

EBER MARTÍNEZ JIMÉNEZ   CARLOS ALBERTO PÉREZ RAMÍREZ 
JUAN ROBERTO CALDERÓN MAYA 

ARTÍCULO ORIGINAL

Cartografía participativa para el análisis de problemáticas ambientales en la Región Tula del Valle del Mezquital, México

Recepción: 13 de marzo de 2025 ► **Evaluación:** 3 de junio de 2025
► **Aceptado:** 17 de junio de 2025 ► **Publicado:** 1 de julio de 2025

Sugerencia de citación. Martínez-Jiménez, E., Pérez-Ramírez, C. A., & Calderón-Maya, J. R. (2025). Cartografía participativa para el análisis de problemáticas ambientales en la Región Tula del Valle del Mezquital, México. *Perspectiva Geográfica*, 30(2), 1-20. <https://doi.org/10.19053/uptc.01233769.19059>

Resumen. En este se trabajo detalla la importancia de la cartografía participativa (CP) como principal elemento para el análisis de problemáticas ambientales en la Región Tula del Valle del Mezquital (RTVM) y su aplicabilidad en una zona de sacrificio, considerada como una de las más afectadas del mundo. En este estudio se presentan cuatro ejercicios de CP realizados en los municipios de Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende y Apaxco de Ocampo, además de un análisis derivado de diagnósticos ambientales comunitarios (DAC) y una matriz de seguimiento de problemáticas ambientales (MSPA), lo que permitió relacionar las problemáticas ambientales con perturbaciones del sistema socioecológico (SSE). Estos ejercicios se realizaron con actores locales desde un enfoque de investigación-acción participativa (IAP), lo que resulta importante para comprender los impactos desde una perspectiva comunitaria. La metodología consistió en la aplicación de cuatro talleres de DAC y CP en la zona de estudio, además del uso de herramientas como mapeos verdes y registro de los saberes locales en una MSPA, así como el uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) para la representación de la información. Los resultados permitieron concluir que existe una crisis ambiental en la RTVM generada por la contaminación en el agua, por descargas urbanas e industriales; en el aire, por las diferentes fuentes de emisiones industriales y minería a cielo abierto; y en el suelo, por el uso de agrotóxicos, monocultivos y extracción desmesurada de los recursos.

- 1 Maestro en Ciencias Sociales, El Colegio de Sonora. Estudiante del Doctorado en Urbanismo de la Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México. geoeber@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-8128-3775>
- 2 Doctor en Ciencias Ambientales, Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México. caperezr@uaemex.mx. <https://orcid.org/0000-0002-8074-2391>
- 3 Doctor en Urbanismo, Universidad Autónoma del Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. jrcalderonm@uaemex.mx. <https://orcid.org/0000000265848868>

Esta situación genera cambios en el sistema socioecológico que se relacionan con afectaciones directas a los ecosistemas y la salud de la población.

Palabras clave: *cartografía participativa, justicia ambiental, diagnóstico ambiental, sistemas socioecológicos, zonas de sacrificio.*

Participatory Mapping for the analysis of environmental problems in Tula Region of the Mezquital Valley, México

Abstract. This paper details the importance of participatory mapping (PM) as a key element for analysing environmental problems in the Tula Region of the Mezquital Valley (RTVM) and its applicability in a sacrifice zone, considered one of the most affected in the world. This study presents four PM exercises carried out in the municipalities of Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende, and Apaxco de Ocampo, in addition to an analysis derived from community environmental assessments (CEAs) and an environmental problems monitoring matrix (EPMM), which allowed linking environmental problems with disturbances in the socio-ecological system (SES). These exercises were conducted with local actors using a participatory action research (PAR) approach, which is important for understanding the impacts from a community perspective. The methodology consisted of four DAC and CP workshops in the study area, in addition to the use of tools such as green mapping and recording local knowledge in a EPMM, as well as geographic information system (GIS) tools for data representation. The results led to the conclusion that there is an environmental crisis in the RTVM, caused by water pollution from urban and industrial discharges; air pollution from various sources of industrial emissions and open-pit mining; and soil pollution from the use of pesticides, monocultures, and excessive resource extraction. This situation generates changes in the socio-ecological system that are directly related to ecosystems and the health of the population.

Keywords: *participatory mapping, environmental justice, environmental assessment, socio-ecological systems, sacrifice zones.*

Mapeamento participativo para análise de problemas ambientais na região de Tula, no Vale do Mezquital, México

