrajes y molinos, posteriormente en el siglo XXI, como parte de los insumos industriales textiles.

La gestión del agua está organizada en torno a los manantiales del “Ojito de agua”, donde brotan cinco nacimientos que abastecen a la comunidad y a localidades vecinas. Aunque existe una estructura comunitaria consolidada, persisten problemáticas asociadas a la distribución, financiamiento e infraestructura. La gestión está a cargo de un comité local de agua potable, cuya integración cambia cada tres años a excepción del fontanero, quien es responsable de la distribución, cloración, reparaciones, nuevas conexiones y cobros.

Sin embargo, el sistema enfrenta dificultades debido a la creciente demanda y a la fragmentación operativa. El agua se distribuye por horarios y por zonas, lo que genera una disponibilidad desigual, especialmente en viviendas sin tinacos ni cisternas. La comunidad depende fuertemente del fontanero, quien trabaja jornadas extendidas sin contar con una persona que lo sustituya, ni con apoyo técnico suficiente. Aunque el cobro por el servicio es diferenciado para usuarios domésticos, empresas y dependencias gubernamentales, los recursos económicos siguen siendo insuficientes para cubrir todas las necesidades de mantenimiento. Además, se presentan tensiones por el uso del agua para fines turísticos y empresariales, así como por la relación con la empresa FEMSA-Coca Cola, que ha financiado obras de infraestructura sin transparencia sobre sus intereses.

Las pipas que extraen agua del Ojito para abastecer a otros municipios también generan presión sobre el recurso local. Adicionalmente, la laguna formada por los escurrimientos del Ojito se encuentra en deterioro, y aunque existe una comisión ciudadana para su cuidado, la falta de reconocimiento oficial y los actos de vandalismo han debilitado sus capacidades. La quema de tulares y el uso turístico no regulado también afectan la gobernanza local sobre este cuerpo de agua.

Esta comunidad ejemplifica la simbiosis de agua-industria, su identidad como núcleo textil y ferroviario se construyó a costa de los ríos que hoy son víctima de la contaminación industrial.

Villa de las Flores, Atlangatepec, Tlaxcala

En Villa de las Flores, se ubica el peñón que da origen al río Zahuapan, principal cauce de Tlaxcala, que recorre el estado de norte a sur, desde la época colonial se establecieron comunidades agrícolas y ganaderas alrededor de la iglesia de San Juan Bautista, pero la reforma agraria se priorizó infraestructura de riego, actualmente se integran en este territorio aproximadamente 24 fabricas con enfoque textil, químicos y autopartes los cuales consumen recursos hídricos regionales.

El acceso al agua potable depende de un sistema intercomunitario que se abastece del pozo ubicado en la comunidad vecina de Santa María Tepetzala, también perteneciente al municipio de Atlangatepec. El agua se distribuye a través de un Comité de Agua que se elige cada año en la asamblea de la comunidad y está integrado por mujeres voluntarias, quienes se encargan de cobrar las cuotas mensuales y coordinar con un operador contratado por la presidencia municipal para abrir y cerrar las válvulas por sector.

Aunque el sistema cubre entre 160 y 180 personas, persisten varios retos. Por un lado, la gestión comunitaria enfrenta tensiones derivadas de la falta de claridad en los cobros, la irregularidad de los pagos y la percepción de que el sistema no es totalmente transparente. Por otro lado, el personal técnico encargado del control del flujo de agua recibe un salario modesto y depende de acuerdos informales entre autoridades comunitarias y municipales.

Además, la comunidad cuenta con infraestructura hidráulica limitada, y parte del sistema de cobro está vinculado al consumo eléctrico (CFE), lo que introduce incertidumbre sobre las tarifas. El jagüey comunitario, antes útil para el ganado, está actualmente contaminado y en desuso, tras la instalación de un basurero cercano. Esto refleja la pérdida de fuentes tradicionales de agua y el deterioro de los ecosistemas locales.

Esta comunidad, se encuentra en tensión entre la conservación hídrica e industrialización, mientras su presa y el río Zahuapan sostienen tradiciones agropecuarias, la cercanía a los corredores industriales y la migración laboral desafían la gestión sostenible del agua, poniendo en riesgo su herencia de “cerro de aguas”.

Santa María Tepetzala, Atlangatepec, Tlaxcala

Si bien en la actualidad Santa María Tepetzala cuenta con un sistema comunitario consolidado de abastecimiento de agua, este fue resultado de una larga y compleja lucha social. A través del testimonio de uno de sus habitantes fundadores, se documenta que durante varios años la comunidad enfrentó dificultades técnicas, económicas y políticas para lograr la perforación del pozo. Hubo múltiples gestiones ante distintas instancias gubernamentales, negativas por parte de autoridades, maniobras para retirar maquinaria sin cumplir compromisos y procesos que se dilataban bajo argumentos técnicos. Esta historia de resistencia y organización comunitaria muestra que el acceso al agua no fue inmediato, sino producto de una gestión colectiva persistente que involucró acarreo, construcción de infraestructura con recursos locales y presión constante a las autoridades.

En la actualidad, el agua potable proviene de un pozo propiedad de la comunidad, con más de 25 años de funcionamiento y como se mencionó anteriormente, este también abastece al vecino pueblo Villa de las Flores, así como a una fábrica cartonera y a cabañas turísticas ubicadas en las cercanías. El agua extraída se conduce hacia una caja de distribución desde donde se reparte a cada vivienda a través de una red de tuberías. La administración del sistema está a cargo de un Comité de Agua integrado por personas de la comunidad, elegidas por votación en asamblea. Si bien los cargos no tienen un tiempo definido de permanencia, se espera que sus miembros sean considerados confiables. El comité actual está compuesto por un presidente, un secretario y un bombero. Este último es responsable de abrir y cerrar las válvulas de distribución por sector.

En esta comunidad, el cobro del servicio es mensual, con una cuota de 50 pesos por toma para uso doméstico, entre 80 y 100 pesos para uso con animales, y hasta 300 pesos para usuarios foráneos, como en el caso de la cartonera. En caso de falta de pago, se aplica una penalización que incluye corte del servicio, multa y cobro por reinstalación. Los costos de operación del sistema también incluyen el pago de electricidad para el bombeo del agua. Por ejemplo, en marzo de 2023, el recibo de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) ascendió a más de 12 mil pesos. Este gasto se reparte proporcionalmente entre Santa María Tepetzala y Villa de las Flores, comunidades que comparten el uso del pozo y la infraestructura de distribución.

La comunidad también cuenta con un jagüey de propiedad comunal, actualmente en desuso, que en el pasado fue aprovechado por personas con ganado. A pesar de su abandono, no representa un costo adicional y se mantiene como reserva potencial. Si bien no se identifican

problemáticas importantes en la gestión del agua, pueden señalarse algunos retos estructurales, como el costo elevado del recibo eléctrico necesario para operar la bomba, el cual varía dependiendo del tiempo de bombeo. Además, el hecho de que el pozo también abastezca a actores privados, como una fábrica de cartón y algunas cabañas turísticas, podría representar una presión futura sobre el recurso si cambian las condiciones de disponibilidad o demanda.

San Pedro Ecatepec, Atlangatepec, Tlaxcala

San Pedro es una localidad con una presencia importante de jagüeyes, se identifican más de 30 que anteriormente se usaban para pesca o abastecimiento, pero actualmente sólo se utilizan para dar de beber al ganado. A pesar de esta disponibilidad superficial, la gestión del agua potable enfrenta diversos retos. Aunque la comunidad cuenta con dos pozos y tres cajas de agua, sólo uno de los pozos está en funcionamiento, lo que genera dependencia de una única fuente.

La administración del agua está a cargo del Comité de Agua Potable, que cobra una cuota mensual de 20 pesos por persona, incluyendo infantes y adultos mayores. La distribución se realiza únicamente dos veces por semana y varía según zona y horario, lo que puede implicar desigualdades en el acceso.

Diversos pobladores reportan que aún consumen agua envasada o de pipas, lo que refleja desconfianza en el sistema, problemas en la calidad o en la suficiencia del servicio. Además, aunque se cuenta con dos fosas sépticas construidas por un proyecto estatal, su funcionamiento es deficiente debido a la falta de mantenimiento, una responsabilidad que fue delegada a la presidencia de comunidad.

Santa Rita Tlahuapan, Tlahuapan, Puebla

En Santa Rita Tlahuapan, las principales fuentes de agua potable son el manantial “El Ameyal”, ubicado en tierras ejidales, y el pozo de “Ixtilahuacán”. En años anteriores, el agua del Ameyal era administrada por el ejido y resultaba suficiente tanto para el uso doméstico como para el riego de cultivos. Sin embargo, a partir del año 2000, el manantial fue completamente entubado, y desde entonces el agua se distribuye en los hogares y negocios de los barrios de la cabecera municipal. Las colonias Domingo Arenas y Ampliación Domingo Arenas se abastecen del pozo de Ixtilahuacán, el cual es gestionado por el ayuntamiento municipal. Por su parte, la colonia Las Delicias no cuenta con acceso al servicio de agua potable.

El servicio del Ameyal tiene un costo aproximado de 30 pesos mensuales por hogar o negocio, y se paga en la comisaría ejidal. La distribución del agua presenta diferencias según la ubicación: en las colonias más cercanas al manantial, los hogares reciben agua de forma constante o diaria, mientras que en las zonas más alejadas el suministro ocurre cada tercer día. El agua

del pozo, administrada por el ayuntamiento, tiene un costo que oscila entre los 42 y 48 pesos mensuales por hogar. En este caso, el tandeo también es cada tercer día, aunque en horarios variables, lo que obliga a las familias a almacenar agua en tinacos u otros recipientes para su uso cotidiano.

San Rafael Ixtapalucan, Tlahuapan, Puebla

San Rafael Ixtapalucan cuenta con diversas fuentes de abastecimiento de agua, tanto para consumo doméstico como para actividades productivas, como la industria calcetinera. Las principales fuentes de agua potable son los ojos de agua conocidos como *El Ranchito* y *Gansito Loco*, así como otros ameyales, pozos y jagüeyes. No obstante, su administración está fragmentada ya que algunas fuentes son gestionadas por socios privados, mientras que otras están bajo responsabilidad de una comisión de agua potable que depende de la presidencia de comunidad. Esta comisión organiza el tandeo y el cobro del servicio, el cual asciende a 50 pesos mensuales por toma de agua.

El agua se distribuye mediante un sistema de tuberías, cajas de agua y rompedores de presión. Los encargados de abrir y cerrar las válvulas conocidos como *aguadores* siguen un calendario de tandeo por zonas, regulando el acceso en diferentes horarios y días según la ubicación. La distribución del agua es diferenciada ya que las viviendas del centro del pueblo y zonas aledañas reciben agua cada tercer día, mientras que las que se encuentran en la zona alta, con cercanía al bosque y en las orillas de la localidad son abastecidas una vez a la semana. En estos casos, algunas personas deben acarrear agua desde los manantiales o recurrir a pipas.

Además de los problemas en la frecuencia de distribución, también se identifican percepciones de inequidad tarifaria, ya que quienes realizan un mayor consumo como las tintorerías que tiñen hilos para calcetines, pagan la misma cantidad que las viviendas de uso doméstico. Aunque el agua se destina principalmente para beber, cocinar, lavar y bañarse, también se utiliza para procesos industriales. La mayoría de los hogares almacena el agua en cisternas, tambos o piletas, y muchas personas consumen agua de la llave sin hervirla. Desde hace menos de cinco años, también se observa el consumo de agua embotellada, incluyendo la producida por una embotelladora ejidal local y marcas comerciales.

Problemáticas y acciones comunitarias en torno al agua en España, Tlaxcala

En España, las formas comunitarias de gestión del agua son prácticas históricas que han acompañado la vida cotidiana del territorio desde tiempos ancestrales. A través de sistemas de organización basados en usos y costumbres, las comunidades han administrado el acceso y

el cuidado del agua, inicialmente enfocándose en el manejo del agua pluvial y posteriormente adaptando sus estructuras a la administración del agua potable.

Aunque este modelo organizativo precede a los problemas contemporáneos, las crecientes problemáticas socioambientales como la escasez estacional, la disminución de las lluvias, la sobreexplotación de pozos y la falta de infraestructura pública adecuada, han puesto a prueba su capacidad de respuesta. Así, las comunidades han tenido que fortalecer sus formas organizativas tradicionales y desarrollar nuevas acciones colectivas para garantizar el acceso al agua en un contexto de creciente vulnerabilidad ambiental y social.

La gestión comunitaria del agua en Españita se estructura a través de comités locales elegidos bajo el sistema de usos y costumbres, mecanismo que refleja las formas tradicionales de organización social del municipio. Este sistema permite que las responsabilidades sobre el suministro, la protección de las fuentes hídricas y el mantenimiento de la infraestructura recaigan en personas reconocidas por su compromiso comunitario. Aunque el sistema presenta limitaciones, ha permitido conservar prácticas colectivas que fortalecen la participación social y el sentido de responsabilidad compartida frente al acceso y conservación del agua.

Como señala Segreste (2019), los usos y costumbres constituyen un conjunto de normas colectivas que, a pesar de su antigüedad, han logrado adaptarse a los desafíos contemporáneos, manteniendo su vigencia y coherencia dentro del marco comunitario. En este sentido, uno de los espacios fundamentales en la vida comunitaria es la asamblea, donde se discuten los asuntos colectivos y se asignan responsabilidades a los comités comunitarios. Estos comités, en coordinación con el presidente o presidenta de comunidad, gestionan tareas como el abastecimiento de agua, la operación de la infraestructura y la resolución de conflictos. Además, organizan la recaudación de fondos para cubrir el costo de la energía eléctrica de los pozos y coordinan las reparaciones necesarias.

No obstante, este modelo tradicional enfrenta amenazas. Por un lado, el gobierno estatal ha promovido la sustitución del sistema de usos y costumbres por procesos electorales formales a través del Instituto Electoral de Tlaxcala, lo que implicaría la entrada de partidos políticos y podría fragmentar el tejido social, así como debilitar la autonomía local. Por otro lado, la modernización y la migración han alterado las dinámicas comunitarias. La migración masculina, especialmente hacia sectores como la instalación de aire acondicionado o la producción de plastiteja, ha generado vacíos en las tareas agrícolas y comunitarias. A esto se suma el cambio en el modelo agrícola, que ha transitado de la milpa diversificada al monocultivo, reduciendo la sostenibilidad de la producción local.

Pese a estos desafíos, las comunidades han sostenido esfuerzos organizativos. La infraestructura de agua potable fue construida por la población, a partir del momento en que comenzó a aprovechar los pozos profundos. Hasta hoy, las ampliaciones, reparaciones y el mantenimiento son responsabilidad de los comités comunitarios, con escaso apoyo del gobierno municipal. Adicionalmente, a causa de la migración, los espacios de toma de decisiones han comenzado a ser ocupados por mujeres, quienes antes tenían menor presencia. En la comunidad de Álvaro Obregón, por ejemplo, para el periodo 2021-2024 fue elegida presidenta de comunidad una mujer que desempeñó un papel importante en la defensa de los usos y costumbres en el estado. Así, las mujeres han ganado un papel relevante en los espacios públicos del municipio.

Españita, cuyo antiguo nombre náhuatl es *Atzatzacuala*, que significa “lugar de represas”, tiene una larga tradición en el manejo del agua pluvial. Los jagüeyes y zanjas han sido infraestructuras esenciales para almacenar el agua destinada al consumo doméstico, el riego de traspatios y el abastecimiento del ganado. Aunque en el pasado las familias contaban con pozos propios para captar agua de lluvia, esta práctica ha sido en parte reemplazada por cisternas, aunque aún sobreviven algunos pozos familiares. Otras prácticas como el zanjeo, que consiste en abrir canales en terrenos agrícolas para captar agua, retener suelos y proteger la vegetación, también han sido fundamentales. Estas acciones contribuyen a la recarga de los mantos freáticos, al cuidado de los manantiales y a la prevención de incendios forestales. Sin embargo, en años recientes, la disminución de estas prácticas refleja el desgaste de los saberes comunitarios frente a los cambios sociales y ambientales.

A principios de 2023 la escasez de lluvias provocó que muchos jagüeyes y presas permanecieran secos, lo que generó preocupación por la falta de agua para el ganado, el riego y el control de incendios. Ante estas situaciones críticas, la comunidad ha recurrido históricamente a utilizar el agua represada para el consumo doméstico en casos de emergencia. Con la llegada de las lluvias en junio, los cuerpos de agua se llenaron nuevamente, aunque fue necesario que los comités organizaran faenas comunitarias para abrir zanjas y encauzar el agua.

La acción colectiva en la parte alta de la Cuenca, como es el caso de Españita, es fundamental para mantener la recarga hídrica que beneficia a las comunidades ubicadas cuenca abajo. El trabajo comunitario, las asambleas y la gestión colectiva del agua constituyen formas de resistencia que permiten a la población definir cómo vivir y cómo cuidar su territorio. En este sentido, Atzatzacuala no es solo un nombre antiguo: es el reflejo de una forma de vida donde el agua, el trabajo colectivo y el cuidado del entorno son el centro de la organización comunitaria frente a las crisis hídricas y ambientales.

Consideraciones

Este capítulo muestra la complejidad de la gestión comunitaria del agua en la Cuenca del Alto Atoyac, donde los comités locales y los sistemas basados en usos y costumbres juegan un papel central. Sin embargo, los intentos de intervención gubernamental han generado tensiones y resistencias, reflejando que los problemas no son solo ambientales, sino que se entrelazan con deficiencias en infraestructura básica y de salud, lo que evidencia la intersección entre la crisis social y ambiental. Los problemas actuales en la gestión del agua se explican por procesos históricos, sociales y económicos que han moldeado las relaciones entre comunidades y su entorno. Estos procesos han generado desigualdades en el acceso y control del recurso, reforzadas por dinámicas de poder entre actores locales, autoridades e industrias.

Las comunidades expresan percepciones variadas sobre la disponibilidad y calidad del agua, fuertemente influenciadas por su contexto socioeconómico, histórico y cultural. En particular, las narrativas locales reflejan una preocupación creciente por la calidad del agua disponible para el uso doméstico y productivo, vinculada también a los riesgos para la salud. El análisis muestra las contradicciones entre las necesidades de las comunidades locales y las prioridades impuestas por un sistema de industrialización que ha priorizado la explotación del recurso para actividades económicas. Este desequilibrio ha generado tensiones sobre el control y acceso al agua, con las comunidades expresando preocupación por la dependencia creciente del agua embotellada y la desconfianza hacia la red pública, lo que subraya la inequidad en la distribución y acceso al recurso.

Las percepciones de las comunidades locales sobre los problemas ambientales y su relación con el agua son fundamentales para la formulación de políticas públicas más inclusivas y sostenibles. Estas no solo identifican problemas como la contaminación y la escasez, sino que también sugieren soluciones basadas en la gestión comunitaria y en acciones colectivas. Ignorar estas voces puede perpetuar dinámicas de poder desiguales y exacerbar los problemas ambientales en la región.

La crisis ambiental que enfrenta la Cuenca del Alto Atoyac es el resultado de un largo proceso de transformación socioeconómica e industrial. Las percepciones y decisiones de las comunidades en torno al consumo de agua están profundamente influenciadas por la desconfianza hacia las infraestructuras locales y las desigualdades en el acceso al recurso. Las soluciones a estos problemas requieren integrar el conocimiento local con políticas públicas que atiendan no solo los desafíos ambientales, sino también las necesidades sociales de la región.

Referencias

- López Bárcenas, Francisco, Agua y pueblos indígenas (2023). Entre la espiritualidad, el derecho humano y el mercado, México, Colegio de San Luis – Conacyt.
- Juicio de Amparo 646/2023-III, Juzgado Tercero de Distrito en el Estado de Tlaxcala.
- OFICIO No. CE/CEAS/962/23, Contestación a solicitud de información, 22 de septiembre de 2023.
- Segunda Sala, Organismos Públicos Descentralizados. Si bien son órganos de la administración pública, no forman parte de los poderes ejecutivos, federal, estatales, ni municipal, Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta, Novena Época, Tomo XI, enero de 2000, p. 41, visible en <https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/192498>
- Venegas Álvarez, Sonia (2023). Organismo descentralizado de la administración pública. en Contreras Bustamante, Raúl y De la Fuente Rodríguez, Jesús, (coords.), Diccionario Jurídico 2a. ed., México, Tirant lo Blanch – UNAM.
- G. Pérez y Jiménez, D. (2022). Informe de avances junio-noviembre 2022. Proyecto 318959 Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan. CONACYT, Universidad Iberoamericana, Puebla.

Capítulo 4. Diagnóstico sobre producción agrícola, redes solidarias y patrones de consumo en zonas de Tlaxcala y Puebla

La problemática social, sanitaria y ambiental de la Cuenca del Alto Atoyac es compleja debido a los factores económicos, políticos, sociales y ambientales que se conjugan en esta región. Uno de estos factores es el crecimiento urbano - industrial, impulsado por políticas y decisiones que favorecen a la industria como motor de desarrollo. Sin embargo, es fundamental reconocer otras actividades productivas y económicas, algunas de las cuales preexisten en la región y guardan una relación muy estrecha con la identidad de la población local, por lo que no se trata solamente de actividades económicas *per se*, sino de formas de vida con arraigo histórico y cultural.

Como se señaló en el capítulo 2, en España, los procesos históricos, rurales y campesinos se han visto moldeados por las características físicas de la región: planicies, ríos y humedales que originaron suelos fértiles, las cuales favorecieron las actividades agrícolas. Sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo XX, fue determinante el desarrollo de las actividades productivas industriales. Al mismo tiempo, podemos observar el contexto de las actividades agrícolas; por ejemplo, la encuesta nacional agropecuaria (2019) señala que el 60 % de la producción agrícola en la región es de temporal y se basa principalmente en granos, milpa, y cultivos como amaranto, durazno, manzana, tuna, aguacate, que forman parte de la cultura alimentaria local. Esto es resultado de un proceso histórico, pues desde los años 30 hasta los años 80, la población de Tlaxcala y Puebla era predominantemente rural; sin embargo, a partir de los años 80 se intensificaron los procesos de urbanización y concentración industrial, lo

que directamente ha mermado la población rural. Actualmente, el valle de Puebla/Tlaxcala es una de las zonas con mayor crecimiento urbano a nivel nacional, lo que ha ocasionado que solamente el 21 % de la población sea rural (INEGI, 2020).

La población campesina se encuentra todavía sumida en la pobreza, uno de los problemas estructurales más críticos, que persiste como una barrera profunda para el desarrollo social y económico. Aunque se han tenido avances en la reducción de la pobreza laboral, pues los índices eran más altos durante la pandemia, la población rural se encuentra en situación de pobreza laboral; de acuerdo con el último ITLP (Índice de Tendencia Laboral de Pobreza del segundo semestre del 2024), el CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de las Políticas de Desarrollo Social) calcula que el 47.6 % de la población rural no puede comprar la canasta alimentaria con sus ingresos.

La situación a la que se enfrenta la población plantea la necesidad de generar alternativas de trabajo y alimentación que puedan convertirse en opciones viables para la población local y que se vinculen con sus vocaciones laborales históricamente arraigadas, por ejemplo, el desarrollo de circuitos económicos rurales autosustentables. Entre las alternativas más importantes se encuentran la producción agroecológica y la construcción de redes de comercialización y consumo locales, las cuales, pueden integrar dinámicas productivas, sociales, políticas y económicas, acordes al territorio.

En este sentido, el presente apartado se orienta al reconocimiento de las prácticas productivas y comerciales agroecológicas; así como a identificar los retos en cuanto a la estructura de intercambio y consumo, además de las dificultades derivadas de la contaminación que prevalece en la región. En este capítulo se presentan algunos resultados relevantes de los Pronaii: “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca. Atoyac-Zahuapan” 318959 (Pronaces Agua) bajo la dirección técnica de Alfredo Delgado. Específicamente se trabajó en el apartado de “Residualidad y uso de agrotóxicos en la agricultura de Españita, Tlaxcala y al Diagnóstico de hábitos”, así como a “Patrones de consumo a nivel comunitario Sistema Alimentario de familias del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C”. con las aportaciones de Carlos Cuatecontzi Galicia, Fernando Cuatecontzi Galicia, María Virginia González Santiago, Claudia Fernández González, Itzel Ángeles Hernández González y Atenógenes Leobardo Licona Vargas

Asimismo, se presentó información del proyecto “Creación de un sistema comunitario de vigilancia y monitoreo ambiental para la depuración integral del ambiente en la Cuenca Atoyac-Zahuapan, que garantice el derecho sociocultural económico y de la salud de la población residente 318962” (Pronaces Agentes tóxicos y procesos contaminantes), bajo la dirección de Regina Montero Montoya, con la participación de: Rodolfo Omar Arellano, Cristina Cortinas, Fernando Cuatecontzi Galicia, Carlos Cuatecontzi Galicia, Itzel Hernández González, Claudia Fernández González, Atenógenes Leobardo Licona Vargas, María Virginia

González Santiago, Rocío López Vargas, Alejandra Méndez Serrano, Judith Montes de Oca Cruz, Ofelia Mortón Bermea, Emilio Muñoz Berruecos, Federico Pohls Fuentevilla, Reyna Santiago Castillo, Karen Suárez Larios, Leticia Yáñez Estrada y Jessica Zamora.

El proyecto “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de Economía Social y Solidaria en el marco territorial en Puebla y Tlaxcala 316911” (Pronaces Soberanía alimentaria) estuvo bajo la responsabilidad técnica de Marcela Ibarra Mateos, y se presentan los apartados “Diagnóstico de redes: Estudio sobre las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS) en Tlaxcala y Puebla” el cual estuvo a cargo de Rocío García Bustamante, Valeria de León Roblero y Rocío Lorena Hernández Cabrera. El subcapítulo de “Diagnóstico de hábitos y patrones de consumo a nivel comunitario y urbano” se dividió en dos partes, la primera “Patrones de consumo y percepción de la relación entre salud y alimentos en productores y consumidores en tianguis agroecológicos” estuvo a cargo de Leticia López Posada, Claudia Rodríguez Hernández, Angélica Hilda Liliana A. Fuentes y Angelica Isabel Rojas Malpica; y la segunda parte, “Conociendo a consumidores convencionales y agroecológicos en los territorios de Tlaxcala y Puebla, se realizó por Rocío Lorena Hernández Cabrera, Rocío García Bustamante y Valeria de León Roblero. Como parte del equipo del este Pronace de Redes también participaron: Nadia Castillo Romero, Mariana Reyes E. y Francisco Jaimez.

El objetivo de esta sección, es dar cuenta de las problemáticas en la producción agroecológica, así como de la construcción de redes de distribución y consumo, comenzando con una revisión sobre el uso de agroquímicos en el municipio de Españita para evidenciar la problemática asociada al uso de agrotóxicos en la zona, para, posteriormente, presentar un diagnóstico de las estrategias territoriales que impulsan la agroecología, específicamente desde el CES (Centro de Economía Social Julián Garcés); asimismo, se presenta un diagnóstico sobre los procesos organizativos, distribución y comercialización de colectivos y redes agroecológicas en Puebla y Tlaxcala. Finalmente, se presenta un panorama del consumo comunitario y agroecológico, tanto a nivel rural como a nivel urbano en Españita.

Los equipos de trabajo que participaron en este capítulo son interdisciplinarios y están conformados por colectivos de la sociedad civil: CES, Desarrollo y Aprendizaje Solidario A.C.; centros públicos y de educación, como el Departamento de Agroecología de la Universidad Autónoma Chapingo, la Universidad Iberoamericana Puebla, el Instituto de Ecología A.C., y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

4.1. Residualidad y uso de agrotóxicos en la agricultura de España, Tlaxcala

El río Atoyac es uno de los cuerpos de agua más contaminados de México. En sus aguas se ha detectado una alta concentración de fertilizantes y plaguicidas, que afectan gravemente la salud de los ecosistemas y comunidades.

Se han realizado varios estudios al respecto en diversos municipios, sin embargo, en este apartado se aborda el caso de España, Tlaxcala donde el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), una de las organizaciones con presencia y trabajo comunitario en la región, y dónde hay mucho interés de la población por conocer información sobre contaminantes. España es un municipio en donde la agricultura es la actividad predominante y se encuentra alejado de los vertederos industriales; no obstante, se ha detectado que el 19 % de los jóvenes entre 11 y 18 años presenta algún grado de disfunción renal. De éstos, el 50 % tiene residuos de plaguicidas como malatión, glufosinato, glifosato y picloram en sus cuerpos (CONAHCYT, 2023). Ante estos daños a la salud, el Programa Nacional Estratégico de Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes ha considerado como prioritario identificar los agrotóxicos empleados en la zona agrícola de España, donde los pobladores ya sufren consecuencias directas de la exposición ambiental a estas sustancias en su salud¹⁵.

Después de identificar esta problemática, el equipo de investigación e incidencia realizó una caracterización sobre el uso de plaguicidas en España y la calidad del suelo en este municipio; se entrevistó a una muestra representativa de 56 productores, de los cuales el 95 % declaró utilizar plaguicidas. Los principales promotores de su uso fueron identificados como: las tiendas de agroquímicos (60 %), agricultores vecinos o familiares (27 %) y técnicos locales (10 %).

Se determinó que, en la producción de maíz, trigo, cebada y tomate, se utilizan un total de 32 ingredientes activos, de los cuales más del 50 % son clasificados por Pesticide Action Network International como Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP), debido a sus efectos en la salud como disruptores endocrinos, su potencial carcinogénico y su alta toxicidad ambiental (PAM, 2021). Entre los insecticidas más utilizados se encuentran el Cipermetrina, Clorpirifos etil + Permetrina y Carbofuran; mientras que en los fungicidas destacan el Tebuconazol y Propiconazol, y en los herbicidas, el 2,4-D y la Atrazina (**Figura 4.1**). El 19 % de los productores entrevistados reportó haber sufrido intoxicaciones por plaguicidas, de los cuales el 10 % recibió asistencia técnica y el resto se trató con remedios caseros.

15 La información específica se encuentra en el capítulo 2 de este informe, así como en el informe técnico del Pronaii de agentes tóxicos.

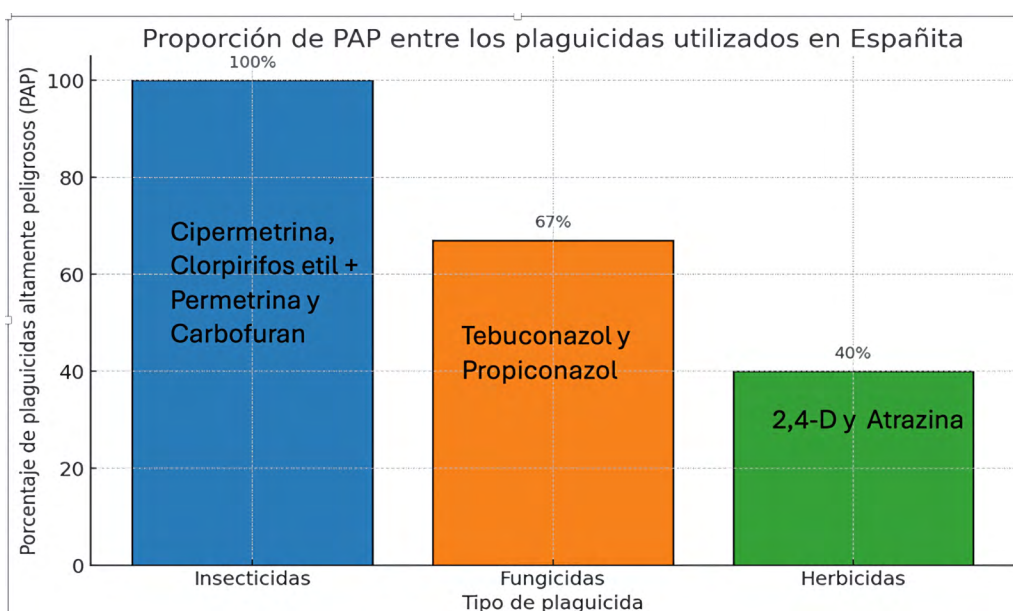


Figura 4.1. Proporción de plaguicidas altamente peligrosos utilizados en España, Tlaxcala. Fuente: Entrevistas a productores del CES y observación etnográfica en 2023.

La exposición a plaguicidas tanto en el hogar como en el ambiente se intensifica en los meses de abril a noviembre de cada año, temporada en la que los agricultores aplican directamente los productos y en el 30 % de los casos con la ayuda de sus familiares. Cabe resaltar que ninguno de los agricultores utiliza equipo de protección personal (EPP), lo que aumenta su riesgo de exposición (**Figura 4.2**).

El riesgo de exposición no termina con la aplicación de plaguicidas, ya que el 23 % de las mujeres lava la ropa utilizada para fumigar, y el 9 % no separa esta ropa de la del resto de la familia. Además, el 19 % de los productores no limpia adecuadamente las mochilas de fumigación, ya que lo realizan en el patio de sus hogares y utilizan productos como cloro.

En cuanto al manejo de envases vacíos, el 55 % los almacena en casa para entregarlos a un camión recolector, el 21 % los deja en la parcela, el 13 % los quema y el 11 % los lleva a las tiendas de agroquímicos.

Características del uso de plaguicidas

Se utilizan 32 plaguicidas principalmente para la producción de maíz híbrido, trigo, cebada y tomate

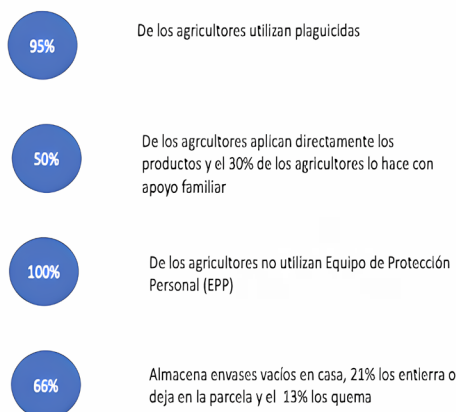


Figura 4.2. Características del uso de plaguicidas. **Fuente:** Entrevistas a productores del CES y observación etnográfica en 2023.

El impacto en el sistema alimentario y en los ingresos familiares por el uso de plaguicidas se manifiesta en la disminución de especies silvestres recolectadas como plantas, hongos e insectos, y en la caza de animales utilizados para el consumo alimenticio.

El uso de plaguicidas es una práctica que data de al menos 20 años atrás en Españita y además es intensiva, pues solo durante tres meses al año no se aplican fumigaciones. Esta intensidad de la aplicación genera una acumulación de sustancias activas en los agroecosistemas. Este escenario pone de manifiesto la necesidad urgente de promover prácticas agrícolas sostenibles y responsables, con el fin de reducir la dependencia de plaguicidas y proteger la salud de las familias, los recursos naturales y la biodiversidad local.

El uso intensivo de plaguicidas en Españita plantea serios riesgos para la salud y el ambiente. El 95 % de los productores emplea estos químicos, lo que contribuye a una alta incidencia de intoxicaciones y exposición prolongada. Los plaguicidas utilizados, en su mayoría clasificados como Altamente Peligrosos, contaminan tanto el suelo como los granos, afectando la calidad del ecosistema y la salud de las familias. La persistencia de estas sustancias en el suelo, junto con la inadecuada disposición de envases y ropa contaminada, amplifica los riesgos asociados.

Ante este contexto, se estudiaron 20 agroecosistemas en el municipio, de los cuales seis corresponden a sistemas en transición agroecológica con acompañamiento técnico del CES y catorce a agroecosistemas bajo agricultura convencional. La caracterización de los agroecosistemas se realizó mediante entrevistas a los dueños de parcelas y a través del levantamiento

de muestras de suelo para su análisis en laboratorio. Se determinaron propiedades físicas y químicas del suelo, residualidad de plaguicidas y la concentración de metales y metaloides. Además, se evaluó la residualidad de plaguicidas en muestras de granos provenientes de estas mismas parcelas.

Mediante las entrevistas, se determinó que ambos agroecosistemas se encuentran en diferente nivel de transición agroecológica, dado que utilizan bajas cantidades de insumos agrícolas industriales y realizan prácticas agroecológicas como la rotación de cultivos, mantienen la diversidad biológica en los bordos y linderos de las parcelas, reciclan el rastrojo y aplican estiércol de manera intermitente.

Los resultados mostraron que los suelos de los agroecosistemas en transición tienen mayor contenido de materia orgánica (MO) y pH neutro en el suelo. Estas condiciones confieren mejores posibilidades de amortiguar el efecto de la presencia de metales y metaloides en los alimentos cultivados, en comparación con las condiciones del suelo en agroecosistemas convencionales. Asimismo, se encontró que el As, Cd y B están por debajo del límite práctico de cuantificación, por su parte, el Ni, Co, Ba, Cr, Pb se encuentran en todos los agroecosistemas estudiados, pero por debajo de las concentraciones máximas aceptables establecidas por la normativa nacional e internacional (SEMARNAT, 2007 y Belmonte-Serrato et al., 2010).

Sin embargo, pese a que los metales y metaloides no superan los límites permisibles, sí se detectó la presencia residual de plaguicidas. El 50 % de las parcelas con manejo convencional presentó residuos de plaguicidas como el insecticida clorpirifos etil, un organofosforado tóxico para la reproducción humana (Bejarano y Rojas-García, 2023), además del insecticida clotianidina que es altamente tóxico para las abejas (PAM, 2021) y azoxistrobin, que es un fungicida con efectos neurotóxicos (Seltenrich, 2022). Asimismo, el 9 % de los granos presentaron trazas de tebuconazol, un fungicida con potencial riesgo para la reproducción humana y por ser carcinogénico (PAM, 2021). Todas estas sustancias, a excepción del azoxistrobin, se encuentran en la lista de plaguicidas altamente tóxicos de Pesticide Action Network International (PAM, 2021).

4.2. Diagnóstico de redes: Estudio sobre las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS) en Tlaxcala y Puebla

La soberanía alimentaria es una de las prioridades destacadas en los Programas Nacionales Estratégicos de Investigación e Incidencia promovidos por el CONAHCYT, éstos buscan transformar el sistema agroalimentario para mejorar el bienestar de la población, abordando varios problemas fundamentales como la desigualdad en la distribución de riqueza, la

precarización laboral en áreas rurales, el consumo creciente de alimentos ultra procesados y el debilitamiento de pequeños productores frente a grandes oligopolios agroindustriales.

Como resultado, el Pronaii “Fortalecimiento y habilitación de redes alimentarias realizado en Puebla y Tlaxcala”, se enfocó en el reconocimiento y diagnóstico de Iniciativas Alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria (IAEPSS), las cuales son impulsadas por organizaciones y/o colectivos que promueven la producción y el intercambio de alimentos en contextos tanto rurales como urbanos. Estas iniciativas se consideran prácticas de Economía Social y Solidaria (ESS) ya que se distinguen por su enfoque en las personas y el trabajo, resignifican las relaciones económicas en contraste con la lógica capitalista que domina el sistema agroalimentario convencional. Las IAEPSS, son desplegadas por distintos actores sociales, quienes intentan generar alternativas de trabajo, alimentación y vida, desde lo local (García- Bustamante, R. y de León, V. 2023).

Asimismo, como parte de las actividades del proyecto, se logró conformar una red llamada Cosoali (Construyendo Soberanía alimentaria), la cual, está compuesta por 25 organizaciones, que impulsan actividades de producción, intercambio y/o acompañamiento agroecológico bajo diferentes actividades. Esta red busca aportar en la construcción de sistemas alimentarios alternativos que vinculen a productores y consumidores a través de redes como el Tianguis Alternativo de Puebla¹⁶ y el Mercado Alternativo de Tlaxcala.

Específicamente, el objetivo de este proyecto fue diseñar e instrumentar elementos de identificación, evaluación, análisis y desarrollo de redes de producción, distribución, comercialización y consumo, compuestas por Iniciativas Alimentarias de Economía Social y Solidaria (IAESS) en Puebla-Tlaxcala, con la intención de contribuir a la construcción de sistemas alimentarios locales justos, solidarios, agroecológica y nutrimentalmente pertinentes.

Para identificar las iniciativas, se aplicaron metodologías mixtas, tanto cualitativas como cuantitativas, así como la consulta de diversos programas públicos relacionados con la producción agrícola y la economía social. Se diseñaron una serie de criterios productivos, organizativos, ambientales, económicos y sociales, los cuales permitieron seleccionar a las organizaciones susceptibles de participar en el estudio y en la conformación de una red territorial. A partir de ahí, se aplicaron a las organizaciones un cuestionario para identificar sus características, así como diversas prácticas. Una vez realizado este proceso, realizó un diagnóstico participativo, el cual se aplicó en un encuentro regional, que permitió tener una lectura más específica de las iniciativas, así como facilitar la interacción entre las mismas.

16 El Tianguis Alternativo de Puebla se encuentra todos los sábados de 10 am a 3 pm en calle Dalias 6103, colonia Bugambilias en Puebla, Puebla y El Mercado Alternativo de Tlaxcala se encuentra todos los viernes en calle Miguel Guridi y Alcocer 1, Parque de San Nicolás Tlaxcala, Tlaxcala.

En el estudio del Pronaii “Fortalecimiento y habilitación de redes”, se identificaron 49 redes en Puebla y 40 redes en Tlaxcala ubicadas en 26 municipios, sin embargo, para este trabajo solamente participaron activamente 36 (**Figura 4.3**). Estas iniciativas se caracterizaron por el interés en la producción, transformación e intercambio de alimentos agroecológicos, así como por conservar y promover semillas nativas, contribuir a la soberanía alimentaria, al desarrollo comunitario para mejorar la economía de los participantes.

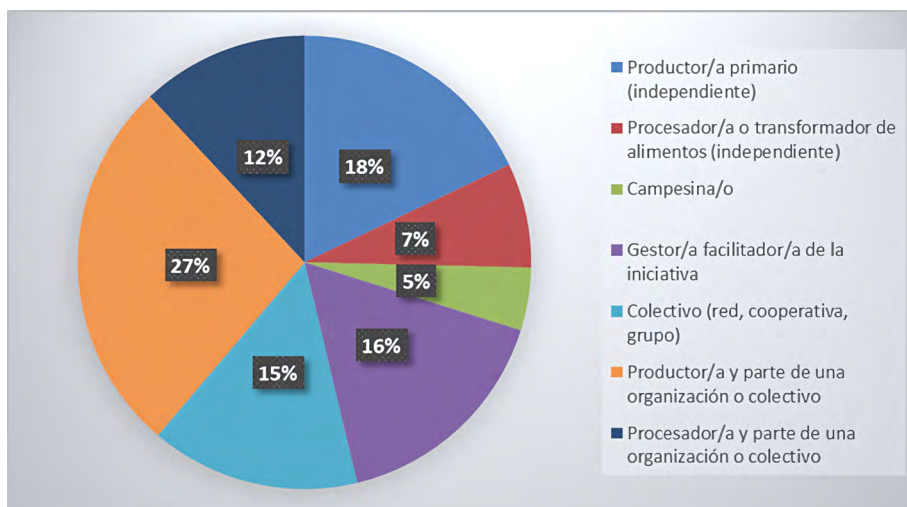


Figura 4.3. Actividades de los participantes en el estudio. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

Como resultado de los diagnósticos, se identificaron iniciativas que comparten valores fundamentales como: respeto, honestidad, confianza, solidaridad, responsabilidad y compromiso, esto, contrasta con otros proyectos alimentarios que a menudo se centran solamente en una lógica mercantil. Asimismo, se detectó una necesidad e interés de las IAEPS por crear vínculos a nivel territorial (redes), a fin de reforzar sus procesos, mejorar la producción de alimentos agroecológicos, el intercambio de conocimientos, el apoyo mutuo, la comercialización solidaria y las prácticas para cuidar el medio ambiente (**Figura 4.4**).

Además, en este diagnóstico se reconoció el papel de los gestores de las IAEPS, pues ellos coordinan recursos y procesos conforme a los valores de cada iniciativa. Esta labor, la cual requiere de una considerable dedicación, a menudo no recibe el reconocimiento adecuado; en muchos casos, los productores y colectivos asumen estas responsabilidades tales como: la comercialización de alimentos, el contacto con productores, la gestión de ventas, el acopio y procesamiento de insumos, y la administración de recursos. En resumen, la figura de los gestores es fundamental para el funcionamiento de las redes.



A pie chart illustrating the distribution of organizational types. The chart is divided into five segments, each labeled with a percentage. The segments are: a large blue segment (44%), a light blue segment (28%), a purple segment (16%), a green segment (12%), and a very small segment at the bottom (0%). A legend to the right of the chart maps these colors to their respective organizational types.

Organización	Porcentaje
Sociedad civil organizada	44%
Institución gubernamental	28%
Institución privada	16%
Organización sin fines de lucro constituida	12%
Otro	0%

Figura 4.5. Tipo de organización de las iniciativas identificadas. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

También se encontró que aproximadamente el 60 % de los miembros de estas iniciativas son propietarios de sus tierras, lo cual, les confiere autonomía en sus procesos productivos. Estas iniciativas producen y transforman alrededor de 184 tipos de alimentos y productos, transforman un 28 % en conservas y otros productos procesados. Algunos ejemplos de productos incluyen verduras (18 %), frutas (13 %), granos (12 %), miel (6 %), y el resto abarca proteínas, lácteos, especias, entre otros.

De igual forma, se encontró que la principal forma productiva de las iniciativas es la milpa, la cual incluye cultivos como maíz, calabaza y frijol. Asimismo, se identificó que el 45 % de las iniciativas tienen cultivos de riego y temporal. Como prácticas agroecológicas se reconoció que el 47 %, aplica compostas para fertilizar, el 43 % emplea métodos biológicos y preparados para el manejo de plagas y finalmente, el 79 % utiliza la rotación de cultivos. En las siguientes figuras (4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10) se puede apreciar los resultados obtenidos.

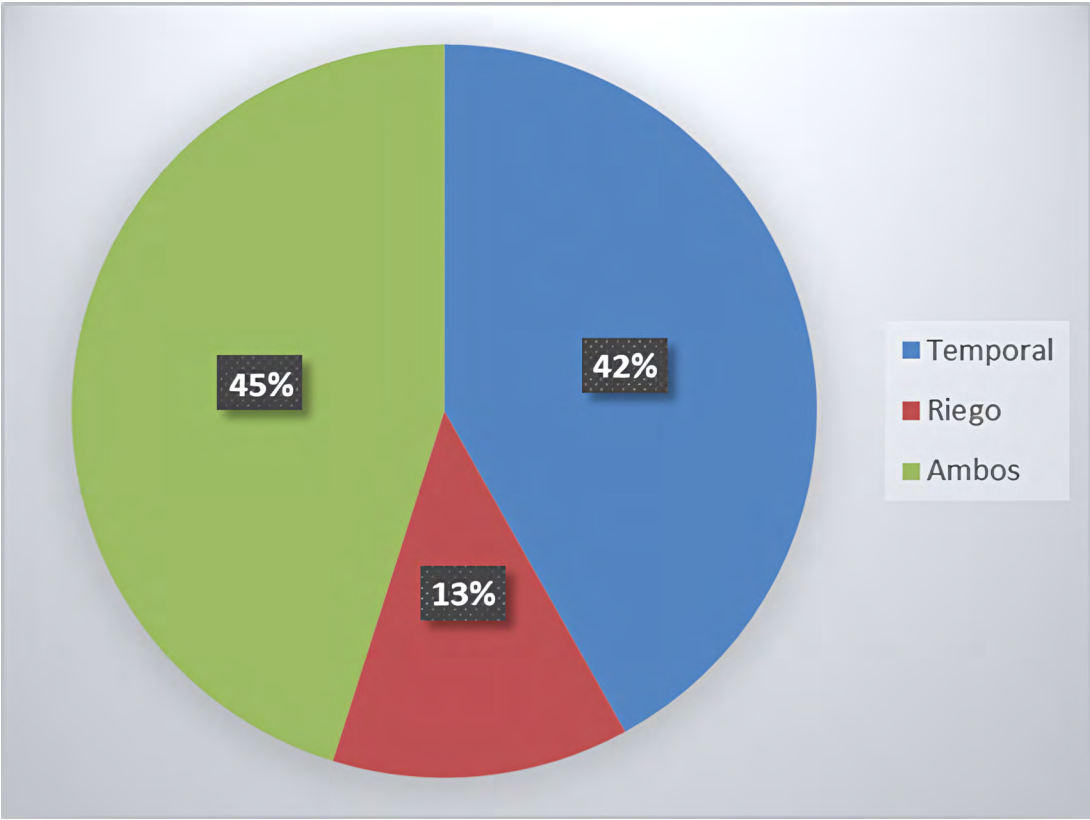


Figura 4.6. Clasificación de cultivos en relación con el agua. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

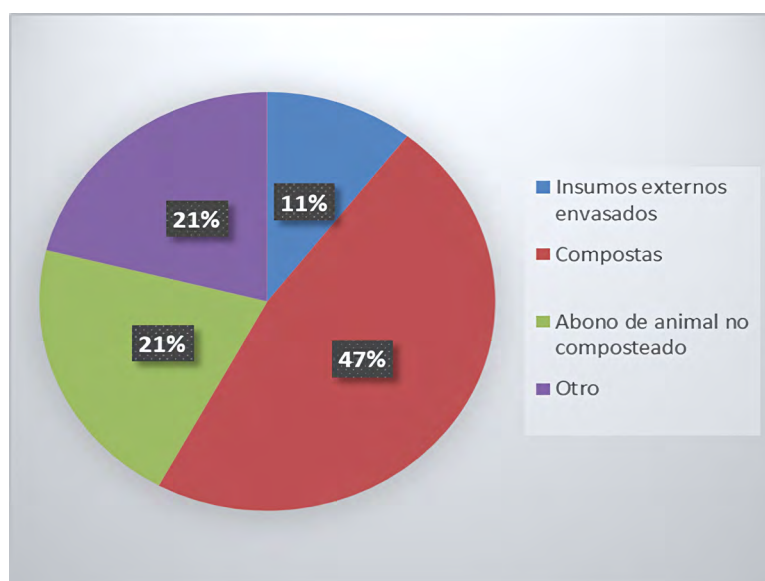


Figura 4.7 Tipos de abonos que las iniciativas utilizan. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

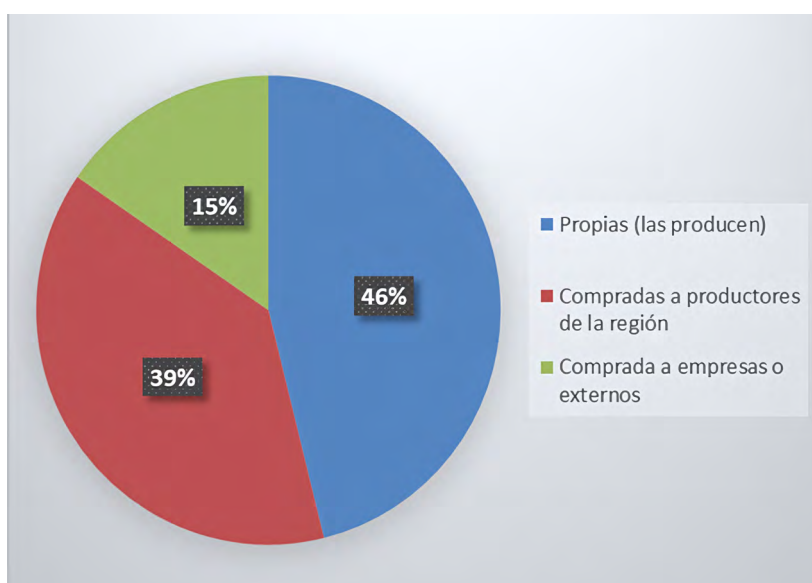


Figura 4.8 Origen de las semillas utilizadas por las iniciativas. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

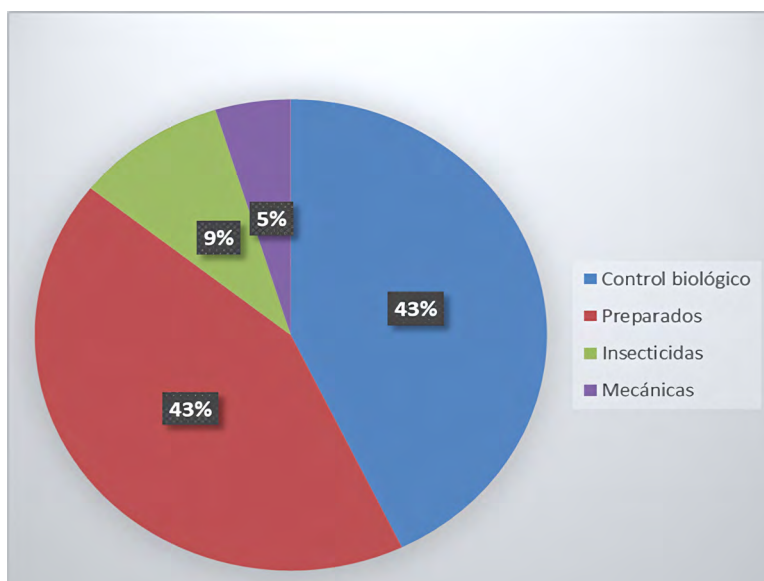


Figura 4.9. Prácticas de control biológico. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

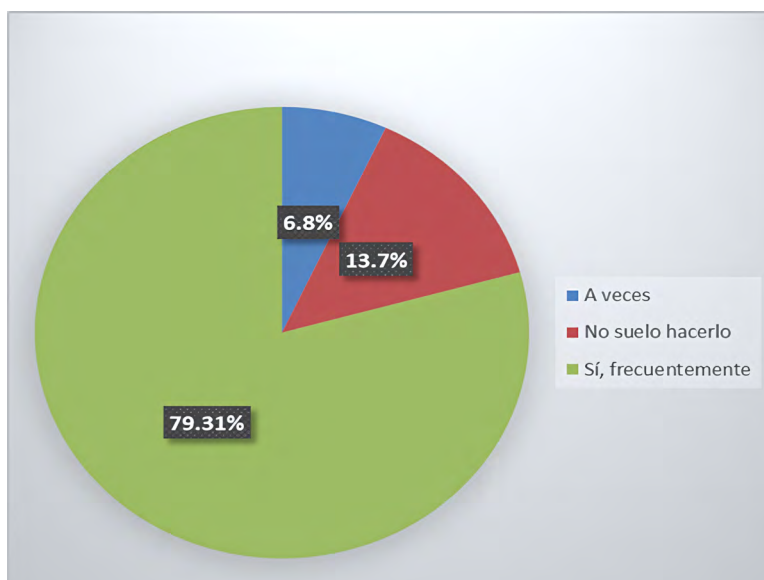


Figura 4.10. Porcentaje de las iniciativas que practican la rotación de cultivos. **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

Otras prácticas ecológicas utilizadas fueron la captación y tratamiento de agua, el compostaje, reciclaje y reducción de plásticos. De igual manera, las IAEPSS trabajan en la conservación de semillas de las cuales, el 82 % utiliza especies endémicas, lo que contribuye a la preservación de la biodiversidad, la cultura alimentaria y los paisajes locales; además, las iniciativas buscan diversificar sus cultivos, es así que el 40 % cuenta con 20 o más cultivos.

En cuanto a la organización del trabajo, el 65 % de las organizaciones toman decisiones de manera colectiva, principalmente a través del diálogo, consenso y asambleas, mientras que solo el 5 % delega las decisiones a una sola persona; cabe mencionar que el 12.5 % de las iniciativas que son familiares, toman decisiones centralizadas en un miembro de la familia. Las formas organizativas de las iniciativas incluyen grupos de trabajo, comisiones, equipos y representantes comunitarios; sin embargo, como se mencionó, la mayoría de las IAEPS no están legalmente constituidas, lo que limita su acceso a recursos económicos y su capacidad de expansión; dentro de las causas de la informalidad sobresalen la falta de recursos económicos para hacerlo, así como el conocimiento sobre los procesos.

En términos de composición, el 66 % de las organizaciones están conformadas por mujeres, principalmente adultas de 35 a 59 años, seguidas por jóvenes de 15 a 24 años y mujeres mayores de 60 años (**Figura 4.11**). Esto resalta el papel fundamental de las mujeres en los procesos organizativos y la integración creciente de jóvenes, lo que facilita el relevo generacional y el desarrollo de estas iniciativas.

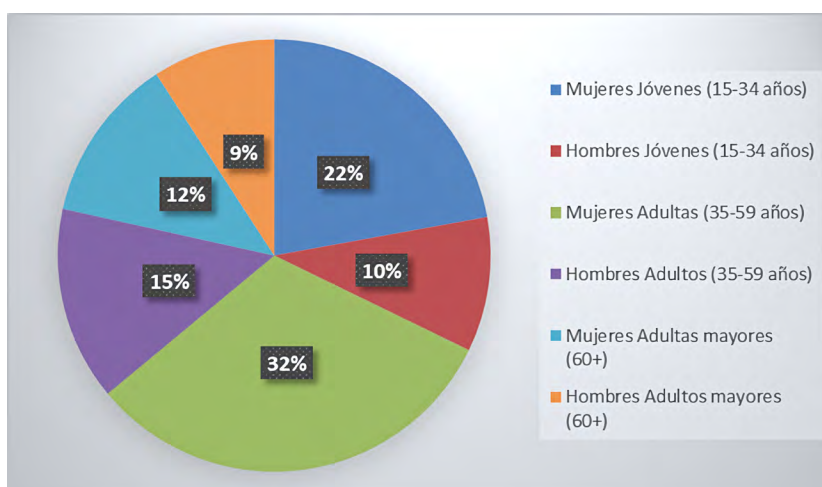


Figura 4.11. Mujeres y hombres en las IAEPS **Fuente:** Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala, 2024.

El estudio examinó la distribución de trabajos productivos y de cuidados entre hombres y mujeres en las IAEPS. Se observó que, aunque ambos géneros participan en la mayoría de los trabajos analizados, las mujeres realizan una parte significativamente mayor, especialmente en el ámbito doméstico. Lo anterior coincide con las Encuestas Nacionales de Uso de Tiempo en México (2020), las cuales confirman que las mujeres trabajan casi siete horas más a la semana que los hombres, dedicando gran parte de su tiempo a trabajos no remunerados. Sin embargo, en algunas IAEPS las mujeres participantes refieren tener una mayor autonomía económica y mencionan que su participación en espacios públicos y comunitarios ha aumentado.

Por otra parte, dentro del diagnóstico se reconocieron algunas prácticas de comercialización como mercados agroecológicos, alternativos y/o tradicionales, así como tianguis, los cuales permiten vender de manera directa sus productos, aunque la figura del intermediario sigue estando presente. Además de estos métodos comerciales, las IAEPSS realizan otras prácticas de intercambio como trueques, con vecinos, venta directa en huertos o locales propios. Asimismo, las prácticas de economía solidaria identificadas en las iniciativas son el uso de monedas alternativas (23,08 %) y la participación práctica de ahorro comunitario (35.9 %).

Las IAEPSS tienen un impacto significativo en sus integrantes y en la comunidad en general. Para escalar sus procesos, establecen vínculos con actores locales, pues el 87 % de las iniciativas se organizan en colaboración con otras personas o iniciativas en su territorio para producir, distribuir, vender e intercambiar alimentos, destacando la importancia de estas colaboraciones para fortalecer las redes comunitarias.

En cuanto a los retos que enfrentan las IAEPSS se encuentran: dificultades en la comercialización, transformación de productos, y distribución. A pesar de estos desafíos, han logrado avances importantes en la producción agroecológica y en la construcción de redes colaborativas y de apoyo, además del creciente interés en la alimentación agroecológica.

Para avanzar hacia la soberanía alimentaria, es esencial fortalecer las IAEPSS mediante un mayor apoyo y colaboración con actores sociales, la integración de políticas públicas adecuadas y el reconocimiento del trabajo de los gestores y facilitadores, la valorización de las prácticas agroecológicas, la equidad de género y la mejora en la comercialización y distribución (García-Bustamante; de León y Hernández, 2023).

Además de reconocer el papel de las iniciativas enfocadas a la producción y comercialización de productos agroecológicos, es importante reconocer el papel que tienen los consumidores, los patrones, los hábitos y demás información que brinde un panorama sobre sus posibilidades.

4.3. Diagnóstico de hábitos y patrones de consumo a nivel comunitario y urbano

Diagnóstico de consumo comunitario: Sistema Alimentario de familias del Centro de Economía Social Julián Garcés A.C.

Los sistemas alimentarios son estructuras complejas que juegan un papel esencial en la disponibilidad, producción, distribución y consumo de alimentos. Bajo el enfoque agroecológico, estos sistemas se orientan hacia la promoción de una alimentación de carácter regional,

sustentada en cadenas de suministro más cortas y centradas en la agrobiodiversidad, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el conocimiento local. Este enfoque también busca asegurar que los beneficios y riesgos del sistema alimentario sean distribuidos equitativamente entre todos los participantes. El diagnóstico del sistema alimentario local en el CES es crucial para desarrollar un sistema agroecológico que priorice la sostenibilidad, el cuidado ambiental y la salud, especialmente en el contexto de los desafíos socioambientales exacerbados por la pandemia de COVID-19.

Como parte de los trabajos realizados en el Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario” se realizó un estudio cuyo objetivo principal fue analizar el sistema agroecológico de las familias del CES, centrándose en el consumo, los saberes y prácticas relacionadas con especies domesticadas y silvestres que forman parte de su dieta y su impacto en la economía familiar. Específicamente para este diagnóstico, se realizó una encuesta a 48 familias participantes en los mercados de la Asamblea Tianguis y actividades del CES, distribuidas en 13 localidades de la Cuenca Atoyac-Zahuapan, todas ellas ubicadas en el estado de Tlaxcala. La encuesta realizada en los domicilios de las familias abordó aspectos relacionados con los alimentos consumidos, su origen y el impacto de la autoproducción en la dieta y economía familiar.

Los resultados del diagnóstico revelaron información detallada sobre el consumo de siete grupos alimentarios: alimentos procesados, carnes, derivados animales, frutas, granos, leguminosas y verduras. A continuación, se presentan los hallazgos más importantes:

- **Alimentos Procesados:** Las familias consumen en promedio 28.65 tipos de alimentos procesados, con un 87 % de estos adquiridos en tiendas locales o centros urbanos. Entre los alimentos procesados más consumidos están el azúcar, aceite vegetal, sal, pastas y pan. Las tortillas hechas a mano son producidas por el 85 % de las familias, mientras que el pan de sal o dulce es producido únicamente por el 8 % de las familias.
- **Carnes:** Se identificaron 12 tipos de carnes en el consumo familiar, con un promedio de 8.19 tipos consumidos. El 98 % de las familias no consumen carne diariamente. La mayoría de las carnes provienen de tiendas, pollerías o mercados. Pollo, carne de cerdo y atún enlatado son las carnes más consumidas. Un 80 % de las familias cría pollos para autoconsumo, aunque no se especifica si esta producción cubre el total de las necesidades completas.
- **Derivados Animales:** Las familias mencionaron 19 derivados animales, consumiendo en promedio 12.35 tipos. El huevo, queso, leche y yogurt son los derivados más consumidos, siendo el huevo el que se produce en mayor cantidad (67 % de las familias). Sin embargo, la producción de leche, miel, queso y yogurt es limitada.
- **Frutas:** Se reportaron 38 frutas, con un consumo promedio de 23.38 tipos. Las frutas se adquieren principalmente en mercados, tiendas o a través de camionetas

que venden en las localidades. Las frutas más consumidas incluyen limón, plátano, manzana y papaya. Las familias también producen frutas, como durazno y tunas.

- **Granos:** Se determinó que las familias consumen en promedio 3.26 tipos de granos, incluyendo maíz, arroz, avena y amaranto. El maíz es el grano más producido en el hogar (88 % de las familias), pero la suficiencia de esta producción no está claramente establecida.
- **Leguminosas:** Se identificaron 7 leguminosas en el consumo familiar, con un promedio de 5.48 tipos consumidos. El frijol, la lenteja y el haba son las leguminosas más consumidas regularmente. El frijol y el haba son producidos por el 67 % de las familias, aunque se desconoce si la producción es suficiente para cubrir las necesidades anuales.
- **Verduras y Hortalizas:** Las familias reportaron el consumo de 48 verduras y hortalizas, con un promedio de 38 tipos consumidos. Las verduras y hortalizas se compran en mercados, tiendas locales o a través de camionetas. Las más consumidas son jitomate, cebolla, ajo, tomate verde y zanahoria. Muchas verduras y hortalizas también se producen en los hogares, como el nopal y las calabazas.

El diagnóstico del sistema alimentario local de las familias del CES revela una dependencia significativa de los alimentos procesados y productos comprados en tiendas y mercados, aunque también muestra una importante autoproducción de alimentos básicos como maíz, frijoles, frutas y verduras. La producción doméstica de alimentos varía según el tipo de producto y la capacidad de cada familia para satisfacer sus necesidades alimentarias. La integración de prácticas agroecológicas y el fortalecimiento de la producción local pueden contribuir a una mayor autosuficiencia y resiliencia del sistema alimentario.

Este análisis hace énfasis en la necesidad de fomentar la producción local y diversificada para mejorar la autonomía alimentaria y la economía familiar en la región. Además, el estudio resalta la necesidad de continuar apoyando iniciativas que promuevan el autoconsumo y la soberanía alimentaria en comunidades locales, lo que puede contribuir a un sistema alimentario más sostenible y equitativo.

Patrones de consumo y percepción de la relación entre salud y alimentos en productores y consumidores en tianguis agroecológicos

La relación entre dieta y salud es clara y ha sido documentada históricamente según la población y la oferta alimentaria disponible. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018) destaca que una dieta saludable previene la malnutrición y enfermedades crónicas no transmisibles como diabetes, obesidad, cáncer y problemas cardiovasculares. Los patrones alimentarios, influenciados por factores culturales y económicos, han cambiado significativamente en México en el último siglo, con una transición de dietas tradicionales ricas en nutrientes hacia

dietas occidentales basadas en alimentos ultraprocesados, lo que ha contribuido al aumento de enfermedades crónicas (Gómez Delgado, 2019). En contraste, la dieta de la milpa, un sistema agrícola tradicional, ofrece beneficios nutricionales y ambientales significativos.

Como parte de las actividades del Pronaii en Soberanía alimentaria “Fortaleciendo redes de producción y consumo”, se realizó este estudio cuyo objetivo principal fue analizar los patrones alimentarios y la percepción sobre la relación entre salud y alimentos en productores y consumidores de tianguis agroecológicos. Esto incluye evaluar la frecuencia de consumo de alimentos de la dieta occidental y la dieta de la milpa, y explorar cómo estos patrones impactan la salud. Se busca también identificar las motivaciones detrás de las elecciones alimentarias y recopilar información sobre recetas tradicionales.

Para lo anterior, es importante considerar que la dieta es un proceso biocultural que une necesidades biológicas con factores sociales y culturales (Suárez Solana, 2016). Hoy, las decisiones alimentarias se enfocan más en nutrientes y salud que en aspectos simbólicos (Arnaiz, 2007). Una dieta saludable debe beneficiar tanto al ser humano como al planeta, en concordancia con los objetivos de desarrollo 2030 (Comisión EAT-Lancet, 2019). En México, el aumento de dietas ultraprocesadas ha incrementado las enfermedades crónicas (Gaona Pineda et al., 2017).

Asimismo, se considera que los patrones alimentarios son combinaciones recurrentes de alimentos que reflejan preferencias culturales y económicas, y afectan la salud y el mercado alimentario. La cultura y las creencias son determinantes en la elección de alimentos (Galán Ramírez, 2021). A pesar de los beneficios de la globalización, es esencial retomar alimentos tradicionales para lograr una dieta más equilibrada y sostenible (Rapallo et al., 2019).

En este sentido se observó que la dieta occidental, rica en alimentos procesados y baja en nutrientes, está relacionada con un aumento de enfermedades crónicas como diabetes y obesidad. Su producción también tiene un alto impacto ambiental, contribuyendo a la emisión de gases de efecto invernadero y al agotamiento de recursos (Ursa Herguedas, 2023; Lizarazo, 2017). En contraste, la dieta de la milpa, basada en cultivos tradicionales sostenibles, ofrece beneficios nutricionales y ambientales (Leyva Trinidad y Pérez Vázquez, 2020).

La selección de alimentos está influenciada por factores biológicos, culturales y económicos. Las costumbres alimentarias se desarrollan desde la infancia y se ajustan a la independencia económica y la disponibilidad de alimentos. Las decisiones alimentarias también se basan en creencias, valores y preocupaciones de salud (Arroyo, 2022; García Saldaña, 2014).

Para obtener datos sobre la frecuencia de consumo de alimentos de la dieta occidental y de la dieta de la milpa, se realizó una investigación exploratoria utilizando una entrevista

semiestructurada; además, se diseñó un cuestionario que incluyó preguntas sobre hábitos alimenticios, salud y recetas tradicionales, validado mediante pruebas piloto.

El proceso metodológico de este estudio consistió en ubicar mercados agroecológicos en Puebla y Tlaxcala. En Puebla, se identificaron tres mercados: Tianguis Alternativo de Puebla, Mercado Paki, y Tameme. Para el caso de Tlaxcala se trabajó en el Mercado Alternativo de Tlaxcala y el Mercado Agroecológico de Apizaco. En estos espacios se aplicaron cuestionarios que permitían recabar información sobre patrones de consumo y las percepciones sobre la relación salud-alimentación. Este proceso se realizó durante el periodo de agosto a octubre de 2023, en donde se aplicaron 55 encuestas.

Algunos resultados mostraron que, del total, el 67 % de los encuestados eran mujeres y el 33 % hombres, con una edad que variaba entre 20 y 73 años, el 70 % tenía un negocio propio, seguido por estudiantes y jubilados.

Asimismo, a partir de las encuestas se encontraron los siguientes resultados:

- **Frecuencia de consumo de alimentos de la dieta occidental.** La encuesta sobre la dieta occidental reveló que el 56.4 % consume aceites vegetales y manteca diariamente, mientras que el 38.2 % consume carne roja de dos a 3 veces por semana. Los alimentos menos consumidos incluyen alimentos enlatados (43.7 %), procesados (50.9 %) y azúcar refinada (40 %). En contraste, entre dos y tres veces por semana, los encuestados consumen huevo, oleaginosas, pan, pescado y pollo. Las frutas, leguminosas, tortillas y verduras se consumen entre 6 y 7 días a la semana por el 52.7 %, 34.5 %, 69.1 % y 63.6 % respectivamente, mientras que el 38.2 % no consume leche de vaca.
- **Frecuencia de consumo de alimentos de la dieta de la milpa.** La encuesta de la dieta de la milpa mostró que los aceites (38.2 %), cereales integrales (29.1 %) y frutas (58.2 %) se consumen

6-7 veces por semana. Los alimentos menos frecuentes incluyen bebidas tradicionales como pulque (45.5 %) y carne roja (45.5 %). Los alimentos consumidos 2-3 veces por semana incluyen huevo (32.7 %) y tubérculos (43.6 %).

- **Cambios alimentarios y percepción de salud.** El 7 % de los encuestados no ha realizado cambios alimentarios, mientras que el azúcar, leche y refrescos fueron los alimentos eliminados más comúnmente. Las frutas y verduras son vistas como los alimentos más saludables, mientras que el azúcar y los panes son considerados los más dañinos.

- **Aspectos para la elección de alimentos y platillos tradicionales.** El 83.7 % consume platillos tradicionales, y de estos, el 71 % además sabe prepararlos. El platillo más mencionado es el mole poblano.

Por otra parte, para complementar el conocimiento de los patrones de consumo expuestos en este capítulo, es necesario tener una lectura desde los hábitos, prácticas y preferencias de los consumidores, mismos que se abordan en el siguiente apartado.

Conociendo a consumidores convencionales y agroecológicos en los territorios de Tlaxcala y Puebla

El consumo consciente para expandir las redes de las Iniciativas agroalimentarias de Economía Popular Social y Solidaria IAEPSS

Una alimentación adecuada es un derecho que debe garantizar acceso a alimentos saludables y culturalmente pertinentes. En el contexto de las IAEPSS, el consumo consciente, es aquel en el que el consumidor problematiza y cuestiona la forma de consumir (Rodríguez, R., 2019), es así como opta de manera informada por su mejor opción de compra o prefiriendo la decisión que tenga el menor impacto negativo al considerar la frugalidad en lo que adquiere y el equilibrio con el ecosistema (Celorio y López de Munain, 2007; Vega Tandazo, 2016). Esto se convierte en un acto político, ya que permite a los consumidores evaluar y seleccionar los valores sociales y ambientales de los alimentos. Este tipo de consumo no solo fomenta una relación más justa entre productores y consumidores, sino que también contribuye a la construcción de redes solidarias basadas en el respeto mutuo y la cooperación. Sin embargo, el acceso equitativo a alimentos saludables sigue siendo un desafío, especialmente para los sectores populares. Las redes de IAEPSS pueden proporcionar alternativas alimentarias accesibles y saludables, promoviendo la soberanía alimentaria y permitiendo a las comunidades decidir sobre su producción y consumo de alimentos. En este sentido, los mercados agroecológicos juegan un papel importante al promover la agroecología y la economía solidaria, creando espacios para el intercambio y la acción política en torno a los alimentos.

Para fortalecer las redes de producción y consumo de alimentos dentro de las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS), es necesario entender a los consumidores, es por eso por lo que este estudio busca proporcionar a las IAEPSS información sobre las preferencias y prácticas de consumidores conscientes y convencionales en Puebla y Tlaxcala.

Con el objetivo es identificar estrategias que promueven el consumo de alimentos agroecológicos y orgánicos, se utilizaron tres instrumentos de investigación: encuestas en mercados y tianguis para consumidores de mercados agroecológicos o alternativos a los que

se clasificaron como consumidores conscientes, y un cuestionario en línea para consumidores convencionales, considerados a aquellos que no consumen en este tipo de mercados. Es así como los resultados ofrecen un panorama general de las preferencias y prácticas de ambos tipos de consumidores.

El estudio reveló que los consumidores convencionales en Puebla, con una edad promedio de 39 años, son principalmente mujeres con nivel educativo de licenciatura que destinan un porcentaje considerable de sus ingresos a alimentos, con una preferencia notable por supermercados (75 %) y mercados públicos (69.2 %). Los motivos principales para elegir estos lugares son el precio, la disponibilidad y la cercanía (**Figura 4.12**).

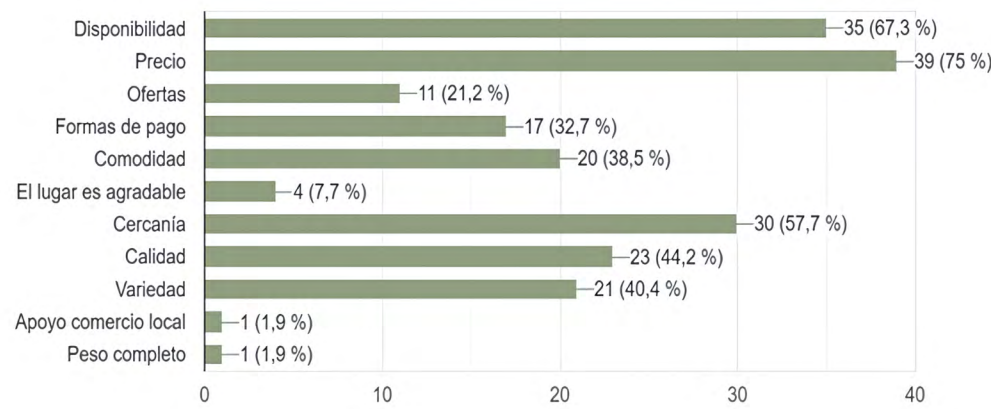


Figura 4.12. Principales motivos para seleccionar los lugares de compra **Fuente:** Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos, 2024.

La mayoría realiza sus compras en auto propio y prefiere los fines de semana. Las compras varían desde productos de origen animal, frutas y verduras, hasta alimentos procesados. Los grupos de enfoque mostraron que los consumidores de ingresos bajos priorizan el ahorro y la frescura, comprando frecuentemente en tianguis y mercados locales. En contraste, los consumidores de ingresos medios tienen un acceso más amplio a productos y prefieren supermercados y tiendas especializadas, además de considerar la frescura, toman en cuenta la calidad y el gusto como factores determinantes.

En cuanto a los consumidores conscientes, principalmente mujeres con nivel de licenciatura y de edades alrededor de los 45 años, se abastecen principalmente en mercados agroecológicos y tianguis. Este grupo destina un mayor porcentaje de sus ingresos a alimentos y prefiere mercados agroecológicos por la calidad y la interacción social que ofrecen. A pesar de la demanda específica, los mercados ecológicos no siempre cubren todas las necesidades, obligando a algunos consumidores a recurrir a supermercados para ciertos productos. La mayoría está dispuesta a pagar un sobreprecio por alimentos ecológicos si se constatan los

beneficios. Además, valoran las interacciones sociales y el contacto con los productores, lo que añade un valor emocional a su experiencia de compra, destacando la importancia de los mercados agroecológicos no solo como puntos de venta sino también como espacios de encuentro y comunidad (**Figura 4.13**).

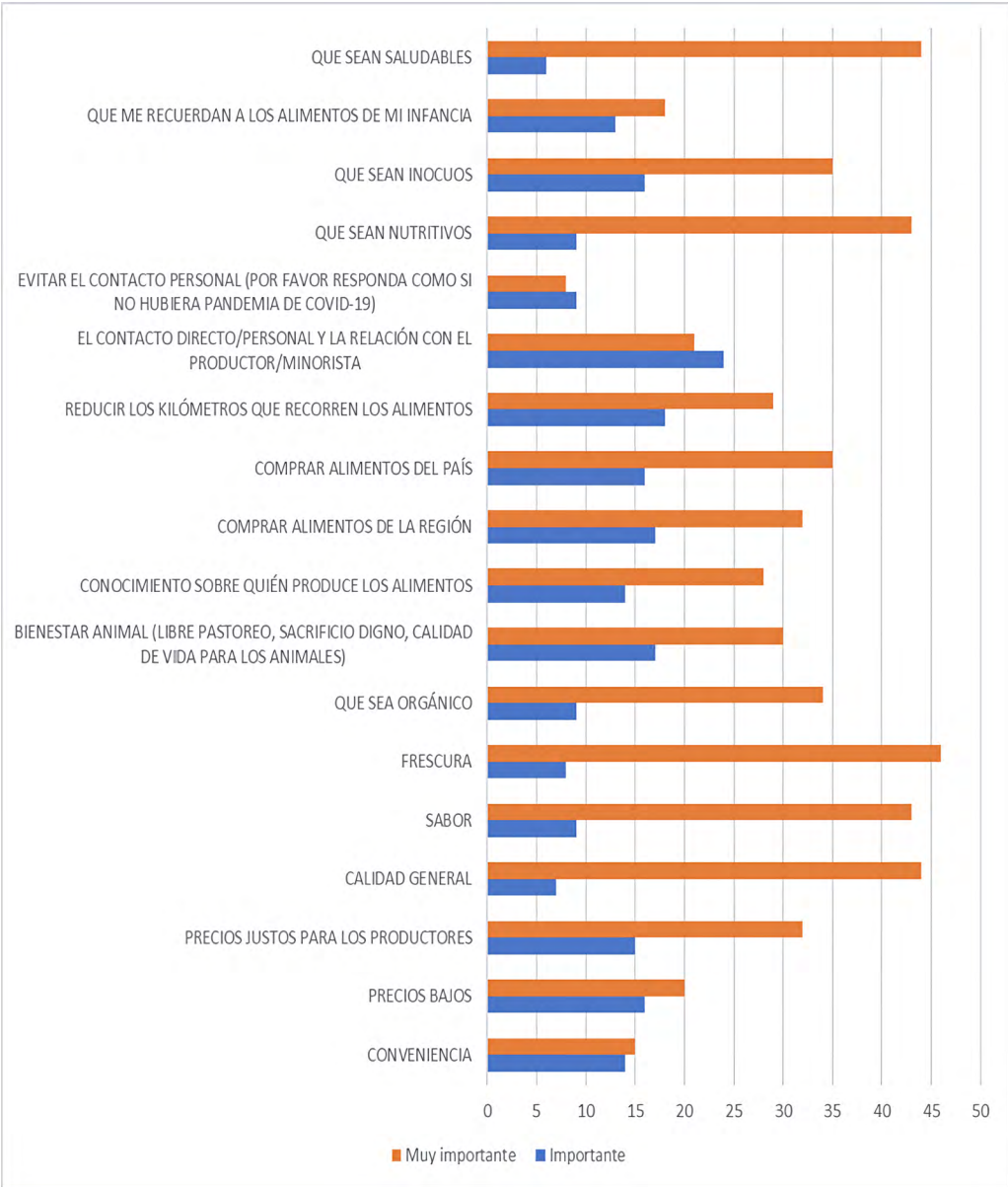


Figura 4.13. Aspectos importantes y muy importantes para los consumidores conscientes a la hora de comprar alimentos. **Fuente:** Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos, 2024.

En cuanto a las diferencias entre consumidores convencionales y ecológicos en sus decisiones de compra (**Figura 4.13**), los consumidores convencionales, priorizan la accesibilidad, practicidad y disponibilidad de los alimentos debido a sus responsabilidades laborales y familiares. En cambio, los consumidores conscientes, se enfocan en el aporte nutricional, la frescura y la calidad de los alimentos, además de valorar la interacción con los productores en mercados agroecológicos. Mientras que el precio es una motivación común para ambos grupos, las consumidoras conscientes también consideran aspectos sociales y ambientales, como la producción orgánica y precios justos para los productores. Además, las consumidoras conscientes muestran menos preocupación por la apariencia de los alimentos en comparación con las convencionales.

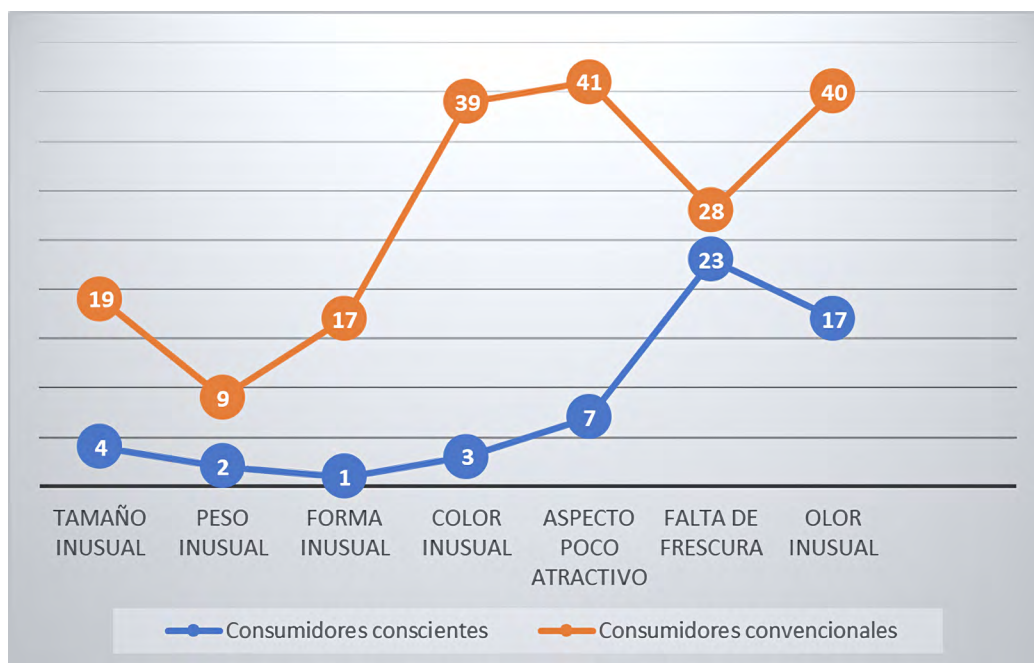


Figura 4.14. Contraste de los factores que provocan que los consumidores no compren frutas o verduras.
Fuente: Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos, 2024.

El estudio también consideró el papel de las mujeres en la planificación, abastecimiento y preparación de alimentos, incorporando una serie de preguntas con este enfoque. Como resultado, se encontró que el 68.3 % de las encuestadas indica que estas responsabilidades son realizadas exclusivamente por mujeres, mientras que el 27.5 % señala que son compartidas por toda la familia. Esta carga no remunerada y frecuentemente invisibilizada refleja un patrón de trabajo asociado erróneamente con una “naturaleza femenina” (**Figura 4.15**).



Figura 4.16. Características de los alimentos ecológicos y agroecológicos para consumidores conscientes y convencionales, respectivamente.

Fuente: Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos, 2024.

Con toda esta información, podemos identificar las posibilidades que tienen los pequeños productores agroecológicos con los consumidores conscientes, pero también se reconoce la potencialidad de llegar a los consumidores convencionales, para ello, es necesario una política pública que trabaje y apoye los procesos de producción de pequeños productores para incentivar los proceso agroecológicos, así como los sistemas de distribución, intercambio y comercialización, pero sobre todo, el consumo, reconociendo que éste, tiene una complejidad importante, pues en él, juegan un papel fundamental los patrones culturales, económicos, identitarios, ambientales y hasta políticos.

Consideraciones

En este apartado se presentaron pautas para la promoción de procesos de producción agroecológica, así como algunas ideas para reforzar las redes que pueden facilitar la unión entre la producción y el consumo de alimentos a nivel local. Se pudieron identificar, desde voces diversas, propuestas que incluyen la participación de instancias de gobierno, colectivos y organizaciones como es el caso del CES y Cosoali. Estas propuestas parten de una visión integral de la producción agroecológica y el consumo. En este sentido, dichas redes resultan imprescindibles para la articulación de estos dos ámbitos.

De acuerdo con lo investigado, se reconoce que el Estado tiene un interés por promover la producción local (en ocasiones agroecológica), sin embargo, estas políticas públicas tienen áreas de oportunidad en cuanto al fortalecimiento de las redes y la promoción del consumo local, tanto en las ciudades como en las zonas rurales. Aunque existen algunos esfuerzos, éstos aún no son suficientes y es necesaria una política integradora que incluya los procesos de toda la cadena desde los insumos, la producción, distribución (incluyendo el acopio), comercialización e intercambio hasta el consumo. Dicho proceso debe realizarse de acuerdo con las características de cada territorio y debe estar inscrito en las prácticas sociales y necesidades de la población.

Asimismo, se considera fundamental reconocer las aportaciones de las organizaciones, que tienen la experiencia, viven y trabajan los procesos de producción agroecológica, sus transiciones, pero también las redes como un elemento necesario de organización comunitaria que debe ser apoyado.

Referencias

- Bejarano, F., y Rojas-García, AE. (2023). Informe sobre clorpirifos en México. Razones para su prohibición, México, RAPAM.
- Belmonte- Serrato, F., Romero-Díaz, A., Alonso-Sarría, F., Moreno-Brotóns, J., y Rojo-López, S. (2010). Afección de suelos agrícolas por metales pesados en áreas limítrofes a explotaciones mineras del Sureste de España. *Papeles de Geografía*, (51-52), 45–54.
- CONAHCYT (2023). 1er Informe estratégico. Cuenca del Alto Atoyac (Tlaxcala y Puebla): Región de emergencia sanitaria y ambiental; problemática socioambiental y recomendaciones para su atención integral. Disponible en: <https://cdn.conahcyt.mx/enis/toxicologia/resa-atoyac/inicio/descargables/informe-caa.pdf>
- García-Bustamante, Rocío; de León, V. Hernández, R. L. (2023). Informe etapas 1 y 2 del Programa Nacional Estratégico en Soberanía Alimentaria PRONACE 316911 “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de economía social y solidaria, en el marco territorial Puebla.
- García-Bustamante, Rocío.; de León Roblero, Valeria; Hernández-Cabrera, Rocío Lorena. Puebla, México (2024). COSOALI, Construyendo Soberanía Alimentaria: Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los territorios Puebla-Tlaxcala. Universidad Iberoamericana Puebla. Biblioteca Interactiva Pedro Arrupe SJ. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. ISBN 978-607-8587-81-0. Puebla, México.
- García-Bustamante, Rocío; de León Roblero, Valeria; Hernández-Cabrera, Rocío Lorena. Puebla, México (2024). Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos. Universidad Iberoamericana Puebla. Biblioteca Interactiva Pedro Arrupe SJ. Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. ISBN: 978-607-8587-83-4. Puebla. México.
- INEGI (2020). Disponible en: <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/poblacion/default.aspx>
- López Posada, Leticia; Rodríguez Hernández, Claudia (2023). Patrones de consumo y percepción de la relación entre salud y alimentos en productores y consumidores en tianguis agroecológicos. Informe etapas 1 y 2 del Programa Nacional Estratégico en Soberanía Alimentaria PRONACE 316911 “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de economía social y solidaria, en el marco territorial Puebla.
- Pesticide Action Network (PAN). (2021). Lista de Plaguicidas Altamente Peligrosos. Pesticide Action Network International (PAN International), Hamburg, Germany. 35 pp.

- Rodríguez Guerrero, Rodrigo (2019). El consumo solidario en México. Vínculos entre consumidores y productores agroecológicos. Tesis de doctorado en ciencias sociales. Guadalajara, México: Universidad de Guadalajara.
- Seltenrich, N. (2022). More pieces of the puzzle: new insights into azoxystrobin exposures and neurotoxicity. *Environmental Health Perspectives*, 130(4), 044002.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2007). NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0.

SEGUNDA PARTE:
AVANCES EN ATENCIÓN A LA
PROBLEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL
EN LA CUENCA

Capítulo 5. Atención a los problemas de salud derivados de la contaminación socioambiental en la CAA

En este capítulo se muestran los avances que se han logrado en el trabajo para la atención de los problemas de salud derivados de la contaminación socioambiental en la Cuenca del Alto Atoyac. Los avances se presentan en cinco apartados, cada uno de los cuales corresponde a las estrategias de incidencia y atención relacionadas con los hallazgos de las investigaciones que conforman el Primer informe estratégico (Conahcyt, 2023). En el primer apartado se presenta la información relacionada con la exposición de la población a plomo de la población alfarera; el segundo corresponde a la información referente a leucemia infantil; en el tercero se muestra una mirada integral a la salud a partir de los datos de acceso a servicios oportunos; en cuarto lugar se encuentra información relativa a la coordinación intersectorial para la atención a la salud ambiental; y finalmente, el quinto contiene datos relacionados con las estrategias y acciones implementadas para atender las enfermedades renales crónicas (ERC) a nivel comunitario.

La preparación del material de los cinco apartados que componen este capítulo estuvo a cargo de investigadores e investigadoras de diferentes equipos de trabajo. El primer apartado se deriva del Pronaii “Salud Laboral” y estuvo a cargo de Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez; la información en torno a leucemias fue preparada por Juan Carlos Núñez Enríquez y Rosana Pelayo Camacho, de los Pronaii “Leucemia infantil” y “Citómica del Cáncer Infantil”; Gabriela Pérez Castresana es autora del material del Pronaii “Ciencia de datos y salud en la CAA”; el equipo del Centro “Fray Julián Garcés” Derechos Humanos y Desarrollo Local A. C., como

parte del Pronaii “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental” contribuyó con las reflexiones en torno al Plan de Salud para la Cuenca del Alto Atoyac (CAA); y el último apartado estuvo a cargo de Octavio Gamaliel Aztatzi Aguilar del Pronaii “Salud Renal”.

Los avances que se muestran corresponden a diversas estrategias de atención al problema y se sitúan en diferentes localidades y municipios de la CAA. Se ha puesto atención a las recomendaciones derivadas del trabajo que realizaron en conjunto los Pronaii mencionados, en articulación con organizaciones de base comunitaria (OBC), por lo que se presentan avances en la elaboración y seguimiento de propuestas en el ámbito de las políticas públicas para la atención a los problemas de salud; en la comunicación y divulgación de la información con la población; así como en la articulación para el diseño de estrategias de atención que mejoren la calidad y disminuyan las barreras de acceso a servicios de salud en la región.

5.1. Exposición de la población alfarera a residuos sólidos y plomo

Este apartado se refiere a los avances en la gestión de la exposición a residuos sólidos como un factor de riesgo para la salud ambiental, así como a plomo en población alfarera de la CAA.

Gestión de la exposición al plomo en comunidades alfareras

A partir de los hallazgos del Pronaii “Salud laboral” relacionados con la presencia de plomo en sangre en comunidades de alfareros (ver capítulo 2), se diseñaron estrategias para trabajar en colaboración con la población afectada con el objetivo de divulgar la información de forma contextualizada a fin de contribuir a su prevención. Para ello, se diseñaron entrevistas con la población, asesorías y diversas actividades culturales como teatro, murales y grabado (**Figuras 5.1 a 5.10**), orientadas a la prevención y promoción de la salud frente a enfermedades crónicas. Asimismo, se realizaron y difundieron materiales audiovisuales que documentan -con la participación de los alfareros-, su quehacer, las molestias a su salud, los intentos por eliminar el plomo y sus necesidades para lograrlo. Estas actividades contribuyen a fomentar un cambio paulatino en la percepción de los alfareros en torno a la afectación del plomo en su salud y a la necesidad de sustituirlo.



Figura 5.1. *Hombre de saturno*, obra de teatro. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.2. *Alma de barro*, documental. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.3. *El hombre de saturno*, cuento. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.4. Asesorías con alfareros y alfareras en comunidades de la CAA. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.5. Divulgación de comida tradicional tlaxcalteca.
Fuente: Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.6. Divulgación del proyecto en radio.
Fuente: Pronaii Salud Laboral.

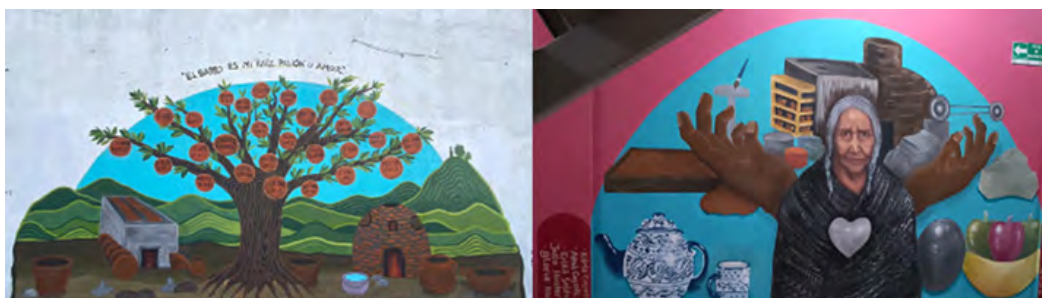


Figura 5.7. Mural en San Salvador Tzompantepec (izquierda). Mural en San Pablo del Monte (derecha).
Fuente: Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.8. Grabado en La Trinidad Tenexyecac (arriba). Mural en La Trinidad Tenexyecac (abajo). **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.9. Mural con tepalcates, Españaita (izquierda). Mural en Españaita (derecha). **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.10. Mural pintado y donado por “Amaury” Comisión de Derechos Humanos de Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.

Como resultado preliminar y avance en la atención del problema, se observa en primer lugar que los alfareros ya buscan ser atendidos por los servicios de salud considerando el plomo como un elemento tóxico, y otros más como un riesgo. En segundo lugar, los artesanos de la talavera han logrado gestionar y obtener financiamientos del Fondo Nacional para el Fomento de las Artesanías (FONART) y del Instituto Mexicano de la Producción Industrial (IMPI), para sustituir el plomo en sus actividades.

Adicionalmente, luego de diversas gestiones para preservar la producción milenaria de la alfarería tradicional de barro, buscando eliminar la greta (óxidos de plomo), un metal pesado sumamente tóxico, se logró acordar la colaboración con la Escuela Nacional de Cerámica del estado de Jalisco. Esta institución donó la materia prima, brindó la asesoría técnica para su construcción y la capacitación; el trabajo de alfareros de tres comunidades y albañiles especializados para su construcción; así como la participación organizativa de colegas y recursos del proyecto. Esto dio como resultado la construcción de tres hornos sin humo y para esmaltar sin plomo. Construyéndose el primero en La Trinidad Tenexyecac del municipio de Ixtacuixtla (**Figura 5.11**), el segundo en la comunidad de Españita (**Figura 5.12**) y el tercero en San Salvador Tzompantepec, en el estado de Tlaxcala (**Figura 5.13**).



Figura 5.11. Primer horno sin humo en La Trinidad Tenexyecac y alfarería sin plomo. **Fuente.** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.12. Segundo horno sin humo en Españaita y alfarería sin plomo. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.



Figura 5.13. Tercer horno sin humo en San Salvador Tzompantepec. **Fuente:** Pronaii Salud Laboral.

5.2. Nuevos aportes en la atención de las leucemias agudas en infancias de la CAA

Los Pronaii de “Leucemia infantil” y “Citómica del Cáncer Infantil” trabajaron en la atención al problema de la alta incidencia de leucemia infantil en la CAA. Al respecto, se considera que la atención a la leucemia infantil debe incluir diferentes acciones que conformen una estrategia articulada para brindar atención adecuada a la población, tanto en la prevención, el diagnóstico y su tratamiento, especialmente a la población infantil. En los apartados siguientes se presentan algunos logros que se han obtenido en estos aspectos.

Atención hospitalaria de la leucemia infantil

La atención hospitalaria de casos con sospecha o diagnóstico confirmado de leucemia infantil en la CAA es crucial para mejorar la tasa de supervivencia y la calidad de vida de las y los niños afectados. Esto implica proporcionar un diagnóstico temprano, tratamiento adecuado,

seguimiento continuo, reducir desigualdades en salud y asegurar acceso a recursos y a especialistas necesarios para llevar a cabo un manejo eficaz de la enfermedad.

En la región de la CAA se han presentado hallazgos tanto de la prevalencia de estas enfermedades en la población infantil, como de la situación y problemas de acceso a salud de calidad. Las recomendaciones y avances en su seguimiento se derivan de estos hallazgos.

Nuevos resultados de la Implementación de la Ruta de Atención de la Leucemia Infantil

El objetivo principal de la Ruta de Atención de la Leucemia Infantil¹⁷ como estrategia, es garantizar que los pacientes con leucemia sean los más beneficiados de la colaboración interdisciplinaria entre investigadores, clínicos, encuestadores y laboratorios. Esta estrategia propicia un manejo integral de las muestras de diagnóstico y seguimiento de pacientes pediátricos con leucemia, para centralizar, gestionar y analizar la información recopilada. Además, permite un diagnóstico preciso para darle seguimiento a la enfermedad mediante estudios de inmunofenotipo¹⁸ y enfermedad medible residual¹⁹. Todo ello mejora la investigación y respalda decisiones clínicas informadas por primera vez en esta región a través de un estudio poblacional que forma parte de la mencionada Ruta de Atención.

Esta iniciativa ha mejorado significativamente la capacidad diagnóstica de la leucemia en niñas, niños y adolescentes en la CAA proporcionando atención integral y de alta calidad con cobertura total en la región. Asimismo, ha fortalecido la colaboración entre instituciones de salud, investigadores y profesionales del sector, lo que contribuye a mejorar la comprensión y la atención de la enfermedad en la comunidad.

Uno de los principales resultados de la Ruta de Atención fue la generación y entrega a cada médico tratante, de un informe detallado con el inmunofenotipo y los resultados de la enfermedad medible residual de sus pacientes en un período de no más de 72 horas desde la llegada de la muestra al laboratorio. La combinación de precisión diagnóstica y entrega rápida de informes ha facilitado la toma de decisiones terapéuticas oportunas y personalizadas.

17 El Pronaii de Leucemia Infantil a través del Laboratorio de Citómica del Cáncer Infantil diseñó la Ruta de Atención de Leucemia Infantil y se implementó en colaboración con el Pronaii de Epidemiología y Supervivencia de las Leucemias Agudas de Zonas Marginadas de México.

18 Se refiere a estudios de las células de sangre o de médula ósea como parte de los diagnósticos de leucemias y linfomas.

19 Se refiere a la posibilidad de calcular la cantidad de células cancerosas en el cuerpo.

De acuerdo con la información obtenida del seguimiento clínico de los pacientes a través del proyecto de Epidemiología, un año antes de la implementación de la Ruta de Atención (2021), el tiempo promedio para el inicio del tratamiento después de la llegada del paciente al hospital era de 12 días. Para finales del año 2023, el inicio del tratamiento se había reducido a 6 días en promedio en todos los hospitales participantes. Esto ha sido sin duda resultado de contar con la información del inmunofenotipo en menos de 72 horas desde la recolección de la médula ósea en el momento del diagnóstico, lo que ayuda a clasificar y comenzar el tratamiento en los pacientes con leucemia (Núñez-Enríquez et al., 2024).

Identificación de un nuevo subtipo de leucemia infantil

Por otro lado, se ha identificado por primera vez que un subtipo biológicamente distinto de ProB-ALL²⁰ emerge en adolescentes, lo que genera un alto riesgo de no lograr una respuesta completa al tratamiento y aumenta la probabilidad de una recaída temprana. Estos resultados sugieren el uso del perfil descrito para la estratificación temprana del riesgo en pacientes mexicanos con Leucemia Linfoblástica Aguda (LLA) (Romo-Rodríguez et al., 2024).

5.3. Una mirada integral a la salud a partir de los datos de acceso a servicios oportunos

Como parte de los avances en la atención del conjunto de afectaciones a la salud en la población de la CAA se han diseñado herramientas que se complementan entre sí. De este modo, los hallazgos de los diferentes proyectos han sido insumos para mejorar la atención, así como para tener disponibles los datos necesarios para la toma de decisiones a nivel de las políticas públicas. En este sentido, el Sistema de Información Geográfica se contempla como una herramienta de gran utilidad para analizar y visualizar la información de salud pública ambiental en el territorio, lo cual contribuye con la planeación de los servicios de salud en función de las necesidades territoriales identificadas.

Esta herramienta, en complemento con otras que se han implementado en los distintos Pronaii en la CAA ha permitido hacer evidente que:

- a) La problemática de salud de la población es crítica
- b) Los jóvenes y adolescentes están padeciendo de enfermedades que no son típicas en estas edades

²⁰ La leucemia linfoblástica aguda proB se considera un subtipo desfavorable tanto en niños como en adultos. Actualmente se define como leucemia linfoblástica aguda de precursores B sin expresión de CD10.

- c) Las tasas de mortalidad debido a diversas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) se han incrementado significativamente en el tiempo
- d) Existe un vínculo entre el deterioro en la salud y la exposición a agentes químicos en el entorno.

En el Pronaii de “Ciencia de Datos y Salud”, plantea que la solución de esta problemática requiere no sólo de acciones orientadas a vigilar y controlar los riesgos que se derivan de la exposición ambiental y ocupacional a tóxicos, sino también acciones que reduzcan las inequidades y vulnerabilidades en el ámbito de salud. Para ello es necesaria la disminución de las barreras de acceso a los servicios esenciales de salud, así como el fortalecimiento de la atención integral a la población.

5.4. Coordinación intersectorial para la atención en salud ambiental

En este apartado se presenta un balance respecto al 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 (en adelante Plan de Salud para la CAA), específicamente en el estado de Tlaxcala, por parte del Centro Fray Julián de Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A. C. (CFJG) con el objetivo de mostrar un análisis y posicionamiento desde una mirada de las organizaciones de base comunitaria. Se incorpora también de modo breve el aporte del Pronaii “Leucemia Infantil” con relación a este Plan.

La relación entre este Pronaii y el Plan de Salud para la CAA fue de colaboración constante. Es importante señalar que la estrategia que se siguió con el diseño de este Plan fue encabezada por el Sector Salud Federal, a través del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE). Ambos proyectos del Pronaii Leucemia Infantil forman parte del Equipo de Capacitación Comunitaria a médicos y promotores de la salud dirigidos a identificar signos y síntomas de alarma relacionados con leucemia infantil, y con ello, disminuir el retraso en el diagnóstico al sospechar la enfermedad desde etapas tempranas. En el diseño de este Plan de Atención también participaron: la Secretaría de Salud del Gobierno de Tlaxcala, el Pronaii de Enfermedad Renal Crónica, el Centro Nacional para la Salud de la Infancia y la Adolescencia (CeNSIA), IMSS Ordinario e IMSS Bienestar.

El CFJG en articulación con la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAV), como parte de su trabajo sustantivo ha dado seguimiento a las recomendaciones de atención, prevención y reparación de los daños a la salud y al ambiente en la CAA. En el marco de este trabajo y en conjunto con el Conahcyt se participó en los procesos de investigación a través de los Programas Nacionales Estratégicos y sus Proyectos Nacionales de Investigación e

Incidencia. Además, con la Secretaría de Salud Federal se avanzó en el diseño de un Plan para la atención de la salud de las personas afectadas por la presencia de contaminantes en la Cuenca del Alto Atoyac.

En el trabajo de análisis para la elaboración del Plan de salud participaron: la Dra. Gabriela Domínguez por parte del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) de la Secretaría de Salud (CAV), la Dra. Regina Dorinda Montero (UNAM) y la Dra. Gabriela Pérez Castresana (UIA – Puebla), por parte del equipo de investigadoras; Alejandra Méndez y Emilio Muñoz por parte del Centro Fray Julián Garcés, y la doctora Alicia Lara (†2023), por la Coordinadora por un Atoyac con Vida. De manera conjunta se establecieron los municipios que presentan mayores índices de afectación renal y cancerígena, que deben ser prioritarios en su atención, y también se definió que el Plan de Salud iniciaría en un municipio piloto para identificar la eficacia de los instrumentos para el levantamiento de información y de la capacidad real de atención; esto con la idea de que, a partir de esta experiencia, se mejorarán los instrumentos y la capacidad de atención por parte del sistema de salud, y con ello ir ampliando el trabajo hacia los demás municipios afectados en la Cuenca del Alto Atoyac.

El 2 de octubre de 2023, mediante comunicado de prensa, se dio a conocer que la Secretaría de Salud federal, encabezada por el doctor Jorge Alcocer Varela, y el Conahcyt, dirigido por la doctora María Elena Álvarez – Buylla Rocas, presentaron a la gobernadora del estado de Tlaxcala, Lorena Cuéllar Cisneros, el *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*, así como el *Primer informe estratégico para la comprensión de la problemática socioambiental de la región de emergencia sanitaria y ambiental de la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para su atención integral*, este último como base del Plan de Salud para la CAA.

Desde el CFJG, la CAV y personas del equipo científico que les acompañan, hubo participación para determinar la estrategia de implementación del Plan de Salud, concretando que el municipio piloto sería Tepetitla de Lardizábal, Tlaxcala.

Los trabajos iniciaron el 28 de septiembre de 2023, según informó la Dra. Gabriela Domínguez Cortinas, del CENAPRECE. Las actividades desarrolladas hasta enero de 2024 fueron las siguientes:

1. Capacitación toxicológica clínica a médicos de primer y segundo nivel de atención en establecimientos de salud disponibles en la región. Del 28 de septiembre al 26 de octubre de 2023.
2. Capacitación a 40 promotores de los servicios de salud de Tlaxcala para el levantamiento de cédulas familiares de salud. 19 y 20 de octubre de 2023.

3. Levantamiento de cédulas familiares de salud para la búsqueda activa de casos de riesgo de exposición y daños atribuibles (cáncer, leucemia y enfermedad renal). Se realizó en Tepetitla, Villa Alta y Ayécac. Del 6 de noviembre al 16 de diciembre de 2023.
4. Captura de cédulas familiares de salud aplicadas en las tres localidades. Del 8 de enero al 19 de febrero.

Es necesario señalar que se considera que el Plan de salud para la CAA, representa un paso importante siempre y cuando el proceso de intervención y atención sostenga la perspectiva que vincula las enfermedades crónicas no transmisibles a las condiciones ambientales, relación que hasta ahora no ha querido reconocerse a nivel estatal y por tanto la atención a la salud no ha sido adecuada. Además, se requiere que:

- Desde las secretarías correspondientes se destinen los recursos suficientes para atender el enorme déficit de infraestructura existente en el estado para la prevención y atención de las enfermedades crónicas no transmisibles, como la insuficiencia renal y la leucemia.
- En el seguimiento de la implementación del plan, se incluyan en este proceso otras enfermedades no transmisibles como las cardiovasculares y del sistema nervioso que, de acuerdo con las investigaciones también realizadas por otros Pronaii, se presentan de manera creciente en adolescentes y jóvenes, así como malformaciones congénitas en infantes.
- Se mejore el proceso de levantamiento de cédulas familiares. En el municipio de Tepetitla de Lardizábal, de un total de 5,886 viviendas solo se encuestaron 3,600, es decir, que en el 38.8 % de las viviendas no se llevó a cabo este proceso.
- Se mejore el proceso de explicación de los conceptos de las encuestas o cédulas familiares, ya que la gente no siempre comprende los términos médicos y toxicológicos. Desde la experiencia de algunas personas de la comunidad hubo casos en los cuales las personas encuestadoras sí explicaron a detalle los conceptos, pero en otros casos no, lo que debilitó la eficacia del instrumento en la detección de afectaciones a la salud.
- Otro elemento importante que debe incluirse en este Plan es una contraloría comunitaria, social y académica que permita observar y proponer mejoras a su implementación, de tal manera que no se pierda de vista que se está interviniendo en una RESA.

La presentación del Plan y el informe que lo sustenta es el resultado de más de dos décadas en las que la sociedad civil, personas y comunidades afectadas, en articulación con la academia, han estado señalando y sustentando que la contaminación industrial es la responsable directa de las afectaciones a la salud y la vida de la población de la región. Ahora, es necesario que el Plan de salud continúe y se fortalezca en su implementación para lograr una atención de

calidad para las personas que desafortunadamente hoy viven las consecuencias de décadas de industrialización no regulada.

5.5. Estrategias y acciones implementadas para atender las enfermedades renales crónicas (ERC) a nivel comunitario

El eje de incidencia del Pronaii Salud Renal ha buscado construir un proceso de intercambio de saberes y experiencias entre la academia y las comunidades sobre la salud renal, los factores y entornos socioambientales de riesgo, así como la exposición para la población de la Cuenca, en relación con la prevalencia de la Enfermedad Renal Crónica (ERC) de etiología desconocida. Además, de manera gradual se pretende compartir estos esfuerzos con autoridades locales y estatales de la entidad federativa.

Así, el trabajo de incidencia se dimensiona sobre la población local, reconociendo las estrategias, habilidades, conocimientos y rutas que se han trazado en la búsqueda y tratamiento de la salud, así como en el conjunto de elementos socioeconómicos, históricos y culturales que permean las percepciones sobre la salud renal y el conjunto de hábitos, consumos y transformaciones territoriales vinculadas a ésta. En ese sentido, desde el eje de incidencia se reconoce el conjunto de capacidades, habilidades y posibilidades con las que cuentan las comunidades para actuar y agenciar procesos de interpretación, prevención y atención sobre la salud, así como en torno a la enfermedad renal. Este proceso se realizó entre el 2022 y el 2024, a través de la metodología Investigación-Acción Participativa (IAP) en tres municipios de Tlaxcala: Chiautempan, Tlaxcala de Xicohténcatl y Apetatitlán de Antonio Carvajal.

Las diversas fases de la IAP se desarrollaron articulando la promoción y visibilización sobre la salud a través del diálogo y la colaboración entre la academia y las comunidades e impulsando la generación de material generado de forma participativa para promover la salud renal desde y para la comunidad. Al mismo tiempo se llevó a cabo un proceso de recopilación de información que ha permitido comprender la complejidad y las múltiples relaciones de poder históricas, locales-globales, entre otras, que configuran los procesos y entornos de riesgo socioambiental para la salud renal de las juventudes tlaxcaltecas, así como de sus familias.

A través de los ciclos de Investigación-Acción-Participación se consolidaron cuatro objetivos: a) promoción, b) sensibilización, c) visibilización, y d) divulgación de la salud renal. Asimismo, de los factores y entornos de riesgo y exposición asociados a ésta. La intención ha sido delinear las brechas de comunitarización de la salud renal para transitar de una noción de atención y vivencia individual o familiar hacia una colectiva. En esta última, se busca que los cuidados, las formas de prevención y el agenciamiento sobre la actuación en la

prevención; el seguimiento y atención de la salud renal y la ERC; así como la organización y transformación para actuar sobre los diferentes entornos y factores sean compartidos entre los diversos integrantes de las comunidades. Para delinear esta idea de “salud renal comunitaria” que permita lograr cada uno de los objetivos, se diseñaron algunas estrategias de acercamiento y diálogo con la población:

5. La elaboración de un diagnóstico sobre aspectos socioculturales, económicos e históricos, construido etnográficamente.
6. La implementación de talleres participativos.
7. El desarrollo de artes participativas.
8. La creación de actividades y material de difusión y divulgación.
9. El desarrollo de una plataforma digital para el aprendizaje sobre el problema ambiental y la ERC.

Cada una de estas estrategias se desarrolló con la intención de identificar y dialogar con las personas de las comunidades sobre temas sensibles relacionados con esta enfermedad. Tales temas abarcan la detección de malestares políticos, sociales y económicos que históricamente han experimentado las comunidades; e incluyen el intercambio de conocimientos y recomendaciones encaminadas hacia la generación de nuevas preguntas y agendas de acción participativa que permitan profundizar en la comprensión de la Enfermedad Renal como un fenómeno multirrelacional.

Esta enfermedad, si bien atraviesa el cuerpo, las experiencias del padecimiento, del dolor y de la medicalización, tiene una profunda connotación estructural y sistémica a nivel social y económico. Su expresión a nivel orgánico, la forma en la que la atienden y enuncian las familias, así como su prevalencia, sólo son la evidencia primera o inmediata de un fenómeno complejo que se ha configurado desde hace varias décadas. De este modo, en torno a ella se han tejido procesos de vulneración, de desigualdad, de contaminación, de exposición, de riesgo, de desdibujamiento o del ajuste de los proyectos de vida, tanto individuales como colectivos.

En este sentido, en cada una de las estrategias y acciones implementadas se ha buscado reconstruir los procesos de transformación, ahondar en las presencias-ausencias, en los deseos de diversas generaciones sobre los estilos de vida, los hábitos, las prácticas e interacciones con el entorno, así como sobre el cuidado y atención de los procesos de salud-enfermedad. Simultáneamente se indagó también en torno a la relación con los espacios y agentes de tratamiento de la salud, el cambio de percepción sobre los elementos naturales y las tensiones producidas generacionalmente, teniendo en cuenta las relaciones de clase social y género, entre otros procesos. Para mostrar de manera puntual las acciones y temáticas abordadas, a continuación, se presentan las cuatro estrategias que se llevaron a cabo.

A. La elaboración de un diagnóstico sobre aspectos socioculturales, económicos e históricos, construido etnográficamente

A través de recorridos etnográficos, de la implementación de entrevistas y recorridos en campo en los municipios de Chiautempan, Tlaxcala de Xicohténcatl y Apetatitlán de Antonio Carvajal en el estado de Tlaxcala, se exploraron algunos temas que permitieran conocer la percepción de la salud renal, el conjunto de significados, prácticas, transformaciones, experiencias y actores sociales asociados con la ERC. La metodología usada contempló narrativas de las personas participantes, teniendo en cuenta su memoria histórica, lo cual posibilitó la puesta en diálogo del conjunto de temas, factores y elementos identificados durante el proceso etnográfico.

Entre los temas abordados se encuentran las transformaciones en: la alimentación, el paisaje -de uno rural a urbano, industrial y de servicios-, la contaminación medioambiental -percibida principalmente en los afluentes de agua-, la aparición o incremento de ciertas enfermedades, el aumento del consumo de productos industrializados que trastocan el estilo de vida basado en alimentos menos procesados, los recursos naturales, y la incorporación de agroquímicos a la actividad primaria. Asimismo, se abordó el tema de la disminución del consumo humano de agua potable y de los afluentes.

Como parte de este proceso también se llevaron a cabo algunas visitas a la Unidad de Hemodiálisis²¹ donde se tuvo un acercamiento respetuoso con personas cuidadoras²² para aplicar un cuestionario sobre percepción de la ERC. Como parte de este acercamiento se aportaron algunas técnicas sobre primeros auxilios psicológicos y de escucha de aquellas personas que aún no habían verbalizado su experiencia, así como de expresión de su sentir en torno a esta nueva o diferente labor como personas cuidadoras y los retos tanto económicos como personales que esto les representa.

B. La implementación de talleres participativos

Del año 2022 al 2024 se generó una estrategia de acompañamiento participativo y reflexivo con diversos grupos sociales: infancias, juventudes, mujeres y adultos mayores. Estos encuentros sucedieron en la modalidad de talleres a través de instituciones escolares de nivel medio,

21 UNEME HEMODIÁLISIS. El Complejo de Atención Especializada en Salud y Bienestar CAESB, se localiza en San Matías Tepetomatitlán, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Tlaxcala.

22 Como personas cuidadoras nos referimos a los miembros de las familias y de la red de apoyo sobre quienes recae la mayor carga de cuidado de la persona diagnosticada con ERC.

medio superior y superior, y mediante algunos grupos de atención a la mujer, de capacitación a adultos mayores y a través de cursos de verano.

Durante el primer año, los talleres se enfocaron en generar un diálogo en torno a un conjunto de temas y problemáticas entre las cuales destacan: las transformaciones del territorio, la identificación de los problemas en torno a la percepción de la salud, los cuidados y la atención a la salud renal de las infancias y juventudes, las mujeres como cuidadoras, la percepción del territorio y los factores de riesgo, la relación cuerpo-hábitos cotidianos y salud, el conocimiento sobre derechos humanos, el papel de las cuidadoras en la salud renal, la agroecología y la definición de la ERC. También se elaboró un árbol de problemas sobre factores socioambientales y los efectos en la salud renal, así como rallies sobre la estructura y el funcionamiento de los riñones, entre otras. Además, se diseñaron stickers, fanzines, carteles, infografías, mapas participativos o sociales, mapas cuerpo-territorio, diagramas y dibujos (**Figura 5.14**).



Figura 5.14. Murales colectivos. Trabajo comunitario que a través de la expresión artística sensibiliza a las comunidades y a la población infantil acerca de la relación ambiente-salud y los efectos sobre los riñones.

Fuente: Pronari Salud Renal.

A lo largo del año 2022 se realizaron 53 encuentros (talleres participativos, rallies, reuniones informativas y para la elaboración de cartografía social) con una asistencia de 442 personas; mientras que en el 2023 se llevaron a cabo 23 talleres participativos y reflexivos, en los cuales participaron 630 personas en total; en tanto que en el 2024 se hicieron 17 talleres y sesiones informativas con la participación de 410 personas (**Tabla 5.1**). Durante los tres años de trabajo, en el caso de los espacios escolares estas actividades estuvieron dirigidas a estudiantes, docentes, madres y padres de familia, lo cual se logró llevando a cabo los talleres en diversos espacios de los municipios mencionados (**Tabla 5.2**).

Tabla 5.1. Espacios de realización de los talleres

Espacio	Población participante
“Niños con Ciencia” de la Universidad Autónoma de Tlaxcala	Niños y niñas
Cursos de verano de la Biblioteca de Ixtulco	Niños y niñas
Presidencia de la comunidad de Tizatlán en Tlaxcala de Xicohténcatl	Personas adultas
Unidad de Atención Integral de la Mujer	Mujeres adultas
Biblioteca Pública de la comunidad de San Pedro Muñoztla, Chiautempan	Niños y niñas
Grupo de Texcalac localizado en Apizaco	Personas adultas
Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) Municipal de Apetatitlán de Antonio Carvajal	Personas adultas

Fuente: Wence Partida, N., 2025, con base en información del Pronaii Salud Renal.

Tabla 5.2. Talleres con jóvenes en espacios educativos.

Institución	Ubicación
Escuela Secundaria General Higinio Paredes	Tizatlán, Tlaxcala
Escuela Secundaria y Preparatoria Jean Piaget	Santa Ana Chiautempan
Escuela Secundaria Noyola	Loma Bonita, Tlaxcala
Instituto Independencia	Loma Bonita Tlaxcala
Escuela Secundaria Técnica 55	Acuitlapilco Tlaxcala
Escuela Secundaria Técnica 4 José Agustín Arrieta	Santa Ana Chiautempan
Escuela Secundaria Cuauhtémoc	San Pedro Muñoztla Chiautempan
Instituto José María Morelos	Ocotlán Tlaxcala
Licenciatura en psicología	Facultad de Filosofía y Letras, UATx

Fuente: Wence Partida, N., 2025, con base en información del Pronaii Salud Renal.

C. El desarrollo de artes participativas

En el desarrollo de los talleres participativos se detectó la necesidad de crear procesos alternativos de sensibilización y especialmente de visibilización de la salud renal, así como de la reflexión en torno a los riñones como dos de los órganos más importantes para el funcionamiento del organismo humano. Si bien, es recurrente la presencia de personas con padecimiento renal crónico, contradictoriamente, las familias mantienen en el ámbito de lo privado esta condición en sus integrantes, hasta donde les es posible. Aunado a esto, los riñones no figuran en la percepción de la salud y el bienestar de las personas, como sí sucede con el corazón o el cerebro, por lo que una actividad importante para llevar información y visibilización a la población fue a través de la organización e intervención de juventudes universitarias, de secundaria y de la población en general. Esto se hizo mediante diversas

artes participativas como el paste up²³, murales colectivos, stencils²⁴ y foto-bordado (**Figura 5.15**); con el objetivo de generar procesos de visibilización y sensibilización sobre la salud renal entre la población en general (**Tabla 5.3**).



Figura 5.15. Stencil y paste up colectivo. Actividad recreativa e informativa sobre los efectos de la contaminación ambiental sobre la salud renal. **Fuente:** Pronaii Salud Renal.

La peculiaridad en la reproducción de estas actividades es su creación en colectividad, con la participación de 107 personas -estudiantes, jóvenes que acudieron a las convocatorias comunitarias y mujeres de la tercera edad-, quienes tuvieron acompañamiento y asesoría de jóvenes artistas visuales tlaxcaltecas, posicionados políticamente y desde el compromiso social hacia sus comunidades.

Tabla 5.3. Actividades de arte participativo

Actividad	Ubicación
3 stencils	- El Sabinal y La Loma Xicohténcatl, Tlaxcala - Santa María Texcalac, Apizaco
5 murales	- El Alto, Chiautempan - Secundaria Técnica 4, Chiautempan - Carreterra Ocotlán-Chiautempan - Santa Ana Chiautempan - San Matías, Tepetomatitlán -Apetatitlán de Antonio Carvajal
1 paste up	- El Alto, Chiautempan

Fuente: Wence Partida, N., 2025, con base en información del Pronaii Salud Renal.

23 La técnica consiste en pegar diversas imágenes en espacios públicos.
24 Se refiere al uso de plantillas para plasmar imágenes sobre una superficie.

D. La creación de actividades y material de difusión y divulgación

La estrategia de divulgación y difusión del trabajo realizado se centró en actividades de diseño de material y en la divulgación del trabajo continuo en medios virtuales, a través de las siguientes acciones:

1. La realización de una jornada de campo para la promoción de la salud renal titulada: “Percepción de los riesgos socio-ambientales en la salud renal”, llevada a cabo en la comunidad de Santa Ana Chiautempan, con alumnos de Psicología de la Facultad de Trabajo social, Sociología y Psicología de la Universidad Autónoma de Tlaxcala.
2. Se realizó una entrevista al grupo de trabajo comunitario en el Programa “Voz con causa”: https://www.instagram.com/p/CuAm2WqINyy/?img_index=1 de la estación de radio Ehecatlahtol, A.C., 103 FM., con un alcance de 748 reproducciones hasta el momento.
3. Se diseñaron Reels de las actividades participativas y de promoción de la salud, almacenados en la página de facebook: <https://www.facebook.com/saludrenaltlaxcala>, e instagram <https://www.instagram.com/saludrenalcomunitariatlax/>
4. Se creó un directorio digital, denominado “Directorio de servicios para la atención de la salud renal” disponible en formato Flipbook: <https://view.genial.ly/6430e-2201c43b6001a1bed62/guide-digital-directorio-de-atencion-a-la-salud-renal?fbclid=IwAR23ValikhO9DUx8VkPEQiuqyLZdL1k9Ed5AkTOz9OCho-hDNIYTzkEUfao>. Con 814 interacciones virtuales.
5. Se realizó la compilación de infografías realizadas por jóvenes de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx) para la promoción de la salud renal, titulada: “Renográficos: Salud renal comunitaria a través de infografías juveniles” (**Figura 5.16**), la cual se divide en tres temáticas, 1) Contaminación; 2) ¿Cómo se relaciona la contaminación con la insuficiencia renal?, y 3) ¡Renoprotégete! Disponible en: <https://heyzine.com/flip-book/738996f316.html>. Hasta el momento presenta 14 interacciones virtuales.



Figura 5.16. Creaciones artísticas e informativas de las juventudes de Tlaxcala. Se muestran etiquetas, artes del riñón a base de semillas y creación de infografías informativas de la relación contaminación ambiental y enfermedad renal. **Fuente:** Pronaii Salud Renal.

6. Se llevó a cabo una exposición de las infografías en la Facultad de Filosofía y Letras de la UATx, dirigidas a la promoción de la salud entre las juventudes universitarias, a la cual asistieron un poco más de 60 visitantes de la comunidad estudiantil.
7. De forma transversal a los objetivos de incidencia política, a través del proyecto y con el acompañamiento de diversos especialistas en nutrición, nefrología, derechos humanos, trabajo comunitario y más, se conformó un grupo de Promotores Comunitarios de la Salud Renal, en el que participan jóvenes de Tlaxcala sensibilizados(as) y con interés en la prevención, atención temprana y seguimiento tanto de la salud como de la Enfermedad Renal Crónica. Con este grupo se abordaron temas como: el papel e incidencia del(a) promotor(a) de salud renal a nivel comunitario; cuidado y atención de la salud -Enfermedad Renal Crónica-; la prevalencia de ERC en población vulnerable como un enclave de violaciones a diversos Derechos Humanos; técnicas participativas y reflexivas para incentivar el trabajo comunitario de promoción de la salud renal, entre otras.
8. Se diseñó material de divulgación (guías, carteles e infografías) dirigido a la población estudiantil, a personas cuidadoras, así como a la población en general, el cual será donado a escuelas, bibliotecas, farmacias, centros de salud, clínicas y en otros espacios de afluencia de la población. El objetivo de estas actividades es compartir algunos resultados del proyecto y recomendaciones adecuadas a los recursos e historia de la población tlaxcalteca. En estas se abordan los siguientes temas: ¿qué

es la ERC?; alimentación saludable del paciente con ERC; el autocuidado y los hábitos saludables para prevenir la ERC; mis primeros pasos como cuidador del paciente con enfermedad renal; los procesos o rutas de atención, prevención, diagnóstico, tratamiento y seguimiento de personas en riesgo, con sospecha o diagnóstico de ERC; agroquímicos, ¿cuáles son los riesgos a la salud renal?; contaminantes ambientales en el desarrollo de la ERC; entornos y elementos socioambientales de riesgo en el desarrollo de la ERC; y, derechos humanos relacionados con la salud renal.

9. Se realizaron videos informativos sobre Enfermedad Renal Crónica. Para el desarrollo de los videos, se entrevistó a personas con enfermedad renal que viven en Tlaxcala y a partir de ello se elaboraron los guiones. Al finalizar los videos, se hizo un llamado para cuidar la salud y una invitación a visitar la plataforma <https://www.saludrenal.cinvestav.mx>, donde se encuentra más información de interés sobre la salud renal. Se elaboraron seis videos:

- ¿Sabes qué es la seguridad alimentaria?
- Carta de los derechos de los pacientes
- ¿Qué sabes de la enfermedad renal?
- Conoce tus riñones
- El funcionamiento de los riñones
- ¿Por qué el riñón afecta el corazón y viceversa?

Los seis videos se pueden visualizar en la página <https://saludrenal.cinvestav.mx> en el apartado de Salud TV: <https://saludrenal.cinvestav.mx/salud-renal-tv/>

10. Desarrollo de infografías a partir de contenidos informativos en un lenguaje que llame la atención de la comunidad usuaria y con información útil. Las temáticas principales de las infografías hacen referencia al cuidado de la salud renal y mental, así como a los hábitos saludables y al cuidado del ambiente. Se cuidó que el título fuera breve y llamativo, que la introducción se presentará de manera simple y que explicara la idea general de lo que se quiso comunicar. Con el equipo de diseño gráfico, se buscó presentar la información de tal manera que visualmente fuera de fácil lectura y lo más importante, que lograra un impacto en el usuario. Para finalizar la estructura de la infografía, se redactó un mensaje de cierre que funcionara como conclusión y que además invita al usuario a seguir informándose en la página del proyecto²⁵. Las infografías realizadas y publicadas en la plataforma son:

25 <https://www.saludrenal.cinvestav.mx>

- Etapas de la enfermedad renal: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/10/12/etapas-de-la-enfermedad-renal/>
 - Prevención de la enfermedad renal: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/11/22/5-acciones-para-ayudarte-a-prevenir-la-enfermedad-renal/>
 - Nefrólogos certificados en Tlaxcala: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/11/22/medicos-nefrologos-certificados-en-tlaxcala/>
 - Plantas que limpian el suelo: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/11/22/plantas-utilizadas-para-la-fitorremediacion-en-mexico/>
 - Importancia de la salud mental: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/11/22/la-importancia-de-la-salud-mental/>
 - Alimentos libres de químicos: <https://saludrenal.cinvestav.mx/2023/11/22/alimentos-libres-de-quimicos/>
11. Videos Streetcast²⁶, los cuales fueron resultado de las visitas a campo y de la comunicación con la comunidad. Se realizaron 18 videos que reflejan el testimonio de la situación de las personas y familiares que enfrentan la enfermedad renal o la insuficiencia renal crónica.
 12. Videos “Un café con el experto”, en los cuales algunas personas expertas en el tema de la salud renal hablaron sobre este tema en un lenguaje cercano a la gente para propiciar la reflexión y el acceso al conocimiento.

E. El desarrollo de una plataforma digital para el aprendizaje sobre el problema ambiental y la ERC

Se planteó el objetivo de diseñar una herramienta participativa que incidiera en el desarrollo de conciencia, autoconocimiento y competencias para el cuidado de la salud y del ambiente a partir de organizar un acompañamiento de tipo acción participativa como un “Diálogo de saberes Salud-Ambiente”. Para ello, se propuso adaptar una plataforma de información y un curso tipo MOOC²⁷ con contenidos sobre estos temas, procurando tener un lenguaje inclusivo que asegurara su comprensión y la integración de saberes. De esta manera, se desarrollaron contenidos específicos para su impartición en sesiones presenciales como talleres; se desarrollaron recursos tecnológicos como parte de un Sistema de Registro de Enfermos Renales en Tlaxcala, con un apartado de salud ambiental y la exposición a contaminantes. Con ello

²⁶ Es un formato de video que se hace mediante la pantalla de un equipo de cómputo, generalmente con capturas de pantalla y con una voz en off. Se le llama también videografía.

²⁷ Los cursos MOOC, *Massive Open Online Course*, por sus siglas en inglés, son cursos en línea diseñados para que se encuentren disponibles las 24 horas, los siete días de la semana durante los 365 días del año. Cada usuario se autoevalúa con los recursos disponibles y son de libre acceso.

se logró que la información esté disponible para la sociedad y para las y los tomadores de decisión.

En este marco de objetivos, durante el 2021 con el apoyo del CONAHCyT se desarrolló una plataforma con contenido informativo, videos y actividades didácticas enfocadas a la enfermedad renal, factores de riesgo socioambientales asociados y hábitos saludables²⁸ dirigidas a las niñas y niños, sus padres o tutores, así como a las y los profesionales en salud y autoridades. En este espacio se encuentra información y recursos didácticos sobre:

- Autoconocimiento del cuerpo (ubicación y función de los riñones)
- Importancia de los hábitos saludables
- Riesgos socioambientales y
- Una Plataforma de gestión de la capacitación, que alberga ya el desarrollo de tres cursos de autogestión: 1) Para la población en general, 2) Para profesionales de la salud y 3) Para funcionarios públicos.

Los contenidos informativos sobre la salud renal incluyen prevención, sintomatología y ERC con el objetivo de brindar conocimiento a los usuarios. Se redactaron documentos informativos, se diseñaron infografías y se produjeron videos para concientizar de la importancia que tiene el cuidado de los riñones.

Los cursos se diseñaron con un modelo constructivista para que el usuario desarrolle competencias que se evalúan antes, durante y después de cada curso. Estos productos fueron desarrollados por profesionales de la salud y profesionales con formación tecnológica - educativa. Se incluyeron metodologías para el aprendizaje en personas adultas (andragogía), tomando en cuenta el ciclo de aprendizaje y con el desarrollo de una estructura intuitiva para facilitar la usabilidad y retroalimentación a los usuarios.

Asimismo, se realizaron los videos con guiones dirigidos a la población no profesional de la salud en los temas:

- Conoce tu riñón
- Función de los riñones
- Guía de hábitos saludables
- Riñón y corazón
- Sustancias ambientales que afectan al riñón

²⁸ Puede consultarse en: <https://saludrenal.cinvestav.mx/>

Se incluyó un motor de búsqueda que arroja resultados disponibles en diferentes formatos sobre un tema determinado. La plataforma es un producto integral que con contenidos concretos invita a los usuarios a desarrollar algunos de los cursos disponibles.

Las actividades lúdicas de esta plataforma fueron diseñadas con el objetivo de que los usuarios y usuarias, de una manera divertida, pudieran retroalimentar, reforzar y enfatizar los conocimientos que se desarrollaron en los contenidos informativos que se ubican en la plataforma digital <https://www.saludrenal.cinvestav.mx> o en alguno de los cursos que se hospedan en la página, en los videos y/o las infografías. Los cursos desarrollados, disponibles para su uso público se muestran en la **Tabla 5.4**.

Tabla 5.4. Cursos MOOC desarrollados en el marco del proyecto.

Número	Curso
1	Conoce tus riñones y mantente sano (dirigido al público)
2	Prevención y atención oportuna de la ERC (dirigido a médicos)
3	Cuidado de los riñones. Prevención de la ERC (dirigido a funcionarios)
4	Alimentación, nutrición y dieta: ayuda a tu cuerpo a funcionar mejor (dirigido al público)
5	Alimentación infantil, ¿sabes cómo alimentar a las pequeñas y los pequeños de la casa? (dirigido al público)
6	Nutrición para personas con enfermedad renal crónica (dirigido al público)
7	Salud mental para pacientes con enfermedad renal crónica (dirigido al público)
8	Mente sana, estrategia para una vida equilibrada (dirigido al público)
9	Estrategias para cumplir con el tratamiento médico (dirigido al público)
10	Herramientas para cuidadores de personas con enfermedades crónicas

Fuente: Wence Partida, N., 2025, con base en información del Pronaii Salud Renal.

Los cursos fueron desarrollados por la participación y el compromiso de profesionales de la salud y con formación tecnológica-educativa, e incluyeron metodologías para el aprendizaje, tomando en cuenta el ciclo de aprendizaje y el desarrollo de una estructura intuitiva para facilitar la usabilidad y retroalimentación a los usuarios.

Finalmente, se desarrolló un curso especializado dirigido al personal de salud titulado “Nefrotoxicología: actualización sobre conceptos para profesionales de salud” el cual tiene como objetivo dar a conocer al personal de salud sobre los factores ambientales relacionados con la nefrotoxicidad y su relación con la enfermedad renal, así como actualizarlos en torno a las herramientas de autocuidado del paciente nefrópata y sus cuidadores. Esto se hizo con base en la experiencia territorial en el Estado de Tlaxcala y las fuentes de información básica en toxicología y nefrología.

Al terminar el curso, los participantes habrán actualizado o adquirido conocimientos necesarios para:

- Entender la enfermedad renal y el reto que representa su diagnóstico temprano, seguimiento y prevención.
- Identificar los riesgos nefrotóxicos asociados.
- Conocer y transmitir la relación ambiente-tóxicos y salud para el autocuidado de los pacientes y familiares quienes acudirán a sus clínicas.

La estructura temática se conformó en 1) Las generalidades de la exposición a tóxicos ambientales y los efectos nefrotóxicos; 2) Las Poblaciones en riesgo de enfermedades renales con riesgo de exposición; 3) La fisiopatología y herramientas de diagnóstico de la enfermedad renal; y 4) Las herramientas para el autocuidado renal.

Atención a problemas renales en la población infantil de la Cuenca del Alto Atoyac

Uno de los sectores de la población que ha mostrado afectaciones a la salud relacionadas con ERC es el infantil. Por ello, a partir de la información generada en el Pronaii “Salud Renal” se determinaron las especies arsenicales²⁹ que pueden contribuir al daño renal y sistémico de la población infantil, por lo que se desarrollaron análisis que establecen su contribución a la enfermedad renal.

Se realizó la cuantificación de marcadores de estrés oxidante en plasma y orina de la población infantil como uno de los mecanismos bioquímicos relacionado con la disfunción celular y tisular renal, así como cardiovascular. En la etapa final de la investigación se relacionó el incremento en los biomarcadores de estrés oxidante con la exposición a metales y metaloides, así como el análisis multivariado que asoció estos cambios con un incremento en el riesgo cardiovascular, un factor que contribuye al declive de la función renal.

En esta etapa de la investigación se buscaron otros factores asociados que contribuyen al daño renal temprano presentado en la población infantil. Para ello, se realizó un análisis

²⁹ Desde una perspectiva biológica y toxicológica, existen tres grupos principales de compuestos de arsénico: compuestos inorgánicos de arsénico, compuestos orgánicos de arsénico, y gas arsina. De los compuestos inorgánicos de arsénico, el trióxido de arsénico, el arsenito de sodio y el tricloruro de arsénico son los compuestos trivalentes más comunes, mientras que el pentóxido de arsénico, el ácido arsénico y los arseniatos (por ejemplo, el arseniato de plomo y el arseniato de calcio) son los compuestos pentavalentes más comunes. Los compuestos orgánicos de arsénico más comunes incluyen el ácido arsánico, el ácido metilarsónico, el ácido dimetilarsínico (ácido cacodílico) y la arsenobetaina. El arsénico inorgánico (iAs) es el más tóxico respecto a las especies de arsénico orgánico.

de georreferenciación a fin de identificar las fuentes de emisión de metales/metaloideos y plaguicidas que consistió en:

1. Ubicar los sitios de manejo y/o emisión de elementos potencialmente tóxicos, así como de deterioro del hábitat relacionados con la región de estudio mediante fotointerpretación en la plataforma de Google Earth y Google Maps;
2. Análisis espacial de la relación entre indicadores socioculturales con la exposición a fuentes contaminantes mediante el uso del SIG, y
3. Análisis espacial y estadístico para definir zonas por niveles de exposición asociadas a las fuentes contaminantes identificadas.

Complementariamente se implementó una metodología de acción participativa para difundir y socializar información en torno al riesgo en el que se encuentra la población infantil en el desarrollo de la enfermedad renal. Con base en ello se incorporaron aspectos sociales relevantes, como el papel de las personas cuidadoras, las rutas de atención de la salud y los hábitos de alimentación. A partir de esta información se generaron instrumentos basados en el diálogo con las comunidades, tales como: el directorio de salud renal, renográficos (contiene infografías realizadas por jóvenes sobre la salud renal y sus factores sociales y ambientales de riesgo), entre otros materiales elaborados con las comunidades y las poblaciones infantiles.

Estos aspectos de la investigación son importantes porque permiten conocer con mayor precisión la situación de la población infantil con afectaciones en la salud renal. Adicionalmente, se suma el enfoque social con la participación de la población en la divulgación de los resultados, lo cual incide en la posibilidad de que, al contar con la información, se generen más acciones de prevención y exigencia de atención oportuna.

Algunos resultados identificados a partir de las actividades de difusión y divulgación

A partir de las diferentes actividades participativas, se pudieron reconocer algunos temas relevantes que es importante mantener en la agenda y considerarlos en la construcción de nuevas preguntas para la continuidad de la investigación - acción:

- El cambio de uso de los suelos agrícolas.
- El desdibujamiento de la interacción con el río Atoyac a causa de la contaminación.
- La disminución de la disponibilidad de agua para la población.
- La incorporación de las mujeres a los mercados de trabajo.
- El cambio en la valoración del agua, la tierra y los alimentos como medios de vida y salud a elementos de riesgo y enfermedad.
- Las implicaciones en el seguimiento de hábitos saludables.

- Las repercusiones en la salud, tanto en la dimensión orgánica como en la económica y en la social y el estigma generado en torno a la ERC.
- Las tensiones intergeneracionales sobre la percepción ambiental.
- La “espera”,³⁰ como una forma de dominación económica y ambiental, la doble precarización de la figura del cuidador renal que pertenece a sectores poblacionales vulnerables.
- La salud-enfermedad renal como un elemento de valoración desde el ámbito político a través de la administración pública y del ethos (forma de conducirse) local, histórico y cultural de las autoridades.

Aun cuando es necesario continuar con la investigación a profundidad en torno a estas preguntas, en el apartado siguiente se abordan, grosso modo, algunas de ellas a partir de los resultados con los que se cuenta.

Transformaciones territoriales: industria, trabajo y efectos ambientales

En Tlaxcala se desdibujó la interacción social y, en menor medida, la simbólica de las comunidades con el río Zahuapan y sus afluentes. El uso y valor lúdico, doméstico, higiénico, alimenticio y religioso que infancias, jóvenes, amas de casa y campesinos hacían del agua, fauna y flora antes de la intensificación de la actividad industrial, fue sustituido por una apreciación del río como un espacio residual y de malestar. En tanto, la producción y consumo de semillas, frutas y verduras locales se ha convertido en un ámbito de riesgo para la salud; el tratamiento y riego de los cultivos con agroquímicos y aguas contaminadas, sumado a las condiciones de precariedad, impacta en el acceso a alimentos saludables, inocuos y con alto potencial preventivo de enfermedades.

Las transformaciones en el territorio fueron inicialmente bien recibidas por la población, porque la presencia de la industria representó la promesa de una fuente de empleo que hoy en día se expresa como una forma de dominación sobre la población a través de “la espera”. Por un lado, se somete a la población a promesas de mejoramiento socioeconómico y de acceso a los mercados de empleo -soportando los costos ambientales de este sector productivo-, al mismo tiempo que la mantiene expectante de la solución sobre los efectos de la contaminación industrial en la salud, los alimentos y los recursos naturales (agua y tierras de cultivo, por ejemplo). Este proceso de larga data ha configurado las actuales diferencias de percepción sobre la contaminación del ambiente.

³⁰ Se refiere a la condición de espera permanente en la que se encuentra la persona cuidadora de alguien con ERC, tanto en los procesos de atención médica, como a la disponibilidad que debe tener para proporcionar cuidados, lo que afecta la organización de su tiempo y por lo tanto, de sus actividades económicas y de vida cotidiana.

Mientras los adultos mayores logran rememorar la gradual polución de los afluentes de los ríos, suelos, barrancas y aire, para los jóvenes estos paisajes son parte de lo cotidiano: espacio recurrente donde desarrollan sus proyectos de vida. Por ello, para la población joven el sentido de emergencia sanitaria y de riesgo es menor, o no reparan en ello. Y por lo que es más difícil involucrarse en la concepción de acción, anhelo y transformación que tienen sus abuelos.

Reconfiguraciones del trabajo femenino, la alimentación y los cuidados a partir de la industria

La producción de mercancías con un carácter de obsolescencia programada hizo necesaria la multiplicación de diversos espacios industriales de producción entre empresas medianas y pequeñas, corporativos transnacionales, microempresas (Alonso, 1997) y talleres que, además de ocupar los otrora terrenos agrícolas y llanos para la construcción de naves industriales, también se asentaron dentro de las viviendas. Este proceso implicó la incorporación de las mujeres a la industria y al sector servicios para movilizar algunas de las mercancías producidas en las fábricas (textiles, alimentos, ornamentos, herramientas, agroquímicos, pegamentos, bebidas, materiales para construcción y más). Algunas mujeres viven el trabajo industrial e informal con malestar, como desposeídas parcialmente de sus hogares y de la crianza de sus hijos e hijas (Appendini y De Luca, 2008, p. 200).

La liberación de la mano de obra femenina al mercado de trabajo en este contexto de industrialización de la región acompasa con el incremento y cambio en los patrones de consumo de la familia; con las tensiones generadas entre su papel de cuidadoras y de trabajadoras, y como responsables de las trayectorias de atención a la salud. En tanto, como amas de casa, a través de su papel de madre-esposas, soportan los riesgos que la industria alimentaria les ofrece, porque encuentran pocas o nulas oportunidades de cocinar con otros alimentos. A este paisaje alimentario, también se suma la presencia de cadenas transnacionales de alimentos y bebidas consideradas como “comida rápida” que, desde un contenido cultural, concede estatus, prestigio y reconocimiento a quien consume de esta manera.

Esto se debe a que, histórica y simbólicamente, se han relacionado con la capacidad de consumo de la clase media de las ciudades, por lo que, para el contexto local son espacios de consumo novedosos. Los riesgos a la salud a través de la alimentación comenzaron hace varias décadas y son socializados por las infancias y juventudes como parte del “comer bien”, del disfrute y de la saciedad del paladar.

Trayectorias de atención de la salud

Estas transformaciones también problematizan las condiciones y las prácticas de cuidado y en el trazo de las trayectorias de atención a la salud. A medida que se intensificó la exposición a factores sociales y ambientales asociados con las industrias, las mujeres afrontaron recorridos más largos en la búsqueda de diagnósticos médicos certeros y algunas más, junto con sus familias, soportan procesos de empobrecimiento, estigmatización y son vistas como las cuidadoras per se de quienes presentan alguna enfermedad crónica. El hogar y las mujeres son los primeros espacios y sujetos donde se desarrollan las nociones sobre la salud, los hábitos de cuidado y las formas de tratamiento de los malestares corporales.

La aparición y prevalencia de nefropatías asociadas a metales pesados emitidos por las industrias

Las nefropatías hacen referencia a diversos tipos de daño a los riñones. Se considera que, además de las afectaciones al cuerpo, estas tienen impactos todos los ámbitos de la vida, que pueden verse en tres niveles:

- En lo individual: la persona enferma es transgredida en su calidad y proyecto de vida, así como en el libre desarrollo de su personalidad. Mientras los cuidadores (mayoritariamente mujeres) atraviesan procesos de pérdida del empleo, aislamiento, estigmatización e incertidumbre constantes.
- En las unidades domésticas: se experimenta una invasión simbólica y material al acondicionarla para el tratamiento de la enfermedad. Los tiempos se distribuyen en función de las citas, de la medicalización y necesidades de la persona enferma. Los gastos del tratamiento de la enfermedad superan los ingresos y gradualmente empobrecen y comprometen el patrimonio familiar.
- En lo institucional: las nefropatías demandan acceso a servicios de salud que resultan insuficientes y se encuentran centralizados, alargando la obtención de un diagnóstico temprano y de tratamiento, situación que es aprovechada por algunas clínicas privadas para capitalizarse con estas patologías.

La salud-enfermedad como un elemento político que se contrapone al ethos del político

A lo anterior es importante agregar que si bien, la ERC y la cobertura de atención médica y social ha sido un tema de las agendas políticas de diversas administraciones estatales y municipales, las personas que encarnan el papel de la autoridad política comparten los mismos

simbolismos, semánticas, significados, historias, dinámicas y prácticas sociales de las poblaciones locales a las que pertenecen. En este sentido, reproducen hábitos, formas de entender, nombrar y procesar las trayectorias de salud-enfermedad renal. En este sentido, la cultura y la historia se superponen a los marcos normativos y a las agendas político-administrativas.

Es necesario mencionar, además, que si bien, en términos numéricos, tanto en las actividades dialógicas y participativas en el territorio, como en los espacios virtuales se logró la participación e interacción de un poco más de 6000 personas, el trabajo realizado con las comunidades se mantiene a nivel de la experiencia representativa. Es necesario transitar a la comunitarización de los riesgos que representa la ERC contemplando, en primer lugar, la profundización y ampliación de la participación juvenil en la creación de estrategias de atención a la salud renal, colocando en diálogo “el sentido de futuro” para que la comunidad reconozca y valide las vivencias y percepciones sociales, ambientales y de la salud diferenciadas entre generaciones de las mismas localidades.

En segundo lugar, se requiere impulsar procesos de visibilización, valoración y protección de las y los cuidadores como sujetos políticos que transitan entre la capacidad de configurar procesos y trayectorias de atención a la salud renal y la dominación económica, social y personal que la ERC ejerce cotidiana e institucionalmente sobre ellas y ellos. Finalmente, es necesario continuar con el acompañamiento, la promoción y sensibilización sobre la salud renal en, desde y para la comunidad, por lo que debe impulsarse desde el reconocimiento de las particulares trayectorias socioculturales, históricas, políticas y económicas de cada grupo.

Consideraciones

Durante el año 2024 se lograron avances significativos en el ámbito de la atención a la problemática de la salud relacionada con la contaminación socioambiental en la CAA. Estos avances consisten en la incorporación de nuevos hallazgos o de la sistematización de datos recabados con anterioridad. Esta información es clave para documentar la grave situación que afecta a la población, pero también para mejorar los procesos de acceso a salud como parte de la garantía de este derecho, el cual incide en salvar vidas.

Los aportes en torno a la ruta de detección de leucemia infantil son sumamente relevantes, pues han permitido el aumento de la posibilidad de que haya una detección temprana y por consiguiente, su atención oportuna. El diseño 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, es otro avance muy importante, pues considera una trayectoria completa, es decir, desde el acopio de información en la población para identificar síntomas, hasta la atención en los sistemas de salud correspondientes. En este punto es de mucha relevancia el

posicionamiento de las organizaciones de base comunitaria, toda vez que ratifican la premisa de que el saneamiento de la RESA debe contemplarse de manera integral y con la participación de las comunidades afectadas. Por ello es necesario retomar el trabajo realizado en este plan y darle continuidad como parte de los trabajos ya iniciados para el saneamiento de la CAA.

Finalmente, el diseño e implementación de estrategias de divulgación de la información a nivel comunitario en torno a la situación de la contaminación socioambiental y las afectaciones a la salud es importante, pero también en la toma de decisiones en el ámbito de las políticas públicas y del personal que labora en la región. No basta con que la información exista, debe ser accesible para la población afectada y para los diferentes actores que conforman el complejo problema, de manera que exista mayor posibilidad de brindar una atención integral y sostenida en el tiempo.

Referencias

- Alonso, José A. (1997). Tratado de libre comercio, informalidad y desarrollo industrial en Tlaxcala, en *Revista Regiones y Desarrollo*, vol.1, julio-diciembre, núm. 2, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (CIISDER - UAT), México.
- Appendini, K., y De Luca, M. (2008). ¿Empoderamiento o apoderamiento? Las mujeres ante una nueva realidad rural. En K. Appendini y G. Torres (Eds.), *¿Ruralidad sin agricultura? Perspectivas multidisciplinares de una realidad fragmentada* (pp. 193–213). El Colegio de México.
- Flores-Lujano J, Allende-López A, Duarte-Rodríguez DA, Alarcón-Ruiz E, López-Carrillo L, Shamah-Levy T, Cebrián ME, Baños-Lara MDR, Casique-Aguirre D, Elizarrarás-Rivas J, López-Aquino JA, Garrido-Hernández MÁ, Olvera-Caraza D, Terán-Cerqueda V, Martínez-José KB, Aristil-Chery PM, Alvarez-Rodríguez E, Herrera-Olivares W, Ruíz-Arguelles GJ, Chavez-Aguilar LA, Márquez-Toledo A, Cano-Cuapio LS, Luna-Silva NC, Martínez-Martell MA, Ramirez-Ramirez AB, Merino-Pasaye LE, Galván-Díaz CA, Medina-Sanson A, Gutiérrez-Rivera ML, Martín-Trejo JA, Rodríguez-Cedeño E, Bekker-Méndez VC, Romero-Tlalolini MLÁ, Cruz-Maza A, Juárez-Avendaño G, Pérez-Tapia SM, Rodríguez-Espinosa JC, Suárez-Aguirre MC, Herrera-Quezada F, Hernández-Díaz A, Galván-González LA, Mata-Rocha M, Olivares-Sosa AI, Rosas-Vargas H, Jiménez-Morales S, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla Rocas ME, Duque-Molina C, Pelayo R, Mejía-Aranguré JM, Núñez-Enriquez JC. Epidemiology of childhood acute leukemias in marginalized populations of the central-south region of Mexico: results from a population-based registry. *Front Oncol*. 2024 Feb 20;14:1304263. doi: 10.3389/fonc.2024.1304263. PMID: 38444682; PMCID: PMC10914251.
- Núñez-Enríquez JC, Romo-Rodríguez R, Gaspar-Mendoza P, Zamora-Herrera G, Torres-Pineda L, Amador-Cardoso J, López-Blanco JA, Alfaro-Hernández L, López-García L, Rosas-Cruz A, Alberto-Aguilar DR, Trejo-Pichardo CO, Ramírez-Ramírez D, Cruz-Maza A, Flores-Lujano J, Luna-Silva N, Martínez-Martell A, Martínez-José K, Ramírez-Ramírez A, Solís-Poblano JC, Zagoya-Martínez P, Terán-Cerqueda V, Huerta-Moreno A, Montiel-Jarquín Á, Garrido-Hernández M, Hernández-Ramos R, Olvera-Caraza D, Cruz-Medina CS, Alvarez-Rodríguez E, Chávez-Aguilar LA, Herrera-Olivares W, García-Hidalgo B, Cano-Cuapio LS, Guevara-Espejel C, Juárez-Avendaño G, Balandrán JC, Baños-Lara MDR, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla ER, Pérez-Tapia SM, Casique-Aguirre D, Pelayo R. Implementation of a roadmap for the comprehensive diagnosis, follow-up, and research of childhood leukemias in vulnerable regions of Mexico: results from the PRONAI Strategy. *Front Oncol*. 2024 Apr 3;14:1304690. doi: 10.3389/fonc.2024.1304690. PMID: 38634051; PMCID: PMC11022691.

Romo-Rodríguez R, Zamora-Herrera G, López-Blanco JA, López-García L, Rosas-Cruz A, Alfaro-Hernández L, Trejo-Pichardo CO, Alberto-Aguilar DR, Casique-Aguirre D, Vilchis-Ordoñez A, Solis-Poblano JC, García-Stivalet LA, Terán-Cerqueda V, Luna-Silva NC, Garrido-Hernández MÁ, Cano-Cuapio LS, Ayala-Contreras K, Domínguez F, Del Campo-Martínez MLÁ, Juárez-Avendaño G, Balandrán JC, Pérez-Tapia SM, Fernández-Giménez C, Zárate-Rodríguez PA, López-Aguilar E, Treviño-García A, Duque-Molina C, Bonifaz LC, Núñez-Enríquez JC, Cárdenas-González M, Álvarez-Buylla ER, Ramírez-Ramírez D, Pelayo R. Subclassification of B-acute lymphoblastic leukemia according to age, immunophenotype and microenvironment, predicts MRD risk in Mexican children from vulnerable regions. *Front Oncol.* 2024 Jan 5;13:1304662. doi: 10.3389/fonc.2023.1304662. PMID: 38250553; PMCID: PMC10796993.

Capítulo 6. Gestión comunitaria del ciclo socionatural del agua

El presente capítulo hace un recorrido por la historia de la lucha de la sociedad civil y las comunidades para denunciar los daños a la salud provocados por la contaminación en los ríos y fuentes de agua de la CAA, la exigencia de la reparación del daño y de su derecho a vivir en un ambiente sano. A lo largo de los años se ha ido consolidando un sujeto social con fuerte capacidad de resistencia, integrado por las comunidades afectadas de la región, así como por integrantes de la academia. Esta última ha contribuido significativamente a la comprensión de la problemática a través de numerosas investigaciones que han documentado los impactos en la salud humana y los ecosistemas, así como la generación de propuestas jurídicas para el resarcimiento del daño y la defensa del derecho a la gestión del agua de las comunidades. En este capítulo se muestran experiencias de incidencia en las problemáticas más sentidas por las comunidades relativas a la defensa del agua y sus derechos humanos en los últimos años.

Inicia con la aportación del Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (CFJG) quien, en colaboración con otras organizaciones como la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAV), han acompañado de manera continua las demandas de las comunidades afectadas por la contaminación industrial y urbana desde hace más de 20 años. En ese caminar se ha logrado establecer, de una manera sólida y continua, la vinculación con investigadores e investigadoras de numerosas disciplinas e instituciones y se han alcanzado avances en la visibilización de la problemática.

Se hace hincapié en dos estrategias de incidencia en las que el CFJG participó: la primera fue a través de su colaboración, como Organización de Base Comunitaria (OBC) en dos Pronaii³¹, a fin de favorecer la articulación con las comunidades afectadas por la contaminación; y la segunda, a través del seguimiento puntual a las respuestas gubernamentales ante la Caravana Toxitour,³² la “atención” a la Recomendación 10/2017 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH), así como a la iniciativa de Ley de Aguas del estado de Tlaxcala que fue presentada en el año 2023.

En la segunda parte del capítulo, se exponen las acciones de incidencia del grupo jurídico-antropológico del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, quienes han trabajado muy de cerca con las comunidades en el análisis de la iniciativa de la Ley de Aguas y en el acompañamiento jurídico al Comité Comunitario de Agua (CCA) de Santa María Atlihuetzia frente a una controversia judicial promovida por un constructor. Inicialmente se expone la situación normativa de los comités comunitarios del agua (CCA) en Tlaxcala a fin de que el lector tenga una idea clara de los vacíos que vulneran una administración adecuada del agua en el estado. Los investigadores que trabajaron este apartado fueron Rodrigo Gutiérrez Rivas, Yacotzin Bravo Espinosa, Paola Velasco Santos y Sergio Alberto Salgado Román.

6.1. Hacia la constitución de un sujeto social en resistencia: comunidades y academia de la mano. Visión desde el Centro Fray Julián de Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C.

El Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, A.C. (CFJG), fue formalmente establecido en 2002, luego de la decisión tomada por habitantes de quince

31 Los Pronaii referidos son: 1) “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan” del Pronaces Agua, a cargo de Alfredo Delgado Rodríguez; 2) “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 de salud de la población residente”, del Pronaces salud, a cargo de Regina Montero Montoya.

32 La “Caravana sobre los impactos sociales y ambientales de las empresas transnacionales y el libre comercio en México” (#Toxitour México) se llevó a cabo entre el 2 y el 11 de diciembre de 2019. Los promotores iniciales de esta iniciativa fueron organizaciones asociadas a la Asamblea Nacional de Afectadas/os Ambientales de México (ANAA) y el Equipo de Poder Corporativo del Transnational Institute (TNI). ANAA es una red de 130 organizaciones indígenas, campesinas, sindicatos y ONGs, activas en torno a los conflictos de justicia social y ambiental en México. Los infiernos ambientales que se recorrieron fueron: Cuenca del Río Santiago, Jalisco; Cuenca de la Independencia (Zona norte y ciudad de Guanajuato); Cuenca del Río Tula en el Sur del Valle del Mezquital; Cuenca del Atoyac-Zahuapan en Tlaxcala y Puebla; Cuenca Libres-Oriental en el centro oriental de Puebla y Cuenca del Río Coatzacoalcos y la red de ciudades industriales en el Istmo de Tehuantepec Norte y Jáltipan. Para más información, consultar: Martín Álvarez-Mullaly *et. al.*, (2021). *Empresas trasnacionales y libre comercio en México. Caravana sobre los impactos socioambientales*, Acción ecológica. informe_caravana_toxitourmexico_cast.pdf

comunidades y parroquias —reunidas en la Pastoral Social de la Diócesis de Tlaxcala— de contar con un equipo de personas que dieran seguimiento de tiempo completo a la búsqueda de soluciones a las principales problemáticas identificadas en la región y a la detección y vigilancia de las violaciones a los derechos humanos en esas mismas comunidades. Con esa decisión, el CFJG asumió el encargo de llevar a cabo un trabajo en acompañamiento de esos grupos comunitarios y con la idea, también de origen, de sumar poco a poco a personas de otras comunidades y parroquias.

Desde un inicio, entre las problemáticas que aborda el CFJG, se encuentra la de los daños a la salud de las y los habitantes, que la población relacionaba con los procesos de industrialización y de urbanización sin control desde los años 60 del siglo pasado. Específicamente, la identificación de diversos tipos de cáncer —como la leucemia—, y padecimientos renales que habían aumentado y provocado muchas muertes.

A partir del año 2003, siempre de la mano de las y los integrantes de estos grupos y de otras personas de las comunidades, se buscó el apoyo de investigadoras e investigadores para entender mejor la problemática y, sobre todo, para descubrir sus causas.³³ Poco a poco se fue encontrando que había elementos suficientes para afirmar que los daños a la salud denunciados por las comunidades podrían tener relación con las descargas de las industrias hacia el río Atoyac y sus emisiones al aire. Para 2004, integrantes de la Pastoral Social —luego Pastoral de los Derechos Humanos de la Diócesis de Tlaxcala— y personas con familiares afectados por la contaminación de las industrias formaron la Coordinadora por un Atoyac con Vida (CAV), una organización comunitaria regional que hasta la fecha sigue luchando junto con el CFJG por la restauración integral de la Cuenca del Alto Atoyac.

Al poco tiempo, se amplió el apoyo académico con otras y otros investigadores,³⁴ lo que permitió en 2011 la conformación de un equipo interdisciplinario de investigación para proporcionar información técnica sobre la situación y los efectos de la contaminación industrial en la salud de las personas. El equipo también aportaba elementos jurídicos y sociales que permitían fortalecer los procesos de denuncia y exigencias de cambios en las políticas y acciones gubernamentales.

Con la suma de estas aportaciones, la CAV y el CFJG postularon el caso ante el Tribunal Latinoamericano del Agua (en 2006 y en 2017) y en el Tribunal Permanente de los Pueblos en el periodo 2011-2014. Ambos tribunales fallaron a favor de las comunidades en las tres ocasiones.

33 Desde ese año se ha contado con el apoyo y seguimiento de la maestra Inés Navarro González del Instituto de Ingeniería, y al poco tiempo también de la doctora Regina Montero Montoya, del Instituto de Investigaciones Biomédicas, ambas de la UNAM.

34 El Dr. Omar Arellano (Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra), Rodrigo Gutiérrez Rivas (Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM), y Paola Velasco Santos (Instituto de Investigaciones Antropológicas de la UNAM).

Asimismo, en 2011 se presentó una queja ante la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) en contra de trece dependencias federales, seis dependencias estatales de Tlaxcala y Puebla, y cinco gobiernos municipales, dos de Puebla y tres de Tlaxcala, por violaciones de los derechos humanos a la vida, a la integridad personal, a la salud, al medio ambiente sano, a la protección a la familia, a la vida privada y a la protección de la honra y de la dignidad, a la propiedad, al acceso a la información, y también a los derechos de las y los niños. En 2017, se obtuvo 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.*

Así, luego de seis años de trabajo y monitoreo del proceso con las y los visitantes encargados, la CNDH reconoció en la recomendación 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” (CNDH, 2017: 71).

Y recomienda, para resolver ese problema, establecer un Programa de Restauración Integral de toda la Cuenca del Alto Atoyac, con la actuación coordinada de todas las dependencias y gobiernos recomendados y la participación de la sociedad civil.

Con base en la Recomendación de la CNDH, a través de más de 50 talleres de consulta en comunidades, la CAV, junto con el CFJG y otras organizaciones de la región, elaboraron la *Propuesta Comunitaria para el Saneamiento Integral de la Cuenca Atoyac – Zahuapan y la Reparación del Daño a las Comunidades* (2017), con seis puntos principales:

1. El necesario saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac, que incluye los cauces de los ríos, arroyos, canales y zanjas.
2. La restauración de los suelos en el lecho de los ríos y arroyos, en la ribera y en los terrenos aledaños a la Zona Federal.
3. La prevención, control y monitoreo de la contaminación futura de la cuenca.
4. El diseño y aplicación de un plan emergente de salud para quienes están hoy enfermos debido a la contaminación de la cuenca.
5. El plan de saneamiento debe contar con recursos económicos suficientes para llevar a cabo todas sus acciones en todas sus etapas.

6. La aplicación de las correspondientes medidas para la reparación del daño ocasionado a las personas, las familias y las comunidades en su salud, economía, cultura y dignidad.

Luego del trabajo comunitario, la propuesta se sometió a la revisión del equipo de investigadoras e investigadores que acompañaban el proceso, con el fin de ratificar o verificar la viabilidad técnica de cada uno de los elementos que se desglosan en esos seis puntos.

Asimismo, se gestionó esta propuesta con varias autoridades y dependencias sin que alguna mostrara interés ni voluntad para ponerle atención al contenido ni a la participación ciudadana en el proceso de seguimiento a la Recomendación. A finales del 2018 se entregó el documento al personal de la SEMARNAT durante una sesión de consulta para la elaboración de la política ambiental que dicha instancia organizó en la Ciudad de México. Ahí, por primera vez, se puso atención al contenido y se aceptó como un documento válido de trabajo.

Luego, las organizaciones civiles que participaron en la Caravana Toxitour dentro de las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESAS) lograron en 2019, que se estableciera un mecanismo de coordinación entre la misma SEMARNAT, la Secretaría de Salud y el Conahcyt a fin de coordinar eficazmente sus acciones y establecer programas y procesos de atención integral a las RESAS. Este mecanismo se autodenominó Grupo de Coordinación Intersecretarial (GCI).

En este contexto, tanto el CFJG como la CAV, participaron como organizaciones invitadas por el Conahcyt en el proceso de consulta para la construcción de la propuesta de los Programas Nacionales Estratégicos y los Pronaii. Asimismo, durante el periodo 2021-2024, el CFJG, la CAV, y otras organizaciones como el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), formaron parte de los equipos de investigación e incidencia en diversos Pronaii de Agua, Salud y Agentes Tóxicos en la región.

El proceso con el GCI avanzó a través del Conahcyt y la Secretaría de Salud, y con la participación de los equipos de investigación e incidencia de los Pronaii que actualmente trabajan en la Cuenca del Alto Atoyac. A finales de 2023, se publicó 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*, con el que se sustentó el *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*. Dichos documentos se presentaron y se entregaron al gobierno del estado de Tlaxcala, por parte del Conahcyt y la Secretaría de Salud federal respectivamente, el 2 de octubre de 2023. Sin embargo, los procesos de investigación e incidencia han continuado en 2024 con nuevos hallazgos y resultados. Por esta razón, y dada la pertinencia, se tomó la decisión de elaborar el presente Segundo Informe Estratégico.

Derivado de la Caravana Toxitour y con la gestión de la Coordinación Alemana por los Derechos Humanos en México, así como la Agencia de Cooperación Alemana Misereor, se abrió un proceso de diálogo con diversas instancias del gobierno alemán y la empresa Volkswagen, en el que participó el CFJG, la CAV y varios integrantes del equipo de investigadoras e investigadores. El diálogo con la empresa no prosperó, pero sí se avanzó, junto con organizaciones de la sociedad civil alemana, en la construcción de un “Mecanismo de Reclamación de Derechos Humanos” (MRDH), también conocido como el “mecanismo de queja interempresarial”. El MRDH “tiene como objetivo permitir que las personas afectadas en las cadenas de suministro de los fabricantes de automóviles alemanes reporten casos reales y potenciales de violaciones de derechos humanos en México y reciban apoyo para resolverlos, así como acceso a la reparación” (Díaz, 2024). Cabe resaltar que por primera vez se reconoce que la industria automotriz alemana es corresponsable de casos de violaciones de derechos humanos en sus cadenas de suministro en México.

Se pretende que este mecanismo tenga una relación vinculante con la “Ley de Diligencia Debida en las Cadenas de Suministro de Alemania”, que entró en vigor en dicho país en el año de 2023. En dicha ley se establece que los mecanismos de reclamación deben ser legítimos, accesibles, predecibles, equitativos, transparentes, compatibles con los derechos humanos y una fuente de aprendizaje continuo de acuerdo con los Principios Rectores de las Naciones Unidas sobre Empresas y Derechos Humanos. Esto es esencial para prevenir violaciones de derechos humanos y proporcionar remedio y reparación efectivos para los afectados.

A partir de este diálogo con pares de Alemania, se han generado otras reuniones orientadas a promover el acercamiento con la *Cooperación Técnica Alemana (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ])* a fin de establecer estrategias para la implementación de estándares internacionales en el cumplimiento de derechos humanos y promover la mejora medioambiental en la región.

Con esta experiencia de poco más de 18 años de trabajo en los que se ha mantenido la relación estrecha con la CAV y otros integrantes de los grupos comunitarios, el CFJG ha avanzado y se ha fortalecido. En estos últimos cinco años el proceso ha transcurrido por dos vías complementarias:

La primera, mediante la decisión colectiva de participar como Organizaciones de Base Comunitaria (OBC) en dos Pronaii, atendiendo las siguientes razones:

- Los objetivos se enlazaban directamente y podían fortalecer la lucha por el derecho a la salud, a una vida digna y a un medio ambiente sano en las comunidades. Se procuró mantener la integración de tres aspectos principales: 1) el fortalecimiento de la organización social comunitaria; 2) las posibilidades de incidir en los tres

niveles de gobierno, y en el poder legislativo local y federal; 3) establecer metas, acciones y darles seguimiento durante, al menos, tres años.

- Las investigadoras e investigadores que han acompañado el proceso desde el inicio coincidían con el CFJG y la CAV en esta visión, y tenían interés en participar en la elaboración, presentación y coordinación de los proyectos, así como en organizar equipos de trabajo interdisciplinarios y transdisciplinarios para llevarlos adelante.
- Claramente, se tenía la capacidad para participar como OBC, de acuerdo con las condiciones organizativas requeridas por el Conahcyt, y también para coordinarse con sujetos sociales del estado de Puebla y otras regiones a fin de cubrir el requisito de trabajar en toda la Cuenca del Alto Atoyac.
- Además, aunque en las convocatorias se planteaba que en la última etapa de los proyectos se debería llegar a la elaboración y gestión de propuestas de política pública, ya había acciones de gestión e incidencia en marcha. En este sentido, los Pronaii servirían para darles continuidad, fortalecerlas, y avanzar con más claridad hacia políticas públicas orientadas a facilitar el ejercicio de los derechos a la salud, a un medio ambiente sano y a la prevención de la contaminación futura.

La segunda vía, derivada de la Caravana Toxitour, se orientó en darle seguimiento a las distintas propuestas de acción gubernamental:

- Las que emanaron del GCI y que se mencionaron líneas arriba.
- Las de SEMARNAT, CONAGUA, PROFEPA y diversos gobiernos mencionados en la Recomendación 2017/10 de la CNDH. Bajo el discurso de su cumplimiento, las instancias elaboraron y firmaron un convenio a modo, por el que se estableció un Programa de Acciones de Saneamiento (PAS) bajo la coordinación del Organismo de Cuenca del Balsas. Desde la visión del CFJG, la CAV y comunidades que acompañan el proceso, esta estrategia reflejó un penoso proceso de simulación (Hernández, G. (2021), pues las acciones llevadas a cabo fueron aisladas y sin coordinación alguna entre dependencias; se justificó un gasto exorbitante en proyectos de infraestructura que no contribuyeron en nada a la solución de la problemática.

A pesar de la simulación por parte de gobiernos y dependencias, en estos años ha habido avances en el fortalecimiento de los grupos comunitarios a través de la CAV y el CFJG, quienes estrechan su vinculación con la academia a través de los Pronaii y del proceso continuado con el Conahcyt y la Secretaría de Salud federal.

El fortalecimiento de los grupos comunitarios a través de las acciones realizadas

Respecto al fortalecimiento de los grupos comunitarios, se debe considerar que todas las acciones —tanto de incidencia con dependencias como de relación con organizaciones de la Cuenca y de otras RESAS—, están sustentadas en 22 años de acompañamiento comunitario y de tiempos dedicados explícitamente a la reflexión, formación y profundización en la problemática y en las posibilidades y propuestas de solución. Periódicamente se llevan a cabo reuniones, talleres y foros públicos en los que participan integrantes de las comunidades, investigadores e investigadoras, miembros del CFJG, la CAV, y de otras organizaciones de la Cuenca, como el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), Atlihuetzia en Resistencia, Grupo Cíhuatl, entre otras.

En estos espacios de formación, sus participantes se fortalecen de manera conjunta como sujetos sociales, desarrollando capacidades hacia dentro y hacia fuera de las comunidades, a fin de incidir en el establecimiento de políticas que lleven al manejo integral y comunitario de la CAA. En este sentido, la reflexión y participación de los grupos comunitarios se lleva a cabo en tres ámbitos: a) formación y participación en las acciones de incidencia; b) formación y participación en las actividades de investigación, y c) difusión de la información que se genera en los dos espacios anteriores. De igual manera, a la par de estas acciones, cada grupo lleva su dinámica de actividades e incidencia local en comunidades.

A través del acompañamiento se ha fortalecido la relación con autoridades comunitarias, comités del agua y comisariados ejidales, con quienes se comparte la información sobre la situación de devastación en la CAA, se les incentiva a participar en eventos públicos, compartir reflexiones y, si es el caso, enunciar posibilidades de solución para la problemática. Todo esto en el marco de la *Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac – Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades*.

En el proceso de diálogo se comparte y se reflexiona de manera conjunta y transdisciplinaria sobre la visión, la formación y fortalecimiento del sujeto social, y sobre la información que se genera durante el proceso. De esta manera se va preparando el terreno para avanzar de manera conjunta con las comunidades, en la elaboración de propuestas de política pública y de acciones. Esto, con la claridad de que el proceso de incidencia no es lineal, sino que se ha ido desarrollando en diversos momentos. Por ejemplo, los diálogos y las acciones lograron frenar la iniciativa de *Ley de Aguas para el Estado de Tlaxcala* de tendencia privatizadora; también se compartió información e instauró un diálogo con el Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE), lo que permitió la creación 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*, que el Secretario de Salud federal entregó

al gobierno del estado de Tlaxcala y que comenzó a implementarse. En un proceso semejante, pero en coordinación clara entre los Pronaces de Agua, Agentes Tóxicos y Salud, se acompañó de cerca 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*, publicado por el Conahcyt en octubre de 2023.

Otro elemento que forma parte de este proceso y fortalece a los grupos comunitarios y organizaciones, es el trabajo de campo de los equipos de investigación. Con la participación de las personas en la implementación de herramientas y métodos de medición/monitoreo de las condiciones de agua, aire y suelo, así como la reflexión que se genera a partir de la sistematización de dicha información, los habitantes adquieren mayor conocimiento de su territorio. Lo anterior favorece al diálogo con autoridades de los tres ámbitos de gobierno.

En este sentido, con el desarrollo de los Pronaii se está buscando fortalecer a los Comités Comunitarios del Agua (CCA) como instancias voluntarias clave para el cuidado del agua y garantes de una administración honesta del servicio, tanto de agua potable como de alcantarillado, drenaje y saneamiento en el estado de Tlaxcala y la Cuenca en general. Esto, con el objetivo de que los Comités y las comunidades mismas puedan enfrentar con fuerza y claridad los embates gubernamentales, legislativos y privados que pretenden destruir los mecanismos de participación comunitaria y privatizar el agua, despojándola de su carácter de derecho humano y convirtiéndola en un bien mercantil.

Con base a todas estas experiencias compartidas en el estado de Tlaxcala, se ratifican y comparten aquí algunas lecciones aprendidas, junto con los compromisos establecidos, al terminar el *Segundo 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*,³⁵ que se llevó a cabo en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) en el 2023:

- La base comunitaria es la esperanza transformadora ante situaciones de injusticia y desigualdad. Los procesos de gestión e incidencia aportan, pero si no se tiene esa

35 En octubre 2022 y 2023 se llevaron a cabo dos Foros Regionales: *Diálogo entre comunidades, academia y sociedad civil de la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac*, orientados a analizar, difundir y compartir experiencias de investigación e incidencia en torno a la situación de la CAA. Ambos eventos tuvieron amplia difusión y detonaron el acercamiento de autoridades del gobierno de Tlaxcala con los responsables técnicos de diversos Pronaii, así como el fortalecimiento del diálogo entre comunidades afectadas en la región y otros lugares de la república. Estos eventos fueron organizados por el Conahcyt (Dirección Regional 04 Sur Oriente), el Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local, la Coordinadora Por un Atoyac con Vida, el Centro de Economía Social Julián Garcés, investigadores de varias IES y Pronaii como BUAP, UATx, Ibero Puebla, UNAM, entre otros, así como la coordinación del Pronaces Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes.

base que dé seguimiento, exija y vigile su cumplimiento, difícilmente cambiará la situación.

- El trabajo de base, paciente y dedicado, es el sustento para la creación del sujeto social comunitario que poco a poco se ha empoderado y se mantiene constante en la búsqueda de soluciones a sus problemas, en el marco del ejercicio y la exigibilidad de sus derechos humanos. Se confirma que la protesta social debe ir siempre acompañada de propuestas de solución emanadas desde las mismas personas y comunidades afectadas. Esto es lo que sienta las bases para el diálogo y la negociación con las autoridades y otros sectores involucrados.
- El trabajo permanente de acompañamiento y formación a los grupos parroquiales comunitarios, vinculados a la Pastoral Social de Tlaxcala, y la perseverancia de los habitantes de las comunidades (asumiendo que el trabajo en esta y otras problemáticas debe considerarse siempre a largo plazo), ha sido la base para mostrar la consistencia de los pasos dados y el profesionalismo de las propuestas elaboradas.
- La voluntad política es necesaria. Cuando las autoridades y funcionarios cuentan con ella, se puede establecer un diálogo franco y buscar soluciones de manera conjunta, como sucedió con la Secretaría de Salud y el Conahcyt, contrario a lo que es manifiesto en el gobierno de Tlaxcala.
- De acuerdo con las contradicciones entre el discurso y las acciones que realiza el gobierno de Tlaxcala, vivimos en una situación de cooptación, captura y desvío de poder, ya que las decisiones sobre los procesos de desarrollo en el estado son tomadas por las empresas, mientras que el gobierno sólo las administra.
- La Caravana Toxitour mostró que la presencia de observadores internacionales es importante para provocar que las autoridades estatales presten atención a lo que está sucediendo en las comunidades.
- Es necesaria la articulación constante y comprometida con investigadoras e investigadores, que sea multidisciplinaria y abierta a la transdisciplinariedad, para fortalecer y sustentar el avance en los procesos.

Las OBC que han participado en el proceso de articulación con investigadores e investigadoras están conscientes de la necesidad de seguir fortaleciendo al sujeto social que responda a los actos de simulación de los gobiernos en turno y a los intereses de la gran industria nacional e internacional que depreda los recursos naturales y trastoca el tejido social. A fin de mantener esta alianza estratégica, las OBC se comprometen a:

1. Articular todos los procesos de investigación en incidencia dentro del contexto socioecosistémico de la región, y mantener la consideración actual de la CAA como una Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA).
2. Promover el trabajo colectivo, partiendo siempre de la experiencia de las comunidades:

- Planear y llevar a cabo todas las acciones desde y con las comunidades, respetando su visión de integralidad.
 - Promover el sostenimiento de la gestión comunitaria del agua, de manera que los comités comunitarios fortalezcan sus capacidades administrativas, sobre la base de que el agua es un bien común.
 - Fortalecer los procesos de transición hacia la producción agroecológica.
3. Adecuar todos los procesos de investigación a las formas y necesidades de las comunidades:
- Incrementar los esfuerzos para trabajar de manera interdisciplinaria, promoviendo la coordinación efectiva con investigadoras e investigadores, en perspectiva transdisciplinaria, estableciendo verdaderos procesos de diálogo para compartir e integrar saberes con las personas en las comunidades.
4. Favorecer el establecimiento y el seguimiento de:
- Un proceso comunitario socioambiental de monitoreo que permita tener información periódica de lo que sucede en la cuenca a fin de enfrentar las contingencias y denunciar cuando sea necesario.
 - Un sistema permanente de vigilancia epidemiológica específica de la salud de la población en riesgo, con un enfoque integral.

6.2. Incidencia sobre el derecho humano al agua y la gestión comunitaria a nivel legislativo

La gestión jurídica del agua se encuentra regulada en los artículos 4º, 27º y 115º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Respecto del derecho humano al agua, el artículo 4º, párrafo 6, establece que:

Toda persona tiene derecho al acceso, disposición y saneamiento de agua para consumo personal y doméstico en forma suficiente, salubre, aceptable y asequible. El Estado garantizará este derecho y la ley definirá las bases, apoyos y modalidades para el acceso y uso equitativo y sustentable de los recursos hídricos...

Sin embargo, esto dista mucho de la realidad, pues la gestión del agua en nuestro país se ha caracterizado por una profunda desigualdad en todos los campos. Por ejemplo, en relación con su aprovechamiento, en 2023, de los 298 292 usuarios que contaban con concesión para usos no consultivos del recurso, apenas 3 304 (entre empresas y particulares) acapararon el 22 % de

toda el agua concesionada en el país. Eso significa que, este reducido grupo, que representa apenas el uno por ciento del total de usuarios en México, acapara más de una quinta parte de este recurso común,³⁶ evidenciando una profunda inequidad en su distribución.

En la Cuenca del Alto Atoyac la situación es compleja, pues además de que las aguas superficiales presentan en su mayoría altos niveles de contaminación, el acuífero 2901 que corresponde a la región de Tlaxcala, presenta graves niveles de disminución del agua disponible,³⁷ probablemente asociado al número y volumen de concesiones³⁸ y a la falta de atención de las autoridades en la recarga de los acuíferos. La crisis hídrica repercute en la violación a los derechos humanos de los habitantes de la CAA, quienes tienen dificultades para acceder al agua en suficiencia para abastecer sus necesidades básicas y en calidad, y para hacer uso de ella con seguridad en sus actividades cotidianas. Para sumar a la problemática, la fiebre inmobiliaria en los estados de Puebla y Tlaxcala constituye una seria amenaza para la disponibilidad de agua. La población rural ha sido el principal testigo de la pérdida de áreas agrícolas por fraccionamientos que demandan servicios de agua y drenaje. En numerosas comunidades, donde la gestión del agua se hace mediante los comités comunitarios de agua potable (CCA), existe una enorme presión para distribuir el recurso cada vez más escaso entre actividades domésticas y agrícolas. Asimismo, estas comunidades sienten amenazada su capacidad para surtirse de agua en suficiencia ante la expansión de la frontera inmobiliaria; tal es el caso de Santa María Atlihuetzia, municipio de Yauhquemehcan en Tlaxcala, del que se hablará en el apartado 6.3.

La situación tenderá a agravarse en los siguientes años debido al fenómeno de la relocalización, impulsado por los actuales gobiernos estatal³⁹ y federal, quienes históricamente han hecho caso omiso de la situación de los acuíferos y de la condición de las aguas superficiales en el estado.

36 Dato aportado por Rodrigo Gutiérrez en el Foro “Los retos para garantizar el derecho humano al agua y su saneamiento en Tlaxcala”, Tlaxcala, 17 de marzo de 2023.

37 En un lapso de casi una década (2014 a 2023) el volumen disponible se ha reducido en un 43.3 %, pasando de 46.705 millones de metros cúbicos a solo 26.56 Para la referencia del año 2023, ver: DOF - Diario Oficial de la Federación; para la del año 2014, ver: DOF - Diario Oficial de la Federación

38 De acuerdo a la información del REPDA, presentada por Aurelio Fernández Fuentes en el *Primer Foro Regional: Diálogo entre comunidades, academia y gobierno sobre la problemática multidimensional de contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac*, para el año 2022 había 770 concesiones de agua a Tlaxcala por un volumen de 128,736,673.84 m³/año; en el caso de Puebla fueron 1358 concesiones por un volumen de 231,380,308.15.

39 Véase por ejemplo el artículo en torno al tema del *nearshoring* del Secretario de Economía del Estado (2021-2027), Javier Marroquín Calderón, “Tlaxcala: Proyectos de Nearshoring”, *ANFAD Digital*. Consultado el 14 de noviembre de 2015. : <https://anfaddigital.com.mx/tlaxcala-proyectos-de-nearshoring/>

En el estado de Tlaxcala, la gestión comunitaria del agua para uso doméstico está en gran parte en manos de las autoridades comunitarias a través de los Comités Comunitarios (CCA) o Locales de Agua Potable (CLAP) y/o los presidentes de Comunidad.⁴⁰

De acuerdo con una solicitud de información realizada en septiembre del 2023 a la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento (CEAS), la gestión comunitaria está a cargo de 372 Comités de Agua Potable, 251 Comisiones de Agua de las Comunidades y 55 presidentes de Comunidad. A nivel municipal, la gestión de agua es realizada por 45 Direcciones de Agua Potable de los Municipios, siete Coordinaciones de Agua de los Municipios y siete Organismos Descentralizados de los Municipios, que, según la propia contestación, “de ellos no operan como tal” (OFICIO No. CE/CEAS/962/23).

Las cifras muestran que existen 678 localidades cuyo recurso es gestionado mediante sus autoridades comunitarias. A nivel municipal no se dan cifras de las poblaciones atendidas por las Direcciones y Coordinaciones de Agua, tampoco se dan mayores detalles de la situación de los Organismos Descentralizados que no “operan como tal”, sin embargo, las cifras evidencian la importancia de la gestión comunitaria en Tlaxcala.

Frente a esta realidad, la legislación a nivel estatal es limitada en el reconocimiento de las formas de gestión comunitaria, lo que repercute en la falta de atención a las problemáticas y necesidades de los órganos que proveen de agua a la población cotidianamente, así como hay una deuda enorme en el fortalecimiento de sus facultades y capacidades. Debido a ello, es de suma importancia que las iniciativas de Ley para la Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento reconozcan esta realidad y abran a consulta y consentimiento —previo, libre e informado— las formas más oportunas y eficaces para su reconocimiento legal.

Iniciativas de una nueva Ley de Agua para Tlaxcala

Durante el 2022 y 2023, en la agenda legislativa del Congreso del Estado se impulsaron dos iniciativas de reforma a la Ley para la Prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento del Estado de Tlaxcala por el grupo parlamentario del partido Movimiento de Regeneración Nacional (Morena), sin información, sin participación y sin consultar a las comunidades, sus autoridades ni a la sociedad civil en general.⁴¹ Estas dos iniciativas se caracterizan por

40 Para efectos de este capítulo, utilizamos el término de CCA tanto para referirnos a los Comités Comunitarios de Agua como a los Comités Comunitarios de Agua Potable o a los Comités Locales de Agua Potable, ya que estos reciben nombres distintos en cada comunidad pero se refieren a la misma instancia reguladora del recurso.

41 La iniciativa de ley que tuvo mayor difusión fue la presentada el 14 de febrero de 2023 por la legisladora Marcela González Castillo, ante el pleno de la LXIV Legislatura como una iniciativa con proyecto de decreto para expedir la *Ley para la prestación de Servicios de Agua Potable y Saneamiento del Estado de Tlaxcala*. De acuerdo con lo que se establecía en la exposición de motivos, con dicha iniciativa se buscaba “regular el derecho humano al agua, haciéndolo compatible con la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento para el Estado”. Sin embargo, a partir de la lectura especializada que

priorizar a los organismos operadores como la autoridad facultada para la gestión del servicio de agua potable. Aunque nombran la existencia de los Comités Locales de Agua —de modo confuso—, no les reconocen su carácter de autoridad ni competencias en la gestión y administración del agua potable en Tlaxcala.

Durante estos procesos, las y los integrantes del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan”, en un esfuerzo colectivo, realizaron incidencia en diferentes niveles con diversos actores comunitarios, difundieron información sobre la iniciativa en medios nacionales y estatales,⁴² y promovieron un foro con presencia del Relator de Naciones Unidas sobre los derechos humanos al agua y al saneamiento. El equipo jurídico antropológico de este Pronaii⁴³ realizó informes técnicos sobre la iniciativa para dar cuenta de las ausencias y limitaciones legislativas, así como las ventanas de oportunidad que tienen los legisladores para decretar una Ley de aguas con perspectiva de derechos humanos y participación ciudadana, que respete la organización política comunitaria histórica en Tlaxcala y, ante todo, que atienda al bien común.

En dichos informes técnicos se destacan las siguientes observaciones sobre las limitaciones de las iniciativas:

a) Nombrar la gestión comunitaria sin reconocer el carácter de autoridad dentro de los órganos de gestión y administración del agua potable. La iniciativa de ley en el artículo 2º establece a los organismos encargados de la gestión integral del agua mencionando únicamente a la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento del Estado de Tlaxcala y el Municipio a través de la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio que tiene funciones de organismo operador (fracción VII). Al enumerar a las autoridades para la organización

realizaron diversos actores de la iniciativa se logró visibilizar que lejos de los objetivos señalados en la exposición de motivos, el proyecto se construía de espaldas al contenido del derecho humano al agua, abría vías para la participación de actores privados en la gestión del agua, desconocía el muy relevante papel de la gestión comunitaria y criminalizaba la libertad de expresión de la ciudadanía respecto de los asuntos del agua.

42 Algunos de los artículos de opinión que se realizaron por el subgrupo jurídico-antropológico son: Rodrigo Gutiérrez Rivas y Yacotzin Bravo Espinosa, 2023, “Criterios jurídicos fundamentales para una Ley del Agua y su Saneamiento en el estado de Tlaxcala” en Cuenca del Río Atoyac”, *La Jornada del campo, Suplemento informativo de la Jornada*, número 186, 18 de marzo, en <https://www.jornada.com.mx/2023/03/18/delcampo/articulos/ley-agua-tlaxcala.html>; Bravo Espinosa Yacotzin, 2023, “Una iniciativa de Ley Estatal de Agua, sin la voz de quienes la gestionan en las comunidades de Tlaxcala”, *La Jornada de Oriente*, 9 de marzo en <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/tlaxcala/una-iniciativa-de-ley-estatal-de-agua-sin-la-voz-de-quienes-la-gestionan-en-las-comunidades-de-tlaxcala/>; Bravo Espinosa Yacotzin, 2023, “Defensa de los bienes comunes: autonomía y organización comunitaria para la gestión del agua en Tlaxcala”, *Escenario Tlaxcala*, 31 marzo en <https://escenariotlx.com/bienes-comunes-autonomia-organizacion-comunitaria/>

43 Este subequipo se integra por Rodrigo Gutiérrez Rivas del Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, Yacotzin Bravo Espinosa del Departamento de Ciencias Sociales y Políticas de la Universidad Iberoamericana en CDMX, Sergio Alberto Salgado Román de la Universidad Autónoma Metropolitana - Azcapotzalco y durante 2023 participó en el trabajo de campo la antropóloga Yolanda Mexicalxóchitl García Beltrán.

y coordinación para servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento, contempla al estado, el ayuntamiento y los organismos operadores (fracción X).

Al enfatizar que, a nivel municipal, el Ayuntamiento es el administrador del agua potable, el artículo 6° reconoce que esta función la realizará a través de las Comisiones municipales y Comisiones de comunidad, quienes están autorizadas para aplicar la Ley. En este sentido, las iniciativas contemplan a los Comités Comunitarios o Locales de Agua (CCA) como autoridades para la aplicación de la legislación de aguas, sin embargo, no hay un desglose sobre su naturaleza jurídica y marco de actuación en el resto del articulado. Es decir, hay una falta de reglamentación a través de la cual se podrían regular los ámbitos competenciales de actividad de los comités.

Aunque en este artículo se menciona a los Comités de comunidad, los artículos 7°, 10°, 36°, 54°, 70° y 114° establecen que el principal organismo público para la gestión y prestación del servicio del agua potable es la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio, que tiene las funciones de organismo operador. Estos organismos son los que tienen la atribución exclusiva para realizar el cobro de tarifas y recaudación por la prestación del servicio de agua potable y alcantarillado, con la anuencia y vigilancia de la tesorería municipal (artículo 8°).

Al mismo tiempo, la referencia a la sociedad como parte de la gestión del agua alude a grupos sociales y a la ciudadanía en general, sin reconocer la composición ciudadana de los Comités Comunitarios o Locales de Agua (CCA).

b) Los CCA como una figura jurídica subordinada —desde su creación y funcionamiento— al municipio. Aunque reconoce que en un municipio puede haber más de un sistema de agua potable que preste servicio en las comunidades, e incluso las nombra Comisión Local de Agua Potable y Alcantarillado (artículos 36° y 37°), se les subordina al Ayuntamiento.

En el artículo 36° se habla de que el cabildo de cada Ayuntamiento va a crear los CCA cumpliendo las normas de la Ley, omitiendo en todo el documento las elecciones por usos y costumbres en las comunidades. En el capítulo de infracciones y sanciones nuevamente se pone a los organismos operadores como la autoridad principal y en el artículo 129° fracción XII se contempla infracción a: “Los que construyan u operen sistemas hídricos para la prestación de los servicios públicos, sin la autorización del organismo operador”. En este capítulo no hace mención expresa a los CCA, pero de acuerdo con lo anterior, su operación, que es histórica, ahora requiere de la autorización del organismo operador para no ser sancionados.

Otro artículo donde no es claro si se refieren a los actuales CCA es el artículo 105° referente a los usuarios. En la Fracción VIII se contempla “Formar comités para promover la construcción, conservación, mantenimiento, rehabilitación y operación de los sistemas destinados a la prestación de los servicios de agua potable, drenaje y alcantarillado”. En caso de contemplar

a los actuales Comités, reduce sus funciones a auxiliares integrados por usuarios, en lugar de considerarlos como autoridades elegidas por usos y costumbres. En este sentido, la ley es ambigua sobre la forma en que reconoce a las Comisiones Locales de Agua Potable.

c) La falta de reconocimiento de los CCA implica una ausencia legal de atribuciones y se les exceptúa de la coordinación interinstitucional. Aunque menciona que el municipio puede convenir con las localidades, la administración del servicio público de agua potable, alcantarillado o saneamiento para mejorar el derecho humano al agua no les reconoce ninguna atribución como autoridad. Incluso menciona que los convenios pueden ser de modo individual o conjunto, sin observar que los CCA son una autoridad comunitaria, no un particular o conjunto de personas (artículos 37° y 38°). Al mismo tiempo, se les excluye de la posibilidad de proponer a los gobiernos federales, estatales y municipales el establecimiento de políticas y lineamientos sobre la construcción, ampliación, rehabilitación, administración, operación, conservación y mantenimiento de los sistemas de agua potable y drenaje (artículo 38°, fracción II).

Al establecer los convenios para la contratación de obras, bienes y servicios necesarios para la ejecución de infraestructura hidráulica, se excluye a los CCA, y en consecuencia estos se celebran únicamente entre la Federación, el estado y los municipios, mediante los organismos operadores.

d) Quita autonomía a los CCA para decidir y establecer sus tarifas y formas de cobro. Se les quita la facultad de establecer tarifas de cobro porque es la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio quien propone al Ayuntamiento el anteproyecto de las tarifas por la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado para su aprobación en cabildo. La propuesta la realizará con estudios anuales (artículo 38°, fracciones VI, VIII y IX y artículo 106°). Además, la facultad de cobro de tarifas por la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillados se atribuye a la Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio, con la anuencia y vigilancia de la tesorería municipal. Otro elemento no relacionado directamente con las Comisiones, pero sí con los usuarios es la obligación de la instalación de aparatos medidores del consumo de agua para todos los nuevos usuarios (artículo 103°), quitando autonomía a los CCA para decidir sus tarifas y formas de cobro.

Las iniciativas de reforma presentadas en 2022 y 2023 no prosperaron, al quedar detenidas en comisiones sin ser dictaminadas ni aprobadas por el Congreso del Estado de Tlaxcala.

Foro con presencia del Relator de Naciones Unidas sobre los derechos humanos al agua y al saneamiento

Frente a la iniciativa de Ley de Aguas presentada en febrero de 2023 y el inminente avance del proyecto al interior del congreso local, academia y sociedad civil organizada, encabezada por el CFJG, convocaron el 17 de marzo de 2023 a un foro titulado *Retos para garantizar el derecho humano al agua y su saneamiento* en el que participó Pedro Arrojo siendo en aquel momento Relator Especial sobre derecho humano al agua y al saneamiento de la Organización de las Naciones Unidas. Se trató de un importante esfuerzo de incidencia que contribuyó a detener el avance de una legislación local que podría haber contribuido al deterioro del ciclo socio-natural del agua en la CAA.

En dicho foro, el Relator Especial realizó importantes señalamientos, además de que llamó a hacer las paces con nuestros ríos, fuentes de agua y la naturaleza. Destacó la importancia y la necesidad de aprender el mensaje de las comunidades campesinas y los pueblos indígenas y recuperar la ingeniería natural, para que gozar de una naturaleza en buen estado y sostenible no sea sólo privilegio de los ricos. Convocó a que en todos los espacios se reconozca el agua como una necesidad vital, para recuperar nuestro derecho al agua. Así mismo, consideró necesario promover el gobierno democrático del agua en todos los lugares y recordó que este bien no es apropiable por nadie, no es privatizable ni mercantilizable. De acuerdo con las palabras del Relator, la privatización es una perversión en nombre del negocio, no de la eficacia; por eso se debe establecer una administración responsable desde la lógica colectiva, bajo un sentido comunitario de la vida.

La participación y las palabras del Relator, que fueron recogidas por decenas de medios de comunicación local y algunos nacionales, tuvieron un fuerte impacto en la discusión pública sobre la iniciativa, sin que sea posible determinar con exactitud qué peso tuvo su intervención en la región. Lo cierto es que se trató de una estrategia de incidencia clave para evitar el avance de la propuesta legislativa en ese periodo.

6.3. Fortalecimiento de la gestión comunitaria del agua frente al despojo: litigio judicial frente al crecimiento inmobiliario

El equipo jurídico-antropológico, mediante grupos focales, abrió el diálogo con los CCA en once comunidades de ocho municipios⁴⁴ para profundizar sobre las problemáticas y necesidades de la gestión comunitaria del agua en el contexto de devastación socioambiental, así como en otros proyectos de despojo. Durante el grupo focal realizado con las autoridades del CCA de Santa María Atlihuetzia, municipio de Yauhquemecan, se le solicitó a este equipo el acompañamiento a través de asesoría jurídica en el Juicio de Amparo 646/2023-III, iniciado contra las autoridades de este Comité por parte de constructores particulares.

En este municipio, el crecimiento inmobiliario en áreas de vocación agrícola es una problemática que enfrentan actualmente las autoridades comunitarias del agua debido a diversos factores, entre ellos, la presión sobre el abastecimiento de agua potable en una zona con escasez y la forma irregular en que las autoridades municipales otorgan los permisos para la construcción de los fraccionamientos. Lo anterior ha aumentado la presión sobre los CCA para otorgar permisos para el establecimiento de tomas de agua. Además, tanto propietarios, como desarrolladores han presentado litigios judiciales para obligarlos a dar el servicio.

En 2022, el CCA fue objeto de dos demandas de juicio de amparo de constructores que incumplen con la normatividad y, a pesar de ello, exigen el servicio de agua potable. En su informe, el CCA explica que los constructores solicitan permisos para levantar la barda perimetral y luego inician la edificación de casas, incumpliendo las normas de construcción. Una vez edificadas las viviendas, emprenden juicios al comité para que se les otorgue el servicio de agua.

En 2023, dicho Comité fue demandado nuevamente por un particular que pretendía construir un fraccionamiento de diez casas habitación en una zona donde únicamente se puede construir vivienda unifamiliar (uso de suelo en área agrícola). Este particular solicitó una constancia de factibilidad de agua potable, documento donde la autoridad establece si es posible o no otorgar este servicio para nuevas construcciones. De acuerdo con el querellante, y basado en el *Programa Nacional de Vivienda*, es obligación de toda autoridad garantizar mínimamente el abasto de agua, drenaje y energía a cualquier persona que utilice un espacio como habitación.

44 Santa Justina y Atotonilco, municipio de Ixtacuixtla; San Rafael Tenanyecac, municipio Nativitas; San Francisco Mitepec y La Magdalena Cuextotitla, municipio de Españita; Atlihuetzia, municipio de Yauhquemecan; Los Reyes Quiahuixtlan, municipio de Totolac; San Mateo Huexoyucan, municipio de Panotla, y San Pedro Tlalcuapan, municipio de Chiautempan.

La petición del querellante fue negada por el CCA, entre otras razones, porque la zona donde se pretende construir el fraccionamiento sufre escasez de agua: “no hay condiciones, ni capacidad para emitir una constancia positiva de prestación del servicio de agua potable para el fraccionamiento que se proyecta construir en el inmueble...” (Juicio de Amparo 646/2023-III). Además de que los habitantes establecidos desde hace muchos años en esta zona sólo reciben agua por tandeo dos veces a la semana durante dos horas, de modo que dar la constancia pone en “riesgo el acceso mínimo y básico al agua de quienes por muchos años han vivido en esta zona.” (Juicio de Amparo 646/2023-III).

Como consecuencia de la negación del CCA, el querellante promueve la demanda de amparo porque consideró que la negación de factibilidad viola el derecho humano de acceso al agua e impugna a la autoridad que firma la negación de factibilidad. Su argumento para demandar la negativa de la Constancia es que el secretario del CCA (quien firma la Constancia) no acredita tener la representación legal de la autoridad responsable, por ser un órgano colegiado integrado por un presidente, un secretario y un tesorero. También impugna el informe presentado ante el juzgado por el secretario del CCA porque no puede ejercer ningún acto de potestad pública. Según su argumento, es la Dirección de Agua Potable del Ayuntamiento a quien las leyes reconocen como autoridad.

También sostiene que la Asamblea ciudadana que eligió al CCA está fuera de la ley porque en Tlaxcala sólo se reconocen usos y costumbres para cuestiones electorales en algunas comunidades y en ninguna norma se establece que puedan ocuparse del servicio de agua potable. Igualmente afirma que se le debió dar la Constancia de factibilidad porque el municipio había otorgado previamente un permiso para suministro de agua que abasteció a la construcción de la barda perimetral del predio. Además, el CCA había firmado un contrato para la prestación de servicio de agua potable tipo residencial.

La resolución judicial: los usos y costumbres están reconocidos constitucionalmente y los CCA son organismos descentralizados del municipio

El 30 de abril de 2024, el juicio se resuelve a favor del CCA mediante la sentencia del Juzgado Tercero de Distrito en Tlaxcala que niega el amparo y protección de la justicia al propietario del fraccionamiento, y reconoce los actos de autoridad del CCA de la comunidad. Aunque este juicio está en recurso de revisión interpuesto por el querellante, la sentencia dictada por el juez de primera instancia es un referente para el debate sobre los alcances del reconocimiento legal de los CCA y de la gestión comunitaria del agua en Tlaxcala y en todo el país.

La argumentación del juzgador reconoce la existencia jurídica de los Comités o Comisiones Comunitarias del Agua (CCA) que operan en el estado de Tlaxcala y señala que su naturaleza jurídica es la de organismos descentralizados del municipio; además señala que los usos y

costumbres por los que las comunidades eligen a sus autoridades —los CCA que gestionan y administran los recursos naturales—, están contemplados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en la Constitución de la propia entidad, pues se encuentran reconocidos como fuente del derecho que permea todo el sistema jurídico del estado de Tlaxcala, y no únicamente al sistema electoral, respecto a los presidentes de comunidad.

La sentencia argumenta que los usos y costumbres o sistemas normativos son expresión del reconocimiento de que el estado de Tlaxcala es pluricultural y, por tanto, son parte del sistema jurídico. En este sentido, las asambleas donde se eligen a los representantes de los CCA y las actas emanadas de éstas forman parte de los usos y costumbres y son documentos y actos amparados por la Constitución.

Además, si bien es cierto que de acuerdo a la Constitución local y la Ley Municipal del Estado de Tlaxcala (artículos 90°, 93°, 94° y 57°) el servicio público de agua potable, drenaje y alcantarillado corresponde por principio a los municipios, también se establece que donde no se preste el servicio público por el ayuntamiento, lo harán las presidencias de comunidad, las cuales forman parte de la estructura municipal y están facultadas para formar comités de obras y recursos, y así ejercer las atribuciones que legalmente y por usos y costumbres les son reconocidas.

La línea argumentativa del juez sostiene que el artículo 117° de la Ley Municipal reconoce a las presidencias de comunidad como organismos descentralizados de la administración pública municipal, adscritos al Ayuntamiento y sujetos a coordinación con las dependencias y entidades de la administración pública municipal.

Además, recupera lo asentado en el artículo 147° del ordenamiento que indica que los CCA se elegirán por asamblea del pueblo con representantes de los barrios y estarán integrados por: presidente de la Comunidad, quién lo presidirá; un representante de cada barrio, colonia o sección; el comisariado ejidal, si lo hubiere; secretario, tesorero y tres vocales. Por su parte, el artículo 150° establece que “Las comisiones o comités para el suministro de agua potable que existan en los municipios se consideran Organismos Públicos Descentralizados y sujetos a la establecido en esta ley”. El artículo 59° de la Ley Municipal establece que los servicios públicos se pueden prestar de manera coordinada o delegada a organismos públicos descentralizados.

De modo que, si bien la prestación del servicio público del agua potable le corresponde en principio al municipio, en aquellos lugares donde no alcance a prestarlo, también lo pueden hacer de modo coordinado las presidencias de la comunidad y los Comités o Comisiones para el suministro de agua potable que son organismos de participación y colaboración ciudadana.

Además, según el juez, el artículo 6° de la Ley de Agua para el Estado indica cuáles son las autoridades competentes para aplicar esa ley en materia de aguas: la Comisión Estatal, el Centro de Servicios, los ayuntamientos y las comisiones municipales y de comunidad.

Los alcances y efectos de la sentencia. Elementos para el análisis y el debate con los CCA para su reconocimiento

A través de la sentencia se expresa un criterio formulado por un juez federal sobre una problemática que enfrentan las comunidades para gestionar el agua ante un vacío o insuficiencia legislativa que les permita defender sus recursos. La sentencia es un precedente relevante sobre las formas en que se puede dar reconocimiento a los CCA, un primer paso para profundizar y debatir sobre los efectos de su reconocimiento como organismos descentralizados de la administración municipal, y es una herramienta para impulsar el diálogo con los CCA sobre la forma en que quieren ser reconocidos en la legislación.

Algunos de los componentes de análisis de la sentencia son:

- a) La omisión de establecer normativamente las atribuciones, facultades y competencias de comités y comunidades en lo relativo a la gestión de sus recursos hídricos los coloca en estados de incertidumbre. La inseguridad jurídica, sobre todo, se proyecta hacia el exterior frente a presiones o acciones legales contra ellos. Al interior, los Comités o Comisiones evidencian una organización interna para el nombramiento de sus integrantes, en el reconocimiento de sus usos y costumbres, y en las facultades que tienen los representantes.
- b) El juez recupera los argumentos vertidos por el CCA que expresan el sentido “social comunitario” y la relación con los recursos naturales. La redacción de los documentos que emite el CCA se aparta de las formalidades, estilo y redacción de los documentos públicos, tanto en su estructura como en su fundamentación, lo que los dota de carácter identitario. Como señalan en sus informes justificados, parte de sus actividades organizativas son de carácter oral y sólo aquellas que lo requieren, como la elección de sus integrantes, las formalizan por escrito. Esto confirma lo asentado por López (2023, 253):

(...) muchos pueblos indígenas han comenzado a escribir sus normas. Lo han realizado, sobre todo, para hacerlas valer ante los tribunales estatales, con la intención de que las autoridades del Estado los admitan como tales y las personas o empresas ajenas a la comunidad sepan a qué atenerse cuando intentan aprovecharse del agua que nace o corre por sus territorios. Son documentos para relacionarse con el exterior, porque al interior les basta su palabra.

- c) El 04 de febrero de 2012 se publicó la reforma al artículo 4º constitucional que reconoció el derecho humano de acceso al agua y estableció la coordinación entre los órdenes de gobierno y la participación de la ciudadanía en temas hídricos. Esa reforma ordenó al Congreso de la Unión la expedición de una *Ley General de Aguas* en un plazo de 360 días; sin embargo, doce años después aún no ha sido emitido ese ordenamiento. Sumado a ello, numerosos ayuntamientos carecen de capacidades para abastecer el suministro de agua en aquellas comunidades que se encuentran fuera de sus cabeceras municipales; ante esto, son las propias comunidades las que se organizan para dotarse del vital líquido, sin tener un marco jurídico específico que les brinde seguridad jurídica frente a las autoridades estatales y frente a las personas ajenas a la comunidad, como en este caso, especuladores inmobiliarios. La omisión legislativa del Congreso de la Unión para expedir la legislación general a la que se refiere la reforma constitucional del artículo 4º publicada en febrero de 2012, para los efectos de las comunidades, genera incertidumbre e inseguridad jurídica para poder gestionar sus recursos hídricos. Es importante mencionar que, como en el presente caso, ante la incapacidad o inacción de las autoridades municipales para prestar eficientemente el servicio público de agua potable al que se encuentran obligadas en términos del artículo 115º constitucional, las comunidades se organizan para dotarse a sí mismas del vital líquido. Luego entonces, existe una doble omisión por parte del Estado para con ellas: la legislativa y la administrativa.
- d) En el litigio judicial, el querellante argumentó la falta de competencia del Secretario del Comité porque el CCA es un órgano colegiado, por lo que se requiere también la firma del presidente y del tesorero. También afirma que los Comités de Agua Potable no son figuras jurídicamente posibles y válidas, porque constitucional y legalmente es la Dirección de Agua Potable municipal quien debe tener esta figura. Por último, aseveró que las asambleas de la comunidad, de donde emana el acta con la que se acreditó la representación legal por parte del CCA, resultaban ineficaces pues esas asambleas sólo tienen efecto en lo electoral, no así en materia de aguas.

El juez federal abre una interpretación distinta a la articulada por el quejoso y por el Comité. Primero, señala que los CCA tienen existencia jurídica y material de acuerdo con la Constitución Política del Estado de Tlaxcala, lo que implícitamente consigna la coexistencia de un sistema normativo nacional y los sistemas normativos indígenas. Después, incorpora un criterio que no forma parte de la problemática planteada, al fundamentar que los presidentes municipales, síndicos y regidores son electos conforme al sistema constitucional de sufragio universal, libre, secreto y directo, y sólo los presidentes de comunidad pueden ser electos a través de ese sistema o por usos y costumbres. Esta línea de interpretación es ajena a la controversia y aleja el debate de fondo, pues equipara a los presidentes de comunidad con los CCA, pero los Comités o Comisiones por usos y costumbres son organismos ciudadanos y de pobladores que no pertenecen a la estructura burocrática oficial. Incluso, el propio juez invoca, entre otros, los artículos 116º y 117º de la Ley Municipal del Estado de Tlaxcala,

donde se determina que las Presidencias de Comunidad son *órganos desconcentrados*, en tanto que las comisiones o comités para el suministro de agua potable se consideran *organismos públicos descentralizados* según lo dispuesto por el artículo 150° de la misma ley. Este tratamiento legal distinto para las Presidencias de Comunidad (órganos desconcentrados) y para los Comités de Agua (organismos descentralizados) genera incertidumbre para estos últimos, pues los coloca como autoridades estatales, sin serlo en los hechos y subordinados a la autoridad municipal.

El juez también expresa que “las disposiciones legales de referencia contemplan la existencia de organismos de participación y colaboración ciudadana, dentro de los cuales se encuentran reconocidas las comisiones o comités para el suministro de agua potable que existan en los municipios, los cuales se consideran como organismos públicos descentralizados, que se integran por presidente, secretario, tesorero y vocales”.

Bajo esta perspectiva, el criterio del juez conduce a la deducción de que los comités de agua forman parte de la estructura orgánica municipal y con carácter de organismos públicos descentralizados. Para ser más precisos, los organismos descentralizados son:

(...) entidades dotadas de personalidad jurídica y patrimonio propio, creados por ley o decreto del Congreso de la Unión o por decreto del Ejecutivo Federal, destinados a la realización de actividades concernientes a áreas estratégicas o prioritarias, la prestación de un servicio público o social o bien, la obtención o aplicación de recursos para fines de asistencia o seguridad social (Venegas 2023, 1007)

Aunado a ello, la Suprema Corte de Justicia de la Nación ha sostenido que los organismos públicos descentralizados no forman parte de los poderes ejecutivos, federal, estatales, ni municipales. Se ubican en la administración pública paraestatal y son creados por ley o decreto para tener existencia jurídica propia a fin de prestar un servicio público (Segunda Sala Suprema Corte de Justicia de la Nación, Tesis de jurisprudencia 3/2000). Bajo esta óptica, considerar a los Comités de Agua Potable como organismos públicos descentralizados implica que son creados por el Estado y forman parte de la compleja estructura burocrática gubernativa. Situación que en los hechos no ocurre, pues los integrantes de estos comités no son servidores públicos y tampoco reciben salarios del municipio.

Sobre el particular, es de destacar que esa interpretación del juez limita el carácter voluntario, social y comunitario de los Comités, pues parte de que el resultado de la prestación del servicio público de agua es consecuencia de un acto expreso del Estado a través de una ley o de un decreto. Es decir, a falta de estos actos legislativos y administrativos, esas organizaciones no existen ni tienen vida jurídica y, por tanto, sus actos no son alegales. Más aún, esa interpretación puede derivar en un escenario plausible en el que, aunque fueran creados por

ley o decreto, el Congreso o el Ejecutivo, incluido el municipal, pueden desaparecerlos, lo cual es contrario a la finalidad que tiene la organización política comunitaria de gestión del agua.

e) No obstante lo anterior, la sentencia por sí misma tiene un valor significativo a nivel jurídico. En primer lugar, porque el CCA litigó un asunto, pero no con el carácter de parte actora o demandante, sino que lo hizo como demandado y compareció para defender sus actos. Además, hacerlo en vía de amparo es relevante, pues este juicio procede contra actos de autoridades y excepcionalmente, contra actos de particulares. Así que los CCA, al ser demandados, reciben un reconocimiento explícito de que no son particulares, sino autoridades.

En segundo lugar, esta sentencia judicial es ilustrativa pues, ante la ausencia de legislación estatal que brinde seguridad jurídica a los CCA, dibuja un precedente sobre el derecho de las comunidades sobre la gestión de sus recursos.

Además, la resolución fortalece los criterios de los Comités para la defensa de sus recursos naturales, en específico, recursos hídricos frente a proyectos de infraestructura y de especulación inmobiliaria. Por tanto, tiene

la atribución para determinar si en la comunidad de Santa María Atlihuetzia, se cuenta con la capacidad suficiente para la prestación de servicio de agua potable para diez casas en un fraccionamiento que pretende construir el quejoso en un inmueble de su propiedad y, consecuentemente, determinar si es procedente o no emitir la constancia de factibilidad de agua potable.

Por último, aunque la Ley municipal no contempla que los asuntos del agua puedan ser resueltos mediante asamblea, sí instituye que los Comités son organismos públicos descentralizados de participación y colaboración ciudadana. En este sentido, el juez amplía la interpretación para dar cabida a la asamblea en relación con la gestión comunitaria del agua. Resulta evidente que las determinaciones relacionadas con la elección de sus integrantes —que son tomadas por los vecinos de la comunidad que son usuarios del servicio, y que únicamente puede realizarse mediante asambleas— son jurídicamente válidas y posibles al basarse en los usos y costumbres de la comunidad. De la misma forma, la asamblea es quien elige a los integrantes del Comité y determina que, en ausencia del presidente, el segundo en el orden del cargo, el secretario, queda con la representación del Comité.

Consideraciones

El agua es fundamental para la vida, el desarrollo social y económico de las sociedades, la generación de energía y la producción de alimentos. Por esta razón, conforme crecen las poblaciones y sus necesidades, también aumenta la demanda del recurso, lo que ha afectado seriamente las condiciones para preservarla en suficiencia y calidad. En nuestro país, la administración del agua ha privilegiado intereses políticos y económicos por encima de las personas, a pesar de que el reconocimiento del derecho humano al agua y al saneamiento forman parte de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos desde el año 2012. La indefensión de las poblaciones ha impulsado a que se organicen y desarrollen estrategias para, por lo menos, lograr ser, escuchadas.

La CAA cuenta con una larga trayectoria de lucha comunitaria teniendo como base el recurso hídrico. Este capítulo nos mostró dos ejemplos de alianzas virtuosas entre comunidades e investigadores para hacer frente a las injusticias cometidas en contra de la sociedad por el derecho al agua y a un medio ambiente sano: la primera está encabezada por el CFJG y la CAV, quienes han señalado los graves problemas ambientales y de salud cometidos principalmente por la industria. En un proceso continuo de denuncia de varias décadas, la sociedad ha encontrado en la academia aliados para comprender mejor la situación y trazar acciones sustentadas de incidencia vertical y horizontal. Esta alianza ha favorecido la construcción de un sujeto social vigoroso, informado y capaz de hacer frente a los intereses mezquinos que privilegian el beneficio económico por encima de la salud de las personas.

Con el segundo ejemplo, el caso de Atlihuetzia, se hizo evidente que los vacíos legales en torno a la figura de los comités comunitarios de agua (CCA) facilitó que se abriera la puerta para que un particular interpusiera un amparo a fin de que le acreditaran la dotación de agua potable para su desarrollo habitacional. A través del acompañamiento del equipo jurídico, se logró que el CCA fuera reconocido como instancia legítima para decidir sobre la gestión del recurso hídrico en la comunidad y así impedir la dotación a este particular. Esta resolución sienta un precedente para que ulteriores CCA de la región puedan hacer frente a pretensiones de despojo por parte de particulares, en colusión de otros niveles de gobierno.

Ambos casos presentados en este capítulo muestran la importancia de la investigación orientada a la incidencia. En la actualidad, frente a problemas complejos, es necesario articular investigaciones transdisciplinarias que logren incorporar *sentipensares*, experiencias y saberes locales a las herramientas que proporcionan la ciencia y el derecho para construir mejores sociedades.

Referencias

- Anfad Digital, s/f, “Tlaxcala, Proyectos de Nearshoring. Entrevista a Javier Marroquín, Secretario de Economía de Tlaxcala”. <https://anfaddigital.com.mx/tlaxcala-proyectos-de-nearshoring/>
- Bravo Y. (2023, 9 de marzo). “Una iniciativa de Ley Estatal de Agua, sin la voz de quienes la gestionan en las comunidades de Tlaxcala”, *La Jornada de Oriente*, <https://www.lajornadadeoriente.com.mx/tlaxcala/una-iniciativa-de-ley-estatal-de-agua-sin-la-voz-de-quienes-la-gestionan-en-las-comunidades-de-tlaxcala/>;
- Bravo Y. (2023, 31 de marzo). “Defensa de los bienes comunes: autonomía y organización comunitaria para la gestión del agua en Tlaxcala”, *Escenario Tlaxcala*. <https://escenariotlx.com/bienes-comunes-autonomia-organizacion-comunitaria/>
- Diario Oficial de la Nación, 09 de noviembre 2023. https://www.diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708074&fecha=09/11/2023#gsc.tab=0
- Diario Oficial de la Nación, 22 de mayo 2014. https://www.diariooficial.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708074&fecha=09/11/2023#gsc.tab=0
- Díaz, E. (2024, 7 de mayo). “Lanzamiento del Mecanismo de Reclamación de la Industria Automotriz Alemana en México”, *ProDESC*. <https://prodesc.org.mx/lanzamiento-del-mecanismo-de-reclamacion-de-la-industria-automotriz-alemana-en-mexico/>
- Gutiérrez R. y Bravo Y. (2023, 18 de marzo). “Criterios jurídicos fundamentales para una Ley del Agua y su Saneamiento en el estado de Tlaxcala”, *La Jornada del campo, Suplemento informativo de la Jornada* número 186. <https://www.jornada.com.mx/2023/03/18/delcampo/articulos/ley-agua-tlaxcala.html>
- Hernández, G. (2021, 11 de octubre). “Centro Fray Julián Garcés reprueba que CNDH valide simulación en saneamiento de Cuenca del Atoyac”, *Revista Proceso*. <https://www.proceso.com.mx/nacional/2021/10/12/centro-fray-julian-garcés-reprueba-que-cndh-valide-simulacion-en-saneamiento-de-cuenca-del-atoyac-273764.html>
- Juicio de Amparo 646/2023-III, Juzgado Tercero de Distrito en el Estado de Tlaxcala.
- OFICIO No. CE/CEAS/962/23, Contestación a solicitud de información, 22 de septiembre de 2023.
- López Bárcenas, F. (2023). *Agua y pueblos indígenas. Entre la espiritualidad, el derecho humano y el mercado*, México: El Colegio de San Luis y Ediciones Akal.
- Programa Nacional de Vivienda 2021-2024*. (4 de junio de 2021). Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643644/PNV_28.05.2021.pdf

Segunda Sala, “Organismos Públicos Descentralizados. Si bien son órganos de la administración pública, no forman parte de los poderes ejecutivos, federal, estatales, ni municipal”, *Semanario Judicial de la Federación y su Gaceta*, Novena Época, Tomo XI, Enero de 2000, p. 41. <https://sjf2.scjn.gob.mx/detalle/tesis/192498>

Vargas M. (coord.) (2021). *Empresas Transnacionales y Libre Comercio en México, Caravana sobre los Impactos Ambientales*, México, Acción Ecológica, EHBildu, Ekologistak Martxan, ENCO, GoliathWatch, México vía Berlín, Multiwatch, Oficina Ecuménica por la Paz y la Justicia, Observatoire des Multinationales, Observatorio de Multinacionales en América Latina (OMAL), Observatorio Petrolero Sur, Taula por Mèxic, The Left of The European Parliament, TRADENER, Transnational Institute (TNI), Unión de Afectados por Chevron Texaco en Ecuador (UDAPT), Centrum für Entwicklungsbezogene Bildung (ZEB). https://www.tni.org/files/publication-downloads/informe_caravana_toxitourmexico_cast.pdf

Venegas S. (2023). “Organismo descentralizado de la administración pública” en Contreras R. y De la Fuente J. (coords.), *Diccionario Jurídico 2a. ed.*, México, Tirant lo Blanch – UNAM

Capítulo 7. Transiciones agroecológicas en la CAA: producción, formación y fortalecimiento de redes

Como se ha expuesto en capítulos anteriores, la devastación socioambiental de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA) es una problemática de gran magnitud que debe abordarse desde una perspectiva integral que reconozca su complejidad. En este marco, la investigación sustentada en un modelo de incidencia demanda la colaboración activa entre comunidades, colectivos, organizaciones de base comunitaria (OBC), instituciones académicas y programas públicos destinados a su atención.

La Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental (RESA) de la CAA ha sido escenario de múltiples esfuerzos articulados por Colectivos de Investigación e Incidencia (CII) vinculados a los Pronaii (Programas Nacionales de Investigación e Incidencia) presentes en el territorio, que han abordado las problemáticas del agua, salud y agentes tóxicos. Paralelamente, se desarrolló el trabajo de los CII que han tratado la temática de la soberanía alimentaria, centrados en procesos agroecológicos y en redes socio-territoriales vinculadas a la producción, distribución y consumo de alimentos agroecológicos, así como al fortalecimiento de la organización comunitaria.

Cabe señalar que en el primer informe estratégico de la CAA no se incluyeron los procesos agroalimentarios ni el enfoque agroecológico como parte del diagnóstico general ni de las acciones de atención al problema, a pesar de su relevancia para el bienestar comunitario y la sustentabilidad territorial. Este vacío resulta significativo, ya que invisibiliza el papel central

que desempeña la alimentación, la agricultura local y las estrategias de soberanía alimentaria en la vida cotidiana de las comunidades afectadas por la contaminación. Por ello, en este capítulo se recuperan y visibilizan experiencias y procesos vinculados con la producción agroecológica.

En este contexto, centrar la atención en los procesos agroecológicos, así como en la vinculación y el fortalecimiento de redes agroecológicas, adquiere un valor estratégico para abordar de manera integral la problemática central de la RESA de la CAA. Este enfoque promueve la reflexión colectiva de los actores involucrados, quienes se reconocen a sí mismos como sujetos de derechos y contribuyen activamente a la soberanía alimentaria desde sus territorios. Asimismo, destaca el trabajo colaborativo con organizaciones de la sociedad civil y colectivos locales que, mediante talleres, visitas a espacios productivos, encuentros y actividades presenciales, han impulsado la formación y el acompañamiento de actores territoriales, así como la consolidación de alianzas con otras iniciativas e instituciones.

Este capítulo presenta avances en la implementación de prácticas productivas orientadas hacia la transición agroecológica en la CAA, impulsadas por OBC, entre ellas el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), en articulación con instituciones académicas y proyectos de investigación. Aunque se desarrollan en comunidades específicas, estas experiencias evidencian las capacidades reales de las poblaciones para proteger sus cultivos y mejorar su alimentación, incluso en contextos de contaminación.

En este marco, cobra especial relevancia la presencia de la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA), cuyo propósito es activar y fortalecer procesos de construcción horizontal alrededor de estas temáticas.^{45 46} En este sentido, la especialidad reconoce a la Investigación Acción Participativa como una herramienta de gran valor para impulsar y enriquecer procesos orientados a la reflexión crítica frente a las problemáticas previamente señaladas. Esta metodología favorece la colaboración entre sujetos y la co-construcción de conocimientos y acciones colectivas desde y para el territorio.

En este capítulo participaron colectivos y diversos actores comprometidos con la transformación socioambiental en la Cuenca del Alto Atoyac, como la red Cosoali (Construyendo Soberanía Alimentaria) y el colectivo Desarrollo y Aprendizaje Solidario A.C. También se integran resultados del Pronaii “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas

45 La ENBC-ASA está impulsada por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (CONAHCYT), ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través del Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), donde participan Investigadoras e Investigadores por México de distintos Centros Públicos de Investigación.

46 https://ciatej.mx/estudia-ciatej/posgrados/pies_agiles

alimentarias de producción y consumo local de Economía Social y Solidaria en el marco territorial en Puebla y Tlaxcala 316911”, cuyo responsable técnico fue Marcela Ibarra Mateos, con la participación en investigación de Rocío García Bustamante, Valeria de León Roblero y Rocío Lorena Hernández Cabrera. Este PRONACE pertenece al área temática de Soberanía Alimentaria.

En el segundo apartado del capítulo colaboraron Fernando Cuatecontzi Galicia, Carlos Cuatecontzi Galicia, Itzel Ángeles Hernández González y Judith Montes de Oca Cruz, integrantes del Pronaii “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental”; así como María Virginia González Santiago, del Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan (eje: calidad del suelo)”. En el tercer apartado participó Laura Sánchez Vega, mientras que en la elaboración general del capítulo colaboraron Rocío García Bustamante, Laura Sánchez Vega y Nancy Wence Partida.

7.1. Gestión productiva para la transición agroecológica implementadas por otros colectivos

A continuación, se muestran las principales acciones implementadas por los colectivos de investigación y de las organizaciones de base comunitaria, como el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES), entre otras, para favorecer la transición agroecológica.

Prácticas agroecológicas impulsadas por el Centro de Economía Social Julián Garcés en el territorio

Desde la década de 1980, las actividades industriales y las políticas públicas de corte neoliberal han impactado las características socioecológicas de la CAA. Por ejemplo, en la región se observó un auge de maquilas, mientras que las familias locales mantuvieron una agricultura para el autoconsumo, fenómeno que coincidió con el inicio del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) en la década de los noventa (Rosales Ortega, 2003; Vallejo Román, 2016).

Si bien la industria ha contribuido a disminuir la migración, también ha propiciado la deforestación, la proliferación de asentamientos irregulares, la sobreexplotación del agua y la descarga de aguas residuales sin tratamiento, las cuales contienen contaminantes químicos y biológicos (Vallejo Román, 2016; Ramírez Varela y López Santos, 2018). Asimismo, en los años noventa se incrementó el uso de plaguicidas y fertilizantes de alta toxicidad, entre los que destaca el Taron, el 2, 4-D, el Cuproquat y el Gramoxone (Morales, 2010).

Ante este panorama, el Centro de Economía Social Julián Garcés (CES) ha impulsado, desde 2004, prácticas campesinas agroecológicas que las familias implementan en sus traspatios, parcelas y comunidades, con el propósito de cuidar integralmente el ambiente, fomentar la producción responsable y promover el consumo sano y saludable de alimentos.

La información de este apartado se obtuvo a partir de encuestas y talleres con 40 familias de grupos comunitarios, quienes participan en los mercados del Tianguis Asamblea y en las actividades del CES.⁴⁷ Las familias entrevistadas pertenecen a 13 localidades de los municipios de Españita, Sanctorum e Ixtacuixtla en el estado de Tlaxcala, ubicadas en la parte alta de la CAA.

Como parte de los resultados de la encuesta exploratoria, se identificó que el 85 % de las familias obtiene ingresos de la agricultura (**Figura 7.1**), pero solo el 29 % subsisten de esta. El resto de las familias complementan sus ingresos con pensiones por jubilación y/o actividades secundarias o terciarias, por lo que la mayor parte de los productos derivados de las actividades agrícolas se destina al autoconsumo.



Figura 7.1. Valoración de la biodiversidad y recursos naturales por mujeres del CES. Pericón (*Tagetes lúcida*).
Fuente: Itzel Hernández González 2023.

47 El CES y sus integrantes mantienen actividades comunitarias permanentes. Cada dos semanas, los viernes, se reúnen en un espacio público de la cabecera municipal de Ixtacuixtla para comercializar sus productos y realizar su asamblea. Asimismo, otros miembros participan regularmente en faenas, elaboración de abonos, foros, talleres y asambleas dedicadas a la planeación y la toma de decisiones.

Las principales prácticas campesinas agroecológicas que realizan los miembros del CES a diferentes escalas son las siguientes:

- A nivel de territorio, se han llevado a cabo obras de recuperación de suelos, captación y aprovechamiento de agua, curvas a nivel y reforestación de árboles mediante faenas agroecológicas.
- A nivel familiar, se han promovido prácticas agroecológicas para la cría de conejos, la producción en huertos, la elaboración de composta in situ, la apicultura, los injertos, la selección y producción de semillas, así como la producción de bioinsumos. Recientemente se ha colaborado con técnicos del Programa de Producción para el Bienestar con el fin de impulsar Planes de Transición Agroecológica.
- A nivel de parcela, se desarrollan sistemas agroforestales en los que se implementan prácticas campesinas agroecológicas y ancestrales. En parcelas, huertos e invernaderos se reporta el cultivo de una diversidad de 80 especies domesticadas. Los sistemas agroforestales promovidos son policultivos asociados e intercalados con maíz nativo, frijol, cebada, calabaza y/o haba. Para evitar la erosión en suelos con pendiente, se implementan zanjas y bordos vivos con árboles maderables, frutales, magueyes y nopales.

Estos bordos, llamados localmente “metepantles”, permiten retener agua, humedad y material vegetativo, además de controlar plagas como el chapulín y el fraile (**Figura 7.2**). También funcionan como cortinas rompevientos —o barreras vivas— que protegen los cultivos y la tierra de los fuertes vientos. Asimismo, en los bordos se recolectan productos silvestres con fines alimenticios, como frutas, insectos y hongos de temporada, que se complementan con la caza de animales silvestres como el conejo, la ardilla y la víbora de cascabel.

En cuanto al manejo agroecológico, se han incorporado en los suelos de las parcelas diversos elementos que funcionan como biofertilizantes y mejoradores del suelo y de los cultivos, tales como:

- Rastrojos
- Estiércoles
- Compostas
- Abonos verdes
- Bocashi
- Microorganismos

Además, se han incorporado diferentes bioles (por ejemplo, hidrolizados y agua de vidrio) como abonos foliares, cuyo propósito es nutrir y fortalecer los cultivos, así como de prevenir plagas y enfermedades.

Este conjunto de prácticas cumple diversas funciones:

- Protege e incrementa la diversidad de fauna y flora.
- Favorece la conservación de paisajes sostenibles, coherentes con el cuidado ambiental y el bienestar de todas las formas de vida.
- Promueve la recarga del manto acuífero y se enfoca en mantener la agrobiodiversidad.
- Realiza la producción sin agrotóxicos, utilizando bioinsumos elaborados con los recursos socioambientales y los conocimientos de las comunidades campesinas.
- Genera alimentos que satisfacen las necesidades básicas alimentarias, son bioculturalmente apropiados, cuidan la vida y fomentan el amor a la tierra.
- Valora la identidad y los saberes locales, ya que promueve la reapropiación cultural.
- Incluye el establecimiento de cadenas cortas de consumo y el fomento del consumo local, lo cual impulsa la autoproducción y la transformación de bienes de primera necesidad.
- Contribuye a reducir la dependencia de las empresas transnacionales y fortalece las economías locales, así como las redes sociales de reciprocidad.



Figura 7.2. Milpa intercalada con magueyes. **Foto:** Itzel Hernández González, 2023.

Gestión del agua y ecotécnicas en la transición agroecológica

Este apartado presenta de manera breve la situación de la gestión del agua en relación con las prácticas productivas, reconociendo que este recurso es fundamental para la transición agroecológica. La información deriva de la investigación desarrollada en la zona sobre prácticas agroecológicas, así como de las actividades de las actividades impulsadas por las y los productores que integran el CES.

Ecotécnicas y gestión del agua implementadas en procesos agroecológicos

Desde su fundación en 2005, el CES ha promovido procesos comunitarios orientados a la restauración ambiental, la economía solidaria y la agroecología (Montes de Oca-Cruz, 2021). Esta organización trabaja con comunidades del estado de Tlaxcala, ubicadas en la Cuenca Alta del Atoyac (CAA), y cuenta con amplia experiencia en la implementación de ecotecnias para el saneamiento de suelos y agua, tanto a nivel doméstico como de parcela. Las ecotecnologías, entendidas en su sentido amplio, no solo se conciben como dispositivos (ecotecnias), sino también como procesos que buscan reducir la contaminación y, simultáneamente generar beneficios sociales y económicos (Ortiz-Moreno et al., 2014). Entre sus objetivos principales destacan el tratamiento, reciclaje y aprovechamiento agroecológico del agua.

El CES inició la implementación de ecotecnologías en 2010 con huertos de traspatio y cisternas de ferrocemento destinadas a captar agua de lluvia, como respuesta a la escasez del recurso. En 2011 incorporaron los Sistemas Unitarios de Tratamiento de Aguas, Nutrientes y Energía (SUTRANE), que permiten el saneamiento de las aguas domésticas para su reutilización en riego (Montes de Oca-Cruz, 2021). Entre 2013 y 2017 se instalaron biofiltros; en 2016 y 2017, biodigestores; y, en 2023, módulos lixivadores para las parcelas agrícolas (CES, comunicación personal, 2024).

Estas ecotecnologías han surgido como propuestas comunitarias desarrolladas con apoyo de organizaciones e instituciones que buscan responder a la degradación ambiental ante la limitada o nula intervención de las autoridades para garantizar servicios sociales y económicos a las familias (Centro Fray Julián, 2017). En la Cuenca, su pertinencia resulta evidente frente a la contaminación de aguas y ríos causada por descargas industriales y municipales sin tratamiento ni procesos de saneamiento (Centro Fray Julián, 2017).

A catorce años de su implementación, resulta esencial documentar los aprendizajes generados a partir del uso cotidiano de estas ecotecnias, con el propósito de fortalecer su difusión y replicabilidad en el territorio. La difusión de la ecotecnica se entiende como una actividad dinámica, pues “la retroalimentación de los usuarios ayuda a mejorar y generar nuevas innovaciones” (Ortiz-Moreno y Macera Cerutti, 2014). Esto permite identificar si la tecnología

ha sido adoptada, si forma parte de la vida cotidiana y si su uso se comparte dentro de la comunidad (Ortiz-Moreno y Macera Cerutti, 2014).

Un componente central del trabajo del CES se concreta en la Escuelita Campesina Agroecológica (ESCAMPA), espacio de intercambio de saberes entre organizaciones territoriales, campesinas y campesinos integrantes del CES, estudiantes y técnicos que acompañan los procesos en una dinámica de reflexión-acción. En este marco, algunas de las ecotecnias implementadas con las familias a través de la Escuelita son:

- Biocarbón (biochar): subproducto del carbón vegetal o “cisco”, de gran utilidad agrícola por su capacidad de retención de humedad y su función como hospedero de microorganismo que tienen una importante función en las cadenas tróficas del suelo (Pinheiro, 2019). En el CES, este material se ha enriquecido con microorganismos de montaña en parcelas demiembros de la organización.
- Microorganismos de montaña: conformados por poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos presentes de manera natural en el suelo, favorecen la descomposición de materia orgánica y así mejoran las propiedades físicas y químicas de los terrenos. Se recolectan en áreas boscosas cercanas a las parcelas, sin alterar el ecosistema. Algunos microorganismos son fijadores de nitrógeno (SADER, 2022).
- Biofertilizantes: productos obtenidos mediante procesos de descomposición anaeróbica en condiciones controladas por microorganismos, que fertilizan la planta y al mismo tiempo nutren la tierra (Restrepo, 2009). En el CES se elaboran cinco tipos: super magro, microorganismos líquidos de montaña, biocarbón, lixiviados de lombriz e hidrolizado de chapulín, aplicados según las etapas fisiológicas de los cultivos.
- Módulo lixiviador: pila de lombricomposta enriquecida con minerales, instalada al pie de la parcela. El lixiviado obtenido actúa como bioinsumo que aporta macro y microelementos esenciales para el desarrollo vegetal y la regeneración de la fertilidad del suelo (SADER, 2022). Se construye en las parcelas para disponer de este líquido en todo el ciclo productivo.
- Estanque de ferrocemento para riego de auxilio: construido al pie de las parcelas para cosechar agua de lluvia mediante el aprovechamiento de zanjas y niveles del terreno. Este recurso hídrico se utiliza para el cultivo principalmente durante los periodos de sequía. La cosecha de agua es una práctica que se ha realizado en esta región desde hace muchos años y facilita su conducción hacia jagüeyes.

Estas ecotecnias han permitido un avance en el proceso de la transición agroecológica con recursos de las propias comunidades, para lograr un manejo más adecuado de la nutrición de los cultivos, así como el mejoramiento del suelo y el uso más eficiente del agua para la producción de alimentos sin agrotóxicos. Esta propuesta agroecológica en las parcelas agrícolas contribuye a la conservación de la biodiversidad regional. De esta manera, se avanza

hacia la restauración agroecológica en la parte alta del Atoyac, con el propósito de restablecer los ciclos hídricos, lo cual beneficia a toda la Cuenca.

Por otro lado, la gestión del agua en las comunidades campesinas ha permitido que estas dispongan del recurso en sus hogares como para la producción de alimentos. En los terrenos de cultivo se realizan diversas prácticas ancestrales que aún se conservan, tales como la construcción de zanjas, bordos y jagüeyes, así como la reforestación con árboles y magueyes.⁴⁸

El agua posee un valor fundamental en la agricultura tradicional, pues sostiene los cultivos, la alimentación y la salud de las familias.⁴⁹ Los diversos agroecosistemas favorecen el ciclo hidrológico del agua, por lo que resulta esencial promover una agricultura libre de agrotóxicos, práctica que contribuye a conservar la disponibilidad de agua subterránea para los diferentes pueblos de la Cuenca del Atoyac, tanto en las zonas altas como en las bajas.

La importancia del agua y del proceso agroecológico, bajo una visión integral de cuenca, abarca distintos espacios: la comunidad, el bosque, las parcelas, la milpa, los agroecosistemas, los árboles nativos, las plantas, los polinizadores, el suelo y el aire. En estos lugares se mantiene el ciclo hidrológico regional y se conecta toda la Cuenca. Por esta razón, las ecotecnias implementadas en estas comunidades fortalecen cada uno de dichos espacios, al propiciar el cuidado y la captación de agua de lluvia para la transición agroecológica, incluso durante los periodos de mayor estrés hídrico ocasionados por el cambio climático.

Resultados de la implementación de ecotecnias y de la gestión del agua en procesos agroecológicos

Para generar aprendizajes, se sistematizaron las experiencias de las familias beneficiarias de las ecotecnias implementadas por el CES. Para ello, se entrevistó a trece familias ubicadas en once comunidades de los municipios de Españita, Sanctorum e Ixtacuixtla en el estado de Tlaxcala. De las seis ecotecnias implementadas, se analizaron aquellas orientadas al abastecimiento de agua y al tratamiento de residuos: cisternas de ferrocemento, biofiltros, SUTRANES y biodigestores. A través de las entrevistas se identificaron conocimientos, actitudes y prácticas (CAP); además, se realizó observación directa para cotejar la información obtenida.

48 En este trabajo, “lo ancestral” se refiere a conocimientos campesinos previos a la llegada de los europeos, pues sus componentes principales —como la milpa y el maguey— son cultivos con más de 10 000 años de historia, domesticados por las culturas originarias de estos territorios. Estos saberes han sobrevivido a pesar de la violenta invasión, del sistema de haciendas y de la revolución verde del sistema neoliberal.

49 “Lo tradicional” en este trabajo se basa en la propuesta de Efraín Hernández Xolocotzi, quien, desde su formación científica y su conocimiento de este territorio, sostiene que hay formas de agricultura y de tecnología que son fruto del conocimiento ancestral.

Los resultados muestran que el 100 % de las familias beneficiarias instalaron las ecotecnias porque el CES las invitó a construirlas en sus hogares y les proporcionó asistencia técnica, así como materiales. Es importante mencionar que estas familias no tenían conocimiento previo al respecto antes de su instalación. El 50 % accedió a la instalación para experimentar y el 30 % para resolver el problema del tratamiento de las aguas residuales domésticas, debido a la falta de conexión al drenaje y de agua para el riego del huerto o para el aprovechamiento del estiércol de animales de traspatio.

El 40 % de las ecotecnias están en funcionamiento, pues las familias beneficiarias han realizado adecuaciones en su construcción y mantenimiento para lograr un uso más eficiente y práctico del agua tratada, una reducción de posibles gastos por descomposturas y una prolongación de la vida útil de los materiales empleados. Estas familias han adquirido un conocimiento práctico sobre la ecotecnia, que se refleja en los nombres que les asignan, las modificaciones que realizan y las recomendaciones que pueden ofrecer a otras personas interesadas en su instalación, mantenimiento y uso. Todo ello ha favorecido que la ecotecnia se integre en su vida cotidiana, que compartan sus conocimientos y prácticas con vecinos y familiares, e incluso que implementen otras ecotecnias en sus hogares y parcelas.

Cabe señalar que el 60 % de las familias que no continuaron con el uso de las ecotecnias refirieron diversas razones: les generaba más problemas que beneficios, su construcción inicial fue deficiente, terminó la vida útil de los materiales, no contaron con asistencia técnica o no resolvieron un problema concreto.

Después de catorce años de implementación de ecotecnologías por parte del CES en el territorio, esta información es relevante, ya que permite identificar retos y oportunidades, así como construir estrategias para ampliar su uso ante la contaminación del agua, el suelo y el aire presente en la región. Es común que se desarrollen proyectos de instalación de ecotecnologías sin evaluar su adopción y su apropiación, y sin sistematizar las innovaciones y aprendizajes que estos procesos generan. Las ecotecnologías instaladas por el CES representan una experiencia de éxito y de aprendizaje que contribuye al saneamiento de la Cuenca.

No obstante, sin un seguimiento técnico, sin el intercambio de conocimientos entre los beneficiarios y sin la focalización de soluciones a los problemas ambientales, estas experiencias pueden tener un menor impacto. En este caso, se logró el sostenimiento del 40 % de las ecotecnias instaladas, lo cual constituye un avance significativo, pues demuestra que se trata de acciones viables, siempre que se consideren los obstáculos identificados.

7.2. Incidencia en torno al acompañamiento a redes e iniciativas agroecológicas

El Pronaii “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de Economía Social y Solidaria en el marco territorial en Puebla y Tlaxcala” tuvo como objetivo identificar iniciativas agroalimentarias de economía popular, social y solidaria, con el propósito de fortalecerlas y articularlas mediante el respaldo y acompañamiento de distintos actores sociales.

A través de metodologías participativas, se ha impulsado la construcción y el fortalecimiento de redes alternativas de producción y consumo, en las que diversos sujetos sociales se articulan para generar prácticas más justas, sostenibles y territorialmente situadas, capaces de acompañarse y vincularse entre sí.⁵⁰ Con el fin de ampliar la presencia de estas redes en distintos territorios, se busca entrelazar y sumar esfuerzos colectivos que permitan incidir de forma coordinada en los procesos de producción, distribución, comercialización, intercambio y consumo. Esta articulación pretende consolidar las redes y avanzar hacia la construcción de sistemas alimentarios locales sustentados en principios agroecológicos y solidarios.⁵¹

La incidencia se centró en el diseño e implementación de herramientas para la identificación, evaluación, análisis y desarrollo de redes de producción, distribución, comercialización y consumo. A partir de ello, se procuró promover la articulación entre actores diversos con el objetivo de contribuir a la construcción de sistemas alimentarios locales, justos, democráticos y ecológicos. Este proceso ha involucrado a campesinos, transformadores alimentarios, académicos, consumidores, así como a diferentes grupos etarios, entre ellos jóvenes y niños. En el marco de este proyecto, se trabajó en la articulación de la llamada RedESS Cosoali (Redes de Economía Social y Solidaria—Construyendo Soberanía Alimentaria en los territorios Puebla y Tlaxcala), integrada por 25 iniciativas ubicadas principalmente en los municipios que se presentan en la **Tabla 7.1**.

50 Sujeto entendido como las personas que participan en procesos agroecológicos, desde la producción, distribución, comercialización y consumo.

51 En este texto, “sistema alimentario” se refiere al proceso entre la producción, procesamiento, distribución, consumo y gestión de residuos de alimentos.

Tabla 7.1. Municipios donde se ubican las iniciativas que integran la Red Cosoali.

Puebla	Tlaxcala
Cuautlancingo, Huejotzingo, Libres, Puebla, San Andrés Cholula, San Jerónimo Tecuanipan, Santa Cruz Alpuyecá, Santa Isabel Cholula, Tepatlaxco de Hidalgo, Tepeaca, Tepexi de Rodríguez, Zacatlán y Zihuateutla.	Amazac de Guerrero, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Españita, San Jerónimo Zacualpan, San Luis Tolochoico, La Magdalena Tlaltelulco y Tlaxcala
Algunas de las prácticas de las redes participantes: Trueque Cajas de ahorro Uso de monedas alternativas: tumin Asambleas Tequios y faenas	

Fuente: García-Bustamante, R., 2025, con información obtenida de COSOALI. www.cosoali.com

Indirectamente, la participación se extiende a otros municipios de los alrededores, ya que algunas Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS) funcionan como redes y nodos locales dentro de sus comunidades.

Como una de las metas de incidencia del Pronaii, se implementó un programa de formación y acompañamiento de las iniciativas IAEPSS, enmarcado en procesos productivos agroecológicos, de transformación, administrativos, empresariales y de consumo, lo cual facilitó la participación, integración y vinculación entre actores.

Para dicho programa, se diseñaron metodologías participativas e incluyentes que integraron a mujeres, campesinos, jóvenes y personas mayores, con énfasis en el intercambio de conocimientos y saberes entre las y los participantes. El objetivo fue articular estrategias de acompañamiento y vinculación desde una perspectiva de género, inclusión social e interacción intergeneracional. Desde un primer momento, se procuró la representatividad de los distintos grupos de edad, sexo, territorio y cultura, lo que enriqueció el diálogo y el intercambio dentro del proyecto.

Durante el diseño del plan de formación y acompañamiento, se buscó que la perspectiva de género fuera un eje transversal, procurando que las personas facilitadoras de los talleres la integraran, o bien, los valores que de ella devienen. De forma complementaria, se privilegió el uso de un lenguaje accesible y claro, se fomentó que la palabra circulara de manera que todas las personas pudieran expresarse en un espacio seguro, libre de juicios o invalidaciones. Para ello, fue fundamental generar un ambiente basado en la confianza y el respeto mutuo, en el cual los diversos saberes se pusieran en diálogo y se compartieran desde las distintas tradiciones e ideologías, promoviendo una escucha respetuosa.

El plan de formación y acompañamiento se desarrolló a través de talleres realizados en los espacios cotidianos de las iniciativas participantes —como unidades productivas, centros

comunitarios, cocinas o lugares de intercambio— con la finalidad de conocer las áreas productivas, de transformación y de intercambio.

Asimismo, se diseñó una propuesta metodológica denominada “Tejiendo red”, cuyo propósito fue promover intercambios, vínculos y articulación entre los colectivos participantes, dando vida a la RedESSCosoali. Este proceso permitió establecer una identidad colectiva, actividades conjuntas, valores compartidos e incluso un reglamento interno. Entre los valores y criterios más relevantes identificados destacan la solidaridad, autonomía, soberanía alimentaria, equidad, sostenibilidad, colaboración e interculturalidad.

Como parte de las metodologías empleadas para fortalecer los talleres y las formaciones, se desarrollaron herramientas y materiales de apoyo en formato de manuales de acompañamiento, con el propósito de que los colectivos pudieran “replicar” y “diseminar” la información y las propuestas de redes dentro de sus propios territorios.

Junto con las formaciones, se implementaron otras estrategias metodológicas, como los encuentros presenciales. El primero se realizó al inicio de la etapa uno del proyecto y el segundo, al concluirlo. Durante el primer encuentro se desarrolló la dinámica “*Qué pido y qué doy*”, cuyo objetivo fue identificar y visibilizar aquello que cada colectivo e iniciativa podía aportar tanto a los demás como a la red. En este proceso se reconocieron expertos en producción, comercialización y control de plagas, entre otros temas, al tiempo que se identificaron las principales necesidades de cada grupo y las posibles sinergias con otros. De esta manera, se promovió el intercambio directo entre las y los participantes de la red. El segundo encuentro se llevó a cabo al cierre del Pronaii, a finales de 2024. En él se discutieron, mediante dinámicas participativas, las principales amenazas al territorio, las propuestas colectivas y los horizontes compartidos. Para este encuentro se invitó a integrantes de otras redes alimentarias alternativas al régimen alimentario corporativo presente en el país.⁵²

Por otra parte, más allá del fortalecimiento de los colectivos y de la consolidación de RedESS Cosoali, se promovieron procesos colectivos de reflexión a través del seminario “Construyendo soberanía alimentaria y otras economías”, el cual se realizó de manera virtual con la participación de las personas interesadas, miembros de los colectivos de la red Cosoali y de otras redes alimentarias alternativas, así como integrantes del CII. Este espacio tuvo como propósito fomentar intercambios reflexivos entre quienes participan o apoyan el proyecto, con el fin de reforzar líneas en común, como el uso compartido del lenguaje y el análisis colectivo.

52 El régimen alimentario corporativo es una etapa del sistema agroalimentario global caracterizada por el control de grandes corporaciones sobre la producción, distribución y consumo de alimentos. Este modelo ha generado impactos negativos en la equidad, sostenibilidad y diversidad alimentaria.

Plan de formación y fortalecimiento

El plan de formación contempló el acompañamiento a iniciativas interesadas en procesos colaborativos, con énfasis en las siguientes temáticas: procesos organizativos, productivo-agroecológico, distribución-comercialización y consumo. Posteriormente, se impulsaron procesos de vinculación y articulación entre actores clave pertenecientes a distintas iniciativas para la generación de una propuesta piloto de la red Cosoali que fortaleciera el proceso formativo de las iniciativas y de los colectivos participantes. De manera complementaria, se llevó a cabo la socialización y difusión de los materiales elaborados en etapas previas, mediante medios impresos, redes sociales y videos. El objetivo fue compartir los resultados y aprendizajes del Pronaii no solo con los miembros de Cosoali, sino también con otros actores clave de este y otros territorios que pudieran beneficiarse de la experiencia y los recursos generados. Además, se organizaron dos encuentros presenciales con las iniciativas participantes, orientados a enriquecer el diálogo y el intercambio de ideas en torno al proceso de formación de redes alimentarias locales y su propuesta política.⁵³



Figura 7.3. Taller sobre consumo consciente, Cosoali. **Fuente:** García-Bustamante, R., 2023.

La divulgación de resultados incluyó las formaciones, los intercambios, los encuentros y las reflexiones surgidas en diferentes momentos del proyecto (**Figuras 7.3 y 7.4**). Ejemplo de ello son el “Manual para la gestión colectiva de redes alimentarias alternativas”, los cuadernillos “Conociendo a las iniciativas alimentarias de Economía Popular Social y Solidaria en los

⁵³ “Propuesta política”, en el ámbito de los procesos agroecológicos, se refiere a la postura que busca sustituir el sistema agroalimentario hegemónico por uno más justo, sostenible y participativo, que vele por el bien común.

territorios Puebla-Tlaxcala” y “Escuchando a consumidores: elementos para expandir las redes de producción y consumo de alimentos”.^{54 55 56}



Figura 7.4. Taller sobre prácticas agroecológicas de la red Cosoali. **Fuente:** García-Bustamante, R., 2023.

Impacto de la incidencia en la formación de redes

Con el objetivo de cuantificar el impacto de las formaciones en las iniciativas participantes, se diseñó una serie de preguntas orientadas a identificar el nivel de conocimiento e implementación de diversos temas antes y después de los talleres. Al inicio y al cierre de cada taller —descritos a continuación— se aplicaron cuestionarios a través de la plataforma Google Forms, lo que permitió sistematizar la información obtenida. Cada sesión tuvo una duración aproximada de tres horas y contó, en promedio, con la participación de 30 personas, principalmente mujeres (66 %), integrantes de los diversos colectivos de la red Cosoali. Los resultados más relevantes se detallan a continuación.

54 https://cosoali.com/wp-content/uploads/2024/10/Manual_Tianguis.pdf

55 https://cosoali.com/wp-content/uploads/2024/11/Cosoali_Construyendo_Soberania.pdf

56 https://cosoali.com/wp-content/uploads/2024/11/Consumidores_de_Alimentos.pdf

Talleres: „Gestión interna de colectivos agroecológicos”, “Planeación estratégica” y “Figuras legales y asociativas / Cajas de ahorro y crédito”

Estos talleres abordaron subtemas como las bases organizativas, las figuras legales y asociativas, la planeación estratégica y el diagnóstico FODA. También se trabajaron herramientas de comunicación asertiva, derechos y obligaciones fiscales, así como finanzas solidarias — inversión, ahorro y trueque—.

Antes de los talleres, solo el 22 % de las personas participantes implementaba de manera consistente la mayoría de los temas, siendo el conocimiento sobre derechos y obligaciones fiscales el más limitado. Tras las sesiones, la implementación parcial aumentó del 33 % al 47 % y la consistente del 22 % al 29 %. El mayor avance se registró en el ámbito de la Planeación Estratégica, mientras que los temas legales y fiscales mostraron menor progreso, lo que sugiere la necesidad de reforzarlos en futuras formaciones. En general, estos primeros talleres contribuyeron a una aplicación más consistente o parcial de los contenidos trabajados.

Taller: “Procesamiento, Inocuidad y el Sistema Participativo de Garantía”

El taller abordó técnicas de transformación y conservación de alimentos, normas de inocuidad manejo, envasado y etiquetado, así como la documentación de procesos productivos. También se profundizó en los Sistemas Participativos de Garantía (SPG) y en los Sistemas de Certificación Orgánica Participativa (SCOP).⁵⁷

El área con mayor oportunidad de mejora fue la documentación de los sistemas de garantía. Antes del taller, solo el 7 % de los participantes implementaba los temas de forma consistente y el 48 % lo hacía parcialmente. Tras la formación, la implementación consistente aumentó del 7 % al 22 %, especialmente en técnicas de transformación y conservación de alimentos. Sin embargo, la aplicación de los sistemas de garantía continúa siendo limitada, por lo que se recomienda dar seguimiento y apoyo adicional a estos temas complejos.

⁵⁷ Los SPG (Sistemas Participativos de Garantía) son esquemas locales de certificación basados en la participación y confianza entre productores, consumidores y actores del territorio. Los SCOP (Sistemas de Certificación Orgánica Participativa) son su versión avalada por SENASICA en México para pequeños productores orgánicos. Ambos buscan asegurar prácticas agroecológicas sin recurrir a certificadoras privadas.

Taller: “Distribución y comercialización de productos de productores de pequeña escala”

Este taller exploró estrategias de comercialización y circuitos cortos, así como prácticas de calidad en transporte, almacenamiento y conservación.⁵⁸ También se abordaron los tipos de canales de comercialización y las estrategias colectivas de distribución e intercambio, además del cálculo de precios y las estrategias comunicativas.

Antes del taller, el menor nivel de conocimiento correspondía a las estrategias colectivas de comercialización, mientras que las estrategias de comunicación eran las más aplicadas, aunque solo de manera parcial. La implementación consistente aumentó del 7 % al 33 %, mientras que la parcial descendió del 55 % al 47 %, lo que sugiere que varias iniciativas pasaron de una aplicación ocasional a una práctica más sistemática. Los mejores desempeños se observaron en cálculo de precios, regulación y transporte de productos.

Taller “Estrategias colectivas para consumo y autoconsumo de alimentos”

El taller se centró en el funcionamiento de estrategias colectivas de consumo, abarcando temas como semillas, insumos y productos. También se trabajaron herramientas de comunicación dirigidas a consumidores actuales y potenciales, además de estrategias de autoconsumo.

En esta sección, la mayoría de las iniciativas reportó aplicar los temas de manera parcial y presentar pocas dudas. Tras la formación, la implementación consistente aumentó del 24 % al 36 %, y los participantes dejaron de reportar dudas sobre los temas.

Taller: “Producción agroecológica y el sistema participativo de garantía”

El taller abarcó prácticas de producción agroecológica como el control biológico, el uso de compostas, la rotación de cultivos y el manejo de semillas. También se incluyeron ecotecnias para el manejo de agua y desechos, la inocuidad en el campo, la conservación de suelos y la elaboración de planes de manejo agroecológico.

Antes de la formación, el 55 % de los participantes ya aplicaba prácticas agroecológicas de forma consistente, aunque existían dudas sobre inocuidad y planeación orgánica. Posteriormente, la implementación consistente aumentó del 55 % al 58 % y la parcial del 31 % al 34 %, y cesaron los reportes de dudas en torno a los temas abordados. Si bien muchas prácticas ya estaban incorporadas, el taller contribuyó a consolidar su aplicación y comprensión técnica.

⁵⁸ Los circuitos cortos son formas de comercialización que reducen la distancia entre quién produce y quién consume, eliminando intermediarios.

De manera general, la **Figura 7.5** muestra el incremento en la implementación consistente antes y después de cada taller impartido a los colectivos de la red Cosoali. Se observa una mejora en todos los casos, destacando los talleres de “Distribución y comercialización” y “Estrategias colectivas para consumo”, que registraron los avances más significativos.

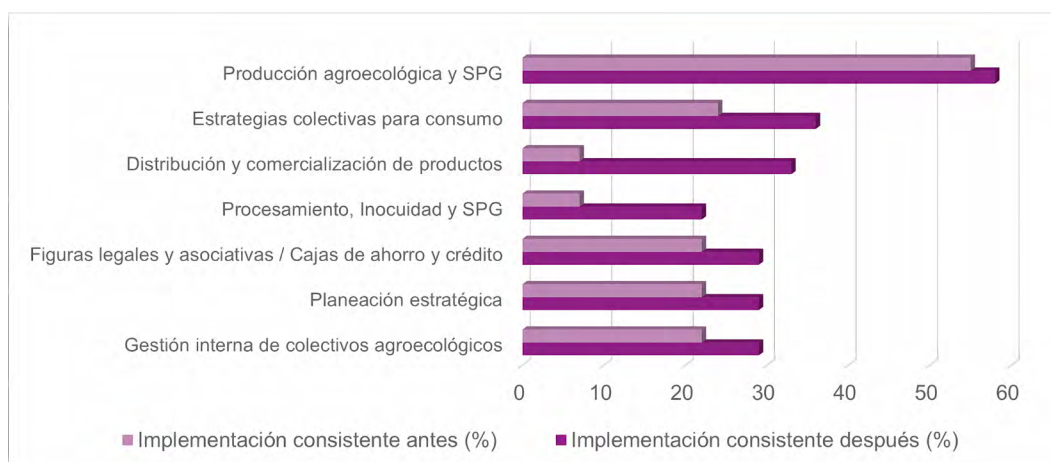


Figura 7.5. Incremento en la implementación de conocimientos adquiridos durante los talleres. **Fuente:** García-Bustamante, et al., 2023.

Proceso de articulación de la red Cosoali

Incidencia y trabajo colectivo

Si bien hubo una agenda inicial que permitió encuentros e interacciones entre la red Cosoali, esta ha detonado procesos que fortalecen e integran al colectivo, algunos de los cuales se desarrollan fuera de lo planeado o impulsado por el Pronaii. Dichos procesos son resultado de la cohesión y el reconocimiento entre los colectivos, y constituyen indicadores del adecuado desarrollo de la red. Por ejemplo, una de las iniciativas cuenta con un programa de radio semanal titulado “Acciones por la tierra”, en el que al menos cinco iniciativas pertenecientes a la red Cosoali han participado para difundir y compartir sus experiencias de trabajo.⁵⁹ Además, en 2023 se realizaron tres eventos impulsados por distintas iniciativas, en los cuales la red colaboró en la organización o participación: la 2ª Feria de Semillas de Santa Isabel Cholula, en Puebla (**Figura 7.6**); el 2º Festival Econscious: Esencias del Agua; y la Feria de Semillas Tecmopalehuisque (**Figura 7.7**).⁶⁰

⁵⁹ Aquí se empleó “iniciativa” sinónimo de “colectivo”.

⁶⁰ “Tecmopalehuisque” significa “ayudémonos”.



Figura 7.6. Conversatorio sobre soberanía alimentaria en la 2ª Feria de semillas de Santa Isabel Cholula.
Fuente: García-Bustamante, R., 2023.



Figura 7.7. Feria TECMOPALEHUISQUE que se realizó en la plaza principal de San Bernardino Tlaxcalancingo, 2023. **Fuente:** García-Bustamante, R., 2023.

A partir del reconocimiento de problemas y necesidades comunes, algunas iniciativas se han organizado de forma directa, estableciendo colaboraciones entre dos o tres de ellas. Han intercambiado experiencias y herramientas, participado en mercados como expositoras en los días de plaza o dejado sus productos en puntos de venta de otros compañeros de la red. Esto último da cuenta de la integración de iniciativas alimentarias a los circuitos cortos de comercialización en el territorio, así como a la diversificación de sus canales de comercialización y alianzas.

En este sentido, el Pronai impulsó el surgimiento de la red Cosoali; los encuentros, formaciones, diagnósticos y diálogos generados se han convertido en la semilla que fortalece los vínculos entre las organizaciones.

Redes y alianzas en el territorio

Las iniciativas de Cosoali se distinguen por su colaboración con diversos programas, organizaciones y redes que amplifican su trabajo. Cuatro integrantes de Cosoali participaron en el Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión de Incidencia Local Estratégica (PIES-ÁGILES) que concluyó en 2022. Integrantes del CII asesoraron tres Planes de Acción Territorial de dicho programa, así como al programa Producción para el Bienestar de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), con vínculos también al Programa Sembrando Vida. Además, las iniciativas participan activamente en el Tianguis Alternativo de Puebla y en la Red de Redes Alimentarias Alternativas en México.

El CII, por su parte, ha colaborado con la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) en el diseño de indicadores, cuestionarios, y estrategias de comunicación sobre sistemas de garantía. Todo ello demuestra que la red forma parte de un entramado de relaciones y proyectos que se fortalecen mutuamente.

En 2025, Cosoali reúne 25 iniciativas que agrupan a más de 518 personas en Puebla y Tlaxcala—342 mujeres (67 %) y 176 hombres (33 %)—, principalmente en los municipios indicados en la Tabla 1.⁶¹ La red ha establecido alianzas con tres programas gubernamentales (PIES-AGILES, Sembrando Vida y Producción para el Bienestar), con universidades como la BUAP, la IBERO Puebla y la UASLP, así como con nueve redes alimentarias fuera del territorio.^{62 63} En 2023, se llevaron a cabo 15 encuentros presenciales, de los cuales ocho fueron promovidos por el Pronaii y los demás gestionados por las propias iniciativas.

Incidencia institucional

La IBERO Puebla, es una de las Universidades aliadas del Pronaii. Su pedagogía ignaciana promueve el aprendizaje situado y la transformación en el entorno inmediato, integrando la sustentabilidad como eje central en la formación. Esta perspectiva impulsa a los estudiantes a diseñar esquemas de problemáticas, evaluar escenarios futuros y proponer soluciones sustentables. El Departamento de Ciencias de la Salud desarrolla la línea de investigación “Seguridad y transformación de alimentos”, enfocada en optimizar recursos alimentarios y garantizar el acceso universal a una alimentación adecuada. Por su parte, el Departamento de Ciencias Sociales incorpora la sustentabilidad en sus programas académicos y en la

⁶¹ <https://cosoali.com/>

⁶² Las instituciones coordinadoras de estos programas son: el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), ahora SECIHTI, el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), la Secretaría de Bienestar y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

⁶³ <https://cosoali.com/>

investigación socioambiental. El Laboratorio de Innovación Económica y Social (LAINES) ha fortalecido sus investigaciones sobre economía social y cuidados, incorporando temas de soberanía alimentaria y agroecología en sus cursos. Además, el LAINES lanzará una serie de podcasts sobre el Pronace en Soberanía Alimentaria y ha establecido nuevos vínculos con el programa educativo PIES-GILES. Estas acciones reflejan una apuesta colectiva por la transformación socioambiental y la formación de agentes de cambio. En consonancia con ello, la siguiente sección aborda la generación de materiales de divulgación orientados a ampliar el impacto de estos procesos.

Material de divulgación

En esta sección se presentan algunos de los materiales de divulgación resultado del Pronaii, disponibles en línea, de acceso gratuito y dirigidos al público en general. El Manual para la Gestión Colectiva de Redes Alimentarias Alternativas (**Figura 7.8**) fue elaborado para apoyar la consolidación de estas redes, tomando como base la experiencia de actores nacionales, académicos y organizaciones de base.⁶⁴ Consta de siete módulos que abordan: gestión y fortalecimiento de organizaciones; toma de decisiones y comunicación asertiva; finanzas solidarias; producción agroecológica; procesamiento y transformación de alimentos; comercialización y distribución local; y estrategias de (auto)consumo. Cada módulo incluye descripciones de problemáticas, conceptos de referencia, actividades prácticas y formatos para la aplicación. Está dirigido a organizaciones e iniciativas interesadas en construir o fortalecer redes alimentarias alternativas, con el fin de compartir aprendizajes y experiencias acumuladas.

A partir del conocimiento generado sobre las Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria (IAEPSS) en los territorios Puebla-Tlaxcala, se elaboró el cuadernillo *Cosoali, Construyendo Soberanía* (**Figura 7.9**). Este material presenta los diagnósticos participativos realizados en el marco del Pronaii de Soberanía Alimentaria, con el objetivo de identificar los principales retos y avances de la IAEPSS para su fortalecimiento a nivel territorial. Para ello fue fundamental reconocer sus coincidencias y particularidades en los ámbitos productivo, organizativo, ambiental, comunitario, de economía social, de género, alimentación y redes de intercambio.

64 https://cosoali.com/wp-content/uploads/2024/10/Manual_Tianguis.pdf



Figura 7.8. Portada del Manual para la gestión colectiva de redes alimentarias alternativas. **Fuente:** Página de la red Cosoali, 2025.⁶⁵



Figura 7.9. Portada del cuadernillo Cosoali titulado Construyendo soberanía. **Fuente:** Página de la red Cosoali, 2025.⁶⁶

⁶⁵ <https://cosoali.com/#>

⁶⁶ <https://cosoali.com/#>

El cuadernillo “Escuchando a consumidores de alimentos en nuestro territorio” (**Figura 7.10**) presenta los resultados del estudio sobre el consumo alimentario en la zona metropolitana de Puebla y Tlaxcala. Se analizan hábitos y preferencias de dos tipos de consumidores mediante una metodología mixta que incluyó 50 cuestionarios presenciales aplicados en mercados alternativos, un cuestionario en línea dirigido a consumidores convencionales y dos grupos focales con mujeres de ingresos bajos y medios.⁶⁷ Los resultados muestran la existencia de dos grupos: uno conformado por consumidores convencionales que no adquieren productos agroecológicos u orgánicos, y otro por quienes sí lo hacen, comprando principalmente en mercados alternativos.



Figura 7.10. Portada del cuadernillo titulado Escuchando consumidores de alimentos en nuestro territorio
Fuente: Página de la red Cosoali, 2025.⁶⁸

⁶⁷ https://cosoali.com/wp-content/uploads/2024/11/Consumidores_de_Alimentos.pdf

⁶⁸ <https://cosoali.com/#>

7.3. Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA) en el territorio Puebla-Tlaxcala

En el territorio de Puebla-Tlaxcala, además de los esfuerzos impulsados por las organizaciones de base social y los grupos interdisciplinarios de investigación e incidencia de los Pronaii, destaca la presencia de las Comunidades de Aprendizaje (COAs), en las que participan estudiantes de la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA). Estas comunidades buscan generar espacios de aprendizaje colectivo y colaborativo junto con actores comunitarios, tomando en cuenta sus necesidades e intereses.

La ENBC-ASA representa una evolución y fortalecimiento del programa anteriormente conocido como PIES-AGILES (Programa Interinstitucional de Especialidad en Soberanías Alimentarias y Gestión de Incidencia Local Estratégica). Este nuevo enfoque forma parte de una propuesta educativa más amplia orientada a promover procesos de innovación formativa ligados a la investigación participativa con incidencia territorial. En lugar de centrarse en una sola temática, el programa se organiza en cinco líneas especializadas que abordan dimensiones clave del bienestar comunitario: salud integral en contextos comunitarios, planeación territorial con enfoque local, promoción de la igualdad de género, manejo sostenible de zonas costeras y construcción de sistemas agroecológicos con enfoque de soberanía alimentaria. Estas especialidades no solo aportan herramientas teóricas y metodológicas participativas, sino que también buscan fortalecer capacidades locales y generar transformaciones concretas en los territorios donde se desarrollan (Autoría Colaborativa. Lineamientos ENBC-ASA, 2023). Aunque no todas las líneas estratégicas lograron consolidarse plenamente o se encuentran aún en construcción, la ENBC-ASA sí consiguió articularse con claridad, generando procesos formativos e incidencia significativas en su área temática, lo que permitió avanzar en este campo clave.

En este marco, la experiencia desarrollada en Puebla-Tlaxcala no solo contribuye al cumplimiento de los objetivos del programa, sino que demuestra cómo las iniciativas locales pueden detonar procesos transformadores con pertinencia territorial, al tiempo que dialogan con marcos más amplios de justicia socioambiental y soberanía alimentaria. Las acciones impulsadas desde estas Comunidades de Aprendizaje se suman a los esfuerzos de múltiples actores presentes en la región, tejiendo redes de colaboración y prácticas orientadas al cuidado del territorio, al fortalecimiento de la organización comunitaria y a la construcción de sistemas alimentarios más justos y sustentables.

Estas iniciativas se alinean con el propósito del programa en Agroecologías y Soberanías Alimentarias, que busca formar sujetos con arraigo territorial capaces de desarrollar y

fortalecer saberes propios, reducir la dependencia tecnológica y promover modelos agroecológicos integrales. Dichos modelos articulan la diversidad cultural, ambiental y científica de los territorios, avanzando hacia formas de soberanía biotecnológica adaptadas a las realidades locales. Todo ello se sustenta en metodologías de investigación-acción participativa, que ponen al centro las problemáticas concretas de los socio-agroecosistemas, entendidos como espacios complejos donde convergen dinámicas sociales, ecológicas y productivas.

La experiencia territorial permite visibilizar cómo, a través de procesos formativos participativos, el acompañamiento situado y el reconocimiento de los saberes locales, se abren caminos hacia la construcción colectiva de alternativas para el bienestar comunitario.

El programa ENBC-ASA se estructura en 11 nodos territoriales, integrados por un número variable de estudiantes según su región. Entre ellos se encuentran: Michoacán, Jalisco-Nayarit, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Estado de México-Querétaro-Hidalgo, Ciudad de México-Morelos, Chiapas, Campeche-Tabasco, Yucatán-Quintana Roo y Puebla-Tlaxcala. Este último es el foco de análisis en el presente apartado.

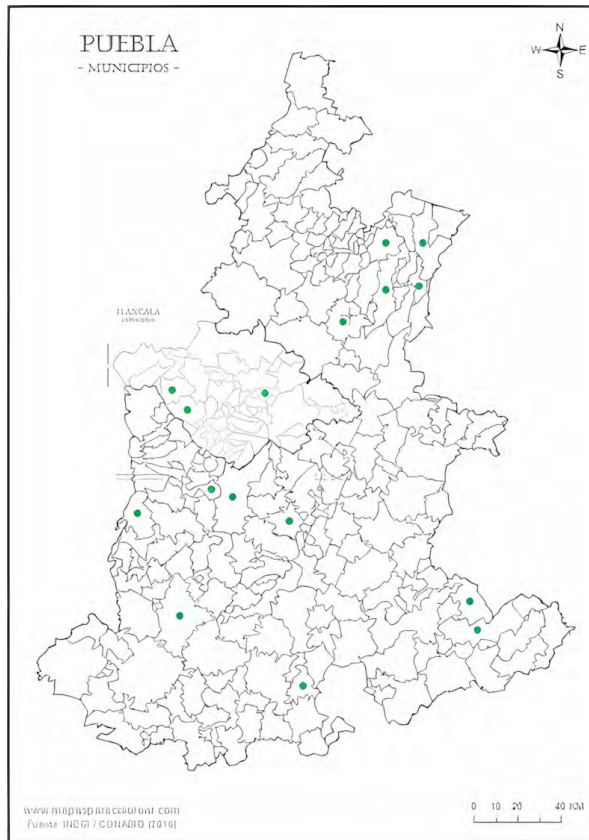


Figura 7.11. Ubicación de las Comunidades de Aprendizaje del nodo Puebla Tlaxcala, de la ENBC-ASA.
Fuente: Sanchez-Vega L., 2025.

El nodo Puebla–Tlaxcala está conformado por dieciocho estudiantes de la generación 2024-2026: dieciséis de Puebla y dos de Tlaxcala. El 66 % son mujeres. En cuanto a su ubicación territorial, el 33 % desarrolla su trabajo en zonas periurbanas, mientras que el 67 % restante lo hace en contextos rurales (**Figura 7.11**).

Los municipios en los que se encuentran realizando sus procesos formativos y de acompañamiento territorial son, en el estado de Puebla: Vicente Guerrero, Puebla, Tecali de Herrera, San Andrés Cholula, Cuetzalan del Progreso, Zautla, Tochimilco, Teziutlán, Tlatlauquitepec, Ajalpan, Hueytamalco e Izúcar de Matamoros; y en el estado de Tlaxcala: Ixtacuixtla, Españita y Xaloztoc.

Incidencia a través de las Comunidades de Aprendizaje

La ENBC-ASA se fundamenta en una propuesta epistemológica que articula enfoques como la transdisciplina, la investigación-acción participativa, la educación popular y el diálogo de saberes. Esta base metodológica orienta su quehacer educativo y promueve procesos colectivos de reflexión, intercambio y construcción de conocimientos situados. Mediante estas herramientas, se busca resignificar las experiencias en contextos bioculturales, impulsando el cuidado ambiental y el fortalecimiento de prácticas comunitarias con sentido transformador (Autoría Colaborativa, ENBC-Documento base, 2022). Desde esta perspectiva, el enfoque pedagógico del programa trasciende la transmisión unidireccional de contenidos, al propiciar procesos de co-construcción del conocimiento entre estudiantes, colectivos y actores territoriales. Así, las agroecologías y las soberanías alimentarias se abordan desde una práctica crítica y transformadora, en diálogo constante con las realidades locales, orientadas a fortalecer alternativas que respondan a las problemáticas socioambientales en cada región, particularmente en la de Puebla–Tlaxcala, que constituye el objeto de este apartado.

En el proceso formativo, investigadoras e investigadores de instituciones como el Instituto de Ecología A.C., el Colegio de Postgraduados campus Puebla, el Colegio de Tlaxcala y la Universidad Intercultural del Estado de Puebla acompañan a las y los estudiantes en calidad de tutores (**Figura 7.12**), brindando orientación académica y apoyo en el desarrollo de sus procesos territoriales.



Figura 7.12. Fotografía del primer encuentro del nodo Puebla-Tlaxcala, en el marco de la ENBC-ASA.
Fuente: Sanchez-Vega L., 2024

La estructura de la especialidad tiene un enfoque híbrido: combina el aprendizaje en línea con la experiencia directa en territorio. Durante cada semestre, las y los estudiantes cursan cuatro asignaturas mediante una plataforma virtual y, de manera paralela, desarrollan actividades prácticas acompañadas por sus Comunidades de Aprendizaje (COAs), lo cual permite articular los contenidos académicos con los procesos locales en los que están insertos.

La primera generación de estudiantes inició en abril de 2024, con intereses temáticos reflejados en la nube de palabras (**Figura 7.13**), elaborada de manera colaborativa con sus COAs. Entre los temas más recurrentes destacan elementos clave para el equilibrio de los agroecosistemas, como la protección de los polinizadores; la defensa y gestión de bienes comunes, como el agua y el suelo; y aspectos de la bioculturalidad, como la medicina tradicional, la alimentación y las semillas nativas. También sobresalen prácticas productivas relacionadas con la milpa, la rotación de cultivos y los huertos escolares, entre otras.

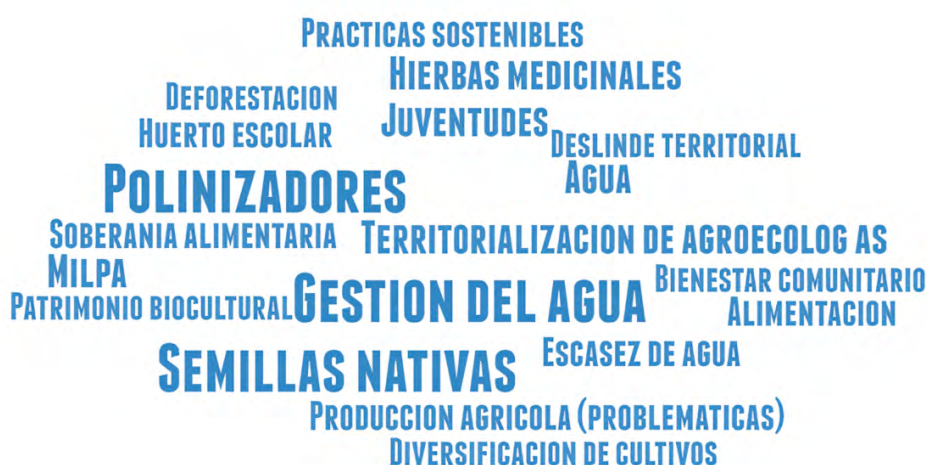


Figura 7.13. Temáticas de los Planes de acción de las COAs que pertenecen al nodo Puebla-Tlaxcala en la ENBC-ASA. **Fuente:** Sanchez-Vega L., 2024

En la región de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA), las y los estudiantes desarrollan proyectos orientados a problemáticas y propuestas relevantes para el territorio. Entre ellas se encuentran: “El sistema ancestral milpa en la conservación de las semillas nativas, la bioculturalidad y la soberanía alimentaria”; “Estrategias agroecológicas para preservar y recuperar el territorio, contribuir al bienestar comunitario y la mitigación de los impactos de la urbanización descontrolada”; y “Aumento de polinizadores para la recuperación de los agroecosistemas locales e incidir en la producción de alimentos sanos”. Estas iniciativas reflejan el interés por articular conocimientos tradicionales y agroecológicos con acciones concretas de transformación territorial.

En este contexto, las y los estudiantes desarrollan sus procesos de aprendizaje en estrecha colaboración con las Comunidades de Aprendizaje (COAs), con quienes construyen conocimientos orientados a la transformación territorial. Esta articulación no solo fortalece el vínculo con actores comunitarios, sino que también promueve el trabajo conjunto con académicos, investigadoras e investigadores, organizaciones civiles, sectores privados y programas federales. Las actividades que emergen de estas sinergias responden a necesidades y problemáticas sentidas por las comunidades y buscan generar estrategias agroecológicas que contribuyan al bienestar colectivo (Autoría Colaborativa. Lineamientos ENBC-ASA, 2023).

En Puebla y Tlaxcala, las y los estudiantes han tejido vínculos con colectivos, autoridades locales, proyectos institucionales y organizaciones de base, tanto en contextos rurales como periurbanos. Esta articulación ha permitido situar los procesos formativos en realidades concretas del territorio, marcadas por desafíos vinculados a la gestión del agua, la urbanización descontrolada, la pérdida de biodiversidad y las prácticas comunitarias de resistencia y cuidado del entorno.

En este marco, cada estudiante diseña un Plan de Acción Territorial, que define la ruta de trabajo dentro del proceso formativo y establece su contribución a las transiciones agroecológicas del territorio. Estos planes se elaboran de manera colaborativa con sus respectivas COA, integrando objetivos, acciones específicas, indicadores y un cronograma que guía su implementación. Esta metodología fomenta el diálogo de saberes, impulsa transformaciones sociales concretas y fortalece tanto la autonomía como la capacidad de gestión comunitaria. En marzo de 2025, las y los estudiantes del nodo Puebla-Tlaxcala concluyeron el primer año del programa y presentaron sus propuestas iniciales de Plan de Acción. Durante los siguientes doce meses, estos planes serán puestos en práctica, evaluados y ajustados conforme a las dinámicas y aprendizajes que surjan, con el fin de avanzar hacia los protósitos colectivos establecidos junto con sus comunidades.

Consideraciones

Las acciones orientadas al fortalecimiento de sujetos y de iniciativas —como la orientación, el acompañamiento, la formación de capacidades y la generación de vínculos horizontales entre actores de un mismo territorio— son fundamentales para impulsar transformaciones significativas en la transición agroecológica. Estas transformaciones no solo deben atender la forma en que las comunidades se organizan, reflexionan sobre su realidad y toman decisiones colectivas, sino también cómo producen, distribuyen y consumen alimentos que garanticen la soberanía alimentaria y contribuyan a la sostenibilidad ambiental. En esta misma línea, los colectivos de investigación, las organizaciones de base comunitaria y diversas iniciativas gubernamentales han venido diseñando e implementando estrategias que muestran las posibilidades de modos de vida y sustento alternativos a los modelos industriales, particularmente en el ámbito agrícola.

Este apartado presenta algunas de estas estrategias, que avanzan de forma gradual hacia sistemas de producción de alimentos libres de agrotóxicos y con especial atención a la gestión del agua, teniendo en cuenta las percepciones y acciones de la población frente a la problemática de la contaminación en esta zona. La producción de alimentos constituye un eje central para enfrentar los desafíos de la CAA, pues, además de integrar propuestas innovadoras, recupera los conocimientos y prácticas de la población campesina del territorio.

En este contexto, los Pronaii han sido una herramienta clave en los últimos años para fortalecer procesos de investigación con incidencia territorial y articulación comunitaria. Mantener y reforzar programas de investigación con enfoque en la incidencia resulta indispensable, ya que reconocen la importancia del conocimiento colaborativo y del trabajo con actores locales para abordar las problemáticas socioambientales desde una perspectiva integral y transformadora.

Referencias

- Altieri, M., y Nicholls, C. (2022). Agroecología, policrisis global y la transformación de los sistemas alimentarios. Boletín 6°. Centro Latinoamericano de Investigaciones Agroecológicas, CELIA. <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2022/05/Altieri-Nicholls-2022-.pdf>
- Altieri, M., y Toledo, V. (2010). La Revolución Agroecológica de América Latina: Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, CLACSO. 163 – 202. <https://biblioteca.clacso.edu.ar/Colombia/ilsa/20130711054327/5.pdf>
- Barreda, A. (2023). Gestación y definición de las Regiones de Emergencia Sanitaria y Ambiental.
- Autoría Colaborativa (2022). Especialidades Nacionales para el Bienestar Comunitario (ENBC). Documento base.
- Autoría Colaborativa (2023). Lineamientos. Especialidad Nacional para el Bienestar Comunitario en Agroecologías y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA) PIES AGILES Interinstitucional.
- Centro Fray Julián Garcés, Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. (2017). Informe anual 2017: Derechos humanos y alternativas comunitarias en la Cuenca del Alto Atoyac. Tlaxcala, México.
- Ciencias y Humanidades, n. 9° especial, 11 – 23. https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/publicaciones_conacyt/ciencias_y_humanidades/09E_Ciencias_y_Humanidades.pdf
- Coraggio, J. (2008). Flacso Ecuador. Obtenido de La Economía Social y Solidaria como Estrategia de Desarrollo en el contexto de la Integración Regional Latinoamericana. Reconstrucción de una parte de la ponencia presentada en el 3er Encuentro.
- Ecofronteras (2022). Iniciativas agroalimentarias populares - solidarias de la península de Yucatán. Ecofronteras, 6-9. Obtenido de <https://revistas.ecosur.mx/ecofronteras/index.php/eco/article/view/2030/2122>
- Españita, M. d. (2024). Españita, Tlax. Obtenido de <https://espanitatlax.gob.mx/tu-municipio/nomenclatura>
- Fernández González, C., & González Santiago, M. (2021). Diagnóstico agroecológico del sistema alimentario local a partir de los saberes de especies domesticadas y silvestres de sus territorios, y el impacto en la economía familiar. (A. Centro de Economía Social Julián Garcés, Ed.) Tlaxcala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

- García-Bustamante, Rocío; de León, V. y Hernández, R. L. (2023). Informe etapas 1 y 2 del Programa Nacional Estratégico en Soberanía Alimentaria PRONAI 316911 “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de economía social y solidaria, en el marco territorial Puebla.
- García Cook, Angel (1986). “Control de la erosión en Tlaxcala: época prehispánica”. Antropología. Boletín del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Número 10.
- GRAIN videos (2017). GRAIN videos. Obtenido de ¡Juntos podemos enfriar al mundo!: <https://www.youtube.com/watch?v=takDzr3wPB0>
- Latinoamericano de Economía Solidaria y Comercio Justo organi: <https://www.flacsoandes.edu.ec/agora/la-economia-social-y-solidaria-como-estrategia-de-desarrollo-en-el-contexto-de-la-integracion>.
- Manual práctico para la elaboración de insumos: Lixiviados de Lombriz. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737316/15_Lixiviado_de_lombriz.pdf
- Mercado Alternativo Túmin (2023). ABC del Túmin (1ª ed.). Imprenta Códice. [https://ia800302.us.archive.org/28/items/abc-del-tumin/ABC %20del %20Tumin.pdf](https://ia800302.us.archive.org/28/items/abc-del-tumin/ABC%20del%20Tumin.pdf)
- Montes de Oca-Cruz, J. (2021). El proceso organizativo y educativo de las mujeres socias de la cooperativa Matlalkueytl en los municipios de Españita e Ixtacuixtla, Tlaxcala (2008-2019) [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo.
- Morales, Eduardo (2010). Casos de daño a la salud por contaminación en los estados de Tlaxcala y Puebla. En Mariana Pérez Argüelles (coord.). Cinco miradas sobre el derecho a la salud. Estudios de caso en México, El Salvador y Nicaragua (pp. 231-290). México: Fundar, Centro de Análisis e Investigación.
- Núñez Hurtado, C. (2005). Educación popular: una mirada de conjunto. Decisio: Saberes para la acción en educación de adultos, 3-14.
- Ortiz-Moreno, J. A., Masera-Cerutti, O. R., & Fuentes-Gutiérrez, A. F. (2014). La ecotecnología en México. IMAGIA.
- Pérez Sánchez, J. R. P. (2015). Agricultura ecológica y mercado alternativo en el estado de Tlaxcala, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1, 365-371. www.redalyc.org/pdf/2631/263139243048.pdf
- Pinheiro, S. (2019). *Manual de biocarbón y microorganismos de montaña*. [Publicación independiente].
- Ramírez Varela, D., & López Santos, A. (2018). Impactos socioambientales de la industrialización en la Cuenca del Alto Atoyac, Tlaxcala. En Memorias del XIV Congreso Nacional de Ciencias Sociales. Consejo Mexicano de Ciencias Sociales (COMECOSO).

- Restrepo, J., y Hensel, J. (2009). Manual Práctico de Agricultura Orgánica y Panes de Piedra. Departamento de arte de Feriva S.A. <https://reaxionatural.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/09/manual-practico-de-agricultura-organica-y-panes-de-piedra.pdf>
- Rosales Ortega, R. (2003). Tlaxcala, ¿un distrito industrial? *Sociológica*, 18(51), 131–163.
- SADER, (2023). Qué es la transición agroecológica: experiencias y orígenes. [https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-la-transicion-agroecologica-experiencias-y-origenes#:~:text=La %20transici %C3 %B3n %20agroecol %C3 %B3gica %20es %20 un,con %20respeto %20al %20medio %20ambiente.](https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-la-transicion-agroecologica-experiencias-y-origenes#:~:text=La%20transici%C3%B3n%20agroecol%C3%B3gica%20es%20un,con%20respeto%20al%20medio%20ambiente.)
- SADER (2022). Manual práctico para la elaboración de insumos: Reproducción de microorganismos de montaña. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737319/13_Microorganismos_de_montan_a.pdf
- Segreste, R. S. (2019). Manual básico de derechos humanos para autoridades municipales (2da ed.). México: CNDH Comición Nacional de Derechos Humanos. Obtenido de <https://biblio.juridicas.unam.mx/bjv/detalle-libro/6816-manual-basico-de-derechos-humanos-para-autoridades-municipales-actualizado-2019-coleccion-cndh>
- Unidad de Producción Digital CIESTAAM. 28 de junio de 2019. Dr. Sebastiao Pinheiro “Estado actual del uso de BIOCARBÓN en la agricultura”. [Video. <https://www.youtube.com/watch?v=hWVvuWWJ7Yk>]
- Vallejo Román, J. (2016). Dinámicas de trabajo y vida campesina en la Cuenca del Alto Atoyac: entre el autoconsumo agrícola y la inserción en la maquila. En *Memorias del Congreso de la Asociación Mexicana de Estudios Rurales (AMER)*. Asociación Mexicana de Estudios Rurales.

TERCERA PARTE:
PAUTAS DE ACCIÓN Y SEGUIMIENTO
A LAS RECOMENDACIONES DEL
1er INFORME ESTRATÉGICO

Capítulo 8. Pautas para un plan de acción orientado a la restauración socioambiental

La relación entre el deterioro ambiental y la salud pública constituye una preocupación creciente, especialmente en territorios expuestos a altos niveles de contaminación. La primera parte de este segundo informe se profundiza en los procesos de degradación y devastación socioambiental que afectan a la Cuenca del Alto Atoyac (CAA), así como en las condiciones estructurales de vulnerabilidad y en los múltiples factores de riesgo que inciden tanto en la salud de las poblaciones locales como en la integridad de los ecosistemas.

El diagnóstico reafirma la urgencia de implementar acciones articuladas de monitoreo, mitigación y restauración ambiental bajo un enfoque integral y complementario. Dicho enfoque debe atender los impactos acumulativos de las actividades industriales y sociales, así como las afectaciones diferenciadas sobre los sectores más vulnerables. La evidencia reunida sobre los procesos de deterioro y devastación socioambiental, así como las condiciones de vulnerabilidad y factores de riesgo entre la población, confirma la urgencia de establecer pautas integrales y complementarias de monitoreo y restauración ambiental que mitiguen los impactos de las actividades industriales y sociales en los socioecosistemas de la Cuenca del Alto Atoyac (CAA).

Entre las principales recomendaciones, destaca intensificar la vigilancia de compuestos químicos en agua, aire, suelo y alimentos, y avanzar hacia una estrategia integral de atención. Además de los requerimientos establecidos en el Primer Informe sobre la CAA, se integran acciones de mitigación y restauración que, junto con las demás estrategias, permitan impulsar la recuperación socio ecosistémica del territorio.

Es fundamental subrayar que la responsabilidad de atender la crisis socioambiental no debe recaer en las comunidades afectadas, las cuales ya enfrentan múltiples formas de precariedad, exclusión y desigualdad. Además de soportar los impactos acumulativos de la degradación ambiental, estas poblaciones padecen graves consecuencias en su salud y bienestar. Por ello, resulta imperativo evitar su revictimización y rechazar cualquier narrativa que les imponga la carga de responder a una problemática que no han generado. Corresponde a las instituciones gubernamentales asumir plenamente su obligación de diseñar e implementar políticas públicas eficaces, justas y reparadoras que garanticen el derecho a un ambiente sano y a una vida digna.

Este capítulo se construyó a partir de los trabajos realizados por los Pronaii: “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo”, “Salud Laboral”, “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan” y “Residuos Sólidos Urbanos”, con contribuciones de Alfredo Delgado Rodríguez, Rodolfo Omar Arellano Aguilar, Josefina Pedraza López, María Inés J. Navarro González, Rita Valladares Rodríguez, Erasmo Flores Valverde e Itzel Fabiola Arroyo Ortega.

8.1. Pautas para la prevención

La Cuenca del Alto Atoyac enfrenta una severa crisis socioambiental marcada por la deforestación, la contaminación del agua y el aire, el crecimiento urbano desordenado y la deficiente gestión de residuos. Ante este panorama, es indispensable que diversos sectores trabajen de manera colaborativa, alineando esfuerzos y responsabilidades.

La prevención, entendida como el conjunto de acciones permanentes orientadas a evitar nuevas condiciones de deterioro ambiental y de salud, está vinculada con los procesos contaminantes, el deterioro de la salud y la disminución de la disponibilidad de agua.

El monitoreo y la vigilancia constituyen elementos fundamentales para la prevención, ya que permiten obtener información oportuna sobre tendencias y comportamientos de factores de riesgo. Al mismo tiempo, facilitan la detección de condiciones de emergencia, favorecen respuestas adecuadas y permiten evaluar de manera cuantitativa las acciones de saneamiento y remediación, así como la efectividad de las políticas ambientales orientadas al control y la prevención de la contaminación.

Para que estas tareas sean posibles, se requieren datos oportunos, transparentes y abiertos. Durante los Pronaces de Agua, Salud, Tóxicos y Residuos Urbanos se realizaron campañas de muestreo y se generó información clave para la ampliación de las redes de monitoreo. Con base en estos resultados, es posible definir una guía para integrar indicadores y criterios

esenciales para el monitoreo, asegurando así una respuesta efectiva frente a escenarios contingentes o de emergencia en la región.

La responsabilidad de diseñar e implementar políticas públicas en el ámbito socioambiental recae en los gobiernos nacionales, estatales y municipales, con atención prioritaria en los siguientes aspectos:

Agua subterránea

El monitoreo del agua subterránea debe ofrecer información sobre su disponibilidad por región, contribuir a la gestión del acceso al recurso, apoyar los procesos de potabilización y garantizar condiciones adecuadas de almacenamiento con estándares de higiene que preserven tanto la calidad como la cantidad. Para ello, se propone seguir cuatro estrategias básicas de monitoreo:

- **Establecer un programa de medición y cálculo de niveles estáticos y dinámicos**

Mediante análisis piezométricos periódicos se podrá determinar el abatimiento o recuperación de los mantos freáticos y acuíferos en la CAA.

- **Diseñar campañas de muestreo de la calidad microbiológica fisicoquímica y química del agua**

Las descargas industriales, los lixiviados de rellenos sanitarios y la infiltración de agroquímicos en la producción agrícola han provocado nitrificación y pérdida de calidad del agua extraída de pozos en regiones de alta vulnerabilidad, por lo que el monitoreo de estos parámetros es crucial, aunque no requiere la misma frecuencia que el del agua superficial.

- **Modelar la dinámica de recarga de los mantos acuíferos**
 - Con el fin de identificar su disponibilidad y promover su gestión sostenible.
- **Identificar sitios prioritarios para favorecer la recarga de los acuíferos y los mantos freáticos.**

La escasez de datos sobre el monitoreo del agua evidencia la urgencia de aumentar las inversiones públicas y fortalecer las capacidades institucionales a nivel federal (Conagua, COFEPRIS) y estatal (Conagua, Coepris, Secretaría del Medio Ambiente, Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento). Asimismo, es imprescindible establecer alianzas con el

sector académico, involucrando a instituciones de educación superior ubicadas en la región para abordar esta problemática de manera integral.

Como parte de las estrategias de prevención y control microbiológico del agua subterránea en la CAA, destaca el Estudio de Demanda de Cloro realizado en 2023 por el subequipo de Gestión del Agua del Pronaii Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac–Zahuapan (Navarro González et al., 2024). Con base en CONAGUA (2019), se generaron curvas de desinfección con hipoclorito de sodio (NaClO), determinando puntos de quiebre y demandas de cloro para tiempos de contacto de 10 y 20 minutos. El objetivo fue establecer la dosis óptima para mantener un residual de cloro libre entre 0.2 y 1.5 mg/L al final del periodo de contacto, cumpliendo con los límites máximos permisibles de la NOM-127-SSA1-2021 para pH, coliformes totales y *Escherichia coli*.

Las dosis recomendadas oscilaron entre 0.3 y 3.5 mg Cl₂/L, ajustadas según la calidad del agua de cada pozo. Estos valores resultaron efectivos para eliminar coliformes totales y *E. coli* en un tiempo de contacto de 20 minutos y cumplieron también con los estándares de la OMS (1971). La **Tabla 8.1** presenta las dosis sugeridas para cada uno de los 22 pozos analizados, así como los valores de ORP registrados, lo cual constituye una guía técnica para los Comités Comunitarios de Agua Potable y la COFEPRIS estatal, facilitando la cloración continua y la garantía de potabilidad del agua para consumo humano.

Tabla 8.1. Dosis de cloro recomendada y potencial de oxidación-reducción (ORP) en 22 pozos de abastecimiento de la CAA.

Pozo	Dosis de Cl ₂ (mg Cl ₂ /L)	ORP (mV)	Comunidad
Pozo Santa Justina	3.50	594	Santa Justina
Pozo “18 de marzo” centro	1.70	603	Tepetitla
Pozo “La Magdalena”	1.60	656	La Magdalena
Pozo “Ameca”	1.50	558	La Reforma
Pozo “Proagua”	1.50	687	San Baltazar Temaxcalac
Pozo “Centenario”	1.50	645	San Mateo Ayecac
Pozo “El Ameyal”	1.30	630	San Mateo Ayecac
Pozo #1 Sta. Ana Xalmimilulco	1.30	626	Santa Ana Xalmimilulco
Pozo San Rafael Tenanyecac	1.20	600	San Rafael Tenanyecac
Pozo “El Carmen”	1.10	661	Españita
Pozo #2 “San Juan El Mirador”	1.10	640	Villa Alta
Pozo #1 Santiago Michac	1.10	634	Santiago Michac
Pozo “Campamento”	1.00	610	San Francisco Mitepec
San Antonio Atotonilco 1	1.00	620	San Antonio Atotonilco
Pozo “Agua Comis”	0.80	620	San Lucas Atoyatenco

Pozo #2 Santiago Michac	0.70	612	Santiago Michac
Pozo "Sto. Toribio Xico"	0.70	656	Xicohtzinco
Pozo "Allende"	0.70	600	Xicohtzinco
Pozo #1 Sta Ma. Atlihuetzian	0.70	617	Santa María Atlihuetzian
Pozo #2 Sta Ma. Atlihuetzian	0.60	658	Santa María Atlihuetzian
Pozo #2 Ixtacuixtla	0.35	608	Villa M. Matamoros
San Antonio Atotonilco 2	0.30	620	San Antonio Atotonilco

Fuente: Navarro González et al., 2024.

Por otro lado, la **Tabla 8.2** organiza una estrategia de monitoreo orientada a fortalecer la gestión sostenible del agua subterránea en distintos niveles de gobierno. En ella se establecen las principales responsabilidades que deben asumir las dependencias federales, estatales y municipales para mejorar el conocimiento sobre la disponibilidad y calidad del agua, así como para promover acciones que favorezcan la recarga de los acuíferos.

Tabla 8.2. Dependencias responsables del monitoreo del agua subterránea

Estrategia de monitoreo	Dependencia federal	Responsabilidad	Dependencia estatal	Responsabilidad	Responsabilidad municipal
Programa de medición y cálculo de niveles estático y dinámico	CONAGUA	-Crear e implementar una red de monitoreo de pozos que permita la medición regular de los niveles de agua estáticos y dinámicos en diferentes puntos estratégicos - Generar y publicar informes periódicos sobre el estado de los niveles estáticos y dinámicos de los acuíferos, que permitan tomar decisiones informadas sobre políticas públicas y proyectos de gestión del agua.	Comisión Estatal del Agua y Saneamiento (CEAS)	Contar con equipos adecuados y la capacitación necesaria para el personal técnico.	Establecer direcciones ambientales en las que se incluya temas sobre el agua, y desarrollar capacitaciones a los técnicos en el uso de tecnologías de monitoreo y en la interpretación de datos - Desarrollar campañas que permitan informar a la ciudadanía sobre la importancia de mantener los niveles de agua de manera sostenible
Campañas de muestreo de la calidad fisicoquímica y química del agua	CONAGUA, COFEPRIS (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios)		-COEPRIS (Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios) - Secretaría del Medio Ambiente		Realizar campañas informativas a nivel estatal y municipal que promuevan la importancia del cuidado de las fuentes de agua y el consumo responsable del agua.

Modelación de la dinámica de recarga de los mantos acuíferos	CONAGUA	-Generar políticas públicas basadas en la modelación de la recarga de acuíferos. - Definir regulaciones y normativas para la protección y gestión del agua subterránea.	Secretaría del Medio Ambiente	Promover ordenamientos territoriales que favorezcan la infiltración del agua	Monitorear el impacto de las actividades productivas en la recarga de los acuíferos.
Identificación de sitios prioritarios para favorecer la recarga de los acuíferos y los mantos freáticos	CONAGUA	-Financiar estudios hidrogeológicos y de modelación hidrológica. -Generar políticas públicas basadas en la modelación de la recarga de agua	-Comisión Estatal del Agua y Saneamiento (CEAS) -Secretaría del Medio Ambiente	Implementar proyectos de recarga de acuíferos en zonas prioritarias.	Promover ordenamientos territoriales que favorezcan la infiltración del agua. Monitorear el impacto de las actividades productivas en la recarga de los acuíferos.

Nota: Para la elaboración de esta tabla, se consideraron los programas y políticas anteriores al cambio de gobierno en 2024.

Fuente: Elaboración Pedraza-López, J; Delgado-Rodríguez A. A partir de revisión y análisis de información documental, 2024. (CONAGUA, COFEPRIS).

La articulación de estrategias de monitoreo del agua superficial y subterránea evidencia que la necesidad de mejorar la corresponsabilidad entre los niveles federal, estatal y municipal. La Conagua, como dependencia federal, encabeza la creación de redes de monitoreo, la generación de datos y la formulación de políticas públicas basadas en evidencia científica. A nivel estatal, organismos como la CEAS y las Secretarías de Medio Ambiente tienen la responsabilidad de operar equipos técnicos, capacitar personal y fortalecer acciones territoriales que favorezcan la recarga y protección de los acuíferos. Por su parte, las autoridades municipales —aunque con atribuciones técnicas más limitadas— desempeñan un papel fundamental en la sensibilización comunitaria y en la promoción de un consumo responsable del agua. Esta colaboración multiescalar es indispensable para garantizar una gestión integral, sostenible y resiliente de los recursos hídricos frente a los retos ambientales actuales.

Agua superficial

Al igual que en el caso del agua subterránea, la escasez de datos sobre la calidad del agua en cuerpos superficiales limita el análisis de la evolución de la contaminación y, con ello, el diseño de acciones efectivas para revertir los impactos provocados por la transformación del territorio, especialmente por la presencia industrial en la Cuenca. Como se señaló en el capítulo 1, el monitoreo de la calidad del agua superficial realizado por CONAGUA presenta deficiencias importantes que dificultan la construcción de series temporales confiables. Entre ellas destacan el escaso número de muestreos por semestre —con un máximo de cuatro y, en ocasiones, solo uno—, la ausencia de registros mensuales y la existencia de semestres

completos sin datos. Estas limitaciones fueron particularmente evidentes en 2020, cuando el primer semestre careció totalmente de registros y el segundo contó únicamente con uno, lo que dejó sin representatividad estadística a todo el periodo. Estos vacíos obstaculizan la evaluación del cumplimiento de las metas de la Declaratoria de 2011 y dificultan la formulación de medidas sólidas de saneamiento y restauración en la Cuenca.

En este contexto, se proponen cuatro tipos de estrategias de monitoreo:

- Monitoreo en punto abierto, que consiste en la observación o recolección de datos en un sitio específico sin alterar ni controlar las condiciones del entorno.
- Monitoreo en zonas de descarga, para medir y observar los puntos donde se liberan sustancias —agua residual contaminantes o efluentes— hacia el medio ambiente, ya sea en cuerpos de agua, suelos o la atmósfera.
- Evaluación de la cantidad, calidad y posibles impactos asociados a las descargas y a los procesos de dilución en los cuerpos receptores.
- Monitoreo en zonas de amortiguamiento, con el fin de registrar cómo estos espacios intermedios atenúan o intensifican la dispersión de contaminantes hacia el sistema hídrico principal.

Para llevar a cabo estas acciones es necesaria una colaboración interinstitucional y multidisciplinaria que permita generar datos e información suficiente para gestionar la calidad del agua y avanzar en la recuperación de los socioecosistemas. En este proceso deben participar la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) a nivel federal y estatal, las Comisiones Estatales de Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), las Secretarías del Medio Ambiente federal y estatales, así como las Instituciones de educación superior (**Tabla 8.3**).

Este sistema puede emplearse institucionalmente para definir sitios de muestreo —tanto en temporadas de estiaje como de lluvias—, lo que permitirá identificar variaciones en la calidad del agua y en la biodiversidad acuática, además de facilitar la toma de decisiones informadas para la gestión del recurso hídrico.

Tabla 8.3. Dependencias responsables del monitoreo de agua superficial

Estrategia de monitoreo	Dependencia federal	Responsabilidad	Dependencia estatal	Responsabilidad	Responsabilidad municipal
Monitoreo periódico de calidad del agua superficial (parámetros fisicoquímicos y microbiológicos)	CONAGUA	-Establecer normas técnicas y lineamientos de monitoreo; coordinar campañas nacionales de muestreo	Comisión Estatal del Agua / Instituto Estatal de Ecología	Ejecutar el monitoreo en cuerpos de agua estatales conforme a normas; generar reportes técnicos	Vigilar fuentes locales de contaminación y reportar anomalías a autoridades estatales y federales

Implementación de estaciones automáticas de medición en ríos y lagos principales	CONAGUA	Financiar, instalar y operar estaciones automáticas de monitoreo; resguardar bases de datos nacionales	Comisión Estatal del Agua / Secretaría de Medio Ambiente estatal	Operar estaciones de monitoreo en cuerpos de agua estatales; enviar información a CONAGUA	Apoyar en la protección de las estaciones y promover la participación comunitaria en la vigilancia
Publicación periódica de resultados de calidad del agua	CONAGUA	Difundir resultados a nivel nacional; garantizar transparencia y acceso público a la información.	Comisión Estatal del Agua	Publicar informes estatales sobre calidad del agua; proponer medidas correctivas	Informar a la ciudadanía local sobre riesgos y recomendaciones derivadas del estado de cuerpos de agua
Programas de capacitación en monitoreo comunitario	CONAGUA / SEMARNAT	Establecer programas de formación para técnicos estatales y comunitarios	Secretaría de Medio Ambiente estatal	Coordinar talleres y capacitaciones para personal estatal y municipal	Fomentar brigadas comunitarias de monitoreo y sensibilización ambiental local

Nota: Para la elaboración de esta tabla, se consideraron los programas y políticas anteriores al cambio de gobierno en 2024

Fuente: Elaboración Pedraza-López, J; Delgado-Rodríguez A. A partir de revisión y análisis de información documental, 2024. (CONAGUA, SEMARNAT),

La estrategia de monitoreo de la calidad del agua superficial, articulada entre los tres niveles de gobierno, evidencia la importancia de una colaboración integral para proteger de manera efectiva los recursos hídricos. A nivel federal, instancias como CONAGUA y SEMARNAT son responsables de establecer normas, financiar infraestructura y coordinar campañas nacionales; a nivel estatal, las comisiones del agua y las secretarías de medio ambiente ejecutan el monitoreo, operan estaciones automáticas y elaboran reportes técnicos; mientras que los gobiernos municipales tienen la tarea de vigilar las fuentes locales de contaminación, resguardar la infraestructura instalada y fomentar la sensibilización ciudadana.

De manera complementaria, el monitoreo de la calidad del aire constituye otro pilar fundamental para la protección ambiental. La vigilancia atmosférica es esencial no sólo para preservar la salud pública y el equilibrio ecológico, sino también para garantizar una mejor calidad de vida. La medición de contaminantes presentes en el ambiente permite evaluar el cumplimiento de las normas ambientales, anticipar riesgos para la población y diseñar estrategias de prevención y control más efectivas.

Aire

En México, el monitoreo de la calidad del aire es una responsabilidad compartida entre los tres niveles de gobierno, y su implementación adecuada es crucial para diseñar políticas de prevención, mitigación y control de emisiones contaminantes (**Tabla 8.4**). Además, los programas de monitoreo permiten promover la participación ciudadana y fortalecen la conciencia ambiental, lo que genera sociedades mejor informadas y más comprometidas con la protección del medio ambiente.

En Tlaxcala, la Red de Calidad del Aire —operada por la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala—, constituye una infraestructura clave para la vigilancia continua de la calidad del aire en diferentes zonas del estado. Esta red tiene como objetivo principal evaluar los niveles de contaminantes atmosféricos como partículas suspendidas (PM10 y PM2.5), ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros.

En 2021 se registraron avances significativos en su capacidad de monitoreo, por ejemplo, en el 2021 se estableció un Centro de Control computarizado, conectado en tiempo real con las estaciones de monitoreo ubicadas en Tlaxcala, Apizaco, Calpulalpan, Huamantla, Ixtacuixtla y Quilehtla.⁶⁹ Este centro permite la recopilación, validación y análisis de datos sobre contaminantes como ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y partículas PM10 y PM2.5.

Por su parte, el estado de Puebla cuenta con una Red Estatal de Monitoreo Atmosférico (REMA) —el sistema oficial encargado de supervisar en tiempo real la calidad del aire—. Operada por la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial (SMADSOT), la REMA proporciona información continua sobre los niveles de diversos contaminantes atmosféricos, incluyendo partículas PM10 y PM2.5, ozono (O₃), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO). Sin embargo, su capacidad de monitoreo se ha visto afectada por la falta de mantenimiento y actualización consistente de los equipos. Cada red de Calidad del Aire adopta estrategias diferentes: la Red de Puebla se centra en medir la calidad del aire de la zona metropolitana de la ciudad, mientras que la Red de Tlaxcala se enfoca en monitorear las zonas urbanas de mayor población en el estado.

Además de lo mencionado, ambas redes deberían ampliar su cobertura para incluir la medición de las emisiones fugitivas en áreas industriales. Este aspecto puede ser normado mediante una política que contemple las competencias conjuntas entre las entidades del sector ambiental en los niveles federal y estatal. Resulta urgente invertir en equipamiento y fomentar la generación de convenios entre el gobierno y la academia- que permitan la confluencia de capacidades técnicas y científicas, pues ello facilitará tanto la medición como la interpretación de los resultados.

Para fortalecer el alcance de la información generada por las redes de monitoreo de la calidad del aire, es fundamental tomar en consideración los siguientes puntos:

- Parámetros básicos: las características fisicoquímicas esenciales para evaluar la calidad del aire o del agua, tales como: Partículas suspendidas (PM10, PM2.5),

69 AVANZA LA SMA EN MATERIA AMBIENTAL DURANTE PRIMER AÑO DE GOBIERNO

Ozono (O₃), Monóxido de carbono (CO), Dióxido de nitrógeno (NO₂) y Dióxido de azufre (SO₂)

- Metales asociados al material particulado: metales pesados que se adhieren o se encuentran dentro de las partículas suspendidas en el aire (PM10 y PM2.5). Algunos de los más comunes son: plomo (Pb), cadmio (Cd), arsénico (As), mercurio (Hg) y cromo (Cr).
- Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles: sustancias químicas que contienen carbono. Se evaporan fácilmente a temperatura ambiente (volátiles) o más lentamente (semivolátiles). Algunos ejemplos de estos compuestos son: benceno, tolueno, xilenos, formaldehído y ftalatos.

Tabla 8.4. Dependencias responsables del monitoreo del aire

Estrategia de monitoreo	Dependencia federal	Responsabilidad	Dependencia estatal	Responsabilidad estatal	Responsabilidad municipal
Monitoreo de calidad del aire en tiempo real	SEMARNAT, CONAGUA	Establecer normas y políticas federales sobre calidad del aire; coordinar redes nacionales de monitoreo	Secretarías de Medio Ambiente estatales	Implementar y operar estaciones de monitoreo en áreas clave; generar reportes técnicos y públicos	Vigilar puntos críticos de contaminación local; informar a la ciudadanía sobre alertas y medidas preventivas
Medición de contaminantes atmosféricos (PM10, PM2.5, ozono, NO _x , CO, SO ₂)	SEMARNAT, COFEPRIS	Establecer estándares de calidad del aire; regular emisiones industriales y vehiculares	Comisiones estatales del agua y aire	Ejecutar campañas de sensibilización; monitorear la calidad del aire en zonas urbanas y rurales	Realizar operativos locales para verificar cumplimiento de normativas ambientales; promover la participación comunitaria en el monitoreo
Control y mitigación de riesgos para la salud	COFEPRIS	Evaluar riesgos para la salud derivados de la contaminación atmosférica; emitir alertas de contaminación	Secretaría de Salud estatal	Coordinar medidas de respuesta ante emergencias de calidad del aire; establecer protocolos de protección sanitaria	Informar a la población local sobre los niveles de contaminación y las medidas preventivas; implementar acciones locales de limpieza del aire
Integración de datos y difusión de resultados	SEMARNAT, SINAICA	Consolidar los datos de calidad del aire a nivel nacional; difundir información pública	Secretaría de Medio Ambiente estatal	Publicar informes periódicos sobre la calidad del aire a nivel estatal; colaborar con la ciudadanía y medios de comunicación	Distribuir información sobre la calidad del aire en la comunidad; promover acciones de educación ambiental

Nota: Para la elaboración de esta tabla, se consideraron los programas y políticas anteriores al cambio de gobierno en 2024.

Fuente: Pedraza-López, J; Delgado-Rodríguez A (2025) de revisión y análisis de información documental, 2024. (CONAGUA, COFEPRIS, SEMARNAT).

Suelo

La exposición a agroquímicos —especialmente plaguicidas— y la pérdida de soporte vital del suelo en la Cuenca representan desafíos críticos que deben abordarse en el diseño de una estrategia integral para mitigar los factores de riesgo a la salud y al ambiente. Los resultados del Pronaii “Reapropiación socioambiental” evidencian la presencia de metales, mientras que los estudios previos han documentado procesos de lixiviación de contaminantes presentes en el suelo, resaltando la necesidad de un sistema de monitoreo adecuado. Este sistema permitirá evaluar la capacidad de carga ecosistémica del suelo y los factores de exposición a compuestos inorgánicos y orgánicos que pueden trasladarse a otros compartimentos ambientales, ampliando su impacto.

El monitoreo de suelo debe contar con datos sobre:

- Metales
- Agroquímicos
- Condiciones micro ecosistémicas⁷⁰

Inocuidad alimentaria

La atención integral del saneamiento de la Cuenca requiere estrategias con una visión sistémica que aborden los factores de riesgo ambiental desde una perspectiva amplia e integradora. Esto implica reconocer la relación territorial con prácticas productivas arraigadas desde hace más de 60 años, las cuales han sido impulsadas por la confluencia entre Estado, empresas nacionales y transnacionales, e incluso promovidas por instituciones académicas.

Estas dinámicas han dado lugar a condiciones ambientales y económicas que han limitado el desarrollo de alternativas para la producción de alimentos inocuos. En este contexto, la alimentación se vincula tanto con el estado de salud nutricional de la población como con la exposición a compuestos tóxicos presentes en los alimentos, configurando así una doble dimensión de vulnerabilidad socioambiental. Por ello, la estrategia de medición debe generar información que permita comprender y mitigar, de manera efectiva, estos riesgos:

- Metales
- Agroquímicos

⁷⁰ Factores y características ambientales que afectan a un ecosistema a una escala pequeña o local, generalmente en una zona específica dentro de un ecosistema más grande, incluye elementos como el tipo de suelo, disponibilidad de agua, temperatura, luz, humedad, especies presentes y sus interacciones, y otros factores bióticos y abióticos que influyen directamente en la dinámica y salud de la comunidad biológica local.

- Compuestos orgánicos
- Otros compuestos tóxicos de relevancia para la salud

La participación transdisciplinaria en el uso de la información generada debe enfocarse en la búsqueda de alternativas económicas que garanticen la sustentabilidad de las familias campesinas y fomenten la inclusión de alimentos saludables en el mercado. El objetivo es abordar y superar pautas agroecológicas y de redes, tema que se profundizará en el capítulo 10.

El monitoreo y la vigilancia emergen como herramientas esenciales para la prevención, ya que permiten detectar oportunamente tendencias y comportamientos que podrían generar o agravar los riesgos en la región. Por ello, la recolección de datos transparentes y abiertos es indispensable para tomar decisiones informadas y coordinar acciones adecuadas. En este proceso, dependencias clave como la Conagua, COFEPRIS y las Secretarías de Medio Ambiente, tanto a nivel federal como estatal, tienen un papel preponderante en la implementación de estrategias de monitoreo y en la evaluación de la calidad del aire y del agua.

A nivel federal, la Conagua encabeza el monitoreo y la formulación de políticas públicas basadas en datos precisos, mientras que las dependencias estatales y municipales son responsables de llevar a cabo las estrategias operativas y de sensibilización en sus respectivos ámbitos territoriales. Las autoridades locales, a su vez, promueven el consumo responsable de agua, vigilan fuentes de contaminación y fortalecen la participación comunitaria, contribuyendo a la corresponsabilidad multiescalar necesaria para enfrentar los desafíos ambientales de la Cuenca.

En cuanto al monitoreo específico de recursos hídricos —tanto subterráneos como superficiales—, la colaboración entre los distintos niveles de gobierno, la academia y la sociedad civil es esencial para asegurar una gestión sostenible. La protección de los acuíferos, el control de la contaminación del agua y el aire, son pasos fundamentales para reducir los riesgos asociados a la exposición de la población a contaminantes y enfermedades, favoreciendo así la resiliencia de la región frente a futuros desafíos.

Las pautas de prevención deben enfocarse en fortalecer las capacidades institucionales a todos los niveles de gobierno, mejorar la infraestructura de monitoreo, promover la sensibilización ambiental, y fomentar una gestión integrada y sostenible de los recursos naturales.

La implementación de acciones preventivas no solo está orientada a mitigar los riesgos a largo plazo, sino también a garantizar respuestas efectivas frente a situaciones de emergencia derivadas de eventos ambientales extremos. En el siguiente apartado analizaremos las pautas para la contingencia, que permitirán establecer marcos de acción claros y coordinados entre las diversas dependencias e instituciones, facilitando una respuesta rápida y adecuada ante crisis ambientales, como la contaminación del agua o del aire, la deforestación y otros factores que amenazan la salud pública y el equilibrio ecológico. Estas pautas deben ser adaptables a

las condiciones locales y tener en cuenta la capacidad operativa de los actores involucrados en la gestión y el monitoreo ambiental.

8.2. Pautas para la contingencia Socioambiental

Las pautas para la contingencia comprenden un conjunto de medidas orientadas en reducir riesgos para la salud humana y el ambiente. Su propósito es anticipar escenarios de emergencia mediante protocolos de actuación, sistemas de monitoreo y mecanismos de alerta temprana que permitan una respuesta rápida y efectiva.

En este sentido, es fundamental que las instancias gubernamentales, en coordinación con la academia y la OBC, impulsen la gestión de regiones de amortiguamiento y recuperación socioambiental, con el fin de mitigar los impactos, así como restaurar las zonas afectadas. Asimismo, se vuelve prioritario fortalecer la gestión de residuos sólidos industriales y municipales, como parte de una estrategia integral para controlar las fuentes de contaminación y proteger los ecosistemas locales. La colaboración de las comunidades y la coordinación interinstitucional son elementos clave para garantizar el éxito de estas medidas de contingencia.

Participación comunitaria

La participación de las organizaciones de base comunitaria (OBC), las comunidades y la sociedad en su conjunto es esencial; sin embargo, es necesario que las instituciones responsables, ya sean laboratorios o dependencias gubernamentales, diseñen y mejoren mecanismos de transparencia, así como planes y programas.

En los capítulos de este informe se reconoce la importancia de fortalecer la participación comunitaria como un eje fundamental para la planificación del territorio a mediano y largo plazo. En este sentido, subraya la necesidad de establecer acciones que garanticen dicha participación, no solo en la formulación e implementación de políticas públicas, sino también en los espacios de gobernanza, entendidos como los mecanismos, procesos y estructuras mediante los cuales las comunidades, en conjunto con otros actores, toman decisiones, coordinan esfuerzos y supervisan la gestión del territorio.

En este sentido, se proponen dos estrategias centrales:

- Diseño e implementación de un Observatorio socioambiental. Esta propuesta tiene como objetivo establecer una iniciativa impulsada por el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias sobre Desarrollo Regional (CIISDER) de la Universidad Autónoma de Tlaxcala (UATx) y el Centro de Estudios e Investigación en Biocultura, Agroecología, Ambiente y Salud del Instituto de Ecología A.C. (CEIBAAS-INECOL),

orientada a articular sistemas de monitoreo comunitario y generar alertas tempranas ante la exposición aguda y crónica a sustancias tóxicas en el territorio. A partir del trabajo colaborativo con OBC y actores clave en el territorio, se propone el diseño y aplicación de metodologías viables, factibles y costeables para la identificación de riesgos socioambientales, en especial aquellos vinculados con la salud humana y el deterioro ambiental.

Cabe señalar que actualmente, los observatorios ambientales no están regulados de manera uniforme a partir de normas específicas de carácter federal, estatal o internacional. Sin embargo, su creación y operación suelen estar vinculadas a marcos normativos generales sobre transparencia ambiental, acceso a la información, participación pública y monitoreo de recursos naturales.

En México, su existencia se sustenta en principios y obligaciones derivados de instrumentos como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y de compromisos internacionales como el Acuerdo de Escazú, que promueve el acceso a la información, la participación pública y la justicia en asuntos ambientales. A nivel federal, algunas dependencias como la SEMARNAT o la CONANP han impulsado o colaborado en iniciativas de observatorios, mientras que, a nivel estatal o local, su establecimiento depende de acuerdos entre instituciones académicas, gobiernos y organizaciones civiles, adaptándose a las necesidades y dinámicas de cada territorio.

- Creación de comités integrados por comunidades, instituciones académicas y dependencias gubernamentales. La función principal de esta propuesta es la de gestionar y fortalecer los mecanismos de vigilancia ambiental, promoviendo la corresponsabilidad, la transparencia y la participación en la protección y manejo sostenible del territorio.

Ante las dificultades y limitaciones del gobierno para garantizar una generación constante y amplia de información sobre las condiciones ecohidrológicas y la calidad ambiental, la participación ciudadana se vuelve indispensable. Para ello, se propone la conformación de comités ciudadanos de vigilancia ambiental vinculados al funcionamiento de un observatorio socioambiental que facilite el acceso a la información, impulse el empoderamiento comunitario y fomente la participación ciudadana en el seguimiento de la gestión ambiental y las políticas públicas. Esta iniciativa busca asegurar un intercambio continuo de información y saberes entre las comunidades, robusteciendo su capacidad de acción y su influencia en los procesos de decisión.

Los comités ciudadanos de vigilancia ambiental estarán localizados, principalmente, en las regiones que conforman las RESAS, con énfasis en la identificación de cambios en la flora, fauna, agua, suelo, aire y salud. Su función será comunicar información a la sociedad para la

toma de acciones, reconociendo que la responsabilidad del monitoreo técnico es función del gobierno y en todo caso de las industrias generadoras de residuos o emisiones.

La viabilidad de estas estrategias depende del trabajo conjunto entre las OBC, los colectivos de investigación y las instituciones gubernamentales. Se requiere la articulación de esfuerzos para garantizar la participación sostenida de las comunidades, resultando esencial garantizar una gestión sustentable del ambiente y la protección de la salud.

Por lo tanto, resulta fundamental diseñar y fortalecer herramientas de prevención ante posibles contingencias, así como generar información crucial para identificar tendencias y condiciones que podrían agravar riesgos ambientales, garantizando datos oportunos y un acceso transparente a la información para la toma de decisiones.

Además, es fundamental que las instancias gubernamentales responsables garanticen una gestión adecuada de las zonas de amortiguamiento, respaldada por un monitoreo riguroso, ya que esto permitirá atender de manera efectiva las desigualdades socioambientales, garantizando la sostenibilidad de los ecosistemas y la equidad en el acceso a los recursos naturales.⁷¹

Regiones de amortiguamiento y recuperación socioambiental

La heterogeneidad territorial y ecosistémica requiere reconocer que existen especificidades, tanto a nivel de daño a la salud, transformación del paisaje y afectación ecosistémica. La coexistencia de zonas que requieren atención urgente debido al alto riesgo para la salud de su población y que, a su vez, poseen un alto potencial para la recuperación, basado en sus condiciones ecohidrológicas y sociales, sugiere la posibilidad de clasificarlas como áreas de detonación para la restauración de los socioecosistemas. Esta clasificación puede ser respaldada por normativas y directrices establecidas por dependencias federales como la SEMARNAT y la CONANP, así como por marcos regulatorios como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), que incluyen las zonas de amortiguamiento como parte integral de las Áreas Naturales Protegidas, con el fin de promover su recuperación y protección.

Las acciones propuestas a continuación buscan integrar una visión ecosistémica que contemple tanto las zonas de amortiguamiento y restauración como las zonas de devastación, permitiendo la implementación de estrategias adecuadas para cada situación. Es fundamental que este enfoque contribuya al fortalecimiento de los procesos de ordenamiento territorial, fomente acciones tanto preventivas y remediales en materia de salud y favorezca una comprensión integral del ciclo socio-natural del agua, así como su resguardo. La adopción de

71 Las “zonas de amortiguamiento” son franjas que rodean ecosistemas o áreas naturales protegidas para reducir los impactos negativos de las actividades humanas sobre ecosistemas sensibles.

esta perspectiva permite atender de manera más efectiva la complejidad de los ecosistemas y las dinámicas sociales que los atraviesan.

Por ello, se propone diseñar y fortalecer:

- Un catálogo de sitios de recuperación y amortiguamiento.
- Un inventario de sitios de alta vulnerabilidad.
- La zonificación en función de los patrones de integridad eco hidrológica con el objetivo de establecer acciones específicas para la recuperación y prevención de contaminación por fuentes fijas y difusas.⁷²
- El desarrollo de proyectos agroforestales en zonas de recarga y conservación de suelos permeables.

La articulación del sector ambiental en los niveles estatal y federal, así como la colaboración de autoridades del orden municipal, además de las presidencias de comunidad y comités comunitarios acompañados por las OBC en el territorio, permitirá avanzar en conjunto con el aporte de colectivos de investigación, en relación con las acciones futuras.

Gestión de residuos sólidos industriales y municipales

La generación de residuos sólidos es intrínseca a los procesos de vida. La sociedad se ha visto siempre en la necesidad de establecer estrategias para su gestión. No obstante, el modelo de desarrollo económico basado en el consumo, característico de la modernidad, ha impulsado un ciclo de producción y descarte acelerado, donde la obsolescencia programada exige la constante renovación de bienes. Esto ha provocado un aumento en la diversidad y peligrosidad de los residuos generados, intensificando su impacto tanto en el ambiente como en la salud.

En este contexto, es fundamental considerar los siguientes aspectos:

- Una parte considerable de los residuos sólidos — peligrosos y no peligrosos— es incorporada a una economía circular informal sin estar sujeta a ninguna regulación o supervisión por parte de las autoridades competentes, antes de ser recogida por los camiones recolectores y, en última instancia, depositada en los sitios destinados para su disposición final.
- Una parte de la población de las regiones cercanas a los rellenos sanitarios depende de esa economía circular paralela a la gestión municipal o estatal.
- Es necesario institucionalizar la recolección de residuos, de manera que el gobierno reconozca oficialmente a los pepenadores como trabajadores, o, en el caso de la iniciativa privada, que se les contrate bajo un esquema salarial formal, con todos

⁷² La “integridad eco hidrológica” se refiere al estado de equilibrio y al funcionamiento saludable de los ecosistemas y sus procesos hidrológicos. Implica que tanto los componentes ecológicos (flora, fauna, suelos, etc.) como los recursos hídricos (ríos, lagos, acuíferos) se mantengan en condiciones óptimas, capaces de sostener sus funciones naturales a lo largo del tiempo.

los derechos y prestaciones de ley. Para lograrlo, las autoridades podrían incentivar a las empresas a adoptar este modelo, ofreciendo beneficios o apoyos para su implementación.

Considerando los puntos anteriores, es importante que se articulen estrategias orientadas a la identificación, localización y evaluación que mitiguen los riesgos e impactos sobre el ambiente y la salud pública, cuyo propósito es fortalecer las capacidades de respuesta ante escenarios de emergencia ambiental. Para enfrentar estos desafíos, se proponen acciones como:

- Identificación y evaluación de los procesos de gestión de residuos sólidos municipales, industriales y peligrosos.
- Mapeo de riesgos asociado a residuos sólidos peligrosos y no peligrosos.
- Desarrollo de un plan para la atención integral de residuos sólidos en la Cuenca.
- Inventario actualizado de residuos generados en la región.
- Formulación de planes de gestión diferenciados por región fisiográfica.
- Impulso de estrategias de manejo integral y economía circular.
- Estudios técnicos para ubicar sitios óptimos de disposición final de residuos municipales e industriales, peligrosos y no peligrosos.
- Verificación del cumplimiento de los protocolos de operación en los rellenos sanitarios, tanto públicos como privados.

Dentro de las acciones orientadas a la gestión integral de residuos, la evaluación del emplazamiento de los sitios de disposición final (SDF) en la CAA constituye una herramienta importante para prevenir impactos sobre acuíferos, corrientes superficiales y comunidades aledañas. Este análisis, realizado en el marco del Pronaii “Residuos Sólidos Urbanos” (Gómez Maturano et al., 2024), aplicó los criterios y subcriterios establecidos en la NOM-083-SEMARNAT-2003 para valorar las condiciones geohidrológicas, ecológicas y socioeconómicas de SDF oficiales y probables. Los resultados evidencian que la mayoría de los sitios presentan algún grado de incumplimiento, con riesgos asociados principalmente a su localización sobre zonas de recarga de acuíferos, áreas de inundación o zonas con fallas geológicas, lo que incrementa la probabilidad de infiltración de lixiviados y contaminación de fuentes de agua.

El estudio permitió clasificar los emplazamientos en tres categorías: zonas donde es absolutamente no recomendable, zonas donde no es recomendable y zonas recomendables. Asimismo, generó un inventario georreferenciado que sirve como base para la elaboración de mapas de riesgo y la priorización de acciones de remediación, relocalización o mejora de infraestructura. La información generada fortalece la planeación territorial y la formulación de planes de

gestión diferenciados por región fisiográfica, asegurando que las decisiones sobre ubicación y operación de SDF se fundamenten en criterios técnicos y de protección socioambiental.⁷³

Finalmente, para garantizar una gestión efectiva de las regiones de amortiguamiento socioambiental y de los residuos sólidos municipales e industriales, es fundamental establecer con claridad las competencias y responsabilidades de las distintas instancias gubernamentales. La **Tabla 8.5** organiza las funciones específicas de las dependencias federales, estatales y municipales, con el fin de fortalecer la coordinación interinstitucional y mejorar la implementación de políticas públicas en materia ambiental y de residuos.

Tabla 8.5. Competencias institucionales para la estrategia de monitoreo y gestión ambiental

Estrategia de monitoreo	Dependencia federal	Responsabilidad	Dependencia estatal	Responsabilidad estatal	Responsabilidad municipal
Regiones de amortiguamiento y recuperación socioambiental	SEMARNAT - CONANP	Establecer zonas de amortiguamiento en Áreas Naturales Protegidas.	Secretarías de Medio Ambiente estatales	Adaptar y ejecutar políticas de restauración ecológica. Designar zonas prioritarias de recuperación.	- Dirección Municipal de Ecología o Medio Ambiente: Implementar acciones locales de restauración. Regular el uso de suelo y coordinar con ejidos y comunidades.
	-INECC	Apoyar estudios técnicos y monitoreo ambiental.			
Gestión de residuos sólidos industriales	SEMARNAT	Normar y supervisar residuos peligrosos y de manejo especial (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos).	Secretaría del Medio Ambiente	Regulares residuos industriales no peligrosos. Gestionar permisos de manejo especial. Crear registros estatales de generadores de residuos.	Generalmente sin competencia directa en residuos industriales; puede coadyuvar en reportes ciudadanos o emergencias ambientales locales.
	PROFEPA	Vigilar el cumplimiento de normas en empresas.			
Gestión de residuos sólidos municipales	SEMARNAT	Emitir normas oficiales sobre residuos sólidos urbanos.	Secretaría del Medio Ambiente	Formular políticas estatales de residuos sólidos. Supervisar y apoyar a municipios. Operar fondos para infraestructura de residuos (rellenos sanitarios, centros de transferencia).	- Servicios Públicos Municipales / Dirección de Limpia: Recolección, traslado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos. Promover la cultura de separación de residuos. Administrar tiraderos o rellenos sanitarios locales.

Nota: Para la elaboración de esta tabla, se consideraron los programas y políticas anteriores al cambio de gobierno en 2024.

Fuente: Elaboración Pedraza-López, J; Delgado-Rodríguez A (2025) de revisión y análisis de información documental, 2024. (INECC, CONAP, PROFEPA, SEMARNAT),

⁷³ El informe técnico completo puede solicitarse en la coordinación del Pronaii o consultarse con el Dr. Javier Gómez Maturano (ResearchGate).

La integración de la información generada por los Pronaii “Reapropiación socioambiental”, “Salud Laboral”, “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental” y “Residuos Sólidos” permite desarrollar las pautas de acciones específicas para la atención y gestión de los problemas asociados con los residuos sólidos en la Cuenca por parte del sector público en cuanto al manejo de la recolección, transporte, disposición y regulación de los residuos tanto peligrosos como no peligrosos de origen urbano e industrial.

Se trata de integrar los resultados de los Pronaii y coadyuvar, a partir de las capacidades institucionales, al diálogo con autoridades federales, estatales y municipales para la generación de acciones conjuntas en el logro de los inventarios, los planes de gestión y los estudios técnicos. A nivel federal, los resultados que se han alcanzado por los equipos de investigación permitirán contar con información para justificar un proyecto de actualización de la NOM-083-Semarnat-2003.⁷⁴

La gestión integral de residuos en la CAA exige un enfoque multidimensional que incluya tanto la regulación formal como la realidad de las economías circulares informales. La articulación de estrategias preventivas, de contingencia y de restauración permitirá minimizar los impactos ambientales y sanitarios, al tiempo que fortalece las capacidades institucionales para una respuesta efectiva. La integración de información proveniente de los Pronaii y la colaboración entre los distintos niveles de gobierno representan un paso clave para avanzar en la actualización y mejora de la normatividad vigente.

La delimitación precisa de funciones entre los tres niveles de gobierno permite construir una estrategia de manejo de residuos y recuperación socioambiental más eficaz y responsable. Al reconocer las competencias particulares de cada instancia, se facilita el diseño de acciones coordinadas que promuevan la prevención de riesgos, la respuesta oportuna ante contingencias y la restauración ambiental, contribuyendo así al bienestar ecológico, social y económico de las regiones.

74 La norma vigente establece las especificaciones para la protección ambiental en cada etapa del manejo de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Estas directrices abarcan la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y la implementación de obras complementarias, con el propósito de minimizar los impactos ambientales y garantizar una gestión sostenible de los residuos (SEMARNAT, 2024).

8.3. Las emergencias socioambientales

La emergencia implica la implementación de acciones para garantizar respuestas oportunas ante situaciones que aceleran o perpetúan la degradación ambiental y los riesgos sanitarios, de manera inmediata y estructurada. En este contexto, la gestión de emergencias no puede limitarse a respuestas reactivas, sino que debe integrar estrategias proactivas que aborden las causas estructurales de la vulnerabilidad socioambiental.

Este apartado desarrolla tres ejes fundamentales para enfrentar escenarios de emergencia: en primer lugar, la gestión de los factores de vulnerabilidad socioambiental, orientada a identificar, reducir y prevenir las condiciones que amplifican los impactos negativos; en segundo término, el fortalecimiento del marco normativo, indispensable para asegurar la aplicación efectiva de principios de protección ambiental, salud pública y participación ciudadana; y finalmente, el establecimiento de un programa permanente de comunicación, acceso universal al conocimiento y fortalecimiento comunitario, como base para consolidar capacidades locales, fomentar la reapropiación social de la información y construir comunidades más resilientes. Estos elementos, articulados de manera estratégica, permiten construir respuestas integrales que no solo atienden la emergencia inmediata, sino que también contribuyen a transformar las condiciones que la originan o perpetúan.

Gestión de factores de vulnerabilidad socioambiental

La vulnerabilidad socioambiental, identificada en el Primer Informe sobre la Cuenca del Alto Atoyac (CAA), se encuentra estrechamente vinculada —en múltiples escalas— con factores ambientales y sociales. Estos factores no son aislados, sino que responden a dinámicas estructurales impulsadas por modelos economicistas predominantes, basados en el principio de un crecimiento ilimitado, que desatienden los límites ecológicos y profundizan las desigualdades sociales.

Esta perspectiva ha provocado la transformación del territorio de la CAA desde hace más de 60 años, debido a la transición de una economía basada en la agricultura hacia una centrada en la producción industrial y, más recientemente, al avance de procesos de terciarización y el cambio del modelo de producción hacia el “*nearshoring*”.⁷⁵ Esto ha implicado el aumento de sustancias tóxicas en el ambiente, tanto en diversidad como en cantidad, así como la profundización de brechas sociales asociadas con la pobreza y la migración, trayendo como consecuencia la transformación de los paisajes socioculturales.

⁷⁵ El “*nearshoring*” es un proceso en el cual una empresa traslada parte de su producción o servicios a un país cercano al mercado donde se venden sus productos o servicios

En este contexto, el diseño de planes y acciones debe partir de una comprensión integral de la diversidad de familias, unidades económicas, sistemas agroproductivos y OBC que habitan y sostienen el territorio. Reconocer las dinámicas socioeconómicas, productivas y culturales que configuran el uso y manejo de los recursos naturales es clave para garantizar estrategias pertinentes, inclusivas y contextualizadas. Las OBC, en particular, desempeñan un papel estratégico como agentes de articulación local, transmisión de saberes y defensa del territorio, por lo que su participación es fundamental para construir procesos sostenibles, equitativos y resilientes frente a los desafíos socioambientales del territorio.

La participación de los sectores Salud, Medio Ambiente y Desarrollo Económico de Puebla y Tlaxcala, en los tres niveles de gobierno, es fundamental para enfrentar los factores de riesgo presentes en la CAA. Por ello, resulta indispensable integrar acciones específicas de comunicación orientadas a la información; en este proceso, la participación de las OBC es un eje central.

Además, el fortalecimiento del marco normativo es un elemento clave para garantizar una actuación coordinada, eficaz y con sustento legal frente a los retos socioambientales de La Cuenca. La existencia y aplicación de normas claras permite articular responsabilidades institucionales y orientar estrategias integrales de intervención.

Marco normativo para la CAA

La evidencia presentada en el Primer Informe sobre la CAA establece de manera contundente la correlación entre los procesos de enfermedad y la presencia de diversas fuentes de contaminación en el territorio. Los datos recopilados confirman que la exposición continua a agentes contaminantes incide de forma directa en el deterioro de la salud pública, lo que subraya la necesidad urgente de diseñar e implementar estrategias integrales de mitigación del daño y mediación ambiental, con un enfoque territorial y multisectorial.

Además, se requiere realizar análisis y seguimientos sobre el nivel de alcance de la normatividad vigente, a fin de establecer líneas de trabajo sobre los marcos jurídicos y normativos relacionados con la presencia de componentes químicos en el ambiente, la regulación de la actividad industrial y el ordenamiento territorial.

A continuación, se identifican las áreas en las que resulta necesario fortalecer los marcos normativos que establecen las competencias y responsabilidades de las instituciones involucradas en la atención de la problemática. Esta revisión debe considerar el contenido sustantivo de las normas, la distribución de competencias, su alcance y grado de cumplimiento, así como las necesidades de actualización o transición hacia nuevos marcos regulatorios más integrales y acordes con el contexto socio ambiental actual.

- Ordenamiento territorial de Puebla y Tlaxcala
- Gestión de residuos sólidos
- Protección al ambiente
- Cambio climático
- Agua y saneamiento
- Actualización de la declaratoria del Río Atoyac y sus afluentes
- Programas ProAire
- Otras normas y reglamentos

La participación de los equipos de los Pronaii de Tóxicos, el de Agua, los de Salud y los de residuos, en conjunto con el CFJG, la CAV y demás OBC, ha permitido identificar áreas clave que requieren una revisión y modificación normativa. A partir de los hallazgos generados por los colectivos de investigación, es posible redefinir los niveles máximos y mínimos permisibles de componentes químicos en el ambiente, así como los umbrales de exposición laboral y ambiental, entre otros indicadores relevantes, por ejemplo, fue importante la participación de los colectivos en la Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de julio de 2011, la cual establece límites máximos permisibles para descargas de aguas residuales, con el objetivo de mejorar la calidad del agua en estos cuerpos hídricos.

Finalmente, el análisis de los marcos normativos no debe limitarse únicamente a la actualización, sino que debe ir acompañado de la implementación de mecanismos eficaces de vigilancia, rendición de cuentas y sanción. Estos mecanismos son fundamentales para garantizar que el conocimiento generado se traduzca en acciones concretas. En este sentido, el desarrollo de un programa permanente de comunicación, que asegure el acceso universal al conocimiento y potencie el fortalecimiento comunitario, se presenta como un pilar esencial para la efectividad de las políticas y estrategias.

Programa permanente de comunicación, acceso universal al conocimiento y fortalecimiento comunitario

El Primer Informe sobre la CAA es un documento técnico centrado fundamentalmente en su utilidad para la generación de políticas públicas. Si bien establece la importancia de la comunicación hacia la sociedad, no define de manera concreta recomendaciones al respecto. En este sentido, y reconociendo la importancia de la participación comunitaria y social en la toma de decisiones, en la gestión de los factores de riesgo y en la implementación de soluciones localizadas en los problemas de salud, contaminación y disponibilidad del agua, para lograr una gestión socioambiental de la Cuenca, se integran tres ámbitos estratégicos de comunicación:

Sector social

- Comunicación para la gestión de riesgos: diseñar e implementar estrategias de comunicación social orientadas a la identificación, comprensión y manejo de riesgos socioambientales, que promuevan la toma de decisiones informada y la corresponsabilidad ciudadana ante escenarios de vulnerabilidad.
- Acceso al conocimiento: garantizar el acceso abierto, inclusivo y culturalmente pertinente a la información científica, técnica y normativa relacionada con la salud ambiental, como condición necesaria para el empoderamiento comunitario y la incidencia efectiva en las políticas públicas.
- Fortalecimiento de la acción participativa comunitaria: impulsar procesos de organización, formación y articulación de actores sociales locales que fortalezcan las capacidades colectivas para la vigilancia, defensa y gestión sustentable del territorio, con enfoque de derechos y justicia ambiental.

Sector público

- Diálogo permanente para la incidencia: establecer mecanismos institucionalizados de diálogo multisectorial y multiactor que favorezcan la participación continua de comunidades, OBC, instituciones académicas y autoridades para la construcción e implementación de políticas públicas con enfoque territorial.
- Acceso a información básica y estratégica para la toma de decisiones: asegurar la disponibilidad, transparencia y divulgación oportuna de datos relevantes —incluyendo información científica, técnica, normativa y sensible— que sustenten el diseño e implementación de intervenciones.
- Fortalecimiento de la gobernanza ambiental: promover esquemas de gobernanza participativa que articulen capacidades locales, regionales y nacionales, reconociendo la diversidad de actores y saberes, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad ecológica, la equidad social y el cumplimiento efectivo de los marcos regulatorios.

Sector privado

- Acceso universal al conocimiento: garantizar que el sector privado tenga acceso equitativo y transparente a la información científica, normativa y técnica relacionada con la gestión ambiental, la salud pública y los riesgos asociados, como condición básica para la corresponsabilidad y el cumplimiento regulatorio.
- Mesas de trabajo y diálogo para la gestión ambiental: espacios permanentes de articulación entre empresas, autoridades gubernamentales, comunidades y academia, que permitan construir agendas compartidas, promover buenas prácticas y facilitar procesos de transición hacia modelos productivos sostenibles.

- Comunicación para la gestión de riesgos laborales: diseñar estrategias de comunicación efectiva orientadas a la prevención y mitigación de riesgos laborales vinculados con la exposición a contaminantes, fortaleciendo capacidades internas de las empresas y promoviendo entornos laborales seguros, éticos y saludables.

Frente a la complejidad de la crisis socioambiental en la CAA, la gestión de emergencias debe superar el paradigma reactivo y fragmentado para transitar hacia enfoques integrales, estructurales y territorializados. Esta transformación exige voluntad política, corresponsabilidad social y mecanismos institucionales eficaces que reconozcan la diversidad de actores involucrados y sus capacidades diferenciales. Las acciones no pueden entenderse como medidas de corto plazo, sino como parte de una estrategia sostenida que articule conocimiento técnico y saberes locales, promueva la equidad intersectorial e intergeneracional y construya una gobernanza ambiental. La emergencia, entendida no sólo como evento disruptivo, sino como una expresión de vulnerabilidades acumuladas, convoca a reconfigurar las formas de intervenir en el territorio desde el cuidado, la prevención y la transformación.

Consideraciones

Las pautas para la Restauración Ambiental presentan una estrategia integral para enfrentar los desafíos socioambientales en la CAA, partiendo de un enfoque multidimensional que vincula la vigilancia ambiental, la gestión de residuos, la transición agroecológica, la recuperación de ecosistemas y la gobernanza participativa. Uno de los ejes fundamentales de las pautas es el fortalecimiento de las acciones de prevención, contingencia y emergencia, lo cual ha permitido diseñar estrategias basadas en evidencia científica para mitigar los riesgos ambientales y mejorar la calidad de vida en la región.

Es imprescindible que las instituciones gubernamentales, las académicas, el sector privado y las organizaciones comunitarias asuman su responsabilidad en la implementación de políticas públicas efectivas. La actualización del marco normativo, la mejora en la gestión de residuos sólidos y la regulación de la actividad industrial son pasos esenciales para reducir la contaminación y garantizar la sostenibilidad ambiental y reducir los efectos en la salud.

Otro aspecto crucial es la gestión de la vulnerabilidad socioambiental, que debe abordarse desde una perspectiva de justicia ambiental, asegurando que las estrategias de restauración contemplen no solo la mitigación del daño ecológico. Finalmente, se subraya la necesidad de un programa permanente de comunicación, acceso universal al conocimiento y fortalecimiento comunitario, que fomente la transparencia, el diálogo entre actores y la incidencia en la toma de decisiones

Referencias

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). *Estado de conservación de los suelos en México*. CONABIO.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Zonas rurales, periurbanas y desarrollos ecoturísticos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/09/Manual-de-Agua-Potable-Alcantarillado-y-Saneamiento.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). *Estadísticas del agua en México*. Comisión Nacional del Agua.
- Coordinación de Comunicación del Gobierno de Tlaxcala. (2022, diciembre 10). Avanza la SMA en materia ambiental durante primer año de gobierno: Participa en la segunda sesión ordinaria de la Comisión Ambiental de la Megalópolis. Gobierno de Tlaxcala. <https://ccom.tlaxcala.gob.mx>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-ECOL-2020, Eficiencia en el uso del agua en sistemas agrícolas*. DOF.
- González-Villarreal, F. J. (2020). *Gestión sostenible del agua subterránea en México: Retos y estrategias*. Revista Mexicana de Recursos Hídricos, 12(3), 45-62.
- González-Villarreal, F. J. (2020). *Gestión sostenible del agua subterránea en México: Retos y estrategias*. Revista Mexicana de Recursos Hídricos, 12(3), 45-62.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). (2022). *Diagnóstico del uso eficiente del agua en la agricultura de riego en México*. IMTA.
- Navarro González, I. J., Chávez Mejía, A., Valladares Rodríguez, R., Flores Valverde, E., Martínez Navarro, R. F., Ortiz Onofre, P. I., López Morales, Y., & Ruiz Rodríguez, F. (2024). Gestión del agua subterránea y superficial: Informe 2ª etapa - 2023. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México; Universidad Autónoma de Tlaxcala. Pronaii Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la Cuenca Atoyac-Zahuapan, clave 318959.
- NOM-127-SSA1-2021 Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de la calidad del agua. Secretaría de Salud. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios COFEPRIS. Diario Oficial de la Federación el 2 mayo 2022. México
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2022). *Política Nacional Hídrica y el papel del agua subterránea*. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2024). *Norma Oficial Mexicana NOM-XXX-SEMARNAT-2024: Especificaciones de protección ambiental para sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial*. México: Diario Oficial de la Federación.

Capítulo 9. Pautas para la atención de la salud poblacional, ambiental y laboral

La salud de la población en la CAA está profundamente ligada a la calidad del entorno, a las condiciones laborales, a la vulnerabilidad social y a las deficiencias estructurales que determinan la atención y el acceso a servicios médicos de calidad. En este sentido, los efectos de la contaminación ambiental, la exposición a factores de riesgo y las limitaciones que se presentan en la atención sanitaria requieren respuestas coordinadas y sostenibles. La crisis ambiental y sanitaria que enfrenta la CAA no solo es resultado de la contaminación industrial, agrícola y urbana acumulada durante décadas, sino también de profundas limitaciones en el marco normativo, en la gobernanza institucional y en la articulación entre los sectores de salud, ambiente y trabajo.

Por ello, este capítulo analiza el marco legal vigente, identifica a los actores competentes encargados de la política en salud poblacional ambiental y laboral, y presenta un conjunto de pautas organizadas en cinco enfoques complementarios que están orientados a fortalecer la capacidad de respuesta territorial ante los principales desafíos sanitarios de la Cuenca. Las pautas propuestas en este capítulo tienen el objetivo de responder a las necesidades de la CAA, sin embargo, su implementación efectiva requiere una base institucional sólida que permita sostenerlas en el tiempo. En relación con la salud laboral, aunque es un problema más amplio, se pone énfasis en la situación de la población alfarera, un grupo particularmente vulnerable debido a la exposición constante al plomo y a la insuficiente o nula cobertura médica con la que cuenta.

Este capítulo se sustenta en la información generada a partir de los trabajos realizados por distintos Pronaii en la CAA: “Sistema Comunitario de Vigilancia y Monitoreo Ambiental”; “Ciencia de Datos y Salud en la CAA”; “Salud Laboral”; “Leucemia Infantil” y “Citómica del Cáncer Infantil”. Asimismo, este capítulo fue elaborado con la participación de Itzel Fabiola Arroyo Ortega, Gabriela Pérez Castresana, Regina Montero Montoya, Cuauhtémoc Arturo Juárez Pérez, Elodia Rojas Lima, Cristina Cortinas, Fabiola Lara, Josefina Pedraza López y Nancy Elizabeth Wence Partida.

9.1. Base legal de los Derechos y Responsabilidades en la protección y mejora de la salud poblacional ambiental y laboral

El artículo 4º de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece el derecho de toda persona a la protección de la salud y a un medio ambiente sano. Este principio se desarrolla principalmente en la Ley General de Salud, donde se reconocen los servicios de salubridad general como responsabilidad del Estado, bajo un esquema de concurrencia entre los distintos órdenes de gobierno. Asimismo, la protección de la salud y de un medio ambiente sano está presente en otras leyes sectoriales que, aunque no siempre articulan explícitamente la relación entre salud, ambiente y trabajo, sí establecen disposiciones relevantes en estos ámbitos, como la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente o la Ley Federal del Trabajo.

Bajo este marco legal, se identifica a los actores con responsabilidad en la protección y mejora de la salud poblacional ambiental y laboral en la CAA (**Figura 9.1**). Esta identificación distingue entre cuatro tipos de responsabilidad: normativa o regulatoria, institucional u operativa, derechos y responsabilidad social o territorial, y, finalmente, responsabilidad operativa sujeta a regulación ambiental y sanitaria. Esta estructura permite visibilizar tanto a quienes tienen facultades para formular, coordinar o ejecutar políticas públicas, como a los actores que, desde su presencia social o territorial, contribuyen al cuidado del ambiente y la salud colectiva, así como a aquellos cuya operación está sujeta a regulación legal.

El conjunto de actores con responsabilidad normativa o regulatoria está conformado por aquellas instituciones que cuentan con las facultades legales para formular políticas públicas, emitir normas, vigilar su cumplimiento y sancionar su incumplimiento en los ámbitos de salud, ambiente y trabajo (**véase Tabla 9.1**). Estas entidades son las principales en la definición de directrices que rigen las acciones de otros actores institucionales y sociales.

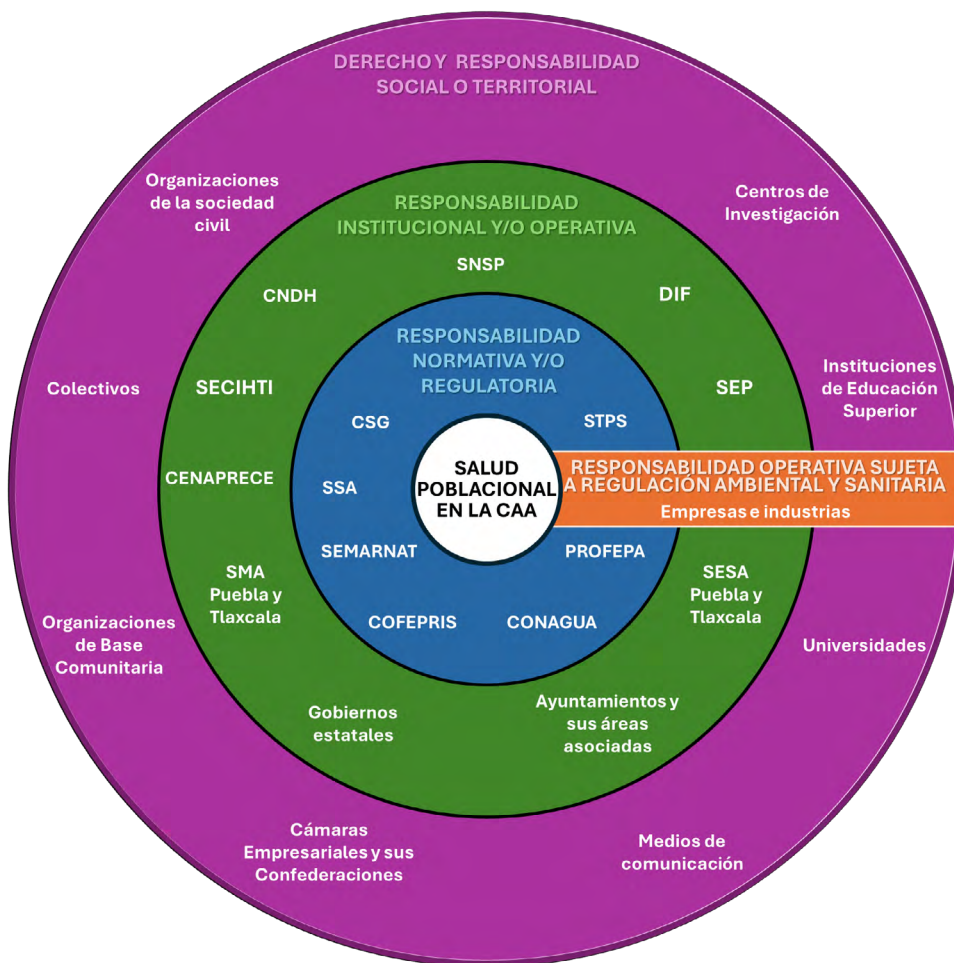


Figura 9.1. Responsabilidad en la protección y atención de la salud poblacional, ambiental y laboral en la Cuenca del Alto Atoyac. Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir del análisis de fuentes oficiales, 2025.

Por su parte, el conjunto de actores con responsabilidad institucional u operativa agrupa al sector público encargado de ejecutar, coordinar, evaluar y vigilar acciones desde los distintos niveles de gobierno, particularmente en el área de salud, ambiente, asistencia social, ciencia, educación y Derechos Humanos. Aunque algunas de estas instituciones también cuentan con atribuciones normativas, en el marco específico de la salud poblacional ambiental y laboral su función principal se orienta al acompañamiento técnico, la implementación de programas, la articulación territorial y la defensa de derechos. Tal es el caso, por ejemplo, de la Secretaría de Educación Pública (SEP) o la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), cuyas competencias son más amplias en el ámbito nacional, pero cuya intervención específica en salud responde a funciones transversales o de apoyo operativo; así como la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH), cuyas competencias se centran en la vigilancia y garantía del cumplimiento de los Derechos Humanos por parte de la federación.

En cuanto a los actores relacionados con el derecho y la responsabilidad social o territorial, se reconoce a quienes, si bien no poseen una facultad legal directa que los obligue a realizar acciones territoriales respecto a la salud poblacional ambiental y ocupacional, sí desempeñan un papel fundamental en la observancia y promoción del derecho a la salud y a un ambiente sano. Su intervención es estratégica para generar y difundir información, fortalecer la vigilancia comunitaria, promover la participación social e incidir en la formulación de políticas públicas desde el territorio. Además, cuentan con derechos jurídicamente reconocidos, como el acceso a la información, la presentación de denuncias ciudadanas y la participación en procesos de consulta, los cuales les otorgan herramientas legales para exigir rendición de cuentas y transparencia.

Finalmente, las empresas e industrias sujetas a regulación ambiental y sanitaria representan un grupo con responsabilidad operativa específica y legalmente exigible. Su papel no es voluntario ni complementario: están obligadas a cumplir con las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, de salud y de seguridad laboral. Deben prevenir riesgos, informar a trabajadores y autoridades sobre los peligros asociados a sus actividades, y asumir la reparación o remediación de los daños que puedan generar a la salud humana y al ambiente. En la Cuenca del Alto Atoyac —una región históricamente afectada por la contaminación industrial—, su actuación (o inacción) tiene implicaciones directas sobre la salud de la población y la calidad ambiental.

Tabla 9.1. Actores con funciones legalmente asignadas o respaldadas en materia de salud poblacional, ambiental y laboral en la Cuenca del Alto Atoyac.

RESPONSABILIDAD NORMATIVA O REGULATORIA		
Actor	Funciones en materia de salud poblacional ambiental u ocupacional	Base legal
Consejo de Salubridad General (CSG)	Aprobar y publicar declaratorias de emergencia sanitaria o ambiental, así como enfermedades graves que requieran atención prioritaria y emitir disposiciones generales obligatorias en materia de salubridad general.	- Ley General de Salud, Arts. 4, 15-17 - Reglamento Interior del Consejo de Salubridad General
Secretaría de Salud (SSA)	Formular, coordinar y evaluar la política nacional en materia de salud. Coordinar el Sistema Nacional de Salud y formular políticas públicas en salud, promoción, prevención, vigilancia y atención médica.	-Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Art. 39. - Ley General de Salud, Arts. 4, 7, 9-11, 13. - Reglamento Interior de la Secretaría de Salud -Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos Y Servicios. - Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud

Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)*	Regular y vigilar condiciones de seguridad y salud en el trabajo; emitir las NOMs-STPS asociadas; inspeccionar centros laborales y capacitar y orientar sobre salud ocupacional y condiciones seguras de trabajo.	-Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Art. 40. -Ley Federal del Trabajo, Art. 284 Bis. -Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social -Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)*	Ejercer acciones para la defensa del derecho a un medio ambiente sano y otros derechos humanos relacionados; establecimiento de normas oficiales y disposiciones en materia ambiental; evaluación y monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo; promoción de la participación social, la formación especializada y la investigación científica; impulso al acceso equitativo y sustentable al agua, así como el saneamiento y tratamiento de aguas residuales.	- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 32 Bis. - Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. -Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Artículo 6 Bis y 21. - Ley Federal de Responsabilidad Ambiental
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)*	Vigilar y sancionar el cumplimiento de la normatividad ambiental, realizar inspecciones y promover remediación y la reparación y compensación de los daños	-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Art. 168. -Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)*	Regular y vigilar riesgos sanitarios; emitir alertas; controlar calidad de agua, productos químicos y exposición humana a contaminantes.	-Ley General de Salud, Art. 17 bis. -Reglamento de la Comisión Federal para la Protección Contra Riesgos Sanitarios
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)*	Proponer normas técnicas y NOMs sobre el uso y calidad del agua; verificar su cumplimiento; elaborar instrumentos administrativos para prevenir y controlar la contaminación; aprobar condiciones de descarga; monitorear cuerpos de agua; y coordinar el reúso, saneamiento y preservación de bienes hídricos y humedales.	-Ley de Aguas Nacionales. Art. 68, 118; -Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales -Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua
RESPONSABILIDAD INSTITUCIONAL Y OPERATIVA		
Actor	Funciones en materia de salud poblacional ambiental u ocupacional	Base legal
Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF)*	Brindar atención integral a poblaciones vulnerables afectadas por condiciones socioambientales adversas; implementar programas de nutrición, salud psicosocial, protección y bienestar y coordinarse con instancias estatales y municipales para proteger a las personas en situación de vulnerabilidad.	- Ley de Asistencia Social, Arts. 2 y 9.
Servicio Nacional de Salud Pública (SNSP)	Garantizar el derecho a la salud colectiva mediante la promoción, protección y mejora del bienestar de la población. Desarrollar políticas públicas, evaluar el estado de salud, promocionar la participación comunitaria y atender los determinantes sociales. Coordinar con dependencias federales y locales, ejecutar acciones ante emergencias sanitarias, y operar en conjunto con autoridades estatales a través de una estructura de coordinación estratégica, táctica y de operación territorial.	-Ley General de Salud, Art. 77 bis

Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE)	Instrumentar las políticas públicas en materia de prevención y protección de la salud para atender enfermedades transmisibles, no transmisibles y emergencias en salud, mediante acciones efectivas de acuerdo con evidencia científica, técnica y operativa, con el propósito de disminuir riesgos a la salud y contribuir al bienestar de la población del país.	-Reglamento Interior de la Secretaría de Salud. Art. 45.
Gobiernos estatales de Puebla y Tlaxcala	Coordinar políticas públicas, programas intersectoriales, acciones territoriales y asignación presupuestaria en materia de salud, ambiente, trabajo y bienestar en sus respectivos territorios.	-Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Art. 115. -Ley General de Salud, Art. 13. -Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Art. 7. -Leyes estatales de salud y ambiente.
Secretarías Estatales de Salud (SESA -Tlaxcala, Puebla)	Organizar, operar, supervisar y evaluar la prestación de los servicios de salubridad general en sus territorios; formular programas locales de salud; coordinarse con la Secretaría de Salud y otras instituciones; consolidar el Sistema Nacional de Salud desde el ámbito estatal; vigilar el cumplimiento de la Ley General de Salud; y generar información estadística local.	-Ley General de Salud. Art. 13 -Leyes estatales de salud
Secretarías Estatales de Medio Ambiente (SMA - Tlaxcala y SMADSOT – Puebla)	Formular política ambiental estatal; coordinar emergencias; promover participación y emitir recomendaciones; coordinar acciones interestatales.	- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Art. 7. -Leyes estatales ambientales
Ayuntamientos y sus áreas asociadas	Formular política ambiental municipal; gestionar residuos y descargas; aplicar control de contaminación y educación ambiental local.	-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Art. 8°. -Leyes estatales y orgánicas municipales
SEP (Secretaría de Educación Pública)	Promover la salud en el entorno escolar; fortalecer contenidos educativos sobre salud y ambiente; coordinar acciones educativas con sector salud.	- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 38. - Ley General de Educación. Arts. 13, 18, 26, 30, 41, 75.
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)	Apoyar la investigación científica y tecnológica; fomentar la colaboración entre los distintos niveles de gobierno y las comunidades académicas, científicas, tecnológicas y productivas para el bienestar social; coordinar proyectos de investigación sobre áreas estratégicas como salud, medio ambiente, seguridad hídrica y cambio climático; y promover la disposición social de sus beneficios y el acceso abierto a la información generada por el Estado.	- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 38, VIII y 38 bis. -Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGHCTI), Art 11, 46 y 47.
Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH)	Vigilar el cumplimiento de los derechos humanos vinculados con la salud y el ambiente sano; emitir recomendaciones; monitorear condiciones de vulnerabilidad; acompañar denuncias por omisión o negligencia institucional.	-Constitución Política, Art. 102, apartado B. -Ley de la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, Arts. 1 y 6.
DERECHO Y RESPONSABILIDAD SOCIAL O TERRITORIAL		
Actor	Funciones en materia de salud poblacional ambiental u ocupacional	Base legal

Universidades, Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación	Generar propuestas sobre problemáticas y temas de interés público nacional a partir del conocimiento científico y técnico; participar en la identificación de necesidades locales y regionales; y contribuir al desarrollo de una Agenda Nacional en torno a asuntos estratégicos como el medio ambiente y el bienestar social, en coordinación con autoridades, comunidades y sectores sociales.	-Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación (LGHCTI), Art 11, 85. -Ley General de Educación Superior. Arts. 7-9, 39.
Medios de comunicación (públicos, comunitarios, comerciales, digitales)	Contribuir a la difusión de información sobre temas de interés público, incluyendo el derecho a la salud y al ambiente sano; promover el acceso a contenidos que fortalezcan la participación social y la conciencia colectiva; y facilitar el ejercicio de la libertad de expresión y el derecho a saber, establecidos en el marco constitucional	-Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, Artículo 38, XXXIII. -Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Art. 78, 191, 222
Organizaciones de la Sociedad Civil (OSC), colectivos y Organizaciones de Base Comunitaria (OBC)	Participar en la promoción, defensa, denuncias y ejercicio del derecho a la salud y al ambiente sano; visibilizar afectaciones, acompañar a comunidades, promover procesos participativos e incidir en políticas públicas relacionadas con el bienestar colectivo, en el marco del derecho de petición, organización y libre asociación.	-Ley Federal de Fomento a las Actividades Realizadas por Organizaciones de la Sociedad Civil. Art. 5 y 5. - Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, Capítulo II sobre Derecho a la Información Ambiental y Capítulo VII sobre Denuncia Popular
Cámaras Empresariales y sus Confederaciones.	Representar, promover y defender los intereses generales del sector productivo, anteponiendo el interés público; fomentar el cumplimiento de la normatividad ambiental, sanitaria y laboral entre sus afiliados; coordinar acciones de capacitación y responsabilidad social empresarial; colaborar con autoridades y otros sectores en la promoción de medidas preventivas, buenas prácticas y estrategias de mejora en salud y ambiente.	-Ley de Cámaras Empresariales y sus Confederaciones. Art. 7.
RESPONSABILIDAD OPERATIVA SUJETA A REGULACIÓN AMBIENTAL Y SANITARIA		
Actor	Funciones en materia de salud poblacional ambiental u ocupacional	Leyes y normativas de regulación
Empresas e industrias	Cumplir con las normas oficiales mexicanas en materia ambiental, de salud y seguridad en el trabajo; instalar y operar centros laborales conforme a la legislación vigente; prevenir riesgos a la salud y al ambiente; informar a sus trabajadores sobre los peligros a los que están expuestos; y asumir la responsabilidad por los daños que sus actividades puedan causar, incluyendo la reparación o remediación ambiental.	-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA). Arts. 15, -Ley General de Residuos -Ley General de Cambio Climático -Ley Federal del Trabajo (Art. 132, 134) -NOMs (STPS, SEMARNAT y SSA)

*Incluyendo sus representaciones estatales.

Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., a partir del análisis de fuentes oficiales, 2025.

En términos generales, la Secretaría de Salud (SSA) es la instancia encargada de conducir la política nacional en materia de salud, coordinar el Sistema Nacional de Salud y el Servicio Nacional de Salud Pública (SNSP) para garantizar el derecho a la protección de la salud en su dimensión colectiva o social, así como la prestación gratuita de servicios de salud, medicamentos y demás insumos asociados para la atención integral de las personas que no cuenten con afiliación a las instituciones de seguridad social, labor que realiza mediante los Servicios de Salud del Instituto Mexicano del Seguro Social para el Bienestar (IMSS-BIENESTAR). A

nivel estatal, las Secretarías de Salud (SESA) tienen la responsabilidad de operar, supervisar y evaluar la prestación de servicios en sus territorios, mientras que el CENAPRECE funge como el ente encargado de articular acciones preventivas y de vigilancia epidemiológica. Por su parte, el Consejo de Salubridad General (CSG) tiene la facultad de emitir declaratorias y disposiciones obligatorias en contextos de emergencia sanitaria o ambiental.

En el ámbito ambiental y laboral, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) son actores principales en la regulación, supervisión y control de factores de riesgo que pueden afectar la salud de la población. Asimismo, la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) y sus representaciones estatales vigilan riesgos sanitarios relacionados con contaminantes, productos químicos y condiciones ambientales nocivas para la salud, además de emitir normas, sancionar e implementar acciones preventivas.

Aunque el marco jurídico mexicano establece obligaciones específicas para las empresas en materia de salud ocupacional —principalmente enfocadas en la prevención de riesgos en el entorno de trabajo—, persiste una desvinculación entre estas responsabilidades y los impactos que sus actividades pueden generar en la salud ambiental y en las comunidades aledañas. La Ley General de Salud no contempla de manera explícita estas afectaciones indirectas, lo que refleja una fragmentación entre las normativas de salud, ambiente y trabajo. Esta desconexión reduce la capacidad institucional para atender integralmente los riesgos sanitarios derivados del deterioro ambiental, especialmente en contextos de emergencia como el que enfrenta la CAA.

Frente a esto, es necesario avanzar hacia una mayor articulación interinstitucional, con enfoque territorial, que reconozca tanto las obligaciones del Estado como las responsabilidades empresariales y los derechos comunitarios. En este sentido, el fortalecimiento de modelos de atención universales, integrales y preventivos es fundamental para enfrentar la crisis ambiental y de salud que afecta a la región.

9.2. El modelo IMSS-Bienestar: oportunidad y desafío para la salud en la CAA

El principal referente institucional del sistema público de salud en México es el Modelo de Atención a la Salud para el Bienestar (MAS-BIENESTAR), orientado a garantizar el acceso universal, gratuito y equitativo a los servicios médicos para la población sin seguridad social. Este modelo, recientemente consolidado como base del nuevo sistema nacional de salud,

adquiere una relevancia estratégica en territorios con emergencias sanitarias y ambientales, como la Cuenca del Alto Atoyac.

En el marco del Programa Estratégico de Salud para el Bienestar, publicado el 7 de septiembre de 2022 en el Diario Oficial de la Federación, se establece la creación del MAS-BIENESTAR, cuyo objetivo es mejorar e incrementar la calidad de los servicios de salud y del personal que atiende a la población sin seguridad social. El acuerdo correspondiente, publicado el 25 de octubre de 2022, formaliza el modelo operativo del IMSS-BIENESTAR como pilar del sistema nacional de salud pública en el país.

Este modelo se basa en los principios y la práctica de la Atención Primaria de Salud (APS) y define una estrategia integral orientada a responder a las prioridades de salud de la población y a mejorar el desempeño del sistema. El MAS-BIENESTAR se construye sobre tres pilares fundamentales:

- La integración de servicios de salud con énfasis en la atención primaria y funciones esenciales de salud pública, que procuren cobertura a lo largo del curso de vida mediante acciones de promoción, prevención, atención curativa y rehabilitación, con una perspectiva intercultural coordinada por Distritos de Salud.
- Una política y acción multisectorial, bajo el enfoque de salud, mediante políticas, que aborde los determinantes sociales, económicos, culturales y ambientales de la salud, a través de políticas públicas basadas en evidencia.
- El empoderamiento de personas y comunidades, promoviendo su participación en el cuidado de su salud y su involucramiento como defensoras de políticas, co-desarrolladoras de servicios y cuidadoras dentro de sus hogares.

Para fortalecer su estructura rectora y de coordinación sectorial, el modelo se apoya en cinco elementos clave:

1. **Servicio Nacional de Salud Pública:** Brazo operativo encargado de implementar políticas, asignar recursos y supervisar el acceso a servicios de calidad, además de garantizar la salud pública ambiental.
2. **Distritos de Salud para el Bienestar (DSB):** Unidades territoriales básicas con capacidad resolutoria en servicios médicos, salud pública y asistencia.
3. **Centros Coordinadores de Salud para el Bienestar:** Articulan la continuidad de la atención entre niveles, fortaleciendo el sistema de referencia y contrarreferencia.
4. **Servicios Esenciales en Salud Colectiva:** Incluyen inteligencia en salud, promoción, y seis sistemas operativos, como el Sistema Nacional de Laboratorios, el de Emergencias en Salud y el de Sangre Segura.
5. **Inteligencia en Salud:** Comprende indicadores, análisis de datos, vigilancia epidemiológica, el Sistema Nacional de Regulación y Fomento Sanitario (coordinado

por COFEPRIS), y el Servicio Integrado de Promoción de la Salud, que impulsa la corresponsabilidad multisectorial en la salud universal.

Este modelo representa una apuesta integral con el potencial para contribuir significativamente a la equidad en salud en regiones históricamente marginadas. Sin embargo, su impacto real depende de su implementación efectiva en los territorios. En la CAA, marcada por una emergencia sanitaria y ambiental, la operación del IMSS-BIENESTAR bajo el modelo MAS-BIENESTAR debe trascender el marco normativo y convertirse en un instrumento activo de vigilancia epidemiológica, atención preventiva, articulación comunitaria y garantía de servicios.

El caso de los alfareros: exposición crónica y ausencia institucional

En la CAA, un número importante de personas trabaja en condiciones de informalidad, sin acceso a la seguridad social ni a mecanismos de vigilancia sobre su salud laboral. Tal es el caso de los artesanos alfareros, quienes están expuestos de forma crónica a sustancias tóxicas como el plomo, utilizado en el esmaltado de piezas cerámicas. Esta exposición se produce sin regulación efectiva ni programas de protección, ya que, al estar fuera del mercado formal, no son sujetos de inspección laboral ni de atención médica sistemática.

Como se documentó en capítulos anteriores (**véase Capítulo 2**), el Pronaii “Salud Laboral” identificó biomarcadores de daño renal temprano en población alfarera de los municipios de Españaita, San Salvador Tzompantepec, San Pablo del Monte y La Trinidad Tenexyecac. Se detectaron niveles elevados de plomo en sangre, así como alteraciones en la tasa de filtración glomerular, colesterol y triglicéridos, lo cual anticipa un riesgo importante de enfermedad renal crónica en esta población.

Estos hallazgos son particularmente graves debido a la condición de no derechohabencia de esta población, lo cual limita su acceso a diagnóstico, tratamiento y seguimiento médico. La consecuencia directa es una pérdida de calidad de vida, mayor dependencia económica y emocional de las familias, e incluso pérdida del patrimonio en los hogares afectados, dado el alto costo del tratamiento para la insuficiencia renal.

Sin embargo, a la fecha, no existen mecanismos institucionales que garanticen la continuidad del monitoreo o la atención médica de estos trabajadores, lo que evidencia un vacío estructural entre la generación de conocimiento científico y la capacidad de respuesta del sistema de salud. Esto revela la urgencia de implementar el modelo IMSS-Bienestar de forma efectiva, de acuerdo con lo establecido en el artículo 2º de la Ley General de Salud, que establece como objetivo la atención gratuita de personas sin seguridad social, con servicios que satisfagan eficaz y oportunamente las necesidades de salud de la población.

El caso de los alfareros muestra cómo la exposición ocupacional a contaminantes, combinada con la falta de protección social, coloca a comunidades completas en situación de alta vulnerabilidad. También evidencia que el despliegue territorial del modelo MAS-BIENESTAR no puede limitarse a su formulación normativa, sino que debe materializarse en estrategias concretas de atención para las poblaciones en riesgo.

9.3. Pautas para la salud poblacional, ambiental y laboral

Bajo este contexto y tomando en cuenta tanto el análisis de las normas como la información documentada en capítulos anteriores, se propone un conjunto de pautas de acción con el objetivo de orientar el camino hacia una estrategia integral de salud poblacional, ambiental y ocupacional para la CAA.

Las pautas responden a los principales desafíos identificados en la región y se organizan en cinco enfoques complementarios que, de manera articulada, permitirán avanzar hacia una atención más equitativa, con pertinencia territorial y sostenible (**Figura 9.2**).

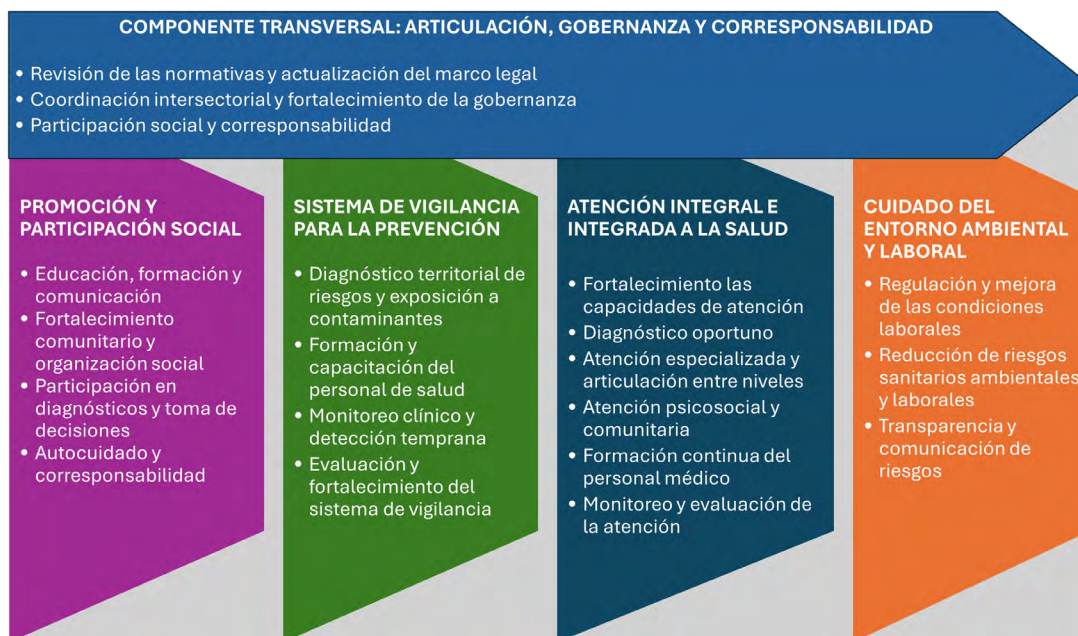


Figura 9.2. Pautas para la salud poblacional ambiental y laboral. Fuente: Arroyo-Ortega, I.F., 2025.

Promoción de la salud y participación social

Pautas orientadas a fortalecer la acción comunitaria en salud, fomentar entornos saludables y facilitar la participación informada en la toma de decisiones. Este enfoque busca impulsar procesos de comunicación accesibles, promoción del autocuidado y corresponsabilidad colectiva frente a los determinantes sociales y ambientales de la salud.

Educación, formación y comunicación

- Diseñar e implementar campañas educativas y de comunicación sobre los efectos de la contaminación en la salud, dirigidas a estudiantes, trabajadores, comunidades rurales e industriales.
Responsables: SSA, STPS, SEMARNAT, SEP, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, ayuntamientos, medios públicos, empresas e industrias, OSC, comités y OBC.
- Incluir contenidos de salud ambiental en programas escolares, integrando enfoques de derechos y sostenibilidad.
Responsables: SEP, SECIHTI, gobiernos estatales, universidades e IES.
- Producir y difundir materiales accesibles y culturalmente pertinentes sobre riesgos ambientales y ocupacionales, utilizando medios de comunicación como radios, redes sociales, videos y perifoneo.
Responsables: SSA, STPC, SEP, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, ayuntamientos, OSC, comités, OBC, medios de comunicación, cámaras empresariales y sus confederaciones, empresas e industrias.
- Promover que las cámaras empresariales implementen programas de sensibilización y formación para empleadores y trabajadores sobre riesgos laborales y derecho a la salud.
Responsables: STPS, cámaras empresariales y sus confederaciones, COFEPRIS, gobiernos estatales, empresas e industrias, universidades e IES.
- Fortalecimiento comunitario y organización social
- Promover y apoyar redes de vecinos, colectivos o comités comunitarios que actúan frente a la contaminación, reconociendo sus saberes, necesidades y propuestas.
Responsables: gobiernos estatales, secretarías estatales de medio ambiente, ayuntamientos, universidades, instituciones de educación superior, CPI, OSC, comités y OSC.
- Fomentar espacios de diálogo y encuentro entre comunidades, para compartir saberes, experiencias y estrategias de cuidado del territorio y la salud.
Responsables: gobiernos estatales, secretarías estatales de medio ambiente, ayuntamientos, universidades, IES, CPI, OSC, comités y OSC.
- Promover liderazgos comunitarios en salud ambiental y cuidado colectivo, especialmente en mujeres, jóvenes y grupos tradicionalmente excluidos.
Responsables: SSA, SEP, gobiernos estatales, ayuntamientos, IES, OSC, comités y OBC.

Participación en diagnósticos y toma de decisiones

- Incluir a las comunidades en diagnósticos participativos de salud y riesgos ambientales, reconociendo el conocimiento local y promoviendo la apropiación de resultados.
Responsables: SSA, SEMARNAT, SECIHTI, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, ayuntamientos, IES, universidades y CPI, OSC, comités y OBC.
- Establecer mesas de diálogo intersectorial con participación social efectiva sobre temas de saneamiento, monitoreo, restauración o incidencia en políticas territoriales.
Responsables: SSA, SEMARNAT, SECIHTI, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, ayuntamientos, IES, universidades y centros públicos de investigación, OSC, comités y OBC.
- Apoyar ejercicios comunitarios de monitoreo y vigilancia comunitaria del agua, aire o suelo, fortaleciendo su capacidad técnica y legal.
Responsables: COFEPRIS, SSA, SEMARNAT, SECIHTI, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, ayuntamientos, IES, universidades y CPI, OSC, comités y OBC.

Autocuidado y corresponsabilidad

- Difundir prácticas de autocuidado en contextos de exposición y vida cotidiana, como el lavado de manos, manejo seguro de alimentos, ventilación de espacios, alimentación saludable, uso de protección y reducción del uso de sustancias nocivas en el hogar y trabajo.
Responsables: SSA, STPS, SEP, gobiernos estatales, ayuntamientos, cámaras empresariales y sus confederaciones, medios de comunicación, empresas e industrias, OSC, comités y OBC.
- Fomentar una cultura del cuidado comunitario, que reconozca la corresponsabilidad del Estado, las empresas y la sociedad en la protección de la salud y el ambiente.
Responsables: todos los sectores, con liderazgo gubernamental y social.

6. Sistema de vigilancia en salud ambiental y ocupacional para la prevención

Este conjunto de pautas propone el diseño fortalecimiento e implementación de un sistema operativo de vigilancia entre los sectores de salud, ambiente y trabajo, orientado a anticipar, detectar y responder de manera oportuna a los riesgos y efectos asociados a la exposición a contaminantes.

Diagnóstico territorial de riesgos y exposición a contaminantes

- Identificar, mapear y documentar las zonas con mayor carga de enfermedades y contaminantes, así como las principales rutas de exposición y fuentes contaminantes.
Responsables: SSA, SEMARNAT, SECIHTI, COFEPRIS, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente, IES, universidades y centros públicos de investigación.
- Desarrollar un sistema integral de información sobre salud ambiental y ocupacional que consolide, integre y actualice de manera continua registros de enfermedades asociadas a tóxicos, datos de exposición por zona y sector, y expedientes clínicos individuales y familiares en zonas de riesgo.
Responsables: SSA, SEMARNAT, CENAPRECE, COFEPRIS, SNSP, gobiernos estatales y secretarías estatales de salud y medio ambiente.

Formación y capacitación del personal de salud

- Capacitar al personal médico y de salud comunitaria en el reconocimiento oportuno de síntomas relacionados con la exposición a tóxicos y su atención integral.
Responsables: SSA, SNSP, SECIHTI, SEP, IES, universidades y CPI.
- Incorporar el enfoque de salud ambiental en los programas de formación médica y en salud pública, con énfasis territorial y preventivo.
Responsables: SSA, SECIHTI, SEP, universidades, IES y CPI.

Monitoreo clínico y detección temprana

- Llevar a cabo campañas periódicas de tamizaje y biomonitorio dirigidas a escolares, trabajadores agrícolas, industriales y artesanos, así como a poblaciones en zonas de riesgo.⁷⁶
Responsables: SSA, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud, SNSP, SEP, STPS, SECIHTI y ayuntamientos.
- Realizar campañas móviles para la detección de signos o síntomas de una enfermedad, mediante unidades de salud itinerantes, priorizando comunidades de difícil acceso o con alta exposición.
Responsables: SSA, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y SNSP.
- Desarrollar, en colaboración con instituciones de investigación, estudios clínicos especializados sobre síntomas y enfermedades asociadas con la exposición a contaminantes.
Responsables: SSA, SECIHTI, CENAPRECE, IES, universidades y centros públicos de investigación.
- Aplicar pruebas clínicas periódicas para la vigilancia de salud reproductiva, hormonal, renal y respiratoria en zonas con antecedentes de contaminación.
Responsables: SSA, SNSP, gobiernos estatales y secretarías estatales de salud.

76 En el Pronaii de Sistema de Monitoreo y Vigilancia se identificaron compuestos organoclorados, bifenilos policlorados y metales tóxicos en la sangre de adolescentes, así como plomo en artesanos en el Pronaii de Salud Renal.

Evaluación y fortalecimiento del sistema de vigilancia

- Desarrollar mecanismos de evaluación continua que permitan medir el funcionamiento, cobertura, calidad e impacto del sistema de vigilancia en salud ambiental y ocupacional, con indicadores participativos y territorialmente desagregados.
Responsables: CENAPRECE, SECIHTI, COFEPRIS, SNSP, universidades, IES y CPI, OSC, comités y OBC.
- Diseñar mecanismos de retroalimentación y rendición de cuentas que garanticen transparencia pública a comunidades, gobiernos locales y actores institucionales.
Responsables: CENAPRECE, SECIHTI, COFEPRIS, SNSP, gobiernos estatales, ayuntamientos, medios de comunicación, OSC, comités y OBC.
- Elaborar y difundir informes periódicos accesibles y comprensibles, que documenten los resultados, avances, desafíos y propuestas de mejora del sistema de vigilancia en salud ambiental y ocupacional.
Responsables: CENAPRECE, SECIHTI, COFEPRIS, SNSP, gobiernos estatales y secretarías estatales de salud y medio ambiente.

7. Atención integral e integrada en salud

Pautas orientadas a garantizar servicios de salud accesibles, continuos y coordinados que respondan tanto a las condiciones individuales como a los contextos socioambientales que caracterizan la región.

Fortalecimiento las capacidades de atención

- Identificar las capacidades instaladas y especialidades médicas en los centros de salud de la zona para detectar carencias en infraestructura, recursos humanos y equipamiento.⁷⁷
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud, SNSP y CENAPRECE.
- Implementar estrategias para acercar la atención médica a comunidades aisladas, como salud itinerante, telemedicina y servicios de teleasistencia.
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud, SNSP, SECIHTI, universidades, instituciones de educación superior y centros públicos de investigación.
- Formar y acompañar a agentes comunitarios de salud que den seguimiento básico, promuevan el autocuidado y actúen como vínculo entre la comunidad y los servicios de salud en contextos de riesgo ambiental.
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud, SNSP, universidades, IES y CPI.
- Diseñar e implementar programas de formación y atracción de personal especializado en áreas críticas como oncología pediátrica, nefrología y urología.
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud, SNSP, SECIHTI, universidades, instituciones de educación superior y centros públicos de investigación.

⁷⁷ Esto, tomando en cuenta el diagnóstico generado por el Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Diagnóstico oportuno

- Elaborar e implementar guías clínicas específicas para enfermedades no transmisibles como leucemia infantil, insuficiencia renal, entre otras.
Responsables: CENAPRECE, SSA, SNSP, SECIHTI, universidades e instituciones de educación superior.
- Establecer protocolos para reducir los tiempos de espera en pruebas diagnósticas, asegurando una rápida y eficiente evaluación.
Responsables: SSA, CENAPRECE y secretarías estatales de salud.

Atención especializada y articulación entre niveles

- Establecer una red de referencia y contrarreferencia entre el primer nivel y hospitales especializados (oncología pediátrica, nefrología, etc.) para asegurar continuidad en la atención.
Responsables: SSA, SNSP y secretarías estatales de salud.
- Fortalecer la articulación con laboratorios especializados como el de Citómica del Cáncer para diagnósticos complejos y seguimiento clínico.
Responsables: SSA, SECIHTI, SNSP y secretarías estatales de salud.
- Garantizar un suministro estable de medicamentos esenciales para el tratamiento de enfermedades no transmisibles, particularmente aquellas asociadas a exposición ambiental y laboral.
Responsables: SSA, SNSP y secretarías estatales de salud.

Atención psicosocial y comunitaria

- Implementar protocolos de seguimiento emocional y psicológico en hospitales y centros comunitarios, integrando la participación de profesionales en psicología y trabajo social.
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud, DIF y Universidades.
- Crear y fortalecer redes de apoyo comunitarias para acompañar a pacientes y familias en el proceso de atención, asegurando que tengan acceso a información, contención emocional y recursos necesarios.
Responsables: secretarías estatales de salud, DIF, OSC y ayuntamientos.
- Establecer alianzas con organizaciones y asociaciones civiles que apoyen a menores con cáncer y otras enfermedades no transmisibles, para fortalecer la base de apoyo al paciente y su familia.
Responsables: secretarías estatales de salud, DIF, OSC y Ayuntamientos.

Formación continua del personal médico

- Establecer programas de formación y actualización clínica al personal médico en enfermedades no transmisibles relacionadas con exposición ambiental y laboral.
Responsables: SSA, secretarías estatales de salud y SECIHTI.
- Incluir contenidos específicos de salud ambiental, leucemia infantil, ERC, y enfermedades emergentes en los programas de educación médica en los programas de educación médica y formación en salud pública.
Responsables: SSA, SEP, SECIHTI, IES, CPI y universidades.

- Impartición de seminarios o talleres sobre los tóxicos ambientales y los efectos a la salud.
- **Responsables:** SSA, SEMARNAT, COFEPRIS, SEP, SECIHTI, IES, CPI, y universidades.

Monitoreo y evaluación de la atención

- Desarrollar un sistema de seguimiento y evaluación que permita medir la cobertura, calidad e impacto de las intervenciones en salud ambiental y ocupacional en la Cuenca del Alto Atoyac.
Responsables: SSA, SNSP, secretarías de salud estatales, CENAPRECE, COFEPRIS y SECIHTI.

Cuidado del entorno ambiental y laboral

Se refiere a las pautas orientadas a reducir la exposición a factores de riesgo en los entornos laborales, particularmente en sectores vulnerables como el agrícola, industrial y artesanal. Además, considera la relación entre el entorno ambiental degradado y la salud de la población para proponer medidas que fortalezcan la regulación y vigilancia.

Regulación y mejora de las condiciones laborales

- Fortalecer la inspección y vigilancia del cumplimiento de la normativa laboral en sectores agrícolas, artesanales e industriales, con énfasis en la prevención de riesgos por exposición a sustancias tóxicas.
Responsables: STPS, COFEPRIS, gobiernos estatales y ayuntamientos.
- Impulsar la aplicación efectiva de la NOM-010-STPS-2014 y otras normas de seguridad e higiene en centros de trabajo con exposición a sustancias químicas, mediante inspecciones periódicas, capacitación a empleadores y trabajadores, y coordinación con autoridades sanitarias y ambientales competentes.
Responsables: STPS, SNSP-IMSS-BIENESTAR, COFEPRIS y gobiernos estatales.
- Ampliar la vigilancia y acompañamiento de las condiciones laborales en el sector informal, incluyendo a personas artesanas, jornaleros y trabajadores agrícolas sin seguridad social, priorizando acciones de prevención, sensibilización y promoción del derecho a la salud ocupacional.
Responsables: SSA, SNSP-IMSS-BIENESTAR, gobiernos estatales, ayuntamientos y OSC.
- Promover procesos de formalización laboral con enfoque de personas trabajadoras expuestas a contaminantes, a fin de garantizar su acceso a servicios de salud ocupacional y protección social.
Responsables: STPS, STPS-IMSS-BIENESTAR, gobiernos estatales y ayuntamientos.
- Reducción de riesgos sanitarios ambientales y laborales

- Fortalecer la vigilancia sobre el uso de agrotóxicos y la gestión de residuos peligrosos en sectores industriales y agrícolas, priorizando zonas con antecedentes de contaminación.
Responsables: STPS, SEMARNAT, PROFEPA, COFEPRIS y secretarías estatales de medio ambiente.
- Delimitar zonas de control y amortiguamiento en territorios afectados por contaminación ambiental, considerando criterios de riesgos sanitario y vulnerabilidad poblacional.
Responsables: SEMARNAT, SSA, SECIHTI, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente y ayuntamientos.
- Fortalecer la cobertura y calidad del saneamiento básico (agua potable, drenaje, manejo de residuos sólidos) en comunidades expuestas a contaminación, con enfoque prioritario en salud pública ambiental.
Responsables: SEMARNAT, gobiernos estatales, secretarías de medio ambiente estatales y ayuntamientos.

Transparencia y comunicación de riesgos

- Establecer la obligación de que las empresas informen los riesgos a la salud asociados a sus procesos, insumos y productos, incluyendo sustancias químicas peligrosas y emisiones contaminantes.
Responsables: STPS, COFEPRIS, SEMARNAT y PROFEPA.
- Implementar mecanismos institucionales de comunicación de riesgos sanitarios y ambientales que aseguren el acceso oportuno, claro y culturalmente pertinente a la información para trabajadores, comunidades cercanas y consumidores.
Responsables: COFEPRIS, SEMARNAT, gobiernos estatales, OSC y medios de comunicación.

Componente transversal: gestión intersectorial, regulación y garantía de derechos

Este componente establece las condiciones estructurales necesarias para la puesta en marcha de las pautas de salud poblacional ambiental y ocupacional en la Cuenca del Alto Atoyac ya que involucra la coordinación interinstitucional, la aplicación de normativas, la asignación presupuestaria, la participación social y la evaluación constante de los avances y resultados.

Revisión de las normativas y actualización del marco legal

- Revisar y armonizar el marco jurídico vigente en materia de salud, ambiente y trabajo, incorporando la salud ambiental como una categoría explícita y transversal en las leyes sectoriales.
Responsables: SSA, SEMARNAT, STPS y COFEPRIS.
- Actualizar el catálogo de contaminantes sujetos a regulación de la NOM-165-SEMARNAT-2013, integrando aquellos que han sido

documentados en estudios y monitoreos realizados en la CAA.

Responsables: SEMARNAT, COFEPRIS y SECIHTI.

- Revisar la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, en paralelo con la reforma de la NOM-161-SEMARNAT, para garantizar coherencia normativa, una clasificación exhaustiva y clara de los residuos de manejo especial, y una mejor distinción entre residuos sólidos urbanos y residuos peligrosos o de riesgo.
Responsables: SEMARNAT, PROFEPA, gobiernos estatales, ayuntamientos, SECIHTI, CPI y OSC.
- Acelerar la entrada en vigor de los límites de toxicidad y color verdadero establecidos en la NOM-001-SEMARNAT.
Responsables: SEMARNAT, CONAGUA y COFEPRIS,
- Garantizar la participación del personal de salud, epidemiólogos y toxicólogos en la revisión y actualización de normas relacionadas con descargas contaminantes, dada su implicación directa en la salud pública.
Responsables: SEMARNAT, SSA, COFEPRIS y SECIHTI.
- Establecer disposiciones legales que obliguen a las empresas a reparar los daños ocasionados a la salud y al ambiente, más allá del cumplimiento de requisitos técnicos internos.
Responsables: SEMARNAT, SSA, STPS, PROFEPA y COFEPRIS.

Coordinación intersectorial y fortalecimiento de la gobernanza

- Establecer mecanismos formales de coordinación entre instituciones federales, estatales y municipales para el abordaje integral de la crisis ambiental y sanitaria en la CAA.
Responsables: SSA, SEMARNAT, STPS, gobiernos estatales y ayuntamientos.
- Garantizar presupuesto suficiente y personal especializado para implementar acciones de vigilancia, atención y prevención ambiental y sanitaria a largo plazo.
Responsables: Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Crear estructuras territoriales, como comisiones de salud pública ambiental en cada distrito de salud, que articulen vigilancia, evaluación y respuesta frente a los riesgos sanitarios.
Responsables: SSA, SEMARNAT, STPS, gobiernos estatales y SNSP.
- Promover la creación de mesas intersectoriales de seguimiento, planeación y articulación de las pautas propuestas, con participación institucional, comunitaria y académica.
Responsables: Todos los actores.
- Establecer un compromiso formal que delimite las responsabilidades operativas, regulatorias y sociales de cada actor involucrado en la salud ambiental, fomentando transparencia, corresponsabilidad y articulación efectiva.
Responsables: Todos los actores.

Exigibilidad, participación y acceso a la información

- Establecer mecanismos accesibles para la presentación de denuncias y la exigibilidad del derecho a la salud y a un ambiente sano, especialmente para las comunidades más expuestas.

Responsables: CNDH, SSA, PROFEPA, SEMARNAT, STPS, gobiernos estatales y ayuntamientos.

- Incorporar la vigilancia social y comunitaria en el seguimiento de las pautas, con metodologías participativas e indicadores comprensibles que permitan evaluar los avances desde el territorio.

Responsables: universidades, IES, CPI, SECIHTI, OSC y OBC.

- Garantizar el acceso público y oportuno a la información sanitaria y ambiental, incluyendo reportes de emisiones, contaminantes, monitoreos y medidas tomadas.

Responsables: SEMARNAT, SSA, COFEPRIS, CNDH, gobiernos estatales, secretarías estatales de salud y medio ambiente y ayuntamientos.

- Solicitar a la CNDH una nueva recomendación que precise las responsabilidades institucionales y regulatorias de los actores públicos en materia de salud ambiental y ocupacional, incorporando un enfoque de derechos humanos y ampliando su alcance a todas las instancias federales competentes.
- **Responsables:** CNDH, OSC, comités, OBC, universidades, IES y CPI.

Consideraciones

La situación de emergencia ambiental y sanitaria en la Cuenca del Alto Atoyac requiere una transformación profunda del marco normativo e institucional que garantice de forma efectiva el derecho a la salud y a un ambiente sano. Al mismo tiempo, es indispensable garantizar la atención a la salud con base en las condiciones actuales del sistema público. En este contexto, aunque en años recientes se han impulsado modelos como el MAS-BIENESTAR, su impacto sigue siendo limitado frente a los desafíos estructurales que enfrentan los territorios altamente expuestos a contaminantes.

Uno de los principales obstáculos es la débil articulación entre las leyes en materia de salud y medio ambiente, lo que dificulta establecer responsabilidades claras frente a los daños provocados por las actividades contaminantes con alta concentración en territorios como la CAA. Esta fragmentación normativa, aunada a la baja capacidad institucional para el monitoreo ambiental y epidemiológico, impide caracterizar de manera precisa los riesgos y limita la posibilidad de diseñar intervenciones eficaces para proteger a la población.

Ante este panorama, resulta indispensable continuar avanzando hacia una política de Estado en salud ambiental que esté sustentada en evidencia científica, territorialmente pertinente e informada por una perspectiva de justicia ambiental y social. Dicha política no puede depender de programas temporales ni de esfuerzos aislados; requiere un marco legal y presupuestario robusto, mecanismos eficaces de coordinación intersectorial y una participación social activa que asegure transparencia, corresponsabilidad y rendición de cuentas.

Referencias

- 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. Pronaii Ciencia de Datos y Salud. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Ciudad de México, México [en línea]. <https://conacyt.mx/pronaces/pronaces-salud/ciencia-de-datos-y-salud/proyectos/enfermedades-cronicas-no-transmisibles-en-la-cuenca-del-alto-atoyac/18/01/2024>
- Pérez-Castresana G.; Camacho Sanabria R., Romero Natale A., Sánchez-Porras A., Arroyo-Ortega I. y Jiménez-Ramos D. (2023). Recomendaciones para el sector salud: Diagnóstico de la situación de salud pública ambiental en la Cuenca del Alto Atoyac y recomendaciones para fortalecer la atención de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT). Informe técnico final. Pronaii Ciencia de Datos y Salud. Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías. Ciudad de México, México. [en línea]. <https://repositorio-salud.conacyt.mx/jspui/handle/1000/6012/01/2024>
- OMS (1992). Clasificación Internacional de Enfermedades. 10.^a Revisión. Volumen 1: Causas de morbilidad y de mortalidad. Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza, 924 pp.
- LGEEPA (2023). Artículo 109 bis. Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación, México. Última reforma publicada el 31 de octubre de 2023.

Capítulo 10. Pautas para la producción agroecológica y redes de Economía Social y Solidaria

Ante el contexto de devastación de la CAA, es importante emprender acciones desde diversos frentes; uno de estos es la agroecología, entendida no solo como una apuesta productiva, sino también como una apuesta política. Si bien la contaminación de la Cuenca es resultado de diversas fuentes —principalmente de los procesos industriales y de la urbanización—, es indispensable reconocer el impacto del uso de agroquímicos. De acuerdo con el Primer Informe Estratégico de la Cuenca Atoyac (Conahcyt, 2023), en el estudio realizado con muestras de suelos agrícolas en el municipio de Españita, Tlaxcala, se encontraron 32 ingredientes activos de plaguicidas aplicados en cultivos de maíz, trigo, cebada y tomate; de ellos, 16 son considerados Plaguicidas Altamente Peligrosos (PAP) para la salud y el ambiente. Además, el 95 % de los productores entrevistados en este mismo municipio reportó utilizar plaguicidas. Esta situación agrava los problemas de salud ya presentes en la región.

La agroecología funge un papel importante en la promoción de formas productivas libres de agrotóxicos, sobre todo porque valora los conocimientos y saberes tradicionales y resignifica la producción de alimentos, los intercambios, y las formas de vida diversas que se dan alrededor de éstos. Por ello, resulta fundamental promover procesos agroecológicos a través de redes de intercambio que impulsen sistemas alimentarios locales, dignifiquen el trabajo, fomenten una alimentación saludable, fortalezcan las culturas alimentarias y motiven prácticas productivas sostenibles en el uso de los recursos naturales.

Este apartado presenta pautas de trabajo relacionadas con la producción agroecológica y las redes de intercambio, incluyendo propuestas del sector institucional y social, especialmente aquellas impulsadas por el Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (CES) y diversos colectivos que componen la red Cosoali (Construyendo Soberanía Alimentaria), con amplia experiencia en el territorio.

La información es resultado de los Pronaii: Soberanía alimentaria (316911), Agentes tóxicos y procesos contaminantes (318962), y Agua (318959). Este apartado contó con la participación de Rocío García Bustamante, Laura Patricia Sánchez Vega, Valeria de León Roblero, Rocío Lorena Hernández Cabrera, Carlos Cuatecontzin Galicia, Judith Montes de Oca Cruz, Fernando Cuatecontzi Galicia, Claudia Fernández González, María Virginia González Santiago y Atenógenes Leobardo Licona Vargas.

10.1. Marco legal para la producción agroecológica y redes de intercambio local de alimentos

En el proceso de contextualización legal para la producción agroecológica y las redes de intercambio encontramos las siguientes leyes y propuestas:

- **Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:** el artículo 4º refiere que “Toda persona tiene derecho a una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad y el Estado lo garantizará”, así como un medio ambiente sano para el desarrollo y bienestar de las personas; en el artículo 2º se reconoce y garantiza el derecho de los pueblos y las comunidades indígenas a su cultura, a conservar y mejorar su hábitat, así como al uso y disfrute preferente de los recursos naturales de los lugares que habitan y ocupan las comunidades.
- **La Ley de Desarrollo Rural Sustentable:** trata de las acciones para el desarrollo rural sustentable conforme a criterios de preservación, restauración, aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la biodiversidad, prevención y mitigación del impacto ambiental (artículo 11º); y en los artículos 54º y 55º sobre el uso eficiente de las tierras de acuerdo con sus condiciones agroambientales y el respeto a los agroecosistemas.
- **Ley de Productos Orgánicos:** en el artículo 1º se habla de promover y regular los criterios y requisitos para la conversión, producción, procesamiento, elaboración, preparación, acondicionamiento, almacenamiento, identificación, empaque, etiquetado, distribución, transporte, comercialización, verificación y certificación de productos producidos orgánicamente (libre de agrotóxicos), así como promover que en los métodos de producción orgánica se incorporen elementos que contribuyan a que este sector se desarrolle sustentado en el principio de justicia social;

promover los sistemas de producción bajo métodos orgánicos, en especial en aquellas regiones donde las condiciones ambientales y socioeconómicas sean propicias para la actividad o hagan necesaria la reconversión productiva y que contribuyan a la recuperación y/o preservación de los ecosistemas y al cumplimiento de los criterios de sustentabilidad.

- **Ley de Economía Social y Solidaria:** establece “mecanismos para facilitar la organización y la expansión de la actividad económica del sector Social de la Economía y la responsabilidad del fomento e impulso por parte del Estado”; en el entendido de que el denominado Sector Social es un “sistema eficaz que [contribuye] al desarrollo social y económico del país, a la generación de fuentes de trabajo digno, al fortalecimiento de la democracia, a la equitativa distribución del ingreso y a la mayor generación de patrimonio social.”
- **Ley General en Materia de Humanidades, Ciencias, Tecnologías e Innovación:** publicada en el DOF el 8 de mayo de 2023 tiene como objetivo regular y fomentar el desarrollo, la investigación científica, la innovación tecnológica y la formación de recursos humanos en el país y su propósito principal es promover el avance del conocimiento y la tecnología como un motor para el desarrollo social, económico y cultural de México. Específicamente, promueve el componente de **sostenibilidad y bienestar social** y que estos conocimientos contribuyan a mejorar la calidad de vida de la población.
- **Ley General de la Alimentación Adecuada y Sostenible:** propone la articulación interinstitucional en dependencias como la Secretaría del Bienestar, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, entre otras.

Artículo 1. La presente Ley es reglamentaria del derecho a la alimentación adecuada, en los términos establecidos en los artículos 4o, tercer párrafo; 27, fracción XX, segundo párrafo y 73, fracción XXIX-E, de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Sus disposiciones son de orden público, interés social y de observancia general en la República Mexicana. Tiene por objeto:

I. Establecer los principios y bases para la promoción, protección, respeto, y garantía en el ejercicio efectivo del derecho a la alimentación adecuada y los derechos humanos con los que tiene interdependencia;

II. Priorizar el derecho a la salud, el derecho al medio ambiente, el derecho al agua y el interés superior de la niñez, en las políticas relacionadas con la alimentación adecuada por parte del Estado Mexicano.

Así como:

Artículo 46. El mantenimiento del equilibrio ecológico, así como la conservación y regeneración de los recursos naturales, serán, en todos los casos, factor fundamental para la toma de decisiones en materia de métodos de producción y para asegurar el aprovechamiento sostenible de estos recursos.

El marco legal mexicano establece una base que puede ser perfectible para la promoción de la agroecología y el derecho a una alimentación adecuada y sostenible. A través de diversas leyes y regulaciones, se reconoce la importancia de garantizar el acceso a alimentos nutritivos, preservar los ecosistemas y fomentar modelos productivos que prioricen la sostenibilidad y la justicia social. Sin embargo, este marco normativo puede ser perfectible y debe complementarse con la promoción directa de los procesos de intercambio local; al tiempo que su aplicación actual depende de la correcta implementación y del trabajo coordinado entre el Estado, los productores, las comunidades y las instituciones científicas. Es fundamental que estas leyes no solo se traduzcan en políticas públicas eficientes, sino que también se garantice su cumplimiento.

10.2. Programas y propuestas existentes

Programas y propuestas desde lo federal

Como parte de las pautas de trabajo, es importante reconocer los avances en cuanto al diseño de programas y políticas públicas, no obstante, se necesita buscar elementos que apoyen el camino hacia la transición agroecológica. En la **Tabla 10.1** se mencionan algunos de los programas existentes, su descripción, así como algunas propuestas complementarias. La intención no es presentar a detalle cada programa, sino exponer un panorama general sobre los mismos y posibles rutas de mejora; con el propósito de visibilizar las opciones institucionales que pueden aterrizar de manera concreta en la zona de la Cuenca y apuntalar procesos de transición agroecológica, así como el acceso a una alimentación saludable y culturalmente apropiada.

Tabla 10.1. Propuestas de programas y políticas federales en materia de producción agroecológica y redes de intercambio.

Programa	Descripción	Algunas propuestas
GISAMAC Grupo Intersecretarial de Salud, alimentación, medio ambiente y competitividad (SINSAMAC) Sistema Intersectorial Nacional de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad	GISAMAC favorece un sistema alimentario justo, saludable, sustentable y competitivo. SINSAMAC promueve el desarrollo de mecanismos para cadenas cortas a través de un programa de proveedores.	Fortalecer las estrategias de reducción del consumo de alimentos industrializados, aprovechamiento de cultivos locales, promoción de la lactancia materna y alimentación complementaria, generación de hábitos saludables, etiquetado frontal. Fortalecer la creación de los comités comunitarios de: agua, alimentación y salud. Construir y/o reforzar cadenas cortas para el abasto y comercialización de alimentos provenientes de pequeños productores. Dar seguimiento al cumplimiento a la Ley General de Alimentación adecuada y Sustentable.
Prohibición del glifosato SEMARNAT	Esta prohibición evita que el maíz transgénico contamine los maíces nativos de México y ponga en riesgo su biodiversidad.	Continuar con la política de prohibición al glifosato y buscar alternativas y sustitutos a éste.
Producción para el bienestar SECRETARÍA DEL BIENESTAR	Se otorga a las y los trabajadores del campo de pequeña o mediana escala de apoyos económicos entregados de manera directa, preferentemente, a personas productoras de granos (maíz, frijol, trigo panificable y arroz, entre otros), amaranto, chía, caña de azúcar, café, cacao, nopal o miel.	Adaptar el rediseño de agroecosistemas impulsados por los Programas de Producción para el Bienestar y Sembrando Vida, con el fin de incrementar y diversificar la cobertura vegetal en metepantles y la diversidad funcional. Concretar de manera consistente y constante el vínculo de la producción con mercados locales y nodos de distribución.
Sembrando Vida SECRETARÍA DEL BIENESTAR	Fomenta sistemas productivos agroforestales, los cuales combinan los cultivos tradicionales con árboles frutales y maderables. Busca mejorar la producción y productividad de los cultivos de importancia regional, para lograr la autosuficiencia alimentaria y venta de excedentes.	Desarrollar infraestructura para la captación hídrica, el acceso a insumos y semillas. Reforzar y concretar de manera consistente la construcción de elementos materiales y logísticos para la distribución y comercialización. Seleccionar a los técnicos de programas de acuerdo a su conocimiento y su familiarización con el territorio.

Precios de garantía SADER	Este apoyo está alineado al Programa Sectorial de Agricultura y Desarrollo Rural 2020-2024, derivado del Plan Nacional de Desarrollo.	Fortalecer el sistema de abasto social de alimentos con los precios más bajos y su disponibilidad en las localidades de mayor marginación y pobreza del país y la participación de pequeños productores, cuidando procesos de transparencia y anticorrupción.
Alimentación para el Bienestar SECRETARÍA DEL BIENESTAR	Mejorar la vinculación de pequeños productores para la venta directa en las “Tiendas del Bienestar” (antes Diconsa). Con vinculación al Programa Sembrando Vida para establecer canales de comunicación; e integrará los precios de garantía.	Este programa es una propuesta nueva del gobierno entrante.
Avance en la regulación de los Pesticidas Altamente Tóxicos SEMARNAT, SALUD, SADER, COFEPRIS, SENASICA	El decreto presidencial que prohíbe la importación de 12 PAP’s incluidos en el Anexo III del Convenio de Róterdam. Actualización de la NOM sobre aplicación aérea de plaguicidas (SEMARNAT, SALUD, SADER, COFEPRIS, SENASICA). Actualización del reglamento de los plaguicidas. Inclusión del principio precautorio de Ley General en Materia de Humanidades, Ciencia, Tecnología e Innovación.	Desarrollar una política nacional transectorial que permita la prohibición progresiva de los PAP’s y una Ley General de Plaguicidas (Cotler, H; Berlanga, R.; Lazos, H., 2024).

Fuente: Elaboración García-Bustamante, R.; Sánchez-Vega, L.P. (2024) a partir de revisión y análisis de información documental, 2024.

Nota: Para la elaboración de esta tabla, se consideraron los programas y políticas anteriores al cambio de gobierno en 2024.

Además de las propuestas anteriores, para fortalecer los procesos agroecológicos y de redes de intercambio, resulta pertinente considerar los programas estatales de apoyo a la transición agroecológica en Puebla y Tlaxcala, descritos en el siguiente apartado.

Programas para el apoyo a la transición agroecológica y redes de Economía Solidaria en Tlaxcala y Puebla

Además de lo mencionado en el apartado anterior, cada estado cuenta con diversos programas que pueden contribuir a la producción agroecológica y a la construcción de redes de Economía Social (**Tabla 10.2**).

Para el caso de Tlaxcala, se puede mencionar a la Secretaría de Impulso Agropecuario, la cual está encargada de planear, organizar, supervisar, ejecutar, dirigir y controlar las acciones para el desarrollo agropecuario, a fin de elevar la producción y productividad del Estado. Esto lo

realiza mediante programas a corto, mediano y largo plazo. Un ejemplo es el “Programa de proyectos integrales de desarrollo rural”, cuyo objetivo es contribuir a mejorar la producción y la productividad de las unidades agropecuarias, así como de las no agropecuarias, servicios agrícolas, agregación de valor y transformación, así como promover los intercambios comerciales, tecnológicos, formación y capacitación mediante subsidios para el establecimiento de proyectos productivos en la entidad, en especial, a través del Departamento de Seguridad Alimentaria perteneciente a la Dirección de Desarrollo Rural de dicha secretaría.

Asimismo, se puede mencionar el “Proyecto Integral de Desarrollo Rural” el cual promueve: apoyos para infraestructura, maquinaria, equipo, material vegetativo (maguey, árboles frutales, maderables, raqueta de nopal, flora néctar polinífera), apoyo a pequeños productores para el fortalecimiento de unidades de producción con maquinaria, pie de cría y material vegetativo.

Esto, se puede complementar con el “Programa de capacitación móvil y transferencia tecnológica”, el cual fue promovido por la Secretaría de Impulso Agropecuario; su objetivo es incentivar el acceso a capacitación, asistencia técnica, transferencia de tecnología a productores, técnicas y dependencias con algún tipo de incidencia en el sector agropecuario que puedan desarrollar la actividad agrícola, pecuaria, acuícola y de transformación, de una manera sustentable, mejorando su producción y productividad. Dentro de este programa, se puede señalar específicamente la unidad móvil de suelos y agua, que ofrece servicios como análisis fisicoquímico de suelo, soluciones nutritivas para los mismos, así como exámenes de agua con fines agrícolas, cursos y capacitación para la elaboración de compostas, nutrición vegetal y elaboración de fertilizantes orgánicos, así como asesoría técnica en los principales cultivos agrícolas, acorde a las necesidades del productor. Este programa incluye también los procesos de transformación a través de unidades móviles de tecnologías domésticas, que permiten dar un valor agregado a los productos y aumentar su cadena comercial.

De igual forma, se encuentra el “Programa agropecuario para el cambio climático”, particularmente en el apartado de apoyos para la producción de abonos orgánicos, lombricomposta y biofertilizantes, así como la promoción y facilitación del acceso a algunas ecotecias, prácticas de conservación de agua, suelo, rehabilitación de jagüeyes y sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Es importante mencionar el programa “Impulso a la seguridad alimentaria y economía local”, promovido por la Secretaría de Impulso Agropecuario, que incluye apoyo a módulos de hongos, frutillas, nopal, jitomate, parcelas de frijol, producción de bioinsumos, así como cultivos tradicionales: amaranto, huitlacoche, haba, ayocotes, alberjón, quelites, chilacayote, calabazas, plantas medicinales, entre otros.

Otro programa importante, en este caso al hablar de Economía Solidaria, es aquel impulsado a través de la Secretaría del Trabajo y Competitividad (STyC) llamado “Programa Economías Colectivas (PEC) 2025”, el cual busca construir modelos de negocio sostenibles que les permitan a los participantes acceder a mejores oportunidades y mejorar su calidad de vida. Dicho programa está dirigido a sectores vulnerables como mujeres jefas de familia, comunidades indígenas, personas con discapacidad y emprendedores que buscan alternativas de autoempleo y cooperativismo, quienes pueden recibir capacitación y asesoría especializada, vinculación con redes de distribución e impulso al trabajo colaborativo, para así abrir nuevos espacios locales y regionales y con ello impactar en la visibilidad y oportunidades de venta.

Tabla 10.2. Programas apoyo a la transición agroecológica en Tlaxcala

Secretaría de Impulso Agropecuario - Tlaxcala	Encargada de planear, organizar, supervisar, ejecutar, dirigir y controlar las acciones para el desarrollo agropecuario, a fin de elevar la producción y productividad del Estado	Programa de proyectos integrales de desarrollo rural Proyecto Integral de Desarrollo Rural” Programa de capacitación móvil y transferencia tecnológica”, “Programa agropecuario para el cambio climático”. Impulso a la seguridad alimentaria y economía local
Secretaría del Trabajo y Competitividad (STyC) - Tlaxcala	Fortalecer la política laboral y lograr que la ciudadanía tenga acceso a empleos formales y de calidad, en el sector productivo con prestaciones y derechos plenos, favoreciendo el crecimiento humano y social de los tlaxcaltecas, principalmente de los grupos vulnerables, a través de los programas y proyectos que contribuyan a la generación de oportunidades y bienestar familiar, que además asegure el acceso a la justicia laboral	“Programa Economías Colectivas (PEC)

Fuente: Elaborada por García-Bustamante, R., 2024.

La intención de visualizar todos estos programas es que puedan apoyar en la promoción de técnicas agroecológicas, así como en el acompañamiento a los productores y comunidades para el no uso de agroquímicos especialmente en las áreas de la CAA.

En el caso de Puebla, está el “Programa sectorial de Desarrollo Rural”, cuyo propósito es consolidar proyectos en los sectores agropecuarios mediante la integración de sistemas productivos regionales y cadenas de valor. Específicamente, se puede hablar de lo propuesto por el Plan estatal de desarrollo (2019-2024), para favorecer al campo poblano, a fin de contribuir al bienestar de las personas mediante la estrategia de potencialización del sector primario

de acuerdo con sus vocaciones productivas regionales. Algunos de los programas que pueden contribuir a los procesos agroecológicos son: rescate de los maíces nativos, (impulsado por la SADER) y apoyo a canales de comercialización (SADER y Centro Agroecológico del Café).

Además, es importante mencionar que para este 2025 se pretende continuar con el fortalecimiento del campo poblano, con énfasis en las cadenas agroalimentarias, capacitaciones, impulso de sociedades cooperativas, emprendimientos sociales, el programa “Manos Poblanas”, y la búsqueda de reforzar al sector primario con base en vocaciones productivas, incluyendo el apoyo a la comercialización y cadenas de valor.⁷⁸

Estas propuestas y programas estatales deben ser integrados y complementados con una visión de cuenca, para atender la problemática de la región, en especial el uso de agrotóxicos. Se necesitan esfuerzos intersecretariales e intersectoriales integrando a las instituciones, academia y demás actores sociales. Se puede hablar de integraciones de las secretarías del Bienestar, Economía, Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial, del Trabajo, Igualdad Sustantiva, Salud, de Agricultura y Desarrollo Rural, entre otras.

Es importante reconocer que, aunque hay avances en la promoción de la agroecología en Puebla y Tlaxcala, todavía existen retos relacionados con problemas estructurales complejos, los cuales se agravan si pensamos en la problemática de la CAA. Asimismo, es necesario resaltar que los programas deben atender estos problemas y busquen el fortalecimiento de las transiciones agroecológicas y que además apunten las iniciativas productivas comunitarias, empresas sociales, a fin de promover la inclusión económica y social de grupos en vulnerabilidad ambiental, social y económica.

10.3. Pautas institucionales recomendadas para afianzar la transición agroecológica y el fortalecimiento de las redes

1. Apuntalamiento de los precios de garantía y compras gubernamentales

Desde la Secretaría del Bienestar, y de acuerdo con la Ley General de la Alimentación Adecuada y sostenible, publicada el 17 de abril de 2024, en su capítulo II, se incluyen los artículos 37° al 39°, que respaldan las compras gubernamentales, se identifican las siguientes pautas:

⁷⁸ Es importante tomar en consideración que la información recabada en este documento, considera los programas del 2024 o anteriores.

- Las dependencias de las entidades federativas, municipios y demarcaciones territoriales deberán incorporar al menos un 15 % de sus compras gubernamentales de alimentos e insumos primarios, directamente de los productores de pequeña y mediana escala, en los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero; que cumplan con las condiciones y requisitos para el abastecimiento de una alimentación adecuada, y dentro de los límites presupuestales para compras gubernamentales que cada dependencia o entidad disponga.

Para ello, las dependencias deberán contar con las políticas públicas y reglas de operación necesarias.

- Estas dependencias deberán promover políticas especiales a favor de los pequeños y medianos productores y sus organizaciones del sector social, proveedoras de alimentos que tengan por objeto integrar en las cadenas de distribución la oferta de alimentos y sus materias primas e insumos, con el propósito de responder a las condiciones de inocuidad y calidad para una alimentación adecuada.
- Y finalmente, el SINSAMAC (Sistema Intersectorial Nacional de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad) promoverá el desarrollo y fortalecimiento continuo de esquemas y mecanismos de distribución de cadena corta, buscando la mayor participación posible de los pequeños y medianos productores locales directos en ellos, a través del fomento de un programa de desarrollo de proveedores donde las dependencias otorguen facilidades para que el productor tenga acceso y la capacidad de vender en su programa de compras.

2. Acceso a Sistemas Participativos de Garantía

En el marco de la ley de producción orgánica, los Sistemas Participativos de Garantía o Sistemas de Certificación Orgánica Participativa, son procesos colectivos entre productores, consumidores y otros actores, que garantizan la calidad orgánica y sana de productos locales, generados a pequeña escala, basados en relaciones de confianza y promueven compromisos de salud, ecología, equidad y certidumbre ambiental (Red Mexicana de Tianguis y Mercados Orgánicos - propuesta - 2010), buscan incentivar la construcción de redes de trabajo e intercambio de conocimiento entre los diferentes productores, se propone que la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), a través de SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), establezca los mecanismos de financiamiento e infraestructura necesaria para que este proceso pueda llevarse a cabo en los diferentes territorios, una vez que dicho proceso, está reconocido en la ley de productos orgánicos en el artículo 24°.

3. Vigilancia en procesos productivos en sanidad e inocuidad

Asimismo, se propone una vinculación con el Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria (PSIA) a través del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Los objetivos específicos del programa se centran en cuatro aspectos: Vigilancia Epidemiológica de Plagas y Enfermedades Fito zoosanitarias; Campañas Fitozoosanitarias; Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera; y Soporte a la Sanidad e Inocuidad. Se recomienda el reconocimiento y difusión de las reglas del programa de sanidad e inocuidad, y uso de sustancias permitidas y no permitidas; asimismo, se propone la revisión de leyes y reglamentos de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural en cuanto a: Desarrollo Rural Sustentable, Sanidad vegetal y Producción orgánica.

4. Retomar el Proyecto de la Estrategia Nacional de Agroecología y Patrimonio Biocultural (2024-2030) (ENAPAT)

Proyecto de Estrategia Nacional de Agroecología y Patrimonio Biocultural (2024-2030) fue diseñado de manera participativa en la SEMARNAT, mediante su Subsecretaría de Política Ambiental y Recursos Naturales, específicamente por la Dirección General de Agroecología y Patrimonio Biocultural, su misión es establecer las directrices para impulsar y orientar las acciones del gobierno y la sociedad hacia la adopción del enfoque agroecológico y del patrimonio biocultural para lograr un sistema productivo equitativo, inclusivo, resiliente y sustentable. Esta estrategia tiene como objetivo “Establecer a la agroecología y el legado del patrimonio biocultural como pilares en la política pública ambiental, para el diseño de instrumentos de gestión que permitan mejorar las condiciones de vida de la población, conservar y proteger los saberes tradicionales vinculados con la naturaleza, propiciar el uso sostenible de la biodiversidad, de los agroecosistemas y el manejo sustentable del territorio, y transitar hacia la soberanía y seguridad alimentaria”. (ENAPAT, 2024).

Sus objetivos son:

1. Promover procesos educativos formales y no formales a través del diálogo de saberes que apoyen la formación de una ciudadanía crítica fortaleciendo al mismo tiempo el pluralismo, las capacidades sobre producción agroecológica, el consumo responsable y la salvaguarda del patrimonio biocultural.
2. Fomentar y fortalecer los sistemas agroecológicos, agroforestales, silvopastoriles y agrosilvopastoriles, de pequeña y mediana escala, para favorecer el uso y aprovechamiento sustentable del territorio, mediante políticas regionales y diferenciadas, con equidad de género.

3. Fortalecer el reconocimiento y la conservación de los sistemas agroecológicos tradicionales y resilientes de los pueblos indígenas y equiparables, con enfoque biocultural y de género, y con una participación social incluyente y efectiva.
4. Promover la inclusión integral del enfoque agroecológico y del patrimonio biocultural en los instrumentos de política pública ambiental, agropecuaria y social, con la participación y corresponsable de la ciudadanía.
5. Desarrollar e implementar acciones de comunicación y difusión que apoyen la transmisión de los conocimientos tradicionales del patrimonio biocultural y agroecológicos, en todo el territorio nacional.

Para esto la ENAPAT propone tres ejes:

1. Gestión de la información y del conocimiento.
2. Fortalecimiento de capacidades.
3. Investigación, innovación y transferencia de tecnología.

Asimismo, se proponen cuatro ejes estratégicos:

1. Diálogo de saberes.
2. Uso y manejo sustentable del territorio.
3. Agroecosistemas resilientes.
4. Gobernanza para la transición.

Estas propuestas deben ser acompañadas por una estrategia de comunicación y difusión para promover la participación ciudadana.

Algunas otras propuestas hechas por la Dirección General de Agroecología y Patrimonio Biocultural estuvieron relacionadas con:

- El análisis de los Sistemas Agroecológicos Tradicionales Altamente Resilientes (SATARES), en temas de mitigación al cambio climático, sumideros de carbono en suelo, integración de la biodiversidad a la agricultura, entre otras medidas eficaces de conservación basada en áreas de cultivo.
- Escuelas Agroecológicas para la Sustentabilidad, para fortalecer, transmitir y potenciar el legado biocultural agroecológico de los SATARES.
- Proyecto de Huertos Agroecológicos, espacios de educación ambiental agroecológica que fortalezcan los saberes tradicionales asociados a los agroecosistemas y al patrimonio biocultural en zonas urbanas y periurbanas, Tianguis Agroecológicos para incentivar cadenas cortas y justas.

- Sistema Nacional de Información del Patrimonio Biocultural, herramienta de consulta y de información para facilitar la toma de decisiones y elaboración de políticas públicas nacionales e internacionales.

Vinculación con grupos interdisciplinarios de investigación e incidencia en el territorio

La Ley de Ciencia y Tecnología que propone el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT), ahora Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través de los grupos interdisciplinarios de investigación e incidencia que existen en el territorio y realizan estudios sobre Agrotóxicos, Agua y Soberanía Alimentaria, así como la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecologías y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA) para que tengan acciones de incidencia, monitoreo y vigilancia comunitaria.

La ENBC-ASA tiene como objetivo formar generaciones de profesionales mediante metodologías de investigación acción participativa, para impulsar nuevos modelos de gestión territorial hacia la reinserción y la permanencia de los sujetos sociales que construyen las agriculturas ecológicas, respetan la riqueza biocultural y contribuyen a una propuesta para el bienestar comunitario.

Diseño de políticas para la prohibición de los PAP's (Pesticidas Altamente Peligrosos)

De acuerdo con Bejarano et al. (2024), es indispensable diseñar y poner en marcha una política de Estado de transformación agroecológica de los sistemas agrícolas, y una política nacional transectorial que prohíba progresivamente los PAP's, así como garantizar los derechos humanos a la salud, a la biodiversidad, a un medio ambiente sano, a una alimentación adecuada, y a un trabajo digno. Es por eso que se propone elaborar una Ley General de Plaguicidas que permita una mejor acción coordinada de organismos reguladores y garantice el principio precautorio.

Asimismo, se propone crear un sistema nacional de información y vigilancia intersectorial sobre el uso de plaguicidas y prohibir el uso de PAP's en las campañas de salud pública y apoyar una estrategia integral de control de vectores con participación ciudadana. También es necesario prohibir el uso de insecticidas - plaguicidas, y revisar los permisos otorgados por COFEPRIS, así como prohibir su uso en lagos, lagunas, ríos, arroyos, manantiales, playas,

y zonas costeras y manglares. Asimismo, se propone establecer una red de laboratorios que respondan a las necesidades de vigilancia epidemiológica y ambiental. Además, Bejarano señala la necesidad de fortalecer el acceso a la justicia y la reparación de los daños causados por los PAP, incluirlos en la agenda de cooperación internacional, contribuir con la meta de prohibirlos en la agricultura para el 2035 (Marco Global sobre Productos Químicos); participar en la Alianza Global sobre PAP (aprobada en la Quinta Conferencia Internacional de Gestión de Sustancias Químicas) y contribuir con la meta de reducir en 50 % el riesgo de los PAP's para el 2030, acordada en el Marco Mundial de Biodiversidad de Kunming-Montreal del CCDB en 2022 (Bejarano et al. 2024).

Desarrollo de políticas públicas agroecológicas y de redes adaptadas a la inclusión de las mujeres

Si bien hay un avance en el desarrollo de políticas públicas en cuanto a procesos agroecológicos y de redes, y se muestran caminos para su fortalecimiento, es necesario que estas propuestas incorporen a las mujeres tomando en cuenta sus particularidades, condiciones y necesidades. Asimismo, es importante integrar la mirada desde los cuidados y autocuidado, y el acceso a servicios públicos para reducir las cargas de trabajo (productivo y reproductivo), y poder aportar a las prácticas de organización comunitaria para la transición agroecológica con enfoque de género.

10.4. Pautas para las transiciones agroecológicas y redes de Economía Social desde las voces del CES y COSOALI

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, las estrategias agroecológicas y de redes de Economía Social y Solidaria son muy importantes para la transición a sistemas de vida, productivos, alimentarios y económicos más sustentables y justos que permitan desde los territorios restablecer el tejido social. Para esto, es importante escuchar a las organizaciones, sus propuestas y experiencias para el reforzamiento de los procesos agroecológicos y de intercambio. Este apartado da voz a las organizaciones desde la Propuesta de agricultura campesina y transiciones agroecológicas del CES, así como de la llamada Red Cosoali.

Pautas para la producción agroecológica y las redes de economía solidaria desde el Centro de Economía Social Julián Garcés

El Centro de Economía Social Julián Garcés A.C. (CES), con un trabajo comunitario de base de 30 años, promueve la agricultura campesina y la agroecología desde una perspectiva comunitaria y de derechos económicos, sociales, culturales y ambientales, apoyándose en procesos organizativos de educación popular, intercambio y diálogo de saberes. Desde el CES, se busca generar alternativas agroecológicas que contribuyan a reducir la contaminación en la CAA.

Para el CES, la agroecología combina sabiduría ancestral y conocimiento campesino con una ciencia transdisciplinaria en beneficio del ambiente, la vida comunitaria y la salud. Se fundamenta en los saberes campesinos, principios y prácticas agroecológicas para el manejo de los ecosistemas, paisajes y agriculturas, sosteniendo una relación de cuidado entre la naturaleza y la comunidad. Es un modo de vida que fomenta la coexistencia armoniosa con la naturaleza: el bosque, el agua, los ríos, la vegetación, los hongos, los animales, los insectos, el aire, la tierra y el monte. Además, la agroecología permite analizar las diversas relaciones de poder entre los actores que explotan los recursos naturales del territorio, quienes frecuentemente mediante la imposición y manipulación de mecanismos económicos, sociales, culturales e incluso políticas gubernamentales.

Por esta razón, algunas prácticas para la producción agroecológica no solo se centran en los aspectos productivos, sino también en la transformación integral del territorio, por lo que se basan en ocho pilares fundamentales:

- **Derecho a un ambiente sano.** Implica la preservación de la diversidad de fauna y flora, garantizando que los ríos y sus afluentes contengan agua limpia, libre de sustancias tóxicas que puedan perjudicar el suelo, el aire o la salud de los seres vivos. Además, es fundamental que el paisaje sea agradable y saludable, fomentando el cuidado y uso responsable de la biodiversidad en los distintos ambientes. Para ello, se requiere la participación de consumidores conscientes, que contribuyan al mantenimiento de la agrobiodiversidad al promover prácticas sostenibles y respetuosas con el entorno natural.
- **Autonomía económica.** Se busca atender necesidades fundamentales como el acceso a una vivienda digna, el bienestar en salud y el disfrute de espacios para el esparcimiento y la calidad de vida. Además de asegurar espacios de comercialización e independencia financiera, se busca promover la creación de sistemas alimentarios locales, junto con la producción y transformación de bienes de primera

necesidad, para reducir la dependencia de empresas transnacionales. Asimismo, se priorizan circuitos cortos de economía solidaria, locales y respetuosos con el medio ambiente, fortaleciendo una economía más justa.

- **Intercambio de saberes.** Se basa en un diálogo horizontal y descolonizado, donde campesinos, estudiantes, académicos y sociedad, participan como iguales. Este proceso promueve que el conocimiento sea accesible para todos, fomentando su compartición y preservación. También se busca que el intercambio tenga un fin político, para transformar la realidad a partir de la persistencia de los saberes compartidos. Este proceso es intergeneracional, donde se valora tanto la actitud de compartir como el reconocimiento del propio saber.
- **Acción política y de cuidados.** Implica generar espacios que impulsen los procesos educativos y de sensibilización para promover la participación comunitaria, con el objetivo de transformar las condiciones de vida hacia una existencia más digna. Esta acción debe reflejar una identidad colectiva, expresada a través de actitudes y comportamientos que fortalezcan los lazos comunitarios, que se sustenten en valores de cooperación y solidaridad, fomentando relaciones afectivas basadas en el cuidado mutuo y el bienestar compartido.
- **Producción agroecológica.** Fomenta la agrobiodiversidad, cultivando sin el uso de agrotóxicos y cuidando los bienes socioambientales y los saberes campesinos. Su objetivo es la autosuficiencia alimentaria que satisfaga las necesidades básicas, respetando la vida en todas sus formas y promoviendo el amor al prójimo, fomentando una profunda conexión y respeto hacia la Tierra, enseñando a las personas a amarla y cuidarla.
- **Feminismo comunitario.** Es fundamental valorar el papel que desempeñan las mujeres en las comunidades, garantizando espacios públicos donde destaque su participación en la toma de decisiones. Este enfoque impulsa el fortalecimiento de los ingresos económicos de las mujeres, al tiempo que fomenta la creación de espacios colectivos donde se promueve la reflexión sobre la trata y las violencias de género, reconociendo su contribución a los procesos de construcción colectiva y su realización personal en ámbitos donde pueden expresar sus opiniones, pertenecer a comités y generar espacios de bienestar y felicidad compartida.
- **Soberanía alimentaria y de salud.** Se busca fomentar el consumo local para garantizar alimentos suficientes, saludables, nutritivos y cercanos. Se busca formar consumidores conscientes que opten por cadenas cortas de distribución, fortaleciendo así la producción y consumo de lo local, impulsando respeto por la identidad, los conocimientos y las prácticas de la medicina tradicional.
- **Participación de las nuevas generaciones.** La integración de niños, niñas y jóvenes es esencial para fortalecer la identidad comunitaria. Se deben involucrar en actividades que fomenten los valores cooperativistas y su sentido de pertenencia comunitaria, pues es crucial que experimenten y aprendan que el cooperativismo es

una forma de empleo. Al mismo tiempo, se debe propiciar la creación de espacios formativos dedicados a asegurar la continuidad y cohesión de la comunidad.

A su vez, los pilares se dividen en cuatro áreas de intervención, las cuales surgen de un diagnóstico socioambiental de la región y del tejido social desarrollado durante los últimos veinte años por el CES, lo que brinda una base sólida para acompañar procesos de transición agroecológica a nivel territorial.

a) Acciones a nivel de cuenca / microcuenca para la transición agroecológica

Quienes habitan en este territorio sueñan con una comunidad verde, con aire puro, agua limpia, abundante y fauna silvestre como ajolotes, carpas y ranas; para lograr esto, es crucial no quemar los bosques, promover la agroecología y educar a niños, niñas y jóvenes. Estos esfuerzos contribuirán a la mejora de la salud, incrementar la producción y crear un ambiente donde la flora y fauna silvestres puedan prosperar, además de sensibilizar a las nuevas generaciones sobre la importancia del ambiente.

Para avanzar en este sentido, se proponen procesos de transición agroecológica que abarquen a las parcelas de las comunidades de la CAA, organizadas a su vez en microcuencas. Las familias que viven en estas microcuencas, herederas de conocimientos tradicionales, eligen a sus representantes por usos y costumbres propios para la gestión de recursos naturales, prevención de incendios forestales y el manejo adecuado del agua, siempre en concordancia con los acuerdos comunitarios.

Es necesario que las acciones del CES se desarrollen con una visión de restauración integral de cuenca en el territorio, desde la dimensión socioambiental de los sistemas complejos hasta el diálogo transdisciplinario en cada microcuenca de la siguiente manera:

- Fomentando procesos de reforestación para reducir la erosión y capturar el material particulado transportado por el viento.
- Fortaleciendo la agricultura campesina vigente donde se encuentran todavía los agroecosistemas milenarios desde diferentes espacios: en el traspatio familiar, en la parcela campesina y en espacios de uso común y ejidos; con apoyos a grupos y organizaciones de base comunitaria para mantener sus prácticas campesinas y mejorarlas con procesos agroecológicos.
- Desarrollando la agroforestería con especies nativas y conocimiento campesino para aumentar la agrobiodiversidad.
- Promoviendo prácticas de conservación de agua y suelo en faenas agroecológicas con intercambio de saberes: zanjas con curvas nivel, barreras, barreras vivas y muertas, gaviones, etc., para evitar la erosión.
- Preservando especies silvestres y el conocimiento ancestral sobre su aprovechamiento.

- Impulsando ecotecnologías para el saneamiento de residuos sólidos y líquidos en los hogares de las comunidades con uso de biodigestores, SUTRANE, tanques de ferrocemento, biofiltros, lombricompostas, bioinsumos, etc.
- Con la Escuelita Campesina Agroecológica (ESCAMPA) en los diferentes espacios comunitarios (traspatio, parcela, áreas comunales), el CES busca promover procesos de incidencia sobre el derecho al agua, a la salud, a la alimentación y al ambiente sano (DESCA), mediante un diálogo respetuoso partiendo de la realidad de las comunidades y sus posibilidades, con los científicos y organizaciones de base comunitaria considerando la dignidad de las personas.
- Reduciendo residuos y la eliminación de la quema de basura.

b) Trabajo comunitario a través de la Escuelita Campesina Agroecológica

La Escuelita Campesina Agroecológica del CES (Ixtacuixtla, Tlaxcala) es un espacio de reflexión y acción sobre las problemáticas socioambientales, producción de alimentos y repercusiones a la salud, basado en la educación popular, intercambio de saberes para difundir prácticas agroecológicas entre las y los maestros, académicos, alumnos, campesinos, técnicos y activistas con un diálogo horizontal donde el conocimiento generado es colaborativo, local y adecuado a las características bioculturales de las microcuencas.

Además de continuar con las metodologías de la educación popular, la Escuelita considera necesario:

- Involucrar a niños y niñas en actividades que promuevan la conciencia sobre los problemas del campo y la agricultura amigable con la naturaleza.
- Fomentar una alimentación saludable, evitando la comida chatarra.

c) Autonomía alimentaria y el derecho a la salud

Los miembros del CES aspiran a una comunidad que tenga autosuficiencia alimentaria porque permite mantener los elementos de la naturaleza y el saber campesino en manos de las comunidades y poder decidir sobre una alimentación sana. También genera de manera local el derecho al agua suficiente y limpia; otro elemento es mantener los agroecosistemas campesinos, conservar la biodiversidad, los recursos naturales y la agrobiodiversidad que facilita la disposición de plantas medicinales, sostener el ciclo hidrológico del agua y generar un paisaje que aminore los efectos del cambio climático. Esto brinda satisfacción, reduce los costos y permite compartir con familiares y la comunidad. Estos elementos entrelazan las diferentes generaciones de personas en la comunidad, se va transmitiendo el saber campesino y el cuidado a la naturaleza; en resumen, desde el CES se llama Agri-Cultura campesina.

Asimismo, en la **Tabla 10.3** se muestra lo que el CES busca que diversas organizaciones e instituciones aporten mediante distintas acciones.

Tabla 10.3. Propuestas de acciones para la transición agroecológica por sector e instituciones

Ente promovente	Acción
SEMARNAT, BIENESTAR, SADER, Organizaciones	Integren en todos sus programas y acciones la perspectiva de derechos humanos, económicos, sociales, culturales, ambientales y de los pueblos; respetando todos los convenios internacionales y las normas nacionales, privilegiando la que mejor proteja a las personas (Art. 1 constitucional). Que promuevan el fortalecimiento de los agroecosistemas campesinos e indígenas, sin el uso de agrotóxicos y fertilizantes, de acuerdo con sus formas locales de organización.
ACADEMIA	La generación de evidencias científicas de las ventajas ambientales, alimentarias, productivas y sociales que tienen los agroecosistemas campesinos e indígenas entre ellas las agroforestales tradicionales. Mediante la investigación acción participativa (IAP) y la transdisciplina, respetando la formas y tiempos de la organización comunitaria.
ACADEMIA	La continuación con el diagnóstico de los llamados “Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT)” en los diversos agroecosistemas de las diferentes microcuencas y con otros actores, a fin de consolidar los resultados encontrados. Mantener el monitoreo de contaminantes y agrotóxicos en la Cuenca. Mediante la investigación acción participativa (IAP) y la transdisciplina, respetando la formas y tiempos de la organización comunitaria.
SEMARNAT, BIENESTAR, SADER, Organizaciones	La revalorización de la ganadería familiar como parte del proceso integral de los agroecosistemas que permite obtener alimentación sana, encadenamiento a los otros eslabones de los ecosistemas y como fuente de insumos para las biofábricas.
SADER	La promoción de la agroecología como forma de obtención de alimentos agropecuarios y productos del sector primario como forestería e insumos de las industrias. Sustitución de los agrotóxicos por prácticas agroecológicas mediante esquemas de educación popular y respeto a la organización comunitaria.
SEMARNAT, BIENESTAR, SADER, Organizaciones	La promoción de ecotecnologías que mejoren el acceso a fuentes de agua y energía renovables.
SEMARNAT, BIENESTAR, SADER, Organizaciones	El fortalecimiento de la diversidad funcional (cultivada y no cultivada; animal y vegetal) en los agroecosistemas tanto en tiempo (rotaciones) como en el espacio (asociaciones, intercalaciones) bajo los principios de la agricultura campesina.
ACADEMIA	La investigación de los beneficios y usos de las plantas medicinales para tenerlas en la casa y enseñar a los hijos a utilizarlas. Mediante la investigación acción participativa (IAP) y la transdisciplina, respetando la formas y tiempos de la organización comunitaria.
SEMARNAT, BIENESTAR, SADER, Organizaciones	El cultivar y facilitar espacios para la promoción de las plantas medicinales y evitar el uso de agrotóxicos.
SEMARNAT, SADER, SALUD, COFEPRIS	Establecer políticas públicas y acciones de gobiernos para la eliminación total del uso de agrotóxicos y cualquier sustancia que afecte a la salud humana. Garantizar el cumplimiento de la normas ambientales y sanitarias con recursos, personal operativo y especializado, infraestructura pública para evitar los procesos contaminantes de la industria y de la agroindustria en La Cuenca. Divulgar medidas de protección durante la aplicación de pesticidas, la disposición y aseo de vestuario y equipo utilizado, así como el manejo conveniente de envases vacíos de pesticidas utilizados para que no lleguen al hogar de quienes aún estén utilizando estos productos.

Fuente: Centro de Economía Social Julián Garcés, 2024.

- d) D) Impulsar el trabajo comunitario con niños, niñas, mujeres y juventudes.

El CES tiene como horizonte una comunidad agroecológica que priorice a mujeres y jóvenes, mediante la transformación de productos agrícolas y artesanales. Este impulso no solo fortalece la economía solidaria y el comercio justo, sino que también reduce residuos y mejora la calidad de vida. Asimismo, el CES busca que las nuevas generaciones permanezcan en sus comunidades, para lo cual es necesario cambiar los estándares aspiracionales de vida e inculcar el amor a la tierra, lo que permitirá asegurar el relevo generacional, promover la salud y preservar del medio ambiente. Del mismo modo, el Centro pretende que las mujeres tengan un ingreso digno que les permitiría resolver su economía familiar y comercializar sus productos campesinos y de transformación en un espacio colectivo basado en la reflexión, la participación con principios y los valores humanos, generando procesos de deconstrucción compartida. Este trabajo comunitario permitiría a las niñas acceder a actividades acordes con su edad y enseñarles la importancia de la producción agroecológica para sus familias y su región.

Para lograr estos objetivos, el CES propone:

- Desarrollar un proceso organizativo, agroecológico y de economía solidaria que mantenga la agricultura campesina en los territorios.
- Crear redes de comercialización solidarias y comercio justo que aseguren la viabilidad de los productos agroecológicos y fortalezcan los procesos de agricultura campesina mediante la autogestión comunitaria con educación popular.
- Involucrar a los niños y niñas en actividades colectivas y agrícolas que fortalezcan su conexión con la tierra.

El CES considera que la agroecología puede ser un medio integral para enfrentar los desafíos ambientales, agrícolas y sociales de la microcuenca y contribuir a la problemática de la Cuenca Atoyac-Zahuapan. A través de la educación popular, busca mejorar la producción agrícola, fortalecer la autonomía económica de las comunidades, promover la justicia social y fomentar un modo de vida comunitario. Con este enfoque, el CES aspira a transformar profundamente la relación entre las personas y la naturaleza, priorizando la salud, la soberanía alimentaria y la transmisión de saberes entre generaciones.

Pautas de mejora para las redes solidarias propuestas desde COSOALI

Además de las aportaciones del CES respecto a las transiciones agroecológicas, es importante reconocer las propuestas desde las redes que impulsan el intercambio de productos agroecológicos (**Tabla 10.4**). La Red Cosoali (Construyendo Soberanía Alimentaria) está conformada

por diversos grupos presentes en el territorio de Tlaxcala y Puebla, tiene como misión “ser un colectivo diverso que construye procesos de intercambios justos y solidarios de alimentos, saberes y experiencias para dignificar el trabajo y la vida”. Su visión es “ser una comunidad consolidada en Puebla y Tlaxcala, que impulse economías solidarias, equitativas y justas para la soberanía alimentaria”. Esta red es resultado de los procesos participativos de incidencia del Pronace en Soberanía Alimentaria “Fortalecimiento de redes de producción y consumo” en Puebla y Tlaxcala.

A partir de diagnósticos participativos realizados con Cosoali (descritos en el capítulo 4 de este documento), se elaboraron propuestas para fortalecer las redes de intercambio considerando los procesos organizativos productivos, la distribución, el intercambio, la comercialización y el consumo local. Dichas propuestas se sintetizan en el siguiente cuadro:

Tabla 10.4: Propuestas de mejora de las redes agroecológicas en Puebla y Tlaxcala

Proceso	Propuestas
Organizativo	- Establecer formas democráticas y diálogos horizontales en las organizaciones - Generar y/o reforzar procesos de autogestión - Tener un posicionamiento político a nivel local - Acceder a capacitaciones y formaciones constantes - Gestionar apoyo de expertos externos en los temas que los productores no pueden realizar - Mantener los procesos de reflexión y diálogos internos
Productivo	- Incorporar saberes y prácticas tradicionales - Colectivizar la producción para garantizar mayor oferta - Construir redes de apoyo e intercambio - Apuntalar los procesos de transformación de diferentes productos para evitar mermas y generar valor agregado - Tejer redes con instituciones - Acceder a infraestructura en manejo y captación de agua (depósitos y uso de riego por goteo, etc.) - Desarrollar información de los lugares productivos (clima, aire, plagas, dinámicas naturales, contextos sociales, miradas desde la antropología) - Seguimiento y acompañamiento para productores que comienzan con su transición agroecológica - Implementación de huertos cooperativos como espacio educativo que conecte el campo y la ciudad
Distributivo	- Tener un centro de acopio / almacenamiento propio y adecuado a las necesidades de los productores y productos - Acceder a infraestructura para garantizar la cadena de frío - Contar con nodos de puntos de entrega y recolección - Tener capacitaciones en procesos logísticos - Acceder a financiamientos que permitan la distribución en costos (apalancamiento) - Contar con un almacenaje para insumos - Contar con puntos de venta/distribución propios gestionados en colectivo - Que exista un organismo especializado para hacer la distribución de los productos / abasto de insumos - Desarrollar formas y tipos de distribución acordes a las características de los productos y las condiciones que tienen cada productor y consumidor final - Establecer alianzas estratégicas para habilitar puntos de entrega. - Crear nuevas tecnologías que faciliten la distribución y logística enfocada a pequeños productores

Comercialización	Formalización de las organizaciones mediante cooperativas para asegurar la comercialización de sus productos. Generar circuitos cortos de comercialización Acceder a espacios formativos que orienten uso de TICs y redes sociales Garantizar espacios para la venta continua Acceder a Sistemas participativos de Garantía y / o certificaciones orgánicas participativas para garantizar la trazabilidad de la producción
Consumo y autoconsumo	Desarrollar estrategias para fomentar la cocina tradicional Promover redes de intercambio de alimentos y productos locales Recuperar diversas prácticas de intercambio como el trueque y / o monedas alternativas Capacitar a la siguiente generación de jóvenes en temas de producción de alimentos agroecológicos a través de encuentros comunitarios. Construir redes de aprendizaje tanto de consumidores como de productores.

Fuente: Informe etapas 1 y 2 del Programa Nacional Estratégico en Soberanía Alimentaria PRONACE 316911 “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de economía social y solidaria, en el marco territorial Puebla, 2024.

Este cuadro muestra acciones posibles desde diversas áreas de trabajo de las organizaciones, así como iniciativas que pueden emprender instituciones para afianzar las redes en los territorios.

Consideraciones

Es fundamental reconocer la importancia de procesos agroecológicos como alternativa al uso de agroquímicos. Estos procesos recuperan prácticas tradicionales de producción y consumo, valoran conocimientos y saberes locales, impulsan economías a pequeña escala y promueven una alimentación sana, pertinente y con identidad.

Se ha visto que en el sexenio de 2018 al 2024, se incentivaron políticas que avanzaron hacia estos procesos, pero que no han sido suficientes para lograr afianzar las transiciones hacia sistemas agroecológicos consolidados.

Del mismo modo, es esencial reconocer el papel de la sociedad civil organizada en la región de la CAA. Frente a la grave problemática socioambiental, estas organizaciones han desarrollado estrategias de resistencia basadas en la agroecología y la Economía Social. Por ello, es imperante continuar el trabajo de apuntalar y reforzar estos procesos mediante el diálogo entre sectores sociales, académicos e institucionales, reconociendo tanto los aportes actuales como los potenciales y valorando el camino ya recorrido.

Referencias

- Cotler Ávalos H.; Robles Berlanga, H.; Lazos Chavero, E. (2024). Para mejorar nuestra agricultura y alimentación. En: Agenda socio ambiental. Disponible en: https://agenda-socioambiental2024.mx/wp-content/uploads/2024/04/08_Agenda_Ambiental_2024_Sistemas_Alimentarios.pdf
- Fernando Bejarano González, Aurora Elizabeth Rojas García, Yael Yvette Bernal Hernández, Octavio Gaspar Ramírez y Omar Arellano Aguilar (2024). Para mejorar nuestra agricultura y nuestra alimentación. Sistemas agroalimentarios, plaguicidas altamente peligrosos. Avances y pendientes. Agenda Socio ambiental- Sistemas agroalimentarios. Disponible en: 2024. <https://agendasocioambiental2024.mx/alimentacion/>
- García-Bustamante, Rocío; de León, V. Hernández, R. L. (2023). Informe etapas 1 y 2 del Programa Nacional Estratégico en Soberanía Alimentaria PRONACE 316911 “Fortalecimiento y habilitación de redes e iniciativas alimentarias de producción y consumo local de economía social y solidaria, en el marco territorial Puebla.
- Gómez Cruz, MA; Gómez Laura; Ortiz Martínez, Luis E. (2022). Citricultura orgánica con enfoque agroecológico: un modelo exitoso en el norte de Veracruz. CEDRSSA Centro de Estudio para el Desarrollo Rural Sustentable y Soberanía Alimentaria. Cámara de Diputados LXV legislatura: México, diciembre 2022.
- Ley general de la alimentación adecuada y sostenible, (2024, 17 abril), México, DOF <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAAS.pdf>
- Proyecto de Estrategia Nacional de Agroecología y Patrimonio Biocultural (2024-2030). Subsecretaría de Política Ambiental y Recursos Naturales. Dirección General de Agroecología y Patrimonio Biocultural.

CONCLUSIONES

La contaminación en la Cuenca del Alto Atoyac constituye un caso emblemático de devastación socioambiental, resultado de un metabolismo económico-industrial configurado históricamente para privilegiar la acumulación de capital por encima de la salud de las comunidades y la integridad de los ecosistemas. En este sentido, el segundo informe estratégico de la CAA es un documento que muestra resultados de investigaciones que documentan esta devastación, pero también las resistencias y propuestas comunitarias que se han generado en el territorio.

Este informe actualiza los hallazgos de los Pronaii en torno a los procesos contaminantes y sus efectos en la salud durante el periodo 2023–2024. Esto es relevante porque la elaboración del primer informe respondió a una coyuntura muy concreta, orientada a proveer a la Secretaría de Salud Federal de nuevos datos relevantes en los temas de salud y contaminación, mismos que debían incluirse para diseñar recomendaciones puntuales para su atención.

Si bien la presencia de ERC y LLA en edades tempranas es preocupante en la CAA debido a que la tasa de mortalidad por estas causas se encuentra por encima de la media nacional, existen muchos otros padecimientos relacionados con la contaminación sobre los cuales es necesario continuar investigando. Por esta razón, se abarca un espectro mayor de enfermedades, a fin de diseñar estrategias de diagnóstico y atención especializada para la población expuesta y enferma.

Se incorporó información relativa a la contaminación del aire, así como a la generación de residuos sólidos y a la deficiente gestión de estos en la cuenca, lo que evidencia la multiplicidad de fuentes de exposición para la población y la degradación de los ecosistemas. Además, se muestra la complejidad de los procesos contaminantes, los cuales provienen de diversas fuentes que se transfieren a través de la cadena trófica hasta alcanzar los cultivos de consumo humano. En consecuencia, las personas resultan intoxicadas por aquello que comen, beben y respiran.

Asimismo, en este informe se profundiza en la salud laboral, una dimensión poco explorada en estudios previos sobre la exposición a contaminantes en la CAA. Mediante un proyecto desarrollado en colaboración con artesanos y artesanas del barro y la talavera en cinco municipios de Tlaxcala, se analizó la presencia de metales pesados utilizados en los procesos de producción. Paralelamente, se indagó sobre prácticas cotidianas vinculadas al uso de utensilios elaborados con plomo y sobre otras posibles fuentes de exposición. Investigaciones de este tipo sientan un precedente importante respecto a las necesidades de afiliación a servicios de salud de esta y de otras poblaciones trabajadoras que se autoemplean en distintos sectores de la cuenca.

De igual forma, se hizo un acercamiento a las recomendaciones del primer informe y se identificaron las instancias responsables de su implementación en los tres niveles de gobierno, así como en el ámbito empresarial, académico y de la sociedad civil. Como se ha señalado a lo largo del documento, los problemas complejos requieren la participación coordinada de múltiples actores para su atención.

Se reconoce que esta complejidad se ha convertido en un obstáculo para la acción, lo que lleva a la pregunta ¿qué corresponde hacer a cada quién? En este sentido, el aporte más trascendental de este Segundo Informe es el establecimiento de pautas que favorecen la coordinación entre los distintos actores involucrados. Se espera que estas pautas tengan vida propia y que puedan conformar pequeños manuales para la acción, que sean utilizados por los diferentes actores involucrados para tener claridad en las estrategias y planes de atención para la CAA.

De manera complementaria y relevante, se incluyó la perspectiva de las comunidades. Si bien en el primer informe organizaciones como el CFJG y la CAV participaron activamente en la validación de la información y de las recomendaciones, dentro del cuerpo del documento no se aprecian sus trayectorias de lucha por denunciar la contaminación y sus efectos. En este segundo informe, hubo una participación directa de varias organizaciones que ofrecieron su punto de vista sobre los procesos de denuncia y sus alcances, sus luchas por la gestión de sus recursos, así como las acciones que han llevado a cabo para mejorar la calidad de vida de las comunidades.

Además, este informe revela elementos valiosos para la concreción de uno de los compromisos establecidos por la presidencia de la República en el marco del Plan Nacional de Desarrollo, que prevé el saneamiento de tres cuencas altamente contaminadas en el país, entre ellas la del Alto Atoyac en Puebla y Tlaxcala. Algunos de los hallazgos conducen al establecimiento de imperativos para lograr el saneamiento ambiental de la región: a) operar los programas con una mirada integral de la cuenca; b) otorgar prelación a los daños a la salud y el diseño de estrategias para su prevención, promoción y atención; c) incluir realmente a las comunidades en la elaboración de los proyectos de saneamiento, tomando en cuenta especialmente la propuesta comunitaria de restauración integral elaborada por el CFJG en colaboración con un equipo de investigadores especialistas en diversas disciplinas; d) garantizar un análisis profundo de las causas, considerando la revisión de las normativas de emisión de contaminantes que permita atender de fondo y de forma sostenida el problema, más allá de las acciones superficiales y momentáneas. Este segundo informe aporta elementos en estos sentidos y evidencia la necesidad de dar continuidad al ejercicio de hacer investigaciones transdisciplinarias articuladas entre academia, gobierno, empresas y sociedad civil.

El documento también demuestra que las comunidades afectadas no son sujetos pasivos de esta crisis, ya que a lo largo de las últimas décadas han construido estrategias basadas en la organización comunitaria. Entre ellas podemos mencionar: la gestión comunitaria del agua; procesos para las transiciones agroecológicas como la escuela campesina, la implementación de ecotecnias en comunidades campesinas y el impulso de redes solidarias que articulan la producción, comercialización y consumo responsable; experiencias como las de los comités comunitarios de agua; y la Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario en Agroecología y Soberanías Alimentarias (ENBC-ASA). Todas ellas son expresiones de un sujeto social en resistencia que vincula los saberes comunitarios.

Por otro lado, se identifican avances en la incidencia en políticas públicas, desde la recomendación 10/2017 de la CNDH, hasta las denuncias ante los tribunales internacionales del agua. Las comunidades han visibilizado la problemática, pero la dimensión estructural del problema exige la construcción de una doble estrategia. Por un lado, reformar la triple hélice tecno-mercantil para asegurar que la investigación, el diseño y la producción industrial respeten los límites ecológicos; por el otro, es necesario consolidar una triple hélice comunitaria en la que el Estado y la academia trabajen con las organizaciones de base comunitaria para fortalecer ciclos económico-domésticos y así garantizar o fortalecer la autonomía territorial.

Finalmente, la experiencia en la CAA confirma que no basta con generar diagnósticos. La investigación debe convertirse en herramienta de incidencia, acompañando a las comunidades en la defensa de sus territorios, por lo que este segundo informe se concibe como un instrumento de lucha y una hoja de ruta para avanzar hacia un modelo que ponga la vida, la salud y la justicia socioambiental en el centro.

GLOSARIO

a1-MG - Alfa-1-microglobulina - Proteína de bajo peso molecular que es reabsorbida por los túbulos renales, por lo que su presencia en orina indica daño tubular. Es un biomarcador sensible para evaluar toxicidad renal por exposición a contaminantes.

Agente tóxico - Desde un punto de vista de la toxicología, se refiere a las sustancias tóxicas producidas por las actividades industriales y urbanas. Desde un punto de vista económico-social, alude a las personas con estatus jurídico-económico, es decir, las empresas y/o industrias que producen las sustancias tóxicas.

Agrotóxicos - Sustancias de síntesis químicas utilizadas en la agricultura para controlar plagas, enfermedades y malas hierbas que afectan a los cultivos causando daños al medio ambiente y a la salud humana. Incluyen pesticidas, herbicidas y fungicidas.

Amebiasis - Enfermedad intestinal provocada por el parásito *Entamoeba histolytica*, causando diarrea, colitis o disentería aguda.

Bioacumulación - Proceso por el cual ciertas sustancias químicas se acumulan en los tejidos de los organismos vivos a lo largo del tiempo. Ocurre cuando la tasa de absorción de una sustancia supera su capacidad de eliminación. La bioacumulación puede provocar efectos tóxicos en organismos individuales y afectar a

toda la cadena alimentaria, incluyendo a los humanos que consumen especies contaminadas.

Biogás - Un tipo de gas renovable que se obtiene a partir de los desechos orgánicos de industrias como la alimenticia, agrícola o ganadera.

Biomarcadores - Indicadores biológicos medibles que reflejan procesos fisiológicos, estados patológicos o la exposición a agentes tóxicos. En salud ambiental, los biomarcadores permiten detectar y cuantificar la presencia de contaminantes en fluidos corporales como sangre u orina.

BPC - Bifenilos Policlorados - También conocidos como PCB por sus siglas en inglés (Polychlorinated Biphenyls), son una familia de compuestos industriales usados como aislantes eléctricos, lubricantes y fluidos hidráulicos que persisten en el ambiente debido a su alta estabilidad química.

CAA - Cuenca del Alto Atoyac - Cuenca hidrológica del Río Atoyac que abarca parcialmente los estados de Tlaxcala, Puebla y México.

Calb-D - Calbindina D - Proteína fijadora de calcio expresada en el túbulo distal renal. Su aumento en orina indica alteración en este segmento tubular, y puede asociarse con toxicidad por metales.

Cadena de proveeduría - Red de industrias en las que se establece una estructura jerárquica de producción y distribución hacia el interior de los distintos eslabones de esta cadena; empresas diversas que se encargan de la producción de algún insumo, materia prima, materia de trabajo o bien que realizan la distribución a lo largo de toda la red, hasta llegar a la producción de un producto final.

Caravana Toxitour - La “Caravana sobre los impactos sociales y ambientales de las empresas transnacionales y el libre comercio en México” (#Toxitour México) se llevó a cabo entre el 2 y el 11 de diciembre de 2019. Los promotores iniciales de esta iniciativa fueron organizaciones asociadas a la Asamblea Nacional de Afectadas/os Ambientales de México (ANAA) y el Equipo de Poder Corporativo del Transnational Institute (TNI). ANAA es una red de 130 organizaciones indígenas, campesinas, sindicatos y ONGs, activas en torno a los conflictos de justicia social y ambiental en México. Los infiernos ambientales que se recorrieron fueron: Cuenca del Río Santiago, Jalisco; Cuenca de la Independencia (Zona norte y ciudad de Guanajuato); Cuenca del Río Tula en el Sur del Valle del Mezquital; Cuenca del Atoyac-Zahuapan en Tlaxcala y Puebla; Cuenca Libres-Oriental en el centro oriental de Puebla y Cuenca del Río Coatzacoalcos y la red de ciudades industriales en el Istmo de Tehuantepec Norte y Jáltipan.

CES - Centro de Economía Social Julián Garcés - Organización de la sociedad civil que promueve procesos de cuidado

al ambiente, de participación comunitaria, economía solidaria y agroecología.

CFJG - Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C. - Asociación Civil sin fines de lucro que acompaña a grupos comunitarios para fortalecer sus procesos organizativos, de denuncia e incidencia comunitaria, legislativa y de política pública con el fin de generar cambios frente a las problemáticas de trata de mujeres y niñas para la explotación sexual y la devastación socio ambiental.

Ciclo hidro-político - Relación entre el agua y el poder, en la que el agua, más que un medio físico, es un vehículo de poder a través del cual se construyen, se reproducen y se disputan relaciones desiguales.

Ciclo hidrosocial - Proceso socio-natural a través del cual el agua y la sociedad se hacen y rehacen mutuamente sobre el espacio y el tiempo.

Ciclo socio-natural del agua - La conjunción inseparable del agua y la dimensión social. Mientras que el agua atraviesa su ciclo natural, de igual manera atraviesa un ciclo social que integra aspectos políticos, legislativos, normativos, así como infraestructura y consumidores.

CII - Colectivos de Investigación e Incidencia - Grupos transdisciplinarios que, a través de la articulación de saberes y esfuerzos, buscan co-construir conocimientos y propuestas orientadas a la transformación de problemas públicos

concretos. En el marco de los Pronaii, estos colectivos han sido la vía operativa para el abordaje de problemas prioritarios y situados.

Cys-C - Cistatina C - Proteína inhibidora de proteasas que se filtra libremente por el glomérulo. Su medición en orina (o suero) refleja la función de filtración glomerular y también puede indicar daño tubular si no se reabsorbe adecuadamente.

Coexposición - Situación en la que una persona, comunidad u organismo está expuesto simultáneamente a múltiples agentes químicos, físicos o biológicos, que pueden interactuar y potenciar sus efectos sobre la salud.

Colinesterasa - Enzima presente en la sangre y tejidos que participa en la descomposición del neurotransmisor acetilcolina, permitiendo el adecuado funcionamiento del sistema nervioso. La actividad de la colinesterasa puede inhibirse por exposición a ciertos plaguicidas, como los organofosforados y carbamatos, lo que provoca efectos tóxicos como debilidad muscular, dificultad respiratoria y alteraciones neurológicas. Por ello, su medición es un biomarcador útil en estudios de exposición a plaguicidas.

COA - Comunidad de Aprendizaje - Grupo de personas que comparten un interés por aprender y transformar su realidad. Este proceso se da mediante el diálogo y el intercambio de saberes, la reflexión crítica y colectiva, y la colaboración constante.

CONAGUA - Comisión Nacional del Agua - Organismo administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, que tiene como función administrar y preservar las aguas del país con el objetivo de garantizar el uso sostenible de este recurso natural y sus bienes públicos inherentes.

CAV - Coordinadora Por un Atoyac con Vida - Organización que surge como respuesta a la grave situación de contaminación del río Atoyac y su cuenca, especialmente en los estados de Puebla y Tlaxcala, donde se descargan aguas residuales, afectando la salud de las personas y el medio ambiente. Su objetivo principal es la recuperación de la salud del río y la defensa de los derechos humanos de las comunidades que dependen de él.

COSOALI - Construyendo Soberanía Alimentaria - Colectivo de productores, consumidores, gestores y académicos de Tlaxcala y Puebla, que construyen procesos de intercambios justos y solidarios de alimentos, saberes y experiencias para dignificar el trabajo y la vida.

COT - Carbono orgánico total - Medida de la cantidad de compuestos orgánicos presentes en una muestra de agua.

COV - Compuestos orgánicos volátiles - Sustancias químicas orgánicas volátiles, tóxicas e inflamables, precursores del ozono;

DBO - Demanda Bioquímica de Oxígeno - Parámetro crítico utilizado para determinar la calidad del agua, midiendo

la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos para descomponer la materia orgánica en el agua.

DENUE - Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas - Provee de información actualizada de los datos de identificación y ubicación de las unidades económicas activas en el territorio nacional, para la planeación, diseño y evaluación de políticas públicas de carácter económico; así mismo, es una fuente de información estadística confiable y parte fundamental del proceso de toma de decisiones para direccionar la inversión y optimizar recursos en los ámbitos público y privado.

Declaratoria de Clasificación de los ríos Atoyac y Xochiac o Hueyapan, y sus afluentes - Documento oficial publicado el 06 de julio de 2011 en el Diario Oficial de la Federación, el cual tuvo por objeto determinar los parámetros específicos que deben cumplir las descargas de aguas residuales a dichos cuerpos de agua, así como el establecimiento de metas diferenciadas entre descargas de origen no municipal y municipal, así como plazos diferenciados en función del tipo de contaminante y de la zona en la que se realice la descarga, a cumplirse en los años 2012, 2015, 2025 o 2030.

DOF - Diario Oficial de la Federación - Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, de carácter permanente e interés público, cuya función consiste en publicar en el territorio nacional las leyes, decretos,

reglamentos, acuerdos, circulares, órdenes y demás actos, expedidos por los Poderes de la Federación y los Órganos Constitucionales Autónomos, en sus respectivos ámbitos de competencia, a fin de que éstos sean aplicados y observados debidamente.

DQO - Demanda química de oxígeno - Parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂/l).

DR - Distrito de Riego - Área delimitada destinada a la producción agrícola mediante riego, administrada por CONAGUA. Cuenta con infraestructura para captar, almacenar y distribuir agua a los cultivos. Surgieron en 1926 y están regulados por la Ley de Aguas Nacionales.

Economía circular - Modelo económico que busca el reciclado de desechos y desperdicios, desde la perspectiva de la cadena de proveeduría como un todo, alternativa sostenible, bajo el principio de la reutilización. Contempla la problemática de que no todos los residuos pueden ser reciclados, dada la complejidad de los materiales que se intenta reciclar. El mismo proceso de reciclaje de productos químicos necesita de otras sustancias químicas, o bien hace uso de combustibles, que en sí mismos son altamente contaminantes.

ESS - Economía Social y Solidaria - Propuesta de organización económica, social y ambiental que busca servir como alternativa frente a las problemáticas que surgen dentro del sistema económico predominante. Las problemáticas van desde la precariedad laboral, el encarecimiento de los bienes y servicios básicos, la destrucción del medio ambiente, la pobreza alimentaria, entre otras.

eGFR - Tasa de filtración glomerular estimada - Indicador utilizado para verificar qué tan bien están funcionando los riñones.

ENBC - Especialidad Nacional en Bienestar Comunitario - Programa educativo orientado a atender las problemáticas más urgentes en los territorios rurales y urbanos que revelan mayor marginación social y ambiental, mediante la formación de sujetos sociales que tengan capacidades de incidencia en sus territorios.

ENT - Enfermedades No Transmisibles - Grupo de enfermedades crónicas que no se transmiten de persona a persona, generalmente se desarrollan lentamente en muchos casos están asociadas a factores de riesgo.

EPP - equipo de protección personal - Conjunto de elementos y dispositivos diseñados específicamente para proteger al trabajador contra accidentes y enfermedades que pudieran ser causados por agentes o factores relacionados a sus actividades de trabajo, además de la atención de emergencias.

EPT - elementos potencialmente tóxicos - Grupo de elementos químicos, mayoritariamente metales y metaloides que pueden representar un riesgo para la salud humana y el ambiente cuando se encuentran en concentraciones elevadas.

Filtración glomerular - Proceso mediante el cual los riñones filtran la sangre en los glomérulos, estructuras microscópicas ubicadas en las nefronas. La tasa de filtración glomerular (TFG) es un indicador de la función renal y su disminución puede reflejar daño o deterioro progresivo en los riñones.

Incidencia - (1) En epidemiología, se refiere al número de casos nuevos de una enfermedad o condición de salud que ocurren en una población específica durante un periodo determinado. Se expresa como una tasa y permite estimar el riesgo de aparición de enfermedades. (2) En el ámbito social o político, se refiere al conjunto de acciones estratégicas orientadas a generar cambios en políticas públicas, prácticas institucionales y comunitarias. (3) Se entiende como incidencia a la influencia o impacto que tuvieron los Pronaii entre los actores del territorio.

INEGI - Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática - Organismo autónomo del Gobierno de México responsable de generar, integrar y difundir información estadística y geográfica del país.

Ingeniería GM (Geomembrana) - Hace referencia a sitios de disposición final de

residuos que cuentan con geomembrana, una barrera sintética impermeable utilizada para proteger el suelo y los cuerpos de agua subterráneos.

IEPS - Iniciativas Alimentarias de Economía Popular, Social y Solidaria - Iniciativas que impulsan la producción, procesamiento, y/o intercambio de alimentos en contextos rurales y urbanos. Son desplegadas por distintos actores sociales, quienes intentan generar alternativas de trabajo, alimentación y vida, desde lo local. Estas iniciativas forman parte de la Economía Social y Solidaria (ESS), pues resignifican las relaciones económicas frente a una lógica de capital que mercantiliza los alimentos y en general la vida, así como los medios que la sostienen.

KIM-1 - Molécula de lesión renal tipo 1 - Proteína expresada en células epiteliales del túbulo proximal tras daño renal. Es un marcador temprano y específico de toxicidad tubular.

LA - Leucemias agudas - Tipo de cáncer que afecta a las células sanguíneas y que progresa rápidamente si no se trata. Se clasifican principalmente en leucemia linfoblástica aguda (LLA) y leucemia mieloide aguda (LMA).

LAINES - Laboratorio de Innovación Económica y Social - Espacio interdisciplinario de la IBERO Puebla en el que se generan procesos sociales y económicos innovadores, con diversos actores y territorios, bajo los principios y valores de asociatividad, cooperación, democracia, solidaridad y autogestión; y que,

por medio de acciones de vinculación, formación, acompañamiento e investigación, inciden en la dignificación del trabajo y la vida de las personas y grupos con quienes colabora.

LGEEPA - Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente - Tiene por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; la preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas; el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles con la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad; la prevención y el control de la contaminación del aire, el agua y el suelo; garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Lixiviados - Líquidos formados por residuos, ya sea por descomposición de desechos orgánicos, derrame de los líquidos que están dentro de envases, o la mezcla de lluvia con residuos solventes.

LMP - Límites Máximos Permisibles - Valores máximos establecidos por

normativas oficiales para la presencia de contaminantes físicos, químicos o biológicos en un medio (agua, aire, suelo, alimentos, entre otros).

lps - Litros por segundo - Unidad que mide el caudal volumétrico, es decir, la cantidad de líquido que fluye a través de un punto o sección por unidad de tiempo.

m/s - Metros por segundo - Unidad del Sistema Internacional que mide la velocidad o rapidez con la que un objeto o fluido se desplaza en el espacio.

Microcuencas - Unidades hidrológicas menores dentro de una cuenca, delimitadas por divisorias topográficas que dirigen el escurrimiento hacia un cauce común, como un arroyo o afluente.

Metales pesados - Grupo de elementos metálicos con alta densidad atómica y potencial tóxico para los seres vivos, incluso en concentraciones bajas. Estos se acumulan en los organismos y en el ambiente, y su exposición prolongada puede causar daños neurológicos, renales, hepáticos, inmunológicos y cancerígenos por lo que son comúnmente monitoreados en estudios de contaminación ambiental y salud pública. Destacan el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), cromo (Cr) y el arsénico (As) como metaloides.

mol/m² - Moles por metro cuadrado - Unidad de medida que expresa la cantidad de sustancia (en moles), presente o depositada sobre una superficie de un metro

cuadrado. Utilizada comúnmente en estudios atmosféricos.

Morbi-mortalidad - Indicador que combina dos aspectos del estado de salud de una población: la morbilidad referida a la frecuencia de enfermedades o condiciones de salud y la mortalidad referida a la frecuencia de muertes. Se utiliza para evaluar el impacto global de enfermedades, especialmente aquellas que son crónicas o de alto riesgo, considerando tanto su presencia como su letalidad.

Morbilidad - Indicador que se refiere a la frecuencia o proporción de personas que padecen una enfermedad o condición de salud en una población determinada durante un periodo específico.

Mortalidad - Indicador que representa la cantidad de muertes ocurridas en una población durante un periodo determinado, generalmente expresado como tasa.

Nefrina - Proteína estructural de la barrera de filtración glomerular en los riñones, esencial para evitar la pérdida de proteínas en la orina. La alteración en sus niveles o su función está asociada con daño renal. Su detección puede utilizarse como biomarcador temprano de daño glomerular.

NGAL - Lipocalina asociada a la gelatinasa de neutrófilos - Proteína liberada en respuesta al daño tubular agudo. Es uno de los biomarcadores más sensibles para la detección temprana de lesión renal aguda.

Neoplasias - Crecimientos anormales y descontrolados de células en el organismo, que pueden formar masas o tumores. Este término incluye una amplia variedad de tipos de cáncer, como leucemias, linfomas y carcinomas.

nm - Nanómetros - Unidad de longitud que permite medir dimensiones extremadamente pequeñas. Equivale a una millonésima parte de un milímetro o, lo que es lo mismo, a una mil millonésima parte de un metro.

NOM - Norma Oficial Mexicana - Regulación técnica de observancia obligatoria en México, expedida por las dependencias competentes, que establece especificaciones, criterios, directrices o características para productos, procesos, servicios o actividades, con el fin de proteger la salud, el ambiente, la seguridad y otros intereses públicos.

NOM-001-SEMARNAT-2021 - Establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la Nación. Tiene como objetivos preservar los derechos humanos al agua y al saneamiento, así como garantizar su disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad, calidad y seguridad y admisibilidad. Esta norma actualiza la Norma Oficial Mexicana NOM 001-SEMARNAT-1996, renovando aspectos técnicos que, por el transcurso del tiempo, esta última ya no cumplía.

NOM-083-SEMARNAT-2003 - Norma Oficial Mexicana que establece las

especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

NOM-127-SSA1-2021 - Norma Oficial Mexicana que establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano en México. Es de observancia obligatoria en el territorio nacional para los organismos responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Esta norma actualiza la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

NOM-165-SEMARNAT-2013 - Esta Norma Oficial Mexicana establece la lista de sustancias sujetas a reporte de competencia federal, para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, sus criterios técnicos y umbrales de reporte.

NOM-199-SSA1-2000 - Norma Oficial Mexicana que establece los niveles de plomo en sangre y las acciones de prevención y control como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.

OBC - Organización de base comunitaria - Entidad sin fines de lucro que opera en una comunidad o área geográfica específica, con el objetivo de abordar las necesidades locales y mejorar el bienestar de sus residentes.

OC - Compuestos Organoclorados - Grupo de sustancias químicas sintéticas que contienen átomos de cloro unidos a estructuras orgánicas. Incluyen plaguicidas como el DDT, lindano y aldrina, así como solventes industriales. Son altamente persistentes, bioacumulables y pueden transportarse a grandes distancias en el ambiente.

OD - Oxígeno disuelto - Cantidad de oxígeno gaseoso presente en el agua, esencial para la respiración de organismos acuáticos. Su concentración es un indicador de la calidad del agua: niveles bajos pueden reflejar contaminación orgánica o condiciones anóxicas, mientras que niveles adecuados favorecen ecosistemas saludables. Se mide comúnmente en miligramos por litro (mg/L).

Organofosforados - Compuestos químicos ampliamente utilizados como plaguicidas en la agricultura que actúan inhibiendo la enzima colinesterasa, lo que afecta el sistema nervioso de las plagas, pero también puede dañar la salud humana en caso de exposición. Su toxicidad aguda es elevada, y se asocian con efectos neurológicos, respiratorios y en algunos casos, endocrinos. A diferencia de los organoclorados, los organofosforados son menos persistentes en el ambiente, pero más tóxicos a corto plazo.

OPN - Osteopontina - Glicoproteína expresada en diversas partes del riñón, especialmente en respuesta a la inflamación

o daño tubular. Participa en procesos de fibrosis y reparación.

PAP - Plaguicidas Altamente Peligrosos/ Tóxicos. Aquellos que reconocidamente representan una peligrosidad aguda o crónica particularmente elevada para la salud o el medio ambiente, de acuerdo con los sistemas de clasificación de la OMS o el SGA, o por figurar en acuerdos o convenciones pertinentes con carácter vinculante. Además, podrán considerarse muy peligrosos y tratarse como tales aquellos plaguicidas que, en condiciones de uso en un país, parezca que ocasionan un daño grave o irreversible para la salud o el medio ambiente.

PAS - Programa de Acciones de Saneamiento de la Cuenca del Alto Atoyac. Se trató de una iniciativa presentada por la CONAGUA y las dependencias federales, estatales y municipales recomendadas por la CNDH (2017) para atender el saneamiento de la cuenca. Esta iniciativa se presentó durante la Primera Sesión del Grupo de Trabajo Interinstitucional, en Puebla el 8 de julio de 2021.

Pasivos ambientales - Daños ambientales resultado de actividades económico-productivas, que durante sus procesos emiten sustancias bajo la forma de residuos lanzados al ecosistema. Son considerados como externalidades económicas, los costos no son contabilizados en el presente, y éste recae directamente sobre las comunidades, como puede ser un tiradero a cielo abierto donde se reciben todo tipo de desechos.

PbS - Plomo en sangre - Indicador biológico de exposición al plomo, expresado generalmente en microgramos por decilitro ($\mu\text{g/dL}$).

PAT - Plan de Acción Territorial - Propuesta colectiva de planificación de estrategias, actividades, responsables y fechas esperadas, que orientan a un grupo o comunidad en un territorio específico para transformar su realidad. Se basa en un diagnóstico participativo con objetivos comunes, y emplea metodologías de investigación y acción.

PNA - Primer Nivel de Atención - Nivel básico del sistema de salud, enfocado en la atención médica primaria y preventiva.

Prevalencia - Número total de casos, nuevos y existentes, de una enfermedad o condición en una población en un momento o periodo determinado que refleja la carga general de una enfermedad en la población.

Proceso contaminante - Desde el punto de vista de la toxicología, es el proceso mediante el cual una sustancia se desdobra en una matriz u organismo, afectándolo. Desde el punto de vista económico-social, es el proceso industrial de producción que genera la(s) sustancia(s) tóxica(s) que contamina(n) y degrada(n) una región.

Propuesta comunitaria para el saneamiento integral de la cuenca Atoyac - Zahuapan y la reparación del daño a las comunidades - Documento elaborado en

2017 por la Coordinadora por un Atoyac con Vida, el Centro "Fray Julián Garcés" Derechos Humanos y Desarrollo Local A.C., la Red de Jóvenes en Defensa de los Pueblos y otras organizaciones comunitarias y sociales. Plantea acciones integrales para el saneamiento ambiental, la defensa de los derechos humanos y la reparación del daño ambiental, social y en salud generado por la contaminación industrial y la omisión de las autoridades.

ppm - Partes por millón - Unidad de medida utilizada para expresar la concentración de una sustancia en una mezcla o dilución. Se emplea cuando la cantidad de la sustancia es muy pequeña en comparación con la cantidad total de la mezcla.

Programa Producción para el Bienestar - Programa que tiene como objetivo incentivar y dotar de liquidez a productores de pequeña y mediana escala que se dedican a la actividad agropecuaria para contribuir al incremento de la productividad de granos (maíz, frijol, trigo panificable, arroz, entre otros), amaranto, chía, caña de azúcar, café, cacao y miel.

Pronaces - Programa Nacional Estratégico - Programas de investigación y desarrollo impulsados por el Conahcyt que buscan atender problemáticas nacionales prioritarias, como salud, agua, cultura, entre otros, a través de proyectos de investigación e incidencia que involucran a la comunidad académica y a la sociedad.

Pronaii - Proyecto Nacional de Investigación e Incidencia - Proyectos

específicos de investigación que se desarrollan dentro de cada Pronace, con el objetivo de generar conocimiento y soluciones a problemas concretos.

Recomendación No. 10/2017 de la Comisión Nacional de Derechos Humanos (CNDH) - Emitida el 21 de marzo de 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.

RENAMECA - Red Nacional de Medición de la Calidad del Agua - Sistema operado por la CONAGUA para el monitoreo sistemático de la calidad del agua en cuerpos superficiales y subterráneos de México.

REPDA - Registro Público de Derechos de Agua - Órgano de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en el que se inscriben los títulos de concesión, asignación y permisos a los que se refiere la Ley de Aguas Nacionales, así como sus prórrogas, suspensión, terminación y los actos relativos a la transmisión total o parcial de los derechos que amparan los títulos y permisos.

RESA - Región de Emergencia Sanitaria y Ambiental - Regiones geográficamente

definidas que se encuentran en una creciente situación de estrés sanitario y ambiental extremo debido a factores demográficos, económicos o políticos. Estas regiones se caracterizan por la convergencia de daños a la salud humana, efectos en los ecosistemas y sus componentes, y una presencia inusual de agentes tóxicos y contaminantes que podrían ser responsables de estos daños y efectos.

RESA - Unidad territorial producida como resultado de la instalación de asentamientos de unidades económicas caracterizadas por una alta concentración empresas organizadas en corredores y parques industriales, agroindustriales y actividades extractivas, promovidos por las políticas económicas neoliberales en todo el mundo durante los últimos 40 años. En ellas se producen, generan y emiten altas concentraciones de sustancias contaminantes —en algunos casos de presencia acumulativa— que a largo plazo han provocado alteraciones negativas en los ecosistemas: aire, agua, acuíferos y cuerpos de agua superficial, biodiversidad y suelos; así como en la población que habita en los alrededores, expuestas de forma permanente a las emisiones contaminantes, dando como resultado afectaciones a la salud.

Residualidad de plaguicidas - Capacidad de un plaguicida para permanecer activo en el ambiente, cultivos, suelo, agua o alimentos después de su aplicación, durante un periodo determinado.

RSU - Residuos Sólidos Urbanos - Desechos generados en zonas urbanas por actividades domésticas, comerciales, de servicios e institucionales.

RETC - Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes - Instrumento público de reporte ambiental administrado por la SEMARNAT, que recopila información anual sobre las emisiones de contaminantes al aire, agua y suelo, así como sobre su transferencia para el tratamiento o disposición final por parte de las empresas.

RSU - Residuos Sólidos Urbanos. Son los generados en casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases o empaques; también incluye los que provienen de cualquier actividad dentro de establecimientos o en la vía pública, que generen residuos con características domiciliarias.

SAAM - Sustancias activas al azul de metileno. Compuestos orgánicos presentes en detergentes y productos de limpieza, cuya concentración se determina mediante una reacción con azul de metileno.

SCIAN - Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte. Sistema elaborado por el INEGI que proporciona un marco único, consistente y actualizado para la recopilación, análisis y presentación de estadísticas de tipo económico, el cual se presenta en un catálogo de actividades

que permite identificar mediante un código y descripción.

SDF - Sitios de Disposición Final - Instalaciones destinadas al confinamiento controlado y permanente de residuos sólidos, peligrosos o no peligrosos, con el objetivo de minimizar su impacto en la salud pública y el ambiente.

SDT - Sólidos disueltos totales - Es el material soluble constituido por materia inorgánica y orgánica que permanece como residuo después de evaporar y secar una muestra previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con poro de 1,5 μm a una temperatura de $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

SEMARNAT - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - Dependencia del gobierno federal de México encargada de formular y conducir la política nacional en materia de medio ambiente, recursos naturales, desarrollo sustentable, agua, biodiversidad y cambio climático.

SIG - Sistemas de Información Geográfica - Conjunto de herramientas computacionales diseñadas para recopilar, almacenar, analizar y representar datos geográficos.

SINA - Sistema de Información del Agua - Plataforma administrada por la CONAGUA que integra y difunde información oficial sobre la disponibilidad, uso, calidad y gestión del recurso hídrico en México.

SINAVE - Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica - Plataforma del Gobierno mexicano encargada de recolectar, analizar y difundir información sobre la ocurrencia de enfermedades y eventos de interés epidemiológico en el país.

Sistema alimentario - Forma en que las personas se organizan para obtener y para consumir su comida.

SITIAVW - Sindicato Independiente de Trabajadores de Volkswagen.

SNA - Segundo Nivel de Atención - Nivel del sistema de salud que brinda atención médica especializada a pacientes referidos desde el primer nivel donde se cuenta con médicos especialistas, equipo diagnóstico y servicios quirúrgicos básicos.

TLCAN - Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

TMEC - Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá - Instrumento que impulsa la profundización de la relación de nuestro país con Estados Unidos y Canadá. Consolida y amplía el marco institucional para otorgar soporte jurídico al inversionista, al empresario y al consumidor en América del Norte, ya que moderniza las reglas del comercio de bienes y servicios en la región e incorpora nuevas disposiciones en materia de Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs), medio ambiente, anticorrupción, asuntos laborales y competitividad, entre otros.

TNA - Tercer Nivel de Atención - Nivel más especializado del sistema de salud, encargado de la atención de enfermedades complejas o de difícil manejo que no pueden ser resueltas en niveles anteriores.

TRI-EPA - Inventario de Emisiones Tóxicas/Agencia de Protección al Ambiente - Recurso para aprender sobre emisiones de sustancias tóxicas y las actividades de prevención de la contaminación, informadas por las instalaciones industriales y federales.

Vulnerabilidad - es un estado de riesgo al que se encuentran sujetas algunas personas en determinado momento.

VWM - Volkswagen de México.

µg/dL - Microgramo por decilitro - Unidad de medida que expresa la concentración de una sustancia en una cantidad específica de líquido, generalmente sangre.

ANEXOS

Anexo 1

ANEXO 1A. Ubicación de industrias en Zonas Atoyac-Zahuapan.

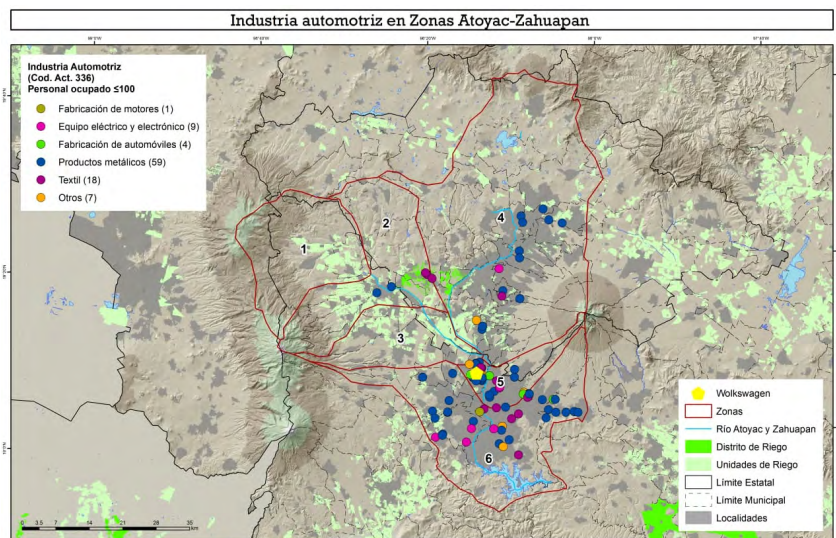


Figura 1A.1. Ubicación industria automotriz. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

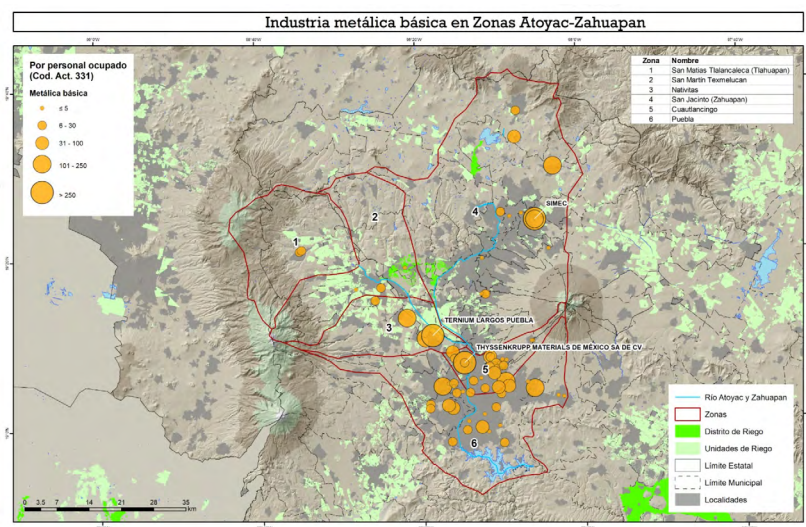


Figura 1A.2. Ubicación industria metálica básica. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

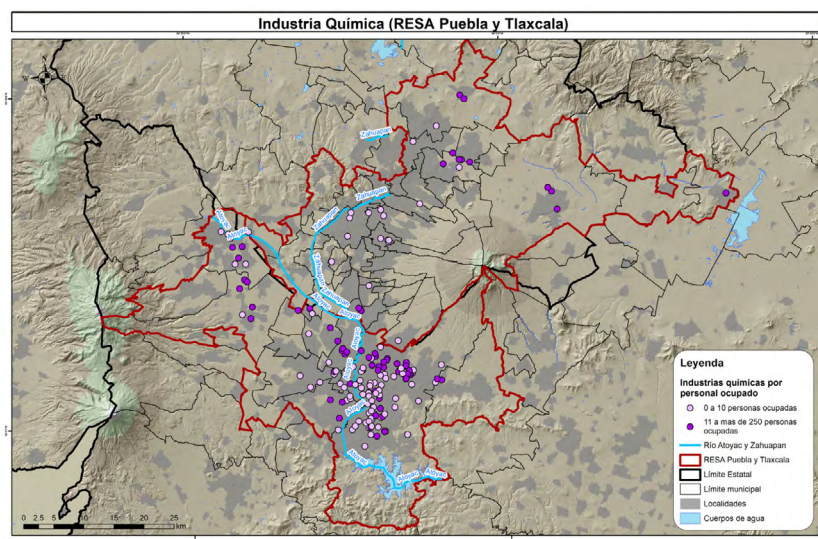


Figura 1A.3. Ubicación industria química. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

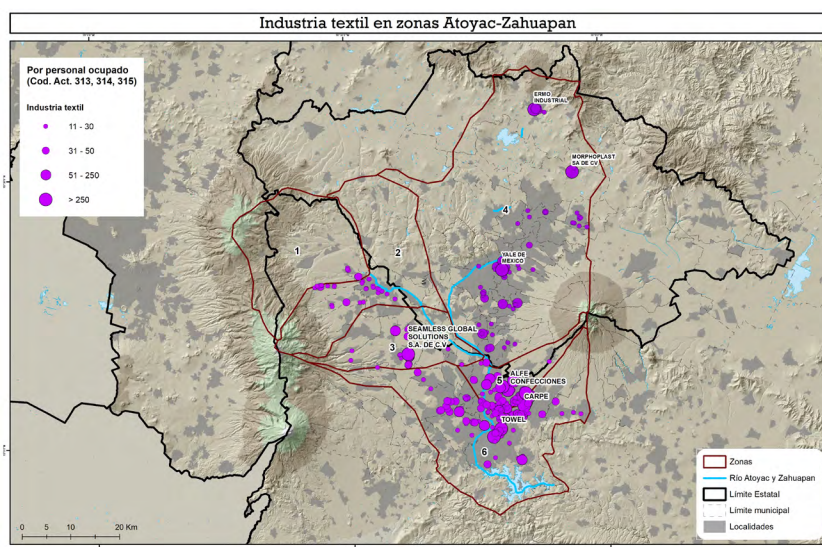


Figura 1A.4. Ubicación industria textil. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

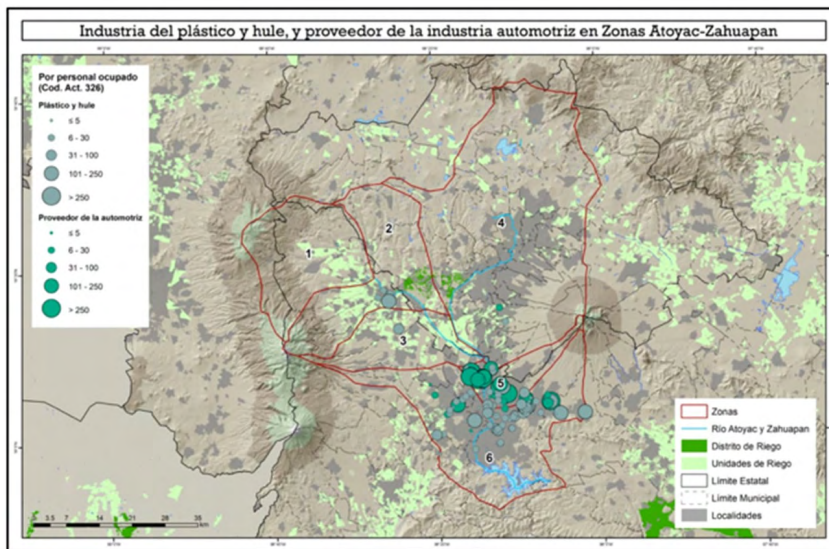


Figura 1A.5. Ubicación industria del plástico y hule. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

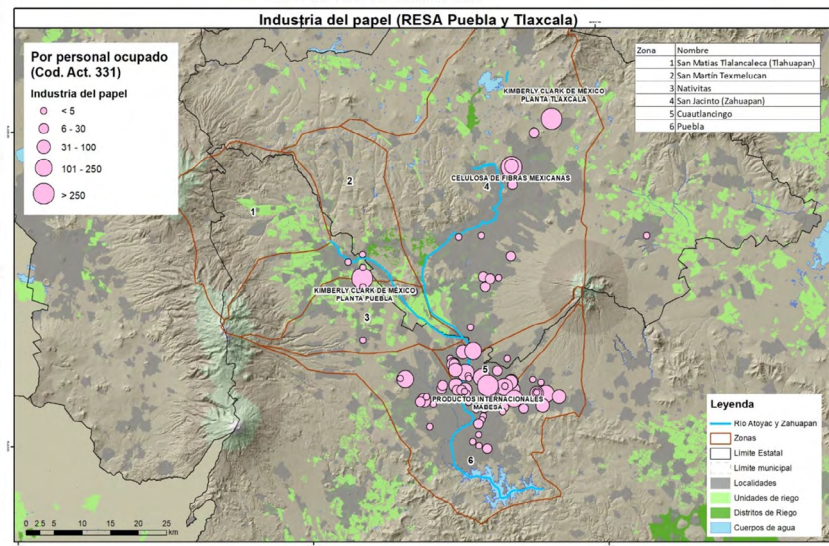


Figura 1A.6. Ubicación industria del papel. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

ANEXO 1B. Gráficas de Demanda Química de Oxígeno en los cuerpos de agua superficial de la Cuenca del Alto Atoyac (2012-2020).

Disponible en versión digital mediante el siguiente código QR:



ANEXO 1C. Contexto geográfico de la contaminación en la RESA Valle de Puebla–Tlaxcala.

1C.1. RESA Valle de Puebla-Tlaxcala

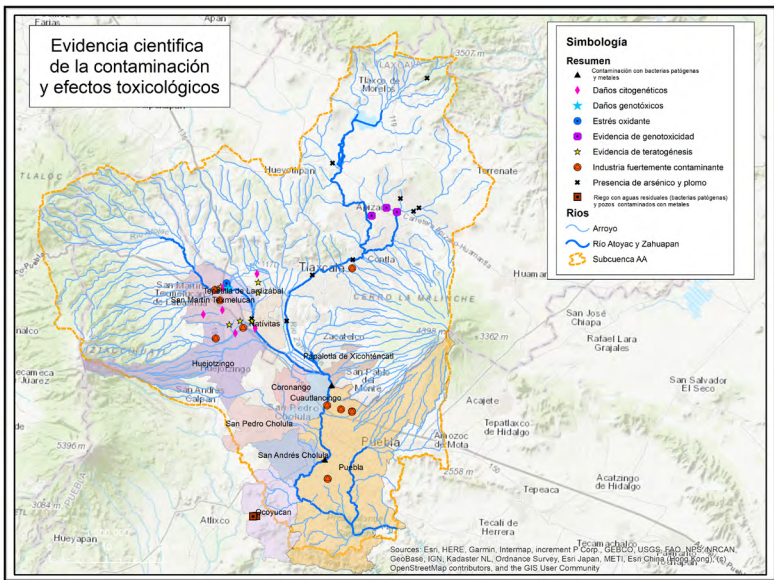


Figura 1C.1. Contaminación y efectos toxicológicos. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

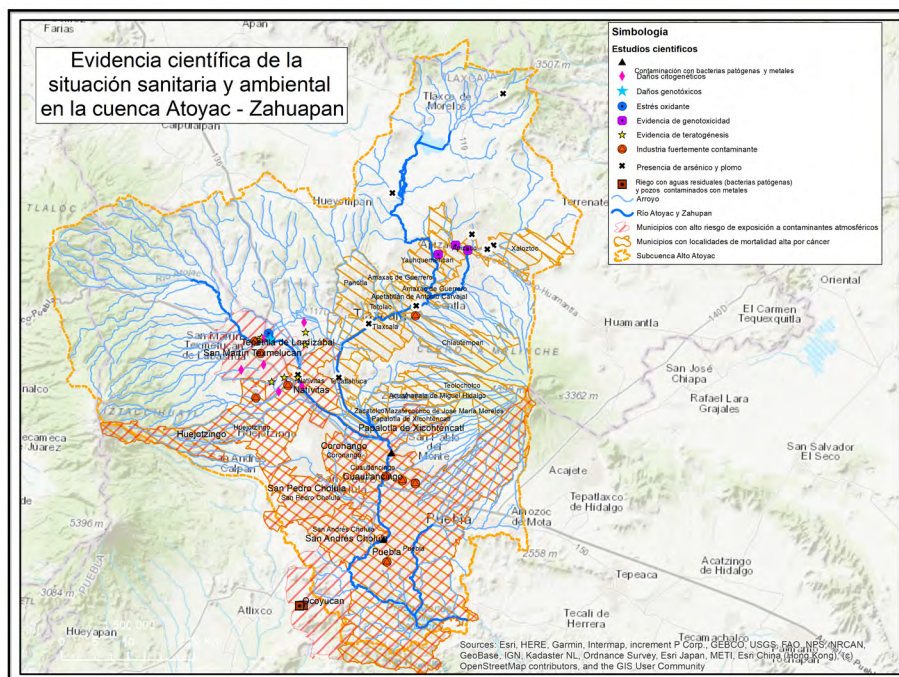
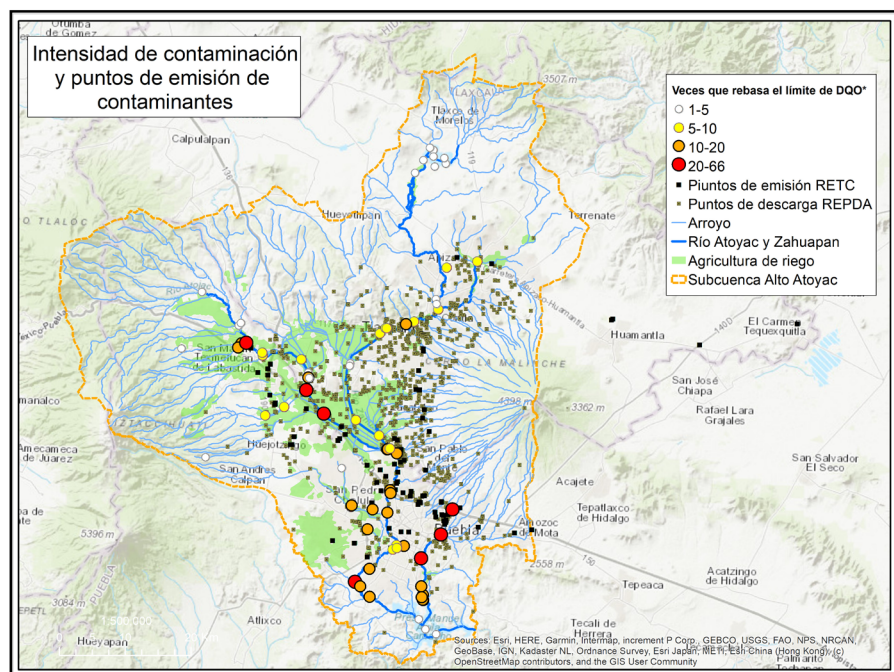


Figura 1C.2. Situación sanitaria y ambiental. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.



*Número de veces que se rebasa el límite de 40 mg/L (criterio para considerar un cuerpo de agua como contaminado) de DQO en las concentraciones máximas promedio reportadas por CONAGUA (2012 a 2020)

Figura 1C.3. Intensidad de contaminación y puntos de emisión de contaminantes. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

1C.2 RESA Valle De Puebla.

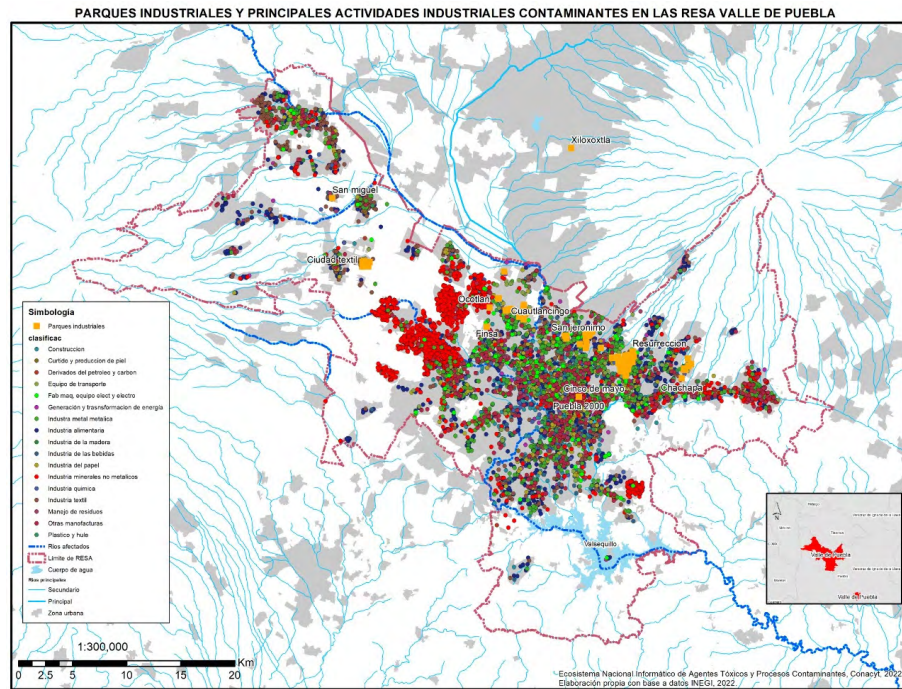


Figura 1C.4. Parques industriales y principales actividades industriales contaminantes. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

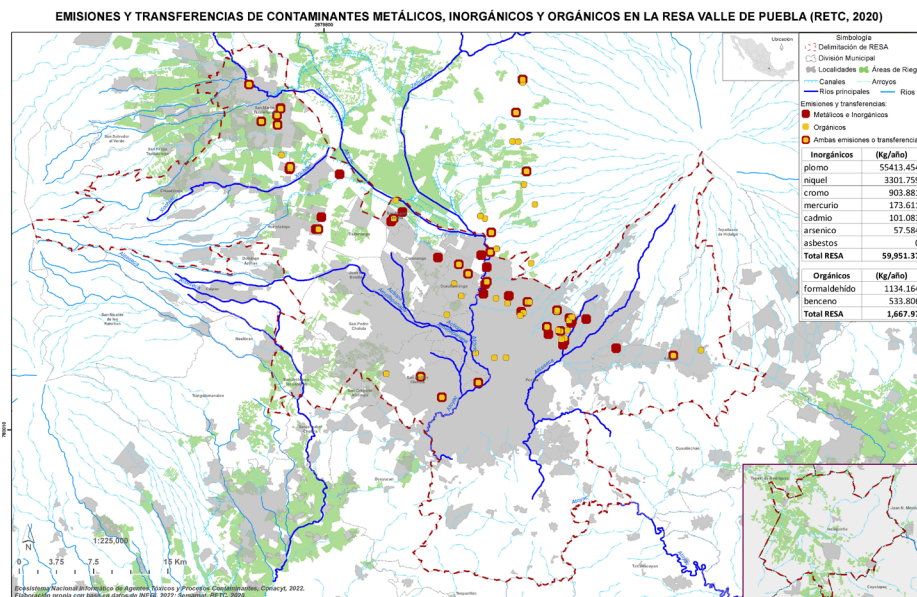


Figura 1C.5. Emisiones y transferencias de contaminantes metálicos, inorgánicos y orgánicos. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

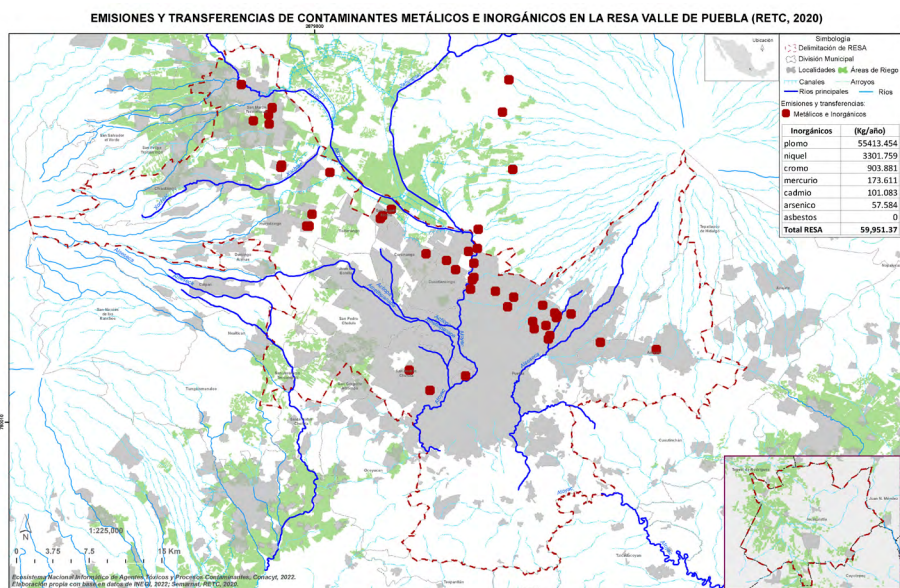


Figura 1C.6. Emisiones y transferencia de contaminantes metálicos e inorgánicos. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

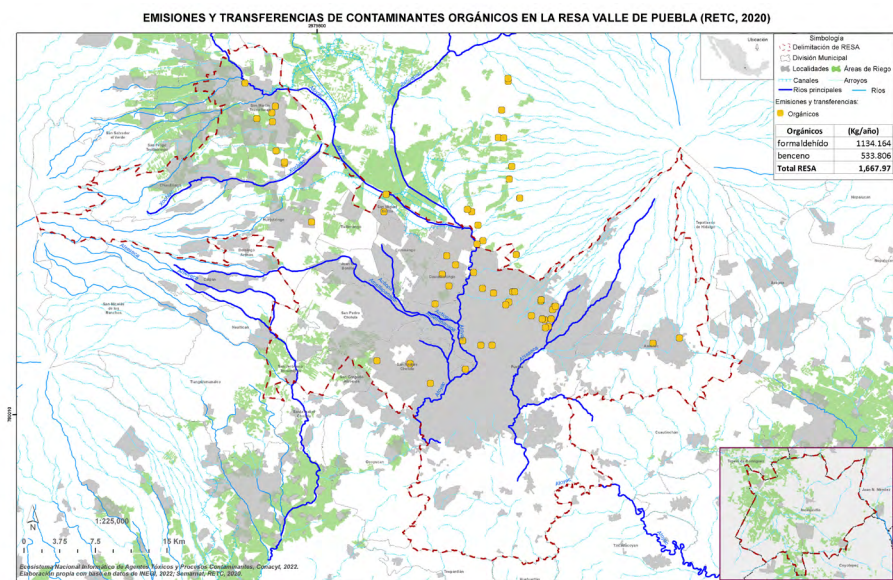


Figura 1C.7. Emisión y transferencia de contaminantes orgánicos. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

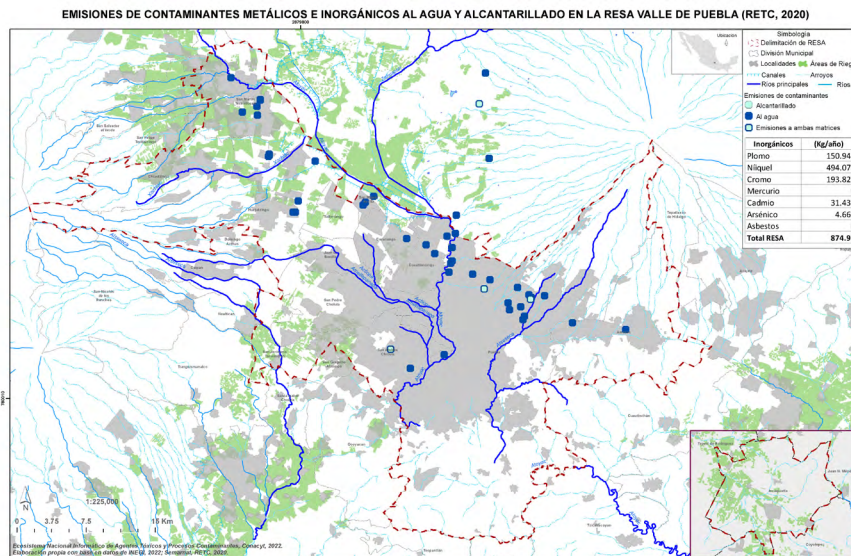


Figura 1C.8. Emisiones de contaminantes metálicos e inorgánicos al agua y alcantarillado. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

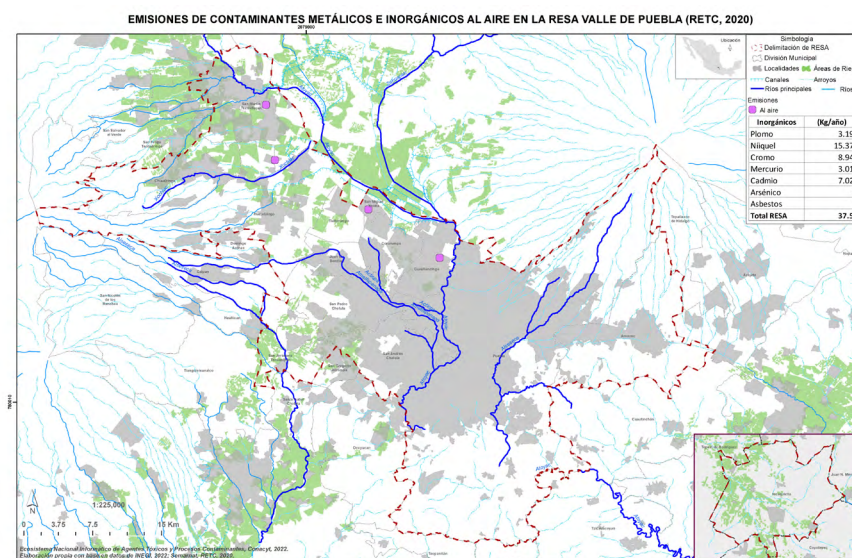


Figura 1C.9. Emisiones de contaminantes metálicos e inorgánicos al aire. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

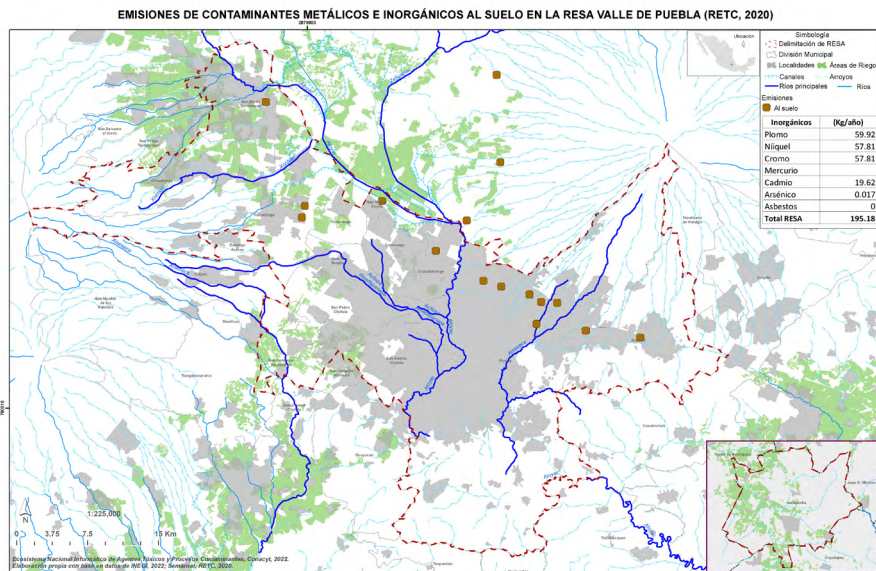


Figura 1C.10. Emisiones de contaminantes metálicos e inorgánicos al suelo. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

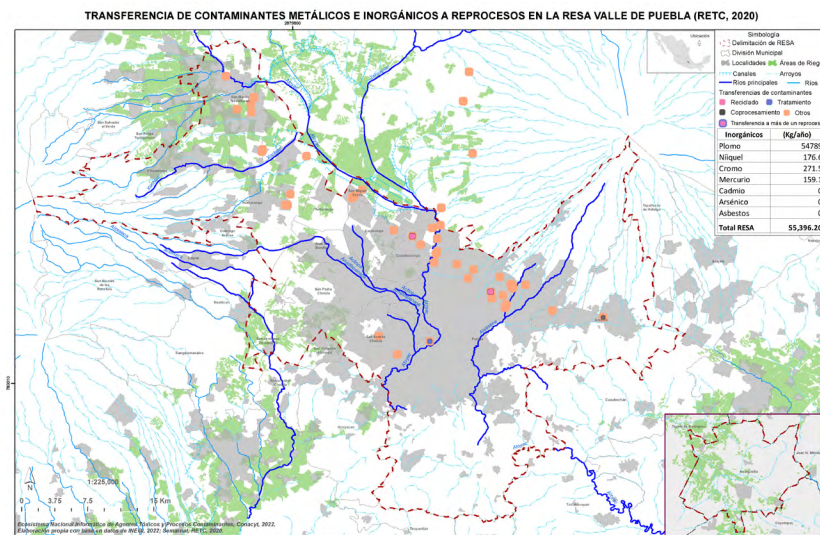


Figura 1C.11. Transferencia de contaminantes metálicos e inorgánicos a reprocesos. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

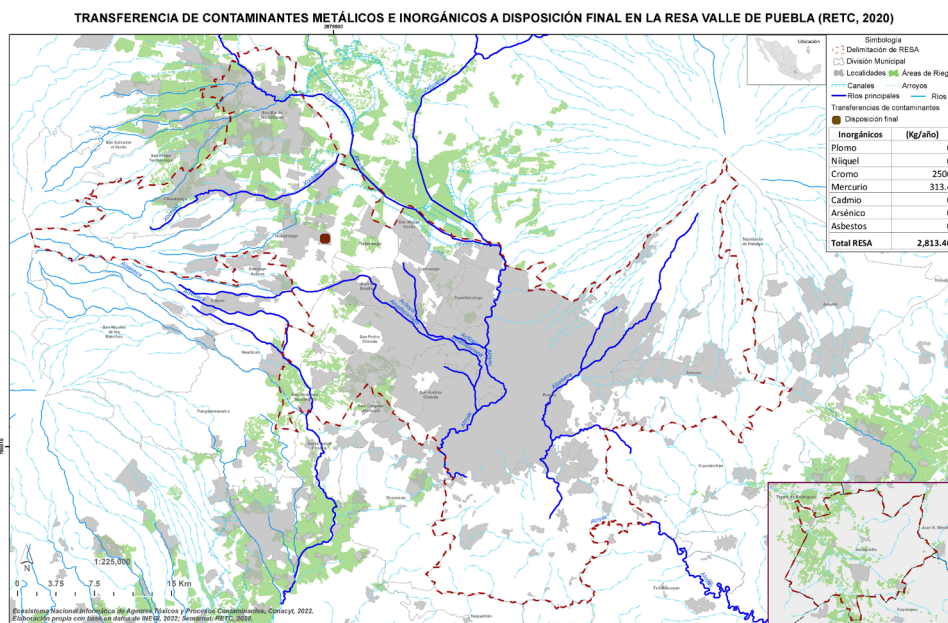


Figura 1C.12. Transferencia de contaminantes metálicos e inorgánicos a disposición final. **Fuente:** Ecosistema Nacional Informático Agentes Tóxicos y Procesos Contaminantes, 2023.

ANEXO 1D. Relación de los casos de coincidencia de los códigos SCIAN entre México y EE. UU.

Disponible en versión digital mediante el siguiente código QR:



ANEXO 1E. Sustancias declaradas en el Toxic Release Inventory en EE. UU. por los sectores industriales que operan en la Cuenca del Alto Atoyac.

Disponible en versión digital mediante el siguiente código QR:



Anexo 2

Anexo 2A. Muestreo de agua subterránea y superficial.

Las campañas de monitoreo de agua subterránea se llevaron a cabo durante las temporadas de lluvias de 2022 y 2023. Se recolectaron y analizaron muestras de agua de pozo en duplicado. En cuanto al monitoreo de agua superficial, se realizó durante la temporada de lluvias de 2023, recolectando y analizando muestras duplicadas en cada sitio. En las confluencias de los ríos, se tomaron muestras antes y después de su descarga en los cauces principales para evaluar su contribución y el efecto de dilución posterior.

Los análisis incluyeron mediciones tanto *in situ* como en laboratorio. Todos los parámetros fisicoquímicos que requerían análisis de laboratorio fueron evaluados en el laboratorio del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 2022, se evaluaron parámetros como pH, temperatura (°C), sólidos disueltos totales (SDT), turbidez (NTU), color aparente (Pt/Co), cloruros, sulfuros, dureza, nitratos (N-NO₃), carbono orgánico total (COT) y sulfatos (SO₄²⁻). En 2023, se añadieron nuevos parámetros, como coliformes fecales (NMP/100 ml), nitritos (N-NO₂), nitrógeno amoniacal (N-amoniacal), sustancias activas al azul de metileno (SAAM), fluoruros, demanda química de oxígeno (DQO), toxicidad por *Vibrio fischeri* a 15 min, color verdadero y oxígeno disuelto (OD). Los análisis de metales

como cadmio, cromo, mercurio, plomo, cobre, hierro, manganeso, níquel y zinc, así como el metaloide arsénico, se llevaron a cabo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. La **Tabla 2A.1** detalla los métodos de medición y los equipos utilizados para la determinación de cada parámetro.

Tabla 2A.1. Métodos de medición y equipos utilizados para la determinación de parámetros fisicoquímicos y metales. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	In situ / laboratorio	Método y/o equipo
pH	<i>In situ</i>	Multiparámetro serie A320 Orion Star
Temperatura	<i>In situ</i>	
Sólidos disueltos totales (SDT)	<i>In situ</i>	
Oxígeno disuelto (OD)	<i>In situ</i>	
Turbiedad	<i>In situ</i>	Hanna HI93703-11
Color aparente (Pt/Co)	<i>In situ</i>	Lector Checker - Hanna Color en agua HI 727
Cloruros	<i>In situ</i>	Kit de Cloruros HI 38015 Hanna
Sulfuros	<i>In situ</i>	Kit HS-WR para sulfuros por colorimetría HACH
Dureza	Laboratorio	NMX-AA-072-SCFI-2001 por titulación con bureta Brand clase AS
Nitratos	Laboratorio	NMX-AA-079-SCFI-2001 con espectrofotómetro UV-visible Cintra 1010
SAAM	Laboratorio	NMX-AA-039-SCFI-2001 con espectrofotómetro UV-visible GBC Cintra 1010
Fluoruros	Laboratorio	NMX-AA-077-SCFI-2001 con espectrofotómetro UV-visible GBC Cintra 1010
N-amoniaco	Laboratorio	NMX-AA-026-SCFI-2010 con digestor Kjeldahl K6U
Sulfatos	Laboratorio	NMX-AA-074-SCFI-2014 con espectrofotómetro UV-visible GBC Cintra 1010
Coliformes fecales	Laboratorio	NMX-AA-042-SCFI-2015 con incubadora Felisa
Metales	Laboratorio	NMX-AA-051-SCFI-2016 con espectrofotómetro de absorción atómica Xplora GBC y Generador de hidruros GBC
Toxicidad <i>V. fischeri</i>	Laboratorio	NMX-AA-112-SCFI-2017 con el equipo Microtox FX, de Modern Water para <i>Vibrio fischeri</i> a 15 min
Nitritos	Laboratorio	NMX-AA-099-SCFI-2021 con espectrofotómetro UV-visible GBC Cintra 1010
Color verdadero	Laboratorio	NMX- AA-017-SCFI- 2021 con espectrofotómetro HACH
Carbón orgánico total (COT)	Laboratorio	Analizador TOC- L CSH/CSN Shimadzu
Demanda química de oxígeno (DQO)	Laboratorio	ASTM-D1252 y NMX- AA-030-SCFI- 2001 con digestor de flujo cerrado HACH

Anexo 2B. Ubicación de los sitios de muestreo de agua superficial y subterránea.

Tabla 2B.1. Pozos de abastecimiento monitoreados para la determinación de la calidad del agua subterránea.
Fuente: Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Pozo	Localidad	Municipio	Acuífero
Pozo “La Magdalena”	La Magdalena	Españita	Alto Atoyac
Pozo “Ameca”	La Reforma		
Pozo “El Carmen”	Españita		
Pozo “Campamento”	San Francisco Mitepec		
Pozo Santa Justina	Santa Justina	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	
Pozo #2 Ixtacuixtla	Villa M. Matamoros		
San Antonio Atotonilco 1	San Antonio Atotonilco		
San Antonio Atotonilco 2	San Antonio Atotonilco		
Pozo “18 de marzo” centro	Tepetitla	Tepetitla de Lardizabal	
Pozo “El Ameyal”	San Mateo Ayecac		
Pozo “Centenario”	San Mateo Ayecac		
Pozo #2 “San Juan El Mirador”	Villa Alta		
Pozo San Rafael Tenanyecac	San Rafael Tenanyecac	Nativitas	
Pozo #1 Santiago Michac	Santiago Michac		
Pozo #2 Santiago Michac	Santiago Michac		
Pozo “Sto. Toribio Xico”	Xicohtzinco		
Pozo “Allende”	Xicohtzinco	Xicohtzinco	
Pozo #1 Sta Ma. Atlihuetzian	Santa María Atlihuetzian	Yauquemecan	
Pozo #2 Sta Ma. Atlihuetzian	Santa María Atlihuetzian		
Pozo “Proagua”	San Baltazar Temaxcalac	San Martin Texmelucan	Valle de Puebla
Pozo “Agua Comis”	San Lucas Atoyatenco		
Pozo #1 Sta. Ana Xalmimilulco	Santa Ana Xalmimilulco	Huejotzingo	

Tabla 2B.2. Sitios monitoreados para la determinación de la calidad de agua superficial. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Cauce	Ubicación	Descripción sitio	Municipio
Río Atoyac	Antes del Vertedero	Antes de Vertedero	San Martín Texmelucan
	Los Charcos	Después de la descarga de San Mateo Ayecac	Tepetitla de Lardizábal
	San Juanita	Antes de confluencias canales	
	Tepetitla y San José Atoyatenco	Después de confluencias canales	
	Antes de confluencia c/R Xochiac	Antes de confluencia c/R Xochiac	Nativitas
	Después de confluencia c/R Xochiac	Después confluencia c/R Xochiac	
	Después de confluencia c/R Xopanac	Después de confluencia c/R Xopanac	Huejotzingo-Nativitas
	Camino Antiguo hacia El Valor	Antes de confluencia c/R Tlapalac	Papalotla-Cuautlancingo
	La Antena	Después confluencia c/R Tlapalac	Papalotla de Xicohténcatl
	El Valor	Después confluencia c/R Zahuapan	
	Después de Colector Panzacola	Después de Colector Panzacola	
	Casa del Conde	Casa del Conde, antes de Barranca Tenexac	
	Puente San Lorenzo Almecatla	Después de Barranca Tenexac	
Afluentes del Río Atoyac	R Xochiac - antes de Colector El Carmen	R Xochiac, antes de descarga Corredor Huejotzingo (Colector El Carmen)	Huejotzingo
	R Xochiac - descarga Colector El Carmen	R Xochiac, en descarga Colector El Carmen	
	R Xochiac - después de Colector El Carmen	R Xochiac después de Colector El Carmen	
	R Xochiac - Antes de Santa Julia	R Xochiac, zona Santa Julia, antes de autopista	
	R Xochiac - Ejido San Rafael T	R Xochiac, zona de cultivos en Ejido San Rafael Tenanyecac	San Martín Texmelucan
	R Xochiac - Caraqueña	R Xochiac, antes de confluencia c/R Atoyac	Nativitas
	R Xopanac - La Loma	R Xopanac ~ Santa Ana Xalmimilulco	Huejotzingo
	R Xopanac - antes de R Atoyac	R Xopanac, antes de confluencia c/R Atoyac	Huejotzingo-Nativitas
	R Tlapalac - atrás de casas GEO	R Tlapalac, antes de confluencia c/R Atoyac	Cuautlancingo
Río Zahuapan	Las Canchas	Antes de Cascada Atlihuetzia	Yauhquemehcan
	Las Cascadas	Después de Cascada Atlihuetzia	
	Antes de confluencia c/R Atenco	Antes de confluencia c/R Atenco	Amamax de Guerrero
	Después de confluencia R Los Negros	Después de confluencia c/R Los Negros	Tlaxcala
	Después de PTAR San Hipólito	Después de PTAR San Hipólito	
	Antes de confluencia c/R Totolac	Antes de confluencia c/R Totolac	San Damián Texóloc-Nativitas
	Después de confluencia c/R Totolac	Después de confluencia c/R Totolac	
	Nativitas	Nativitas	Tetlatlahuca-Sta Apolonia Teacalco
	Presa Santa Agueda	Antes de Presa Santa Agueda	Tetlatlahuca
	Puente antes de confluencia c/R Viejo	Antes de confluencia c/R Viejo	Zacatelco
	La Torregila después de confluencia c/R Viejo	Después de confluencia c/R Viejo	Zacatelco-Xicohtzinco
	La Antena	Antes de confluencia c/R Atoyac	Papalotla de Xicohténcatl

Afluentes del Río Zahuapan	R Texcalac - La Compuerta	Canal La Compuerta	Tetla de la Solidaridad
	R Zambrano - antes de confluencia c/R Texcalac	Río Zambrano antes de descargar al R Texcalac	Apizaco
	R Atenco - antes de confluencia c/R Zahuapan	R Atenco - R Tequixquiac antes de confluencia c/R Zahuapan	Amazac de Guerrero
	R Los Negros - antes de confluencia c/R Zahuapan	R Los Negros - Jardín Botánico	Tlaxcala
	R Totolac - antes de confluencia c/R Zahuapan	R Totolac antes de la confluencia c/R Zahuapan	Nativitas
	R Viejo - Puente de Río Viejo	R Viejo, antes de manantiales	Zacatelco
	R Viejo - antes de confluencia c/R Zahuapan	R Viejo, antes de confluencia c/R Zahuapan	
Zona de riego	Canal San Lucas 1 - Vertedero	Canal San Lucas 1 (San Lucas) - después de Vertedero	San Martín Texmelucan
	Canal San Lucas 2 - Tepetitla	Entre salida vertedero a Canal San Lucas y la confluencia c/R Atoyac	Tepetitla de Lardizábal
	Canal San Lucas 3 - La Concepción	Canal San Lucas 2, antes de confluencia c/R Atoyac	
	Zanja Real 1 - El Ameyal	Zanja Real 1 (nacimiento)	
	Zanja Real 2 - CIBA	Zanja Real 2 (antes de IPN)	
	Zanja Real 3 - Los Lavaderos	Zanja Real 3 (después de IPN)	
	Capuente 1 - Riojano	Capuente 1	
	Capuente 2 - Puente San Ignacio	Capuente 2 (IPN)	
	Cruztitla	Después de unión Zanja Real y Capuente hacia confluencia c/R Atoyac	
	R Xochiac - Ejido San Rafael T	R Xochiac, zona de cultivos en Ejido San Rafael Tenanyecac	San Martín Texmelucan
	R Xochiac - Caraqueña	R Xochiac, antes de confluencia c/R Atoyac	Nativitas
	R Xopanac - antes de R Atoyac	R Xopanac, antes de confluencia c/R Atoyac	(límite) Huejotzingo-Nativitas
	Jejela 2 - IPN	Jejela 2 (IPN)	Tepetitla de Lardizábal
	Jejela 3 - antes de R Atoyac	Jejela 3, antes de confluencia c/R Atoyac	
Río Atotonilco	La Aguja	Sitio entre Mitepec y La Magdalena	Españita
	Las Peñas	Las Peñas	
	Campo Deportivo	Antes de Atotonilco Las Canchas	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
	La Carbonera	Unión barrancas Alpotzonga	
	Ex hacienda La Soledad	R Atotonilco antes de confluencia c/R Atoyac	San Salvador El Verde
Presa Mariano Matamoros	Las Pilas	Antes de alfareros (Barrio El Carmen)	Españita
	La Cañada	Después de alfareros (Barrio El Carmen)	
	La Cantera	Sitio intermedio La Constancia - PMM	
	Abajo cortina Presa Mariano Matamoros	Salida Presa Mariano Matamoros	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
	Salida Presa San Miguel	Después de Presa San Miguel	

Anexo 2C. Concentraciones metales y parámetros fisicoquímicos de agua superficial por zona.

Tabla 2C.1. Concentración de metales en el Río Atoyac y sus afluentes. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011 (mg/L)	Río Atoyac		Afluentes	
		Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)	Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Arsénico	0.050	0.003	0.003	< LD	< LD
Cadmio	0.004	0.001	0.019	0.004	0.040
Cromo	0.050	< LD	< LD	< LD	< LD
Mercurio	0.001 - 0.002	N/A	N/A	N/A	N/A
Plomo	0.030	0.003	0.108	0.010	0.108
Cobre	0.050	< LD	< LD	< LD	< LD
Hierro	0.300 - 0.500	0.129	0.820	0.050	0.510
Manganeso	0.100 - 0.120	0.041	0.100	0.038	0.059
Níquel	0.600	0.020	0.055	0.026	0.036
Zinc	0.120 - 0.180	0.020	0.198	0.017	0.125

< LD: menor al límite de detección. N/A: no aplica.

Tabla 2C.2. Parámetros fisicoquímicos del Río Atoyac y sus afluentes. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011	Río Atoyac		Afluentes	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	6.89	7.56	4.98	7.33
T (°C)	< 35	17.4	22.1	18.4	28.3
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	3	7	7	15
Grasas y Aceites (mg/L)	5.2 - 13	21	403.3	20	215
Nitrógeno Total (mg/L)	5 - 14.5	0.5	8.17	1.208	15.752
Fósforo total (mg/L)	1.2 - 3.9	0.403	0.674	0.375	1.23
Turbiedad (NTU)	N/A	22.02	148	86	268
SDT (mg/L)	500 - 720	338.7	542.1	334	946
Cloruros (mg/L)	250	14	100	39	270
Sulfuros (mg/L)	0.002 - 0.114	0	2	0	3.6
OD (mg/L)	> 5 mg/L	0.06	3.81	0.08	5.31
COT (mg/L)	53	3.7	84.9	48.7	876

DQO (mg/L)	26.2 - 171	44.4	401	301	2019.5
Toxicidad (UT)	< 2	0.371	20.79	2.67	22.46
Color aparente (Pt/Co)	< 100	240	500	460	470
Color verdadero 436 nm	7.0 m ⁻¹	0.9	11.3	2.4	9.9
Color verdadero 525 nm	5.0 m ⁻¹	0.3	8	1.3	6.8
Color verdadero 620 nm	3.0 m ⁻¹	0.1	5.7	0.9	5.1

N/A: no aplica.

Tabla 2C.3. Concentración de metales en el Río Zahuapan y sus afluentes. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011 (mg/L)	Río Zahuapan		Afluentes	
		Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)	Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Arsénico	0.050	0.002	0.012	0.001	0.004
Cadmio	0.004	0.001	0.006	0.001	0.020
Cromo	0.050	< LD	< LD	< LD	< LD
Mercurio	0.001 - 0.002	N/A	N/A	N/A	N/A
Plomo	0.030	0.012	0.109	0.021	0.088
Cobre	0.050	0.017	0.017	< LD	< LD
Hierro	0.300 - 0.500	0.045	0.177	0.122	0.274
Manganeso	0.100 - 0.120	0.041	0.103	0.043	0.088
Níquel	0.600	0.020	0.020	0.027	0.027
Zinc	0.120 - 0.180	0.024	0.120	0.022	0.091

< LD: menor al límite de detección. N/A: no aplica.

Tabla 2C.4. Parámetros fisicoquímicos del Río Zahuapan y sus afluentes. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011	Río Zahuapan		Afluentes	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	7.39	8.25	6.85	7.83
T (°C)	< 35	17	20.2	17.3	22.4
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	N/A	N/A	N/A	N/A
Grasas y Aceites (mg/L)	5.2 - 13	9.7	252.4	21.7	50

Nitrógeno Total (mg/L)	5 - 14.5	2.849	5.057	3.083	4.315
Fósforo total (mg/L)	1.2 - 3.9	0.190	0.560	0.216	0.83
Turbiedad (NTU)	N/A	9.78	29.74	12.81	116
SDT (mg/L)	500 - 720	291	587	349.7	670.5
Cloruros (mg/L)	250	20	80	36	128
Sulfuros (mg/L)	0.002 - 0.114	0	0.04	0	2.5
OD (mg/L)	> 5	0.13	6.88	0.01	4.17
COT (mg/L)	53	1.10	16.3	13.1	135.1
DQO (mg/L)	26.2 - 171	45	126	50	537.5
Toxicidad (UT)	< 2	0.21	0.86	1.41	95.02
Color aparente (Pt/Co)	< 100	95	250	250	490
Color verdadero 436 nm	7.0 m-1	1.6	5.0	1.6	8
Color verdadero 525 nm	5.0 m-1	0.7	3.5	0.8	4.5
Color verdadero 620 nm	3.0 m-1	0.4	2.6	0.5	3.1

N/A: no aplica.

Tabla 2C.5. Concentración de metales en Zona de riego. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011 (mg/L)	Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Arsénico	0.050	0.002	0.010
Cadmio	0.004	0.001	0.017
Cromo	0.050	< LD	< LD
Mercurio	0.001 - 0.002	N/A	N/A
Plomo	0.030	0.016	0.078
Cobre	0.050	< LD	< LD
Hierro	0.300 - 0.500	0.134	0.620
Manganeso	0.100 - 0.120	0.038	0.220
Níquel	0.600	0.036	0.036
Zinc	0.120 - 0.180	0.015	0.050

< LD: menor al límite de detección. N/A: no aplica.

Tabla 2C.6. Parámetros fisicoquímicos en Zona de riego. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	6.2	8.17
T (°C)	< 35	18.2	27.6
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	4	> 2400
Grasas y Aceites (mg/L)	5.2 - 13	41	215
Nitrógeno Total (mg/L)	5 - 14.5	0.424	6.693
Fósforo total (mg/L)	1.2 - 3.9	0.148	1.547
Turbiedad (NTU)	N/A	7.65	268
SDT (mg/L)	500 - 720	1.1	946.2
Cloruros (mg/L)	250	4	270
Sulfuros (mg/L)	0.002 - 0.114	0	3.6
OD (mg/L)	> 5	0.001	6.5
COT (mg/L)	53	4.3	418
DQO (mg/L)	26.2 - 171	9.3	2016.5
Toxicidad (UT)	< 2	0.233	22.46
Color aparente (Pt/Co)	< 100	75	460
Color verdadero 436 nm	7.0 m-1	0.1	7.4
Color verdadero 525 nm	5.0 m-1	0	4
Color verdadero 620 nm	3.0 m-1	0	2.6

N/A: no aplica.

Tabla 2C.7. Concentración de metales en escurrimiento Río Atotonilco y escurrimiento Presa Mariano Matamoros. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011 (mg/L)	Eskurrimiento Río Atotonilco		Eskurrimiento Presa Mariano Matamoros	
		Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)	Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)
Arsénico	0.050	0.003	0.003	< LD	< LD
Cadmio	0.004	0.015	0.023	0.010	0.027
Cromo	0.050	0.049	0.049	< LD	< LD
Mercurio	0.001 - 0.002	N/A	N/A	N/A	N/A
Plomo	0.030	0.085	0.906	0.091	0.201
Cobre	0.050	0.027	0.035	0.016	0.050
Hierro	0.300 - 0.500	0.150	0.350	0.136	8.000

Manganeso	0.100 - 0.120	0.070	0.100	0.040	0.081
Níquel	0.600	0.025	0.052	0.032	0.059
Zinc	0.120 - 0.180	0.037	0.379	0.288	0.906

< LD: menor al límite de detección. N/A: no aplica.

Tabla 2C.8. Parámetros fisicoquímicos en escurrimiento Río Atotonilco y escurrimiento Presa Mariano Matamoros. **Fuente:** Navarro González *et al.*, 2023. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Parámetro	LMP Declaratoria Atoyac 2011	Escurrimiento Río Atotonilco		Escurrimiento Presa Mariano Matamoros	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
pH	6.5 - 8.5	3.76	7.71	7.36	8.33
T (°C)	< 35	15.7	27	15.1	22.5
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	< 1,000	28	28	9	210
Grasas y Aceites (mg/L)	5.2 - 13	N/A	N/A	N/A	N/A
Nitrógeno Total (mg/L)	5 - 14.5	0.511	0.841	0.305	1.38636
Fósforo total (mg/L)	1.2 - 3.9	0.1441	0.551	0.2195	0.7231
Turbiedad (NTU)	N/A	24.45	620	22.9	189
SDT (mg/L)	500 - 720	53.3	257.6	102.2	360.9
Cloruros (mg/L)	250	1	6	6	41
Sulfuros (mg/L)	0.002 - 0.114	0	0	0	0.06
OD (mg/L)	> 5	1.03	6.84	2.8	7.21
COT (mg/L)	53	9.7	26.1	4	23.3
DQO (mg/L)	26.2 - 171	12.4	75.95	10.7	50.05
Toxicidad (UT)	< 2	<1	<1	<1	<1
Color aparente (Pt/Co)	< 100	150	500	105	500
Color verdadero 436 nm	7.0 m ⁻¹	0.3	1.8	0.6	2.4
Color verdadero 525 nm	5.0 m ⁻¹	0.2	0.6	0.2	0.8
Color verdadero 620 nm	3.0 m ⁻¹	0.1	0.5	0.1	0.3

N/A: no aplica.

Anexo 2D. Identificación de los Sitios de Disposición Final (SDF) de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Este estudio se basó en un enfoque exploratorio utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), percepción remota y fotointerpretación para obtener y procesar información

georreferenciada e imágenes satelitales. Estas herramientas permitieron aproximarse a las condiciones reales del territorio analizado, con un enfoque en los impactos ambientales, sanitarios y legales asociados a los Sitios de Disposición Final (SDF).

Identificación de los SDF

La ubicación de los SDF en la subcuenca de estudio se determinó mediante el análisis de bases de datos y la interpretación de imágenes satelitales. Para validar la existencia y operación de estos sitios, se utilizó fotointerpretación de imágenes de Google Earth Pro y Google Earth Time Lapse. Los datos obtenidos permitieron identificar la evolución constructiva y operativa de los SDF, evaluando la progresión en la disposición de celdas y la instalación de tinacos de lixiviados a lo largo del tiempo.

Rasgos constructivos y operativos de los SDF oficiales

Se analizaron los rasgos constructivos y operativos de los SDF, tanto oficiales como posibles tiraderos clandestinos, mediante técnicas de fotointerpretación y percepción remota. Se describieron sus características físicas y funcionales y se examinaron las implicaciones ambientales y sociales de su operación y construcción.

Se describieron las infraestructuras presentes en cada SDF, enfocadas en el manejo de residuos sólidos urbanos (RSU) y las obras complementarias. Este inventario se obtuvo mediante un proceso de fotointerpretación de imágenes satelitales de Google Earth pro y Google Earth Time Lapse.

Caracterización y clasificación de los SDF

La caracterización y clasificación de los SDF se llevó a cabo utilizando herramientas geomáticas y técnicas de percepción remota y fotointerpretación. Las imágenes satelitales de Google Earth Time Lapse permitieron verificar la antigüedad y evolución operativa de los SDF, lo que ayudó a prever la necesidad de expansión o implementación de nuevas tecnologías de disposición de residuos, de acuerdo con la normativa ambiental y las mejores prácticas internacionales.

Mediante el uso de Google Earth Pro, se efectuó una inspección detallada de los elementos constructivos y operativos de cada SDF. Este proceso meticuloso se realizó en conformidad con los estándares establecidos por la NOM-083-SEMARNAT-2003. Se identificaron celdas de depósito de residuos y se examinaron las prácticas operativas en curso, facilitando así la clasificación de los SDF en función de su cumplimiento normativo.

En la realización de la caracterización y clasificación de los SDF, se consideraron múltiples factores que reflejan las condiciones operativas y de infraestructura, empleando técnicas de fotointerpretación para discernir características específicas como la integridad de los recubrimientos de las celdas de residuos y la presencia de sistemas de recolección de lixiviados.

La clasificación de los SDF se realizó siguiendo un sistema jerárquico basado en el grado de cumplimiento con la normativa establecida en la NOM-083-SEMARNAT-2003. Este sistema permite categorizar los SDF según su nivel de conformidad con los requisitos operativos y constructivos estipulados en la normativa.

Identificación de sitios clandestinos de disposición de residuos

Para identificar posibles tiraderos clandestinos, se emplearon imágenes satelitales Sentinel-2 con una resolución espacial de 10 m. Mediante un modelo de clasificación supervisada, se identificaron patrones que indicaban la acumulación irregular de residuos. Los puntos de control en tierra fueron esenciales para entrenar al modelo, lo que permitió la diferenciación precisa de elementos como basura, suelo desnudo, cuerpos de agua y vegetación.

Se identificaron 36 posibles tiraderos clandestinos, algunos de los cuales fueron validados mediante visitas de campo para confirmar su existencia y recopilar datos adicionales, mejorando así la precisión del modelo de clasificación. Este enfoque metodológico integral proporciona una base sólida para evaluar y gestionar los impactos de los SDF en la cuenca, contribuyendo a la planificación futura y la implementación de estrategias de gestión de residuos más efectivas.

Anexo 2E. Metodología para la determinación de la Incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales y su relación con factores socioambientales.

El análisis se centró en determinar las variaciones espacio-temporales en la incidencia de 17 enfermedades infecciosas durante el período 2003-2022. Se identificaron patrones en el comportamiento histórico de estas enfermedades en la población, así como los municipios más afectados. Además, se evaluaron las relaciones estadísticas entre las enfermedades infecciosas y diversos factores socioambientales.

La incidencia de enfermedad fue calculada a partir de los datos de “casos nuevos de enfermedades” del Sistema Único de Información para la Vigilancia Epidemiológica (SUIVE). Esta información fue proporcionada por la jurisdicción sanitaria N° 5 del estado de Puebla.

Para el estudio, se incluyeron 66 municipios de la CAA, 19 en Puebla y 47 en Tlaxcala. La selección de estos municipios se basó en dos criterios: aquellos ubicados completamente dentro de la cuenca y aquellos donde más del 70 % de su población reside dentro del territorio de esta.

A continuación, se enlistan las enfermedades consideradas en el estudio:

1. Enfermedades gastrointestinales

- Absceso hepático amebiano
- Amebiasis intestinal
- Ascariasis
- Enterobiasis
- Fiebre paratifoidea
- Fiebre tifoidea
- Giardiasis
- Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas
- Intoxicación alimentaria bacteriana
- Otras helmintiasis
- Otras infecciones intestinales debido a protozoarios
- Otras salmonelosis
- Shigelosis

2. Enfermedades respiratorias

- Faringitis y amigdalitis estreptocócica
- Infecciones respiratorias agudas
- Neumonías y bronconeumonías
- Tuberculosis respiratoria

Todos los análisis se realizaron de manera discriminada por municipio, género y grupos etarios:

- Infancia (0-9 años)
- Adolescencia (10 a 19 años)
- Juventud (20-24 años)
- Adulthood (25-59 años)
- Adultos mayores (60 y más años)

Análisis estadísticos

La incidencia acumulada (IA), se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$IA = N^{\circ} \text{ casos nuevos con la enfermedad} / \text{Población municipal} * 1000 \text{ hab.}$$

Con los datos obtenidos de IA se elaboraron matrices, gráficas y comparaciones estadísticas con la finalidad de detectar patrones consistentes. Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann Kendall para determinar la significancia ($p < 0.05$) de las tendencias (creciente o decreciente) en cuanto a la incidencia de enfermedades infecciosas para el período 2003-2022. Asimismo, se aplicó la prueba de Mann-Whitney-Wilcoxon, para determinar la existencia de diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre Puebla y Tlaxcala en cuanto a la morbilidad por causa de enfermedades infecciosas.

Para la visualización y representación espacial de la situación de salud, se generaron mapas de incidencia de enfermedades, con el software ArcMap.

Finalmente, a partir de las incidencias acumuladas se exploraron las relaciones estadísticas entre las incidencias y las diversas variables ambientales y de vulnerabilidad social, mediante el coeficiente de correlación de Spearman ($p < 0.05$).

Las variables ambientales y de vulnerabilidad social consideradas, fueron obtenidas directamente de plataformas institucionales, nacionales e internacionales, y de datos que fueron generados mediante el cálculo de variables de interés a partir de la información primaria a través de distintas fuentes.

A continuación, se indican las instituciones de donde se obtuvieron los datos y el tipo de variables seleccionadas:

Calidad ambiental

- **CONAGUA:** Datos de los cuerpos de agua y niveles de contaminación con base en diversos parámetros (Sistema Nacional de Información del Agua, SINA). Las variables utilizadas son la toxicidad del agua (UT), Demanda Química de Oxígeno (DQO - mg O₂/l), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO - mg O₂/l), y coliformes fecales.
- **IBERO Puebla:** A través del mapa de uso de suelo y vegetación (USyV) se obtuvo la agricultura de riego con unidades de riego (km²). Mediante la información hidrográfica del apartado de mapas del INEGI y del mapa de USyV, se obtuvo la variable de densidad de escurrimiento de último orden en localidades urbanas.

- **INEGI:** Con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas o DENUE, se incluyeron la densidad total de industria pequeña, densidad total de industria mediana y densidad total de industria grande. Además, con los datos de autopistas del mismo instituto, fue posible integrar la densidad de autopistas.
- **Agencia Espacial Europea (ESA):** Las variables asociadas con la calidad del aire (satélite Sentinel-5) son el formaldehído, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno (mol/m²).
- **SEMARNAT:** Con datos del Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes Criterio (PM10, PM2.5, SO₂, CO, NO_x, COV, NH₃), se integraron las variables de fuentes fijas, aéreas y móviles para cada contaminante.

Condiciones de vulnerabilidad

- **INEGI:** De los anuarios estadísticos y geográficos de Puebla y Tlaxcala, las variables utilizadas son el pozo como fuente de abastecimiento de agua (N° pozos) y volumen de extracción de agua en pozos (Mm³). Por su parte, a través de los CENSOS de población y vivienda, las variables sociodemográficas utilizadas son las localidades rurales, localidades urbanas, población total, población rural, población urbana, población de 15 años y más analfabeta (N° personas), viviendas particulares habitadas con agua fuera de la vivienda (N° viviendas), viviendas particulares habitadas sin drenaje (N° viviendas), viviendas particulares habitadas con piso de tierra (N° viviendas), viviendas particulares habitadas con un cuarto (N° viviendas) y dispersión poblacional (%).
- **Comisión Nacional de los Derechos Humanos, Observatorio Nacional de los Derechos Humanos:** Las variables obtenidas fueron la cobertura de agua en viviendas (%), frecuencia del suministro de agua potable (%) y porcentaje de cobertura de población con alcantarillado.
- **CENAPRED-INEGI:** A través de la metodología de la evaluación de la vulnerabilidad física y social del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y la utilización de datos sociodemográficos del INEGI, se calculó y se determinó la variable de índice de vulnerabilidad.
- **CONAPO:** Se utilizó la variable de índice de marginación (%).
- **Instituto Mexicano de Tecnología del Agua:** Se obtuvo la variable de seguridad hídrica.
- **Secretaría de Salud:** De la Dirección General de Información en Salud, se obtuvieron las bases de datos del catálogo CLUES (Clave Única de Establecimientos de Salud), de donde se extrajeron las variables de hospitales de primer, segundo y tercer nivel públicos (N° hospitales), así como los hospitales de primer nivel públicos con relación a población ((N° Hospitales/Población total)*1000). Además, de la misma dirección se recopilaron las bases de Datos Abiertos en Salud para la determinación de los recursos en salud.

Anexo 2F. Incidencias de enfermedades gastrointestinales y respiratorias para el periodo 2003-2022.

Tabla 2F.1. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales de la **Población total** de la CAA para el periodo 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon.

Fuente: Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencia Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	43.19	Decreciente	47.02	Creciente	0.052
Amebiasis intestinal	2.17	Decreciente	3.18	Decreciente	0.242
Otras salmonelosis	0.47	Decreciente	0.26	Decreciente	0.062
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	0.53	Decreciente	0.30	Decreciente	0.063
Ascariasis	0.16	Decreciente	0.10	Decreciente	0.253
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.06	Creciente	0.12	Decreciente	0.107
Fiebre paratifoidea	0.02	Decreciente	0.04	Decreciente	0.222
Enterobiasis	0.03	Decreciente	0.06	Decreciente	0.114
Shigelosis	0.04	Decreciente	0.02	Decreciente	0.620
Fiebre tifoidea	0.04	Decreciente	0.06	Decreciente	0.221
Giardiasis	0.04	Decreciente	0.07	Decreciente	0.026

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Tabla 2F.2. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales en **Infantes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencia Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	61.57	Decreciente	91.26	Decreciente	0.000
Amebiasis intestinal	3.28	Decreciente	5.31	Decreciente	0.052
Otras salmonelosis	0.11	Decreciente	0.11	Decreciente	0.796
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	1.03	Decreciente	0.53	Decreciente	0.211
Ascariasis	0.37	Decreciente	0.24	Decreciente	0.461
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.07	*Creciente	0.15	Decreciente	0.042
Fiebre paratifoidea	0.004	Decreciente	0.02	Decreciente	0.083
Enterobiasis	0.08	Decreciente	0.13	Decreciente	0.149
Shigelosis	0.06	Decreciente	0.03	Decreciente	0.925
Fiebre tifoidea	0.03	Decreciente	0.03	Decreciente	0.684
Giardiasis	0.07	Decreciente	0.19	Decreciente	0.018

**Tendencia creciente significativa de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.*

Anexo 2F.3. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales en **Adolescentes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon.
Fuente: Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	24.00	Creciente	36.09	*Creciente	0.000
Amebiasis intestinal	1.78	Decreciente	2.74	Decreciente	0.063
Otras salmonelosis	0.52	Decreciente	0.29	Decreciente	0.113
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	0.53	Decreciente	0.32	Decreciente	0.022
Ascariasis	0.21	Decreciente	0.12	Decreciente	0.165
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.06	Creciente	0.12	Decreciente	0.007
Fiebre paratifoidea	0.01	Decreciente	0.08	Decreciente	0.425
Enterobiasis	0.03	Decreciente	0.05	Decreciente	0.063
Shigelosis	0.03	Decreciente	0.02	Decreciente	0.635
Fiebre tifoidea	0.04	Decreciente	0.06	Decreciente	0.055
Giardiasis	0.04	Decreciente	0.08	Decreciente	0.014

**Tendencia creciente significativa de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.*

Anexo 2F.4. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales en **Jóvenes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	29.88	*Creciente	35.80	*Creciente	0.024
Amebiasis intestinal	1.69	Decreciente	2.38	Decreciente	0.127
Otras salmonelosis	0.56	Decreciente	0.33	Decreciente	0.024
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	0.33	Decreciente	0.23	Decreciente	0.015
Ascariasis	0.06	Decreciente	0.02	Decreciente	0.031
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.05	Creciente	0.07	Decreciente	0.173
Fiebre paratifoidea	0.04	Decreciente	0.08	Decreciente	0.479
Enterobiasis	0.01	Decreciente	0.02	Decreciente	0.227
Shigelosis	0.02	Decreciente	0.03	Decreciente	0.644
Fiebre tifoidea	0.04	Decreciente	0.06	Decreciente	0.007
Giardiasis	0.02	Decreciente	0.02	Decreciente	0.653

*Tendencia creciente significativa de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Anexo 2F.5. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales en **Adultos** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	43.27	Decreciente	33.44	Creciente	0.045
Amebiasis intestinal	2.17	Decreciente	2.69	Decreciente	0.477
Otras salmonelosis	0.65	Decreciente	0.32	Decreciente	0.039
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	0.32	Decreciente	0.17	Decreciente	0.014
Ascariasis	0.07	Decreciente	0.03	Decreciente	0.024
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.07	Decreciente	0.10	Decreciente	0.264
Fiebre paratifoidea	0.02	Decreciente	0.09	Decreciente	0.222
Enterobiasis	0.02	Decreciente	0.04	Decreciente	0.055
Shigelosis	0.03	Decreciente	0.02	Decreciente	0.658
Fiebre tifoidea	0.05	Decreciente	0.07	Decreciente	0.221
Giardiasis	0.02	Decreciente	0.03	Decreciente	0.141

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Anexo 2F.6. Medianas de las incidencias de enfermedades gastrointestinales en **Adultos mayores** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores p de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon.

Fuente: Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	57.33	Decreciente	42.95	Decreciente	0.002
Amebiasis intestinal	2.96	Decreciente	3.99	Decreciente	0.191
Otras salmonelosis	0.55	Decreciente	0.27	Decreciente	0.005
Otras infecciones intestinales debido a protozoarios	0.28	Decreciente	0.19	Decreciente	0.005
Ascariasis	0.03	Decreciente	0.02	Decreciente	0.250
Intoxicación alimentaria bacteriana	0.07	Decreciente	0.04	Decreciente	0.049
Fiebre paratifoidea	0.01	Decreciente	0.05	Decreciente	0.592
Enterobiasis	0.03	Decreciente	0.06	Decreciente	0.022
Shigelosis	0.02	Decreciente	0.011	Decreciente	0.623
Fiebre tifoidea	0.04	Decreciente	0.04	Decreciente	0.524
Giardiasis	0.02	Decreciente	0.03	Decreciente	0.314

*Tendencia creciente significativa ($p<0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Tabla 2F.7. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en la **Población total** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.18	Creciente	0.38	Creciente	0.018
Infecciones respiratorias agudas	189.98	Decreciente	288.86	Decreciente	0.000
Neumonías y bronconeumonías	1.19	Decreciente	1.07	Creciente	0.383
Tuberculosis respiratoria	0.04	Decreciente	0.03	Decreciente	0.000

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Tabla 2F.8. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en **Infantes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.18	Creciente	0.43	Creciente	0.005
Infecciones respiratorias agudas	371.40	Decreciente	618.87	Decreciente	0.000
Neumonías y bronconeumonías	2.10	Decreciente	2.78	Decreciente	0.015
Tuberculosis respiratoria	0.01	Decreciente	0.00	Decreciente	0.132

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Tabla 2F.9. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en **Adolescentes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.09	Creciente	0.28	Creciente	0.004
Infecciones respiratorias agudas	121.54	Decreciente	239.93	Decreciente	0.000
Neumonías y bronconeumonías	0.22	Decreciente	0.22	Creciente	0.968
Tuberculosis respiratoria	0.01	Decreciente	0.01	Decreciente	0.009

**Tendencia creciente significativa (p<0.05) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.*

Anexo 2F.10. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en **Jóvenes** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.16	Creciente	0.24	Creciente	0.157
Infecciones respiratorias agudas	103.11	*Creciente	186.34	Creciente	0.000
Neumonías y bronconeumonías	0.25	Decreciente	0.19	Creciente	0.085
Tuberculosis respiratoria	0.03	Decreciente	0.01	Decreciente	0.000

**Tendencia creciente significativa (p<0.05) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.*

Tabla 2F.11. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en **Adultos** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.21	Decreciente	0.21	Creciente	0.231
Infecciones respiratorias agudas	147.41	Decreciente	186.41	Creciente	0.000
Neumonías y bronconeumonías	0.66	Creciente	0.31	Creciente	0.001
Tuberculosis respiratoria	0.06	Decreciente	0.12	Decreciente	0.000

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Anexo 2F.12. Medianas de las incidencias de enfermedades respiratorias en **Adultos mayores** de la CAA para el período 2003-2022 y significancia de acuerdo con sus valores *p* de la prueba Mann-Whitney-Wilcoxon. **Fuente:** Pérez-Castresana, *et al.*, 2023b. Pronaii “Reapropiación socioambiental para el manejo integral y comunitario de la cuenca Atoyac-Zahuapan”.

Enfermedades	Puebla		Tlaxcala		Diferencias Puebla-Tlaxcala
	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	Mediana (IA x 1000)	Tendencia	p-Valor
Faringitis y amigdalitis estreptocócica	0.11	Decreciente	0.15	Creciente	0.276
Infecciones respiratorias agudas	193.40	Decreciente	216.22	Decreciente	0.019
Neumonías y bronconeumonías	3.76	Decreciente	2.13	Creciente	0.000
Tuberculosis respiratoria	0.11	Decreciente	0.12	Decreciente	0.511

*Tendencia creciente significativa ($p < 0.05$) de acuerdo con la Prueba de Mann-Kendall.

Anexo 2G. Caracterización de los recursos médicos disponibles para la población derechohabiente y no derechohabiente en 2020.

Se realizó un diagnóstico de la situación sanitaria en la CAA basado en la densidad de recursos en salud, considerando los estándares establecidos en el modelo de Atención de Salud para el Bienestar (MAS-BIENESTAR), su enfoque de la Atención Primaria de Salud (APS), y el perfil epidemiológico de la población de la CAA caracterizado en el estudio.

Además, se determinó la vulnerabilidad hospitalaria a través de un análisis de los hospitales públicos de segundo y tercer nivel de atención en la CAA. Para ello se crearon áreas circulares alrededor de estas instalaciones utilizando radios de 5 y 10 kilómetros, y se calculó la superficie cubierta por estas áreas en cada municipio correspondiente a dichos radios.

Posteriormente se calculó un porcentaje del área cubierta por hospitales (para 5 y 10 km) para asignarles los siguientes valores:

1. Si el porcentaje de cobertura es 0 %, se asigna el valor de 3 (vulnerabilidad alta).
2. Si es de 1-50 %, es 2 (vulnerabilidad media).
3. Si es mayor al 50 %, es 1 (vulnerabilidad baja).

La vulnerabilidad hospitalaria por municipio se calculó sumando los valores de vulnerabilidad de localización correspondientes a los radios de 5 y 10 kilómetros. El aumento de este valor indica una mayor vulnerabilidad hospitalaria en el municipio. Posteriormente, se calculó la accesibilidad empleando la fórmula:

Proporción de Derechohabientes = $1 - (\text{Población sin derechohabiencia} / \text{Población total del municipio})$

Los datos tanto de la población municipal como del número de personas sin derechohabiencia se obtuvieron del censo de población y vivienda de INEGI para el año 2020. La información de los establecimientos de salud y de los recursos en salud, se obtuvo respectivamente del catálogo CLUES (Clave Única de Establecimientos de Salud) y de la base de Datos Abiertos en Salud, ambos recursos de la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud.

Anexo 2H. Caracterización de los recursos médicos disponibles para la población de la CAA en 2020.

En el primer nivel de atención (PNA) existen 311 unidades de salud, con no más de tres unidades públicas de atención por municipio. En la **Figura 2H.1** se observa una distribución heterogénea en cuanto al número de consultorios públicos por habitantes (no derechohabientes) en las unidades del primer nivel de atención. El 45 % de municipios de Puebla registra un valor cercano o inferior a la línea de referencia (línea discontinua en 0.33). La situación menos favorable la presentan los siguientes municipios: Cuautlancingo, Huejotzingo y Coronango; mientras que en Tlaxcala sólo un municipio registra un valor por debajo de la línea de referencia (Zacatelco).

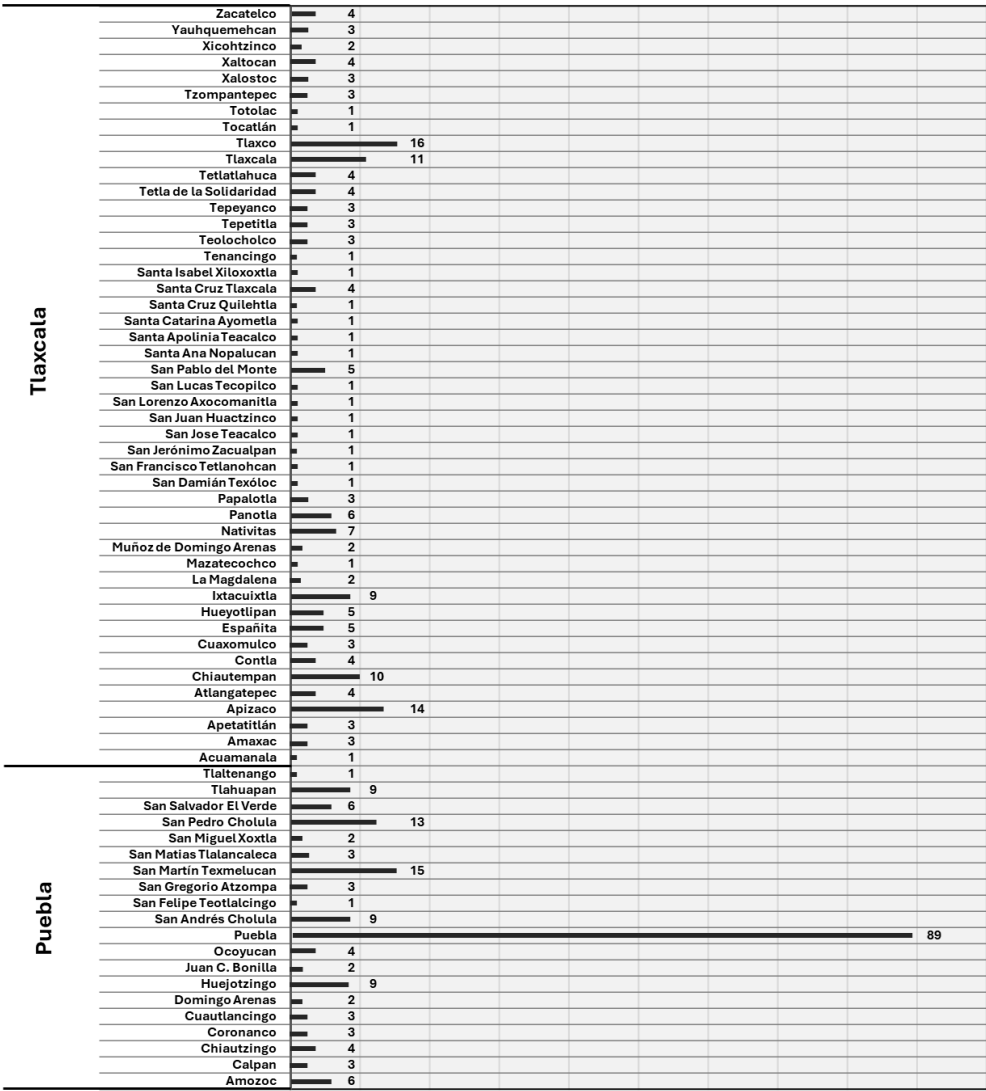


Figura 2H.1. Número de unidades de PNA en el 2021 (CLUES). Fuente: Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Según los datos de la DGIS, en algunas unidades de salud del PNA, los consultorios no cuentan con un médico general o familiar; sin embargo, en estos consultorios hay registros de pasantes de medicina, lo que indica que el servicio de salud lo están prestando médicos en proceso de formación. Al examinar la relación médicos por consultorios a nivel de municipios (Figura 2H.2) se observa que en el 70 % de los municipios de Puebla hay menos de un médico general por consultorio, mientras que en Tlaxcala esta situación solo se presenta en Tlaxco.



Figura 2H.2. Médicos por consultorios a nivel de municipio. La línea discontinua de referencia indica un médico por consultorio. Fuente: Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Así mismo, en el 42 % de los centros urbanos de salud (30 de 72) de Puebla, no hay dos enfermeras por consultorio mientras que en Tlaxcala, esta situación se presenta en el 20 % de los centros de salud (Figura 5.20).



Figura 2H.3. Enfermeras por consultorios a nivel de municipio. Fuente: Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En cuanto al personal mínimo indispensable para otorgar atención integral de salud en un equipo básico de acuerdo con el MAS-BIENESTAR, se observa que en los municipios de Tlaxcala pertenecientes a la CAA, solo hay un promotor de salud, mientras que en Puebla hay 94 promotores, principalmente en los centros de salud urbano y en los centros de servicios ampliados, con un valor superior al valor de referencia (Figura 2H.4).



Figura 2H.4. Promotores de salud por consultorios a nivel de municipio. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En relación con las unidades móviles, se registran un total de 46; sin embargo, el 52 % de ellas se encuentra fuera de servicio ya que la mayoría de estos vehículos iniciaron sus operaciones antes del año 2000 CLUES (2021), por lo que en total, en la CAA se encuentran en operación un total de 22 unidades móviles, 15 de ellas en Puebla y 7 en Tlaxcala.

Por otro lado, en la CAA existe un déficit de laboratorios públicos (15); solo hay laboratorios en el 10 % de los municipios de la CAA y la mayoría se localizan en localidades urbanas, por lo que muchos habitantes de las zonas rurales tienen que recorrer grandes distancias para hacerse los estudios clínicos de sangre (**Figura 2H.5**).

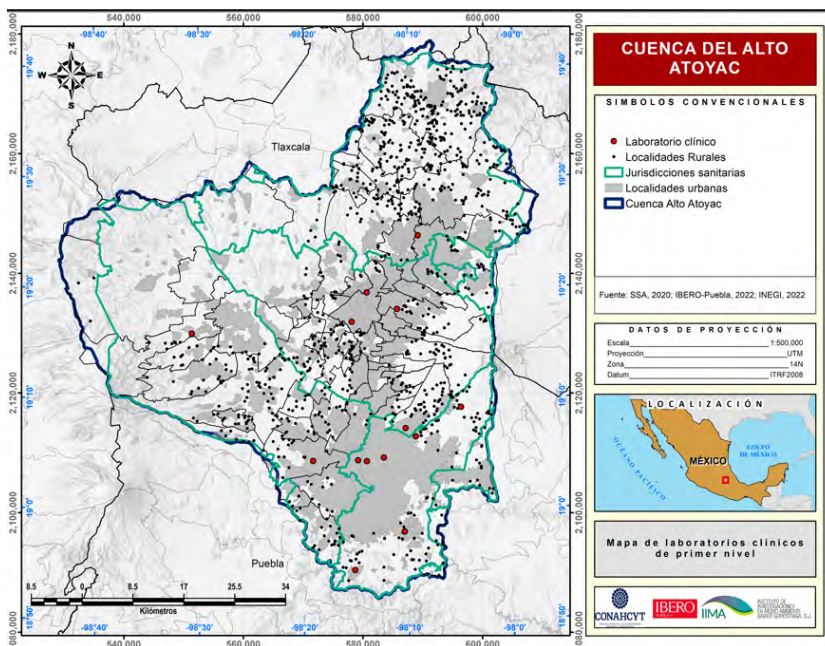


Figura 2H.5. Laboratorios clínicos en la CAA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Como se puede apreciar en la **Figura 2H.6**, en Puebla se encuentra una mayor diversidad de médicos especialistas en comparación con Tlaxcala. Existen al menos 13 especialidades médicas que están presentes en Puebla y no en Tlaxcala.

En la cuenca, por ejemplo, solo hay un urólogo disponible en el PNA brindando atención a la población derechohabiente del ISSSTE, y tres oncólogos en las unidades de la SSA. Además, a pesar de la alta incidencia de enfermedades como la diabetes, el asma, las enfermedades gástricas, respiratorias y las muertes por enfermedades del corazón, no se cuenta con gastroenterólogos, neumólogos, endocrinólogos, alergólogos, cardiólogos ni angiólogos.

	TOTAL		NO DH		DERECHOHABIENTE	
	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA
Total médicos	1104	635	506	479	598	156
Médicos Generales	376	400	319	367	57	33
Médicos Familiares	443	104			443	104
Pediatras	18	1	13	1	5	
Ginecoobstetras	3				3	
Médicos Cirujanos	9		6		3	
Médicos Internistas	7				7	
Médicos Oftalmólogos	3		1		2	
Médicos Traumatólogos	4				4	
Médicos Dermatólogos	1				1	
Médicos Anestesiólogos	5		4		1	
Médicos Psiquiatras	10	2	9	2	1	
Odontólogos	128	104	118	95	10	9
Odontólogos especialistas	4	5	3	5	1	
Médicos Endocrinólogos						
Médicos Gastroenterólogos						
Médicos Cardiólogos						
Médicos en Rehabilitación	5		4		1	
Médicos Urólogos	1				1	
Médicos Cirujanos plásticos	1		1			
Médicos Neumólogos						
Médicos Neurólogos						
Médicos Oncólogos	2	1	2	1		
Médicos Hematólogos	2		2			
Médicos Urgenciólogos	24	7			24	7
Médicos Proctólogos						
Médicos Angiólogos						
Médicos Nefrólogos						
Médicos Reumatólogos						
Médicos Infectólogos	1		1			
Médicos Geriatras	3	1	2		1	1
Médicos Alergólogos						
Médicos Radiólogos	6	2	3	2	3	
Médicos Otras especialidades	48	8	18	6	30	2
Total personal médico en formación	419	173	146	158	273	15
Total medicos en otras labores	84	24	25	10	59	14
Médicos en labores administrativas	80	23	23	9	57	14
Médicos Epidemiólogos	2				2	

Figura 2H.6. Médicos especialistas en el PNA por subsistema de salud en la CAA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Finalmente, en el PNA, se encontró que en Tlaxcala no hay electroencefalógrafos, y apenas hay dos equipos de ultrasonido y cuatro electrocardiógrafos, cuando en Puebla hay 30 y 42 respectivamente (**Figura 2H.7.**). Hay dos mastógrafos en las unidades de la SSA de Tlaxcala, pero no en Puebla; en este último estado solo hay estos equipos en las unidades del IMSS. Los equipos de ultrasonido son necesarios para monitorear el crecimiento y desarrollo del feto durante el embarazo, pero tiene muchos otros usos, incluyendo producir imágenes del corazón, los vasos sanguíneos, los ojos, la tiroides, el cerebro, el tórax, los órganos abdominales, la piel y los músculos.

	SSA		ESTATAL		IMSS BIENESTAR		DIF		IMSS		ISSSTE		PEMEX		UNIVERSITARIO		TOTAL	
	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA	PUEBLA	TLAXCALA
Aceleradores lineales	1										1						1	
Cunas de calor radiante	4																4	
Incubadoras	11																11	
Mastógrafos		2							2								2	2
Unidades de hemodialisis																		
Ultrasonido	16	1					6		6		2	1					30	2
Electrocardiógrafos	32	4	2						3		1						42	4
Electroencefalógrafos							1								4		1	

Figura 2H.7. Número de equipos médicos en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En la CAA hay un total de 26 hospitales públicos de segundo nivel de atención (SNA) en operación con servicios de hospitalización, sin embargo, los hospitales se localizan en el 18 % de los municipios de la Cuenca (**Figura 2H.8.**), concentrándose principalmente en las zonas urbanas de las capitales de ambos estados, por lo que en la mayoría de los municipios no hay hospital de SNA, representando una condición de vulnerabilidad para sus poblaciones.

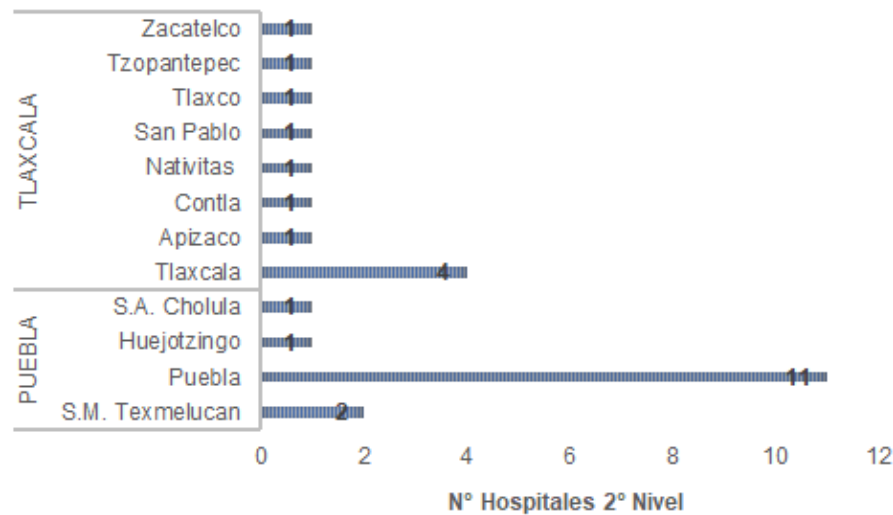


Figura 2H.8. Número de hospitales públicos del SNA en operación en la CAA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Al comparar la densidad de áreas hospitalarias en los hospitales del SNA entre entidades, se observa que la densidad es mayor en Tlaxcala con respecto a Puebla (**Figura 2H.9.**); no obstante, los hospitales de Tlaxcala no cuentan con áreas de quimioterapia, radioterapia, ni con unidades de cuidados intermedios

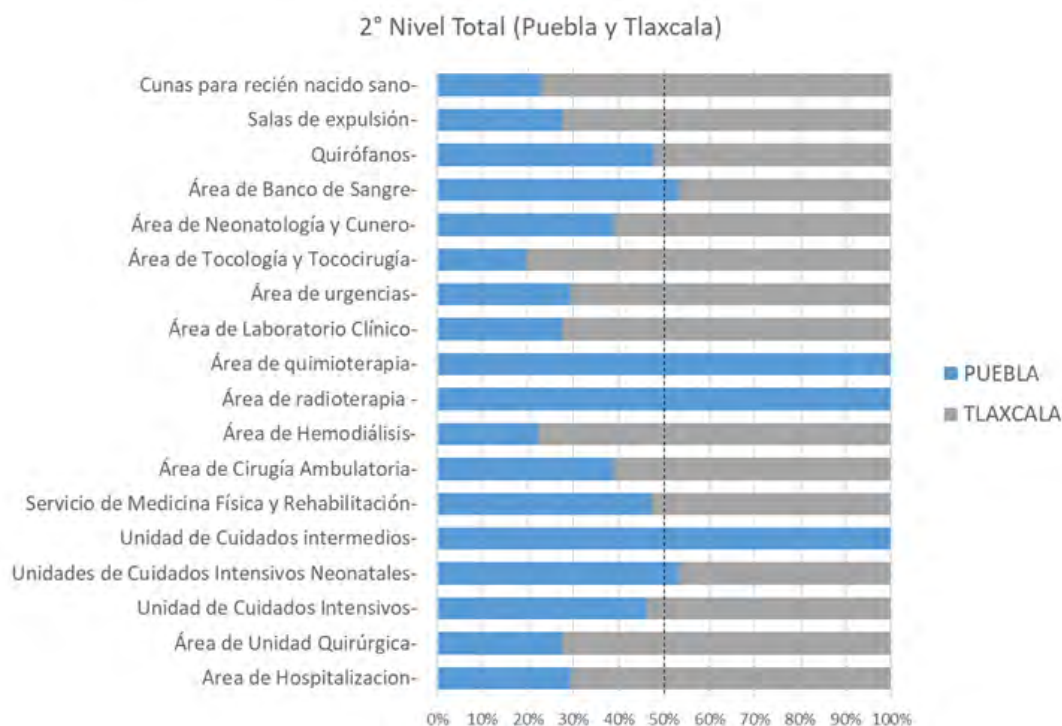


Figura 2H.9. Densidad de áreas hospitalarias del SNA en las entidades de la CAA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

La densidad total de consultorios es aproximadamente dos veces mayor en Tlaxcala (0.223 consultorios x 1000 hab.) con respecto a Puebla (0.134 consultorios x 1000 hab.). Pero en Puebla hay una mayor variedad de consultorios de las distintas especialidades (**Figura 2H.10**), ya que en Tlaxcala no hay consultorios de reumatología, proctología, infectología, hematología ni de geriatría. Además, en esta entidad federativa se registran densidades relativamente más bajas con respecto a Puebla de consultorios de psiquiatría, oncología, neurología, neumología, gastroenterología, angiología, alergología y cirugía maxilo-facial; mientras que en Puebla hay menos consultorios por 1 000 habitantes de traumatología, epidemiología, planificación familiar, medicina familiar, nutrición y pediatría; y no hay consultorios de medicina familiar ni de traumatología. En Tlaxcala solo hay consultorios de neurología, neumología, gastroenterología, endocrinología, dermatología, cardiología, angiología, alergología, cirugía maxilofacial y de medicina familiar en los hospitales de seguridad social.

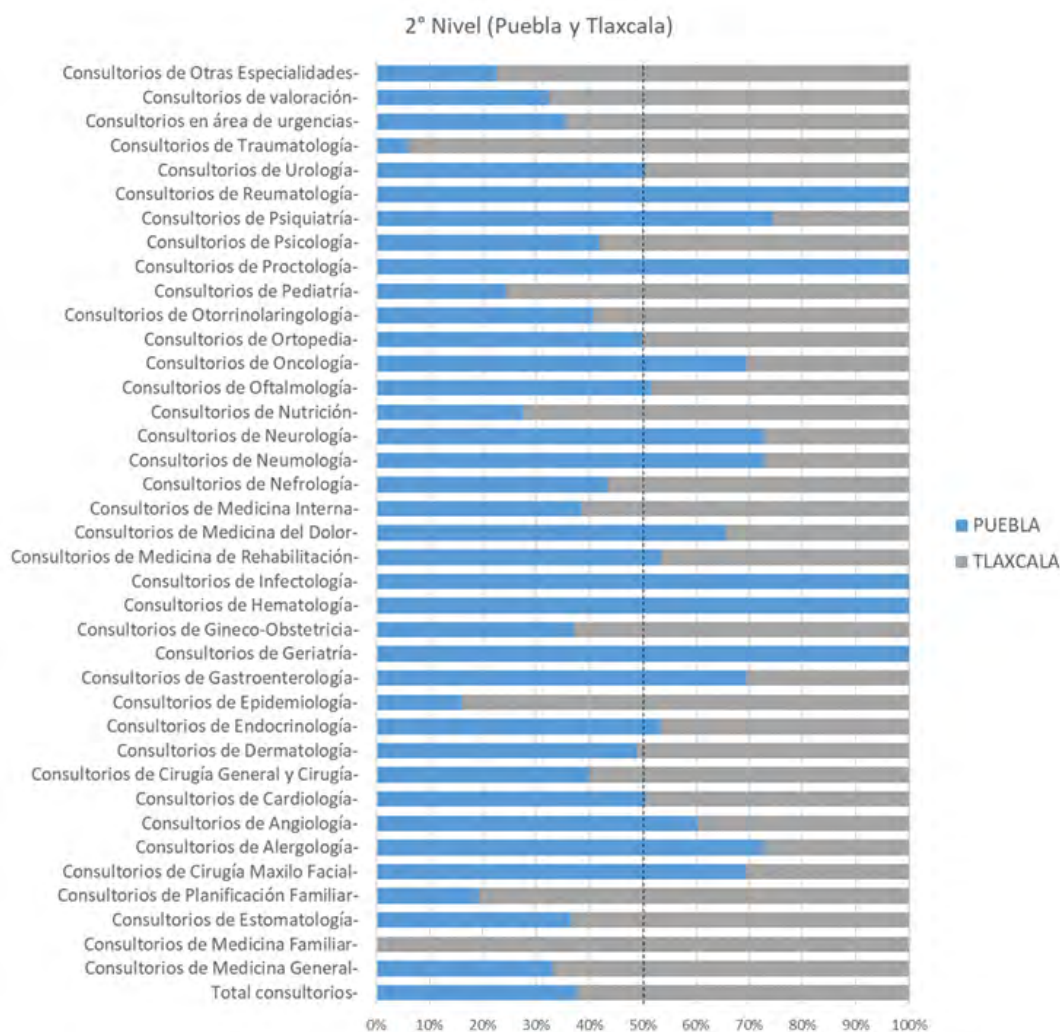


Figura 2H.10. Densidad de consultorios en los hospitales del SNA en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Tal como se observa en la **Figura 2H.11**, la densidad total de camas en los hospitales SNA es similar en ambas entidades federativas; sin embargo, al igual que en el caso de los consultorios, en Puebla hay al menos una cama de cualquiera de las especialidades o áreas hospitalarias consideradas; mientras que en Tlaxcala no hay camas de 14 especialidades, entre estas, camas de quimioterapias, de cuidados intermedios, de reumatología, oncología, hematología, gastroenterología, cardiología, angiología, entre otras.

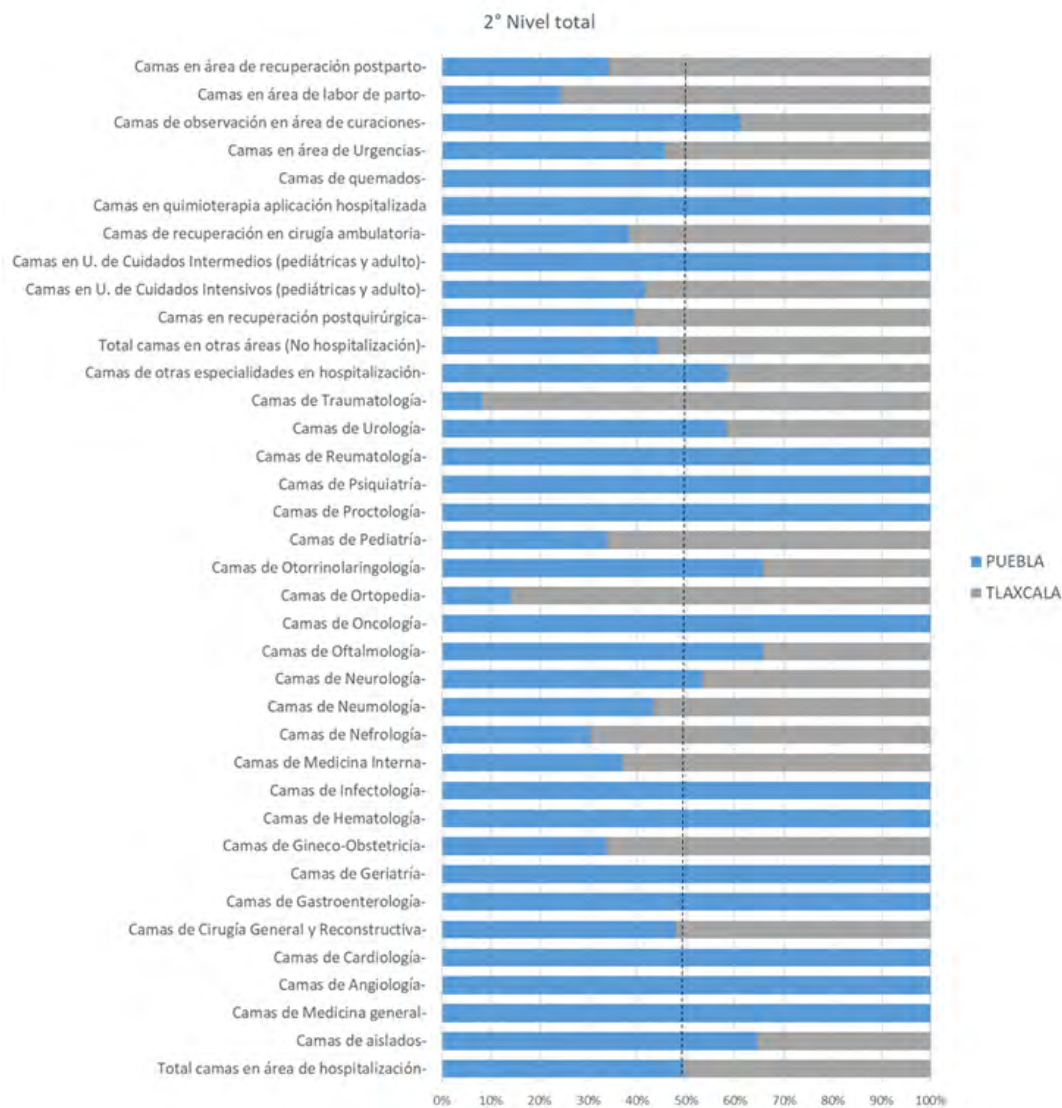


Figura 2H.11. Densidad de camas en los hospitales del SNA en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En la **Figura 2H.12**, se puede observar que en Tlaxcala no hay equipos de resonancia magnética y se registra una densidad relativamente baja de electroencefalógrafos. De manera general, Puebla presenta densidades menores en cuanto a la mayoría de los equipos, particularmente de unidades de hemodiálisis, mastógrafos y electrocardiógrafos. Es importante señalar que en ninguno de los estados hay aceleradores lineales ni litotriptores, los cuales son equipos que se registran en la Base de Datos en Salud.

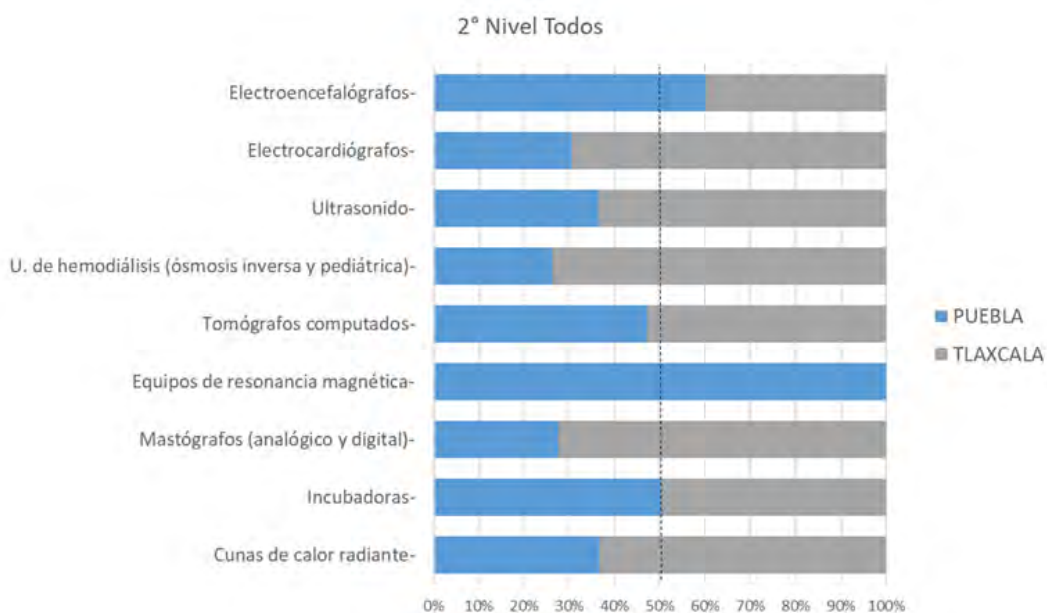


Figura 2H.12. Densidad de equipos en los hospitales del SNA en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

La densidad total de médicos en los hospitales del SNA de Puebla es de 0.644 médicos por 1 000 hab. y en Tlaxcala de 0.846 por 1 000 hab. (**Figura 2H.13**). En ambas entidades se está muy por debajo de las recomendaciones de la OMS para brindar servicios esenciales de salud a la población, la cual es de 2.3 por cada 1 000 hab. o lo que es igual, a 23 médicos por cada 10 000 habitantes (OPS,2015).

En Tlaxcala no se cuenta con médicos de todas las especialidades ya que no hay médicos genetistas, reumatólogos, proctólogos ni hematólogos, y se registran cifras relativamente bajas de alergólogos, neurólogos y neumólogos. Por otro lado, en Puebla no hay médicos familiares disponibles, y las densidades de médicos nefrólogos, radiólogos, urgenciólogos, cirujanos ginecoobstetras y médicos generales son menores en comparación con Tlaxcala.

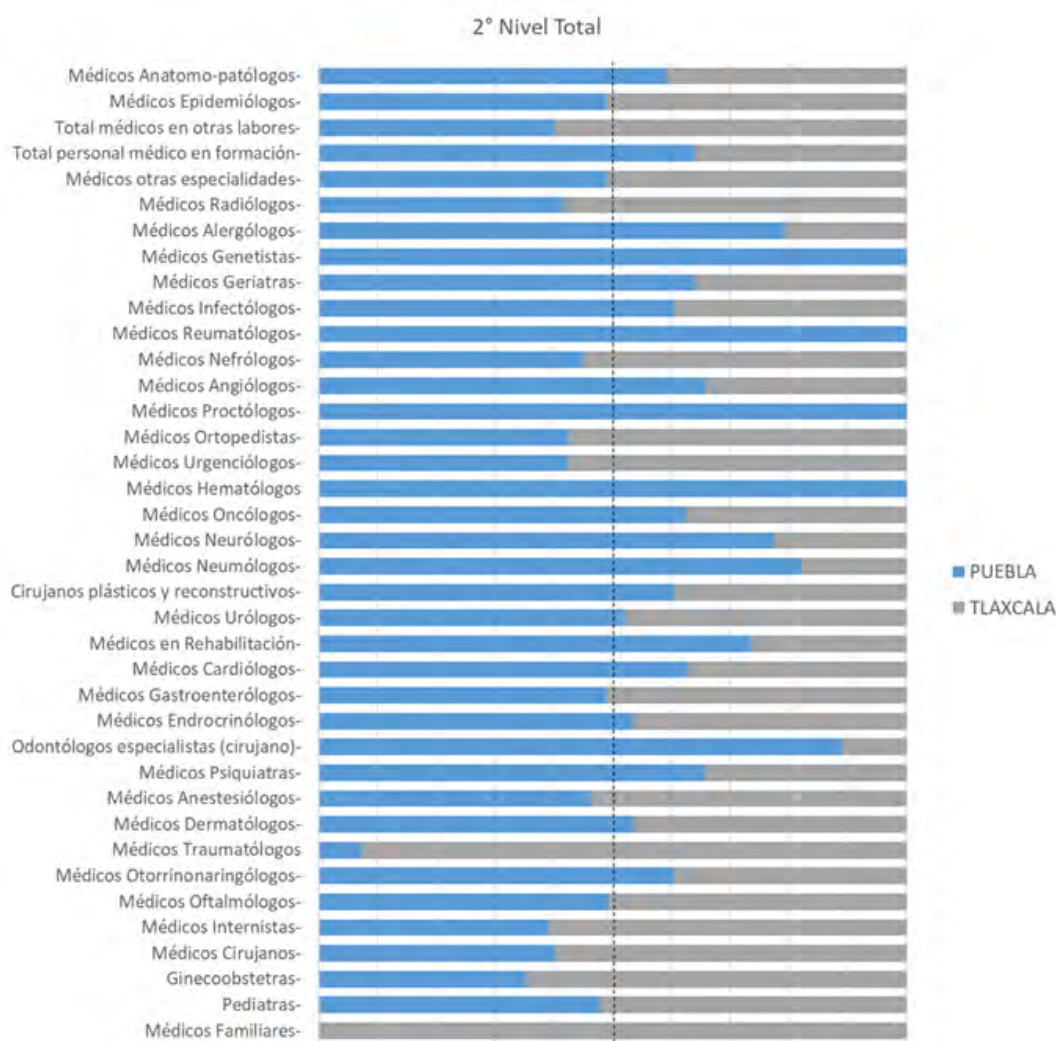


Figura 2H.13. Densidad de médicos especialistas en el SNA en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Finalmente, en este nivel de atención, la densidad total de enfermeras es ligeramente mayor en Tlaxcala (1.539 por 1 000 hab) que en Puebla (1.157 por 1 000 hab), salvo la densidad de enfermeras dedicadas a la investigación, enseñanza y otras actividades (**Figura 2H.14.**). En cuanto al personal técnico, se observa que en Tlaxcala no hay técnicos encargados de los bancos de sangre, ni tampoco personal técnico en anestesiología en la atención primaria, además de que tampoco hay biomédicos (Cuadro 5.18). En el sistema de salud de Tlaxcala se registran densidades relativamente bajas de técnicos de inhaloterapia, histopatología, rehabilitación física, y trabajo social; mientras que en Puebla hay una menor densidad de técnicos en estadística, técnicos en laboratorios, psicólogos, nutriólogos y licenciados en trabajo social.

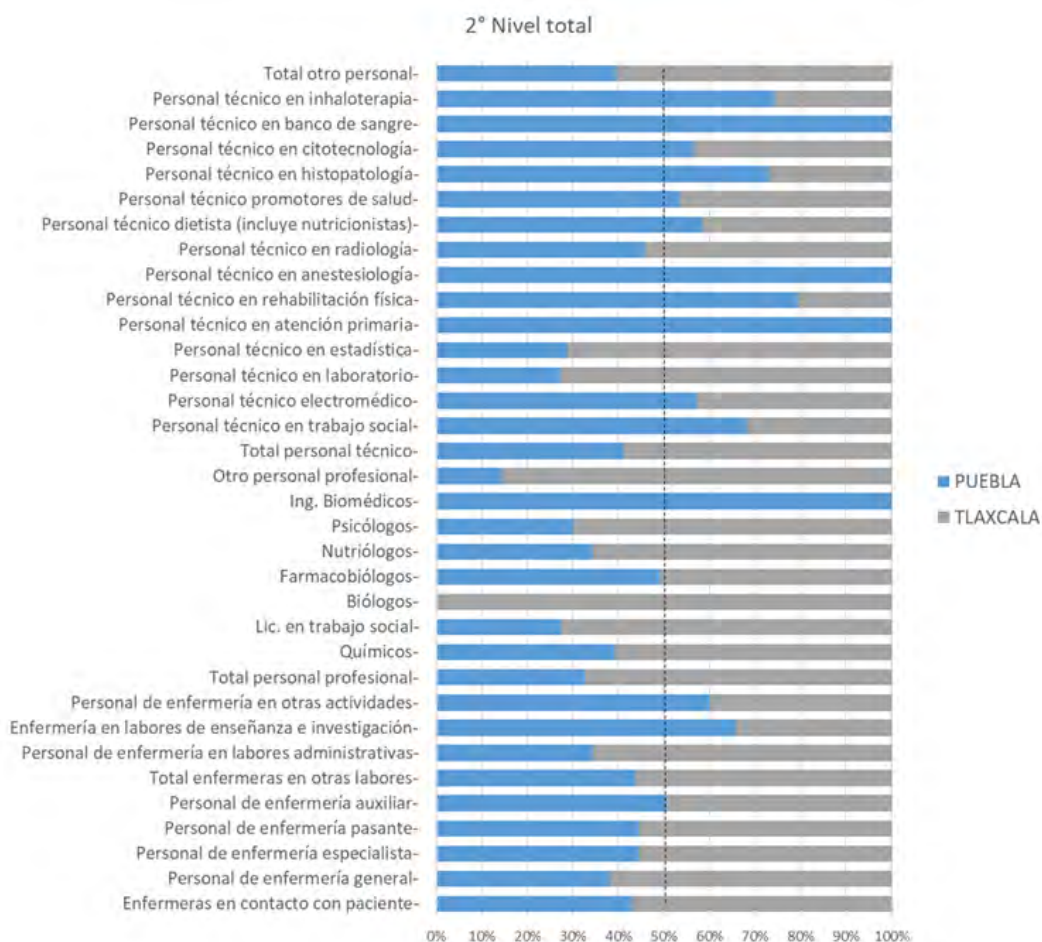


Figura 2H.14. Densidad de profesionales y técnicos en salud en el SNA en Puebla y Tlaxcala. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

La situación en el tercer nivel de atención (TNA) muestra que de los ocho hospitales de este nivel, seis se localizan en Puebla, en el municipio de Puebla y San Andrés Cholula y dos en Tlaxcala, ambos en el municipio de Apetatitlán (CLUES, 2021). De estos ocho, solo dos se encuentran acreditados para la atención médica oncológica en menores de 20 años y son el Hospital para el Niño Poblano y el Hospital infantil de Tlaxcala.

Por otro lado, en Tlaxcala, los hospitales carecen de áreas como banco de sangre, neonatología, radioterapia, cirugía ambulatoria y medicina física y rehabilitación. Además, no disponen de unidades de cuidados intermedios ni unidades especializadas en pacientes quemados (**Figura 2H.15**). No obstante, es importante destacar que la densidad de cunas para recién nacidos y unidades de cuidados intensivos es mayor en esta entidad federativa en comparación con Puebla.

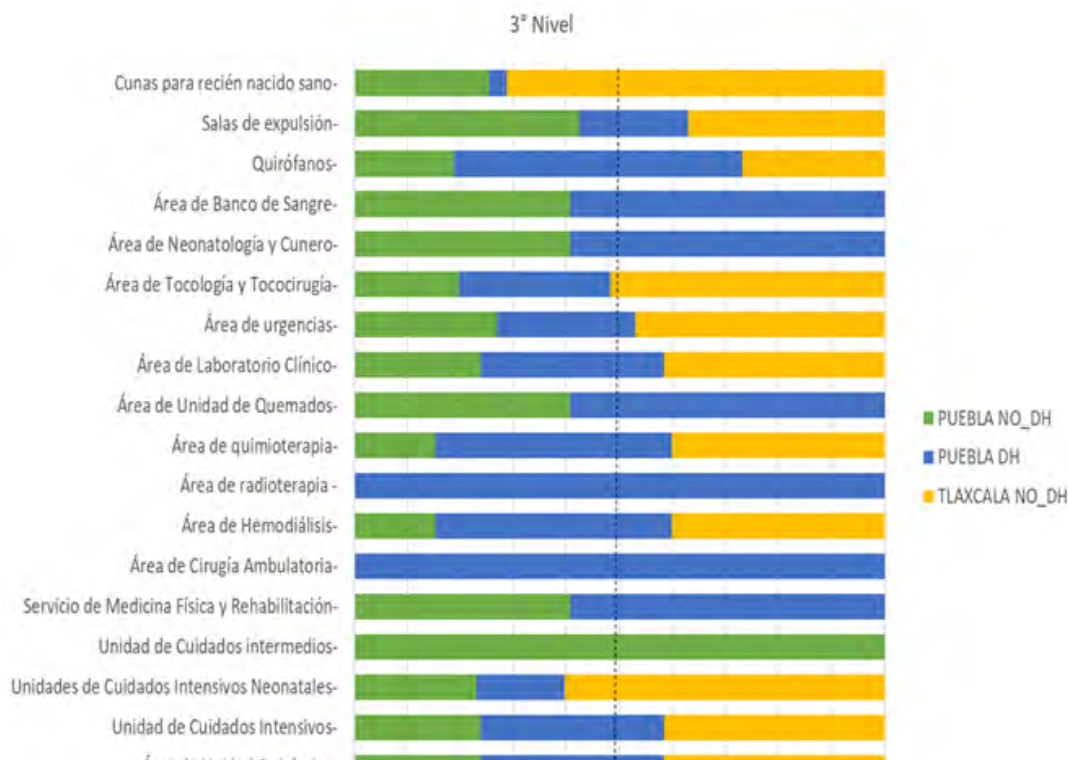


Figura 2H.15. Densidad de áreas hospitalarias en las unidades de TNA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En relación con los consultorios, no hay consultorios para 16 especialidades en Tlaxcala, como, por ejemplo, de urología, reumatología, neumología, epidemiología, dermatología, angiología, alergología, entre otras (**Figura 2H.16**). No obstante, Tlaxcala se destaca por la densidad de consultorios en nutrición, infectología, planificación familiar y psicología.

Aunque en Puebla hay consultorios de casi todas las especialidades médicas en los hospitales públicos para la población abierta, la densidad es relativamente menor con respecto a la densidad de consultorios en los hospitales poblanos de seguridad social, incluso pese a que cuenta con un consultorio de epidemiología e infectología.

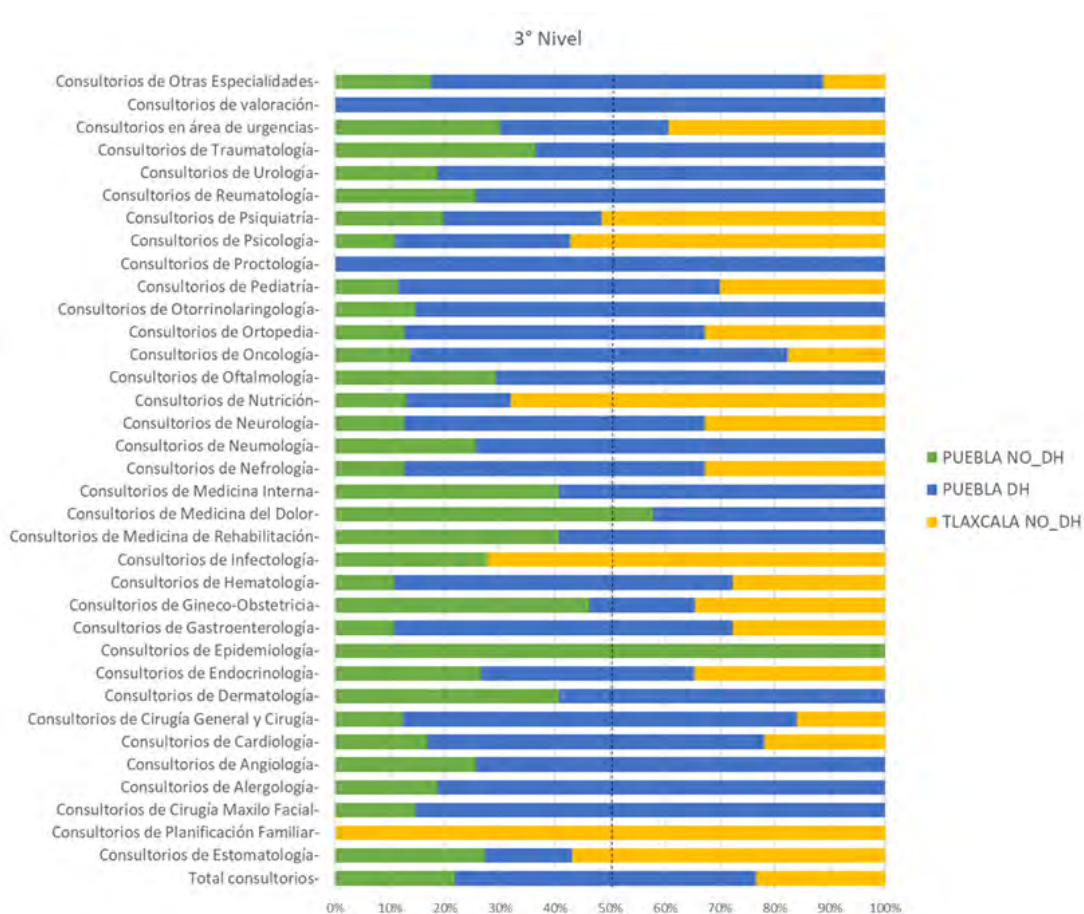


Figura 2H.16. Densidad de consultorios en las unidades de TNA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Por otro lado, en Tlaxcala no se disponen de camas para 21 especialidades médicas tales como oncología, urología, reumatología, trasplante de médula ósea, neumología, neurología, gastroenterología, cardiología, angiología, entre otras. No obstante, se cuenta con un mayor número de camas en las áreas de pediatría, aislados y recuperación posparto (**Figura 2H.17**).

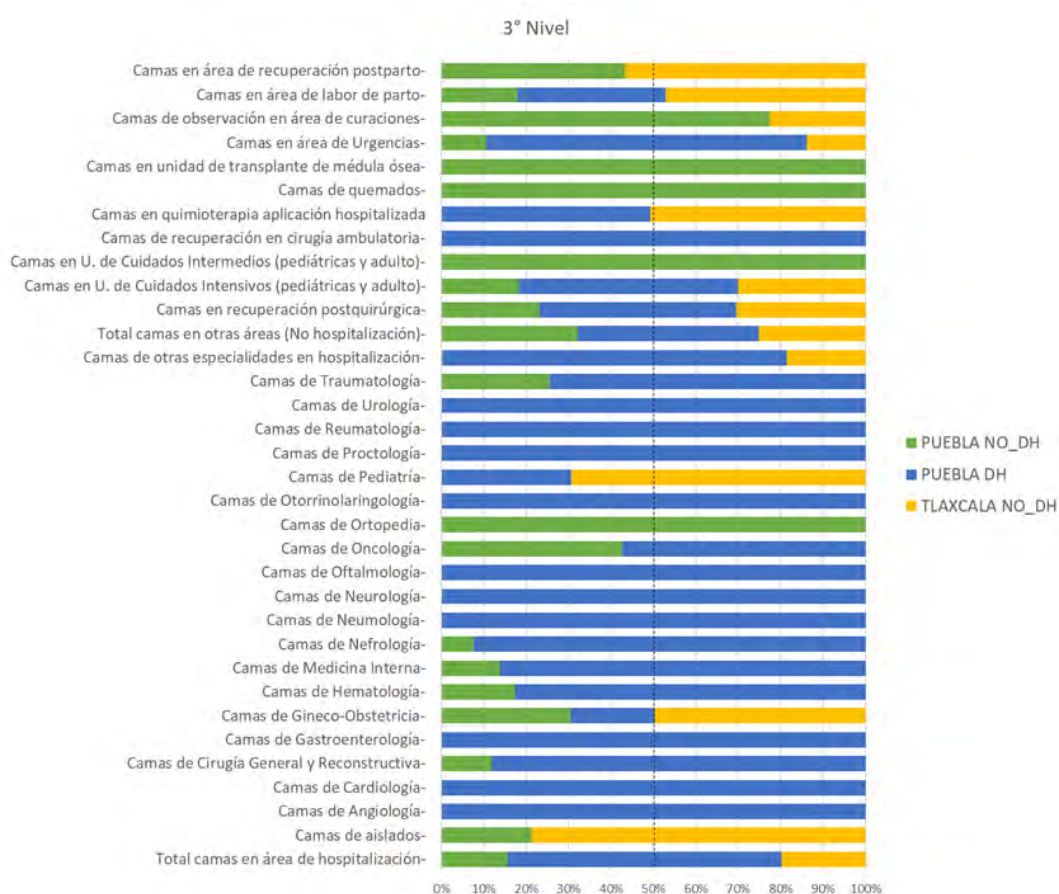


Figura 2H.17. Densidad de camas en las unidades de TNA. **Fuente:** Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

Los hospitales del TNA en Puebla presentan un equipamiento superior en comparación con los hospitales de Tlaxcala, a excepción de los equipos pediátricos como cunas de calor radiante e incubadoras (**Figura 2H.18**) ya que no se encuentran mastógrafos, aceleradores lineales, resonancia magnética y tomógrafos computados.

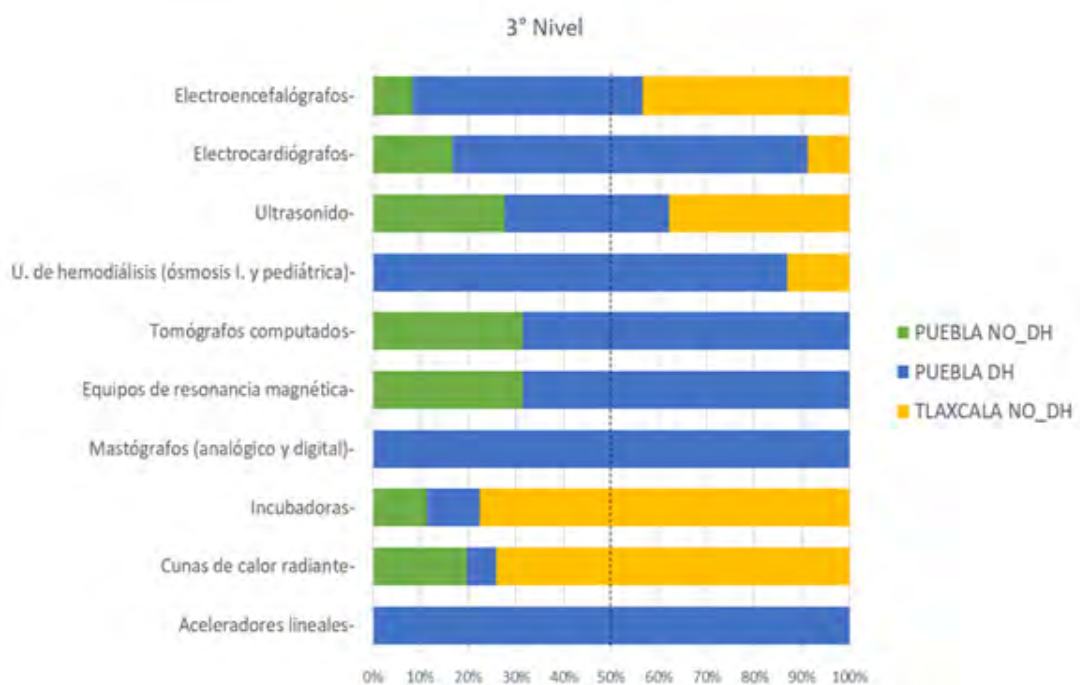


Figura 2H.18. Densidad de equipos médicos en las unidades de TNA.

Fuente: Pronaii Ciencia de Datos y Salud.

En Tlaxcala, no se cuenta con médicos de 15 especialidades, como neumólogos, hematólogos, dermatólogos, angiólogos, reumatólogos, alergólogos, entre otros. Además, no hay registros de médicos en formación en Tlaxcala (**Figura 2H.19**). Así mismo, no hay promotores en salud en ninguno de los estados, ni personal en anestesiología.

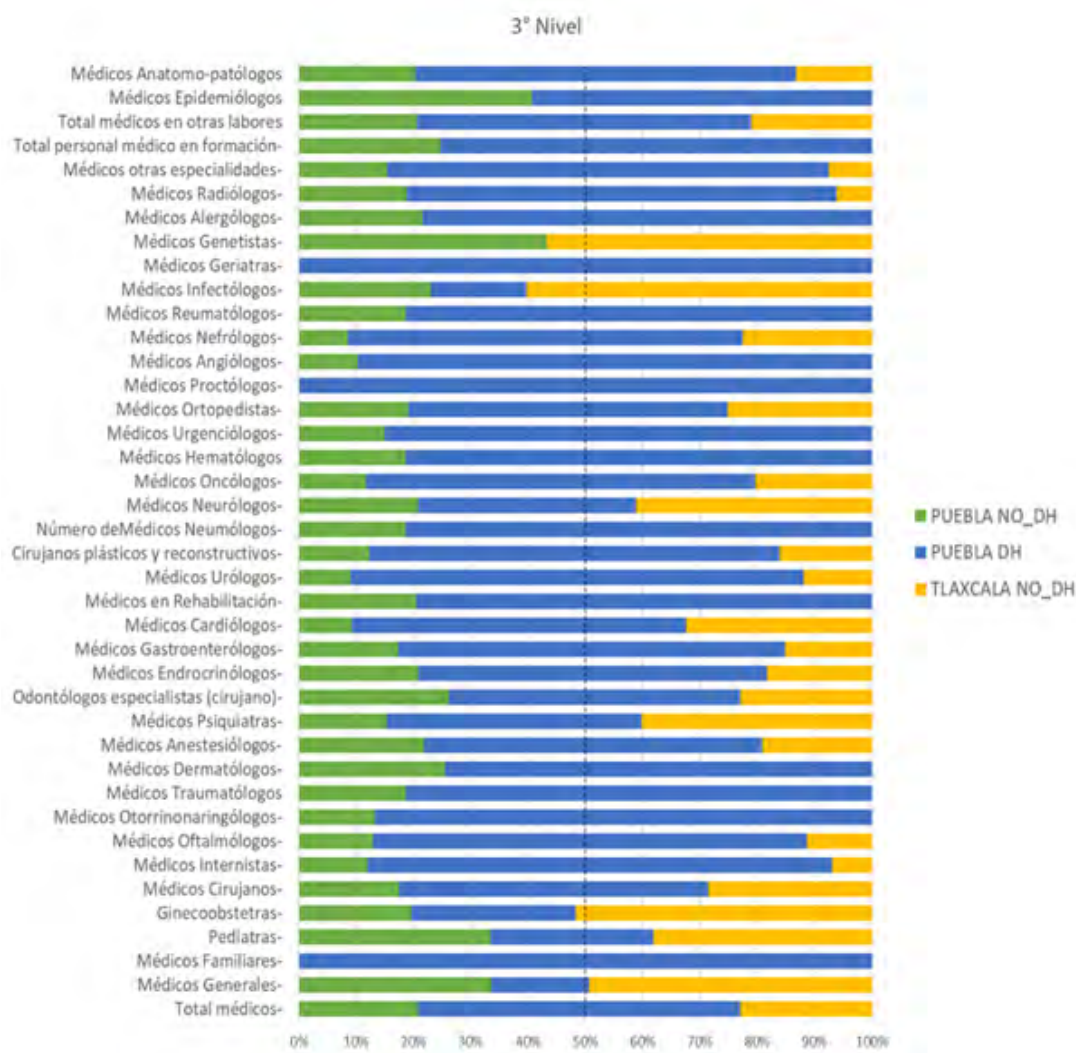
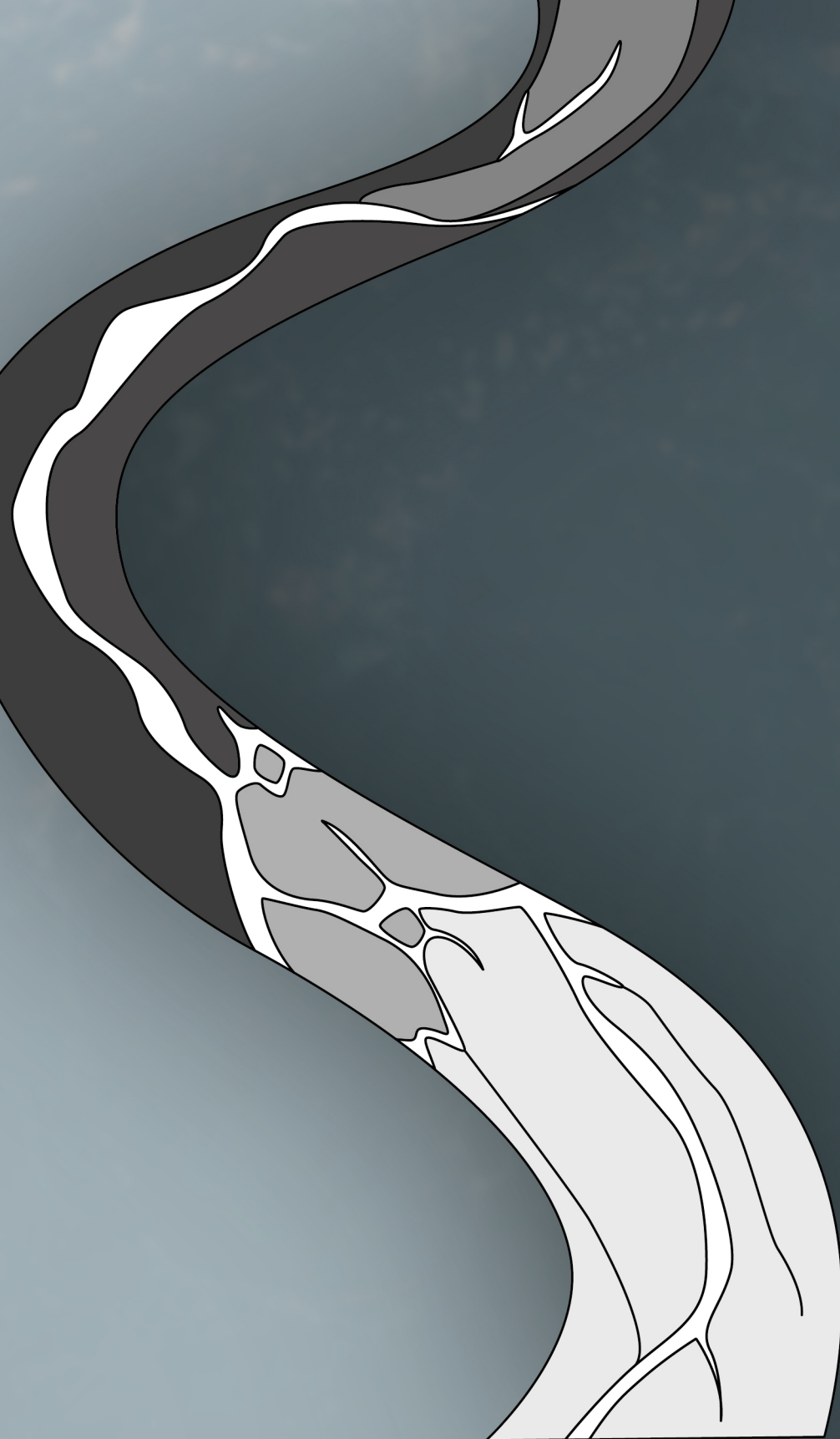


Figura 2H.19. Densidad de personal de salud en las unidades de TNA.
Fuente: Pronaii "Ciencia de Datos y Salud."



ISBN: 978-607-8833-33-7



Gobierno de
México

Ciencia y Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



PUEBLA
Gobierno del Estado
2024 - 2030

**Ciencia y
Tecnología**
Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

**Pensar
en Grande**

**POR AMOR A
PUEBLA**



IBERO
PUEBLA