Resumo. Este artigo detalha a importância do mapeamento participativo (MP) como elemento-chave para a análise de problemas ambientais na Região de Tula do Vale do Mezquital (RTVM) e sua aplicabilidade em uma zona de sacrifício, considerada uma das mais afetadas do mundo. Este estudo apresenta quatro exercícios de MP realizados nos municípios de Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende e Apaxco de Ocampo, além de uma análise derivada de avaliações ambientais comunitárias (AEC) e uma matriz de monitoramento de problemas ambientais (MMPA), que permitiu vincular os problemas ambientais com as perturbações no sistema socioecológico (SES). Esses exercícios foram conduzidos com atores locais utilizando uma abordagem de pesquisa-ação participativa (PAP), importante para a compreensão dos

impactos a partir de uma perspectiva comunitária. A metodologia consistiu em quatro workshops de DAC e CP na área de estudo, além do uso de ferramentas como mapeamento verde e registro do conhecimento local em um MMPA, bem como ferramentas de sistema de informação geográfica (SIG) para representação de dados. Os resultados levaram à conclusão de que existe uma crise ambiental na RTVM, causada pela poluição hídrica por despejos urbanos e industriais; poluição do ar por diversas fontes de emissões industriais e mineração a céu aberto; e poluição do solo pelo uso de pesticidas, monoculturas e extração excessiva de recursos. Essa situação gera mudanças no sistema socioecológico que estão diretamente relacionadas aos ecossistemas e à saúde da população.

Palavras-chave: *mapeamento participativo, justiça ambiental, avaliação ambiental, sistemas socioecológicos, zonas de sacrifício.*

Introducción

En los últimos años, en México, la degradación ambiental y el estudio de las afectaciones en los territorios han derivado en la creación de diferentes regiones de emergencia sanitaria y ambiental (RESA), las cuales han sido definidas por investigadores de diversas instituciones nacionales y grupos comunitarios pertenecientes a las zonas de atención. Estas regiones están compuestas por varios territorios del país en los que se encuentran diferentes problemáticas ambientales, y en donde las incidencias socioecológicas han ido en aumento a causa de la exposición a diversas fuentes contaminantes (Barreda, 2020; Ortiz-Espejel, 2020; Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2020).

La zona de estudio, denominada Región Tula del Valle del Mezquital (RTVM), por su contigüidad con las múltiples fuentes contaminantes que se sitúan en el corredor Tula-Tepeji, está conformada por los municipios de Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Hidalgo y Apaxco de Ocampo. Esta región pertenece a una de las zonas de atención (RESA) que presentan múltiples problemáticas ambientales en el agua, el aire y el suelo, lo que en conjunto se categoriza como una zona de sacrificio, considerada por expertos como una de las peores del mundo (Ramírez, 2017).

La contaminación ambiental en la RTVM ha sido histórica debido a que ha tenido presencia de industria desde mediados del siglo XX con la construcción de las primeras cementeras y caleras, además de que antropológicamente ha sido un enclave de caliza para las culturas prehispánicas toltecas y mexicas (Cruz-Jiménez, 2011; Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2010). La industria pesada ha contribuido en gran medida a la degradación del ambiente desde mediados de los años sesenta y ha seguido expandiéndose cada vez más como resultado de una serie de procesos de urbanización vinculados con el neoliberalismo y el discurso de desarrollo que per-

mea hoy en día los territorios cercanos a las periferias de la RTVM y las zonas metropolitanas paralelas, como Ciudad de México, Pachuca, Puebla y Querétaro.

En 2019, esta región tomó gran relevancia para las instituciones y agencias encargadas de los temas ambientales y normativos debido a la gran cantidad de problemáticas ambientales y a las incidencias sanitarias ocurridas en Tula de Allende y la presa Endho, ubicada en el mismo municipio, lo que generó estudios de caracterización de la zona y de contaminantes por parte de expertos, investigadores y organizaciones sociales (Barreda, 2020). Algunas de las problemáticas ambientales que se identificaron por parte de estos expertos fueron la concentración de tres parques industriales, alta presencia de minería a cielo abierto, descargas de aguas negras urbanas e industriales, uso de agrotóxicos y mala gestión de residuos a lo largo de la región.

La ubicación de la RTVM posee características particulares de una zona de sacrificio, como lo describe Lopes de Souza (2020), ya que esta se encuentra en las afueras de los grandes centros urbanos, como ciudad de México, Pachuca y Tula, donde se han instalado actividades altamente impactantes y peligrosas que generan una gran contaminación ambiental y provocan problemas de salud vinculados con las actividades industriales de la zona.

Esta concentración de múltiples fuentes contaminantes en los municipios de la RTVM, además de su impacto ambiental y humano, son un tema de análisis que requiere un abordaje no solo técnico, sino un estudio minucioso desde las propias poblaciones y territorios afectados. Por esta razón, los estudios de CP en la región (Laboratorio de Investigación en Desarrollo Comunitario y Sustentabilidad [LIDECs], 2016; Observatorio de Emergencias Socio-Ecológicas [OES], 2024) han sido relevantes debido a que muestran la magnitud de las problemáticas ambientales, su impacto en el territorio y su afectación en las poblaciones (Martínez-Jiménez, 2018).

Debido a la complejidad de las problemáticas ambientales, existe la necesidad de generar estudios que permitan abordar a escala regional las afectaciones socioambientales y comprender las problemáticas vigentes. Por lo anterior, el objetivo de esta aportación consiste en destacar el uso de la cartografía participativa (CP) como principal elemento de análisis territorial y de integración con técnicas mixtas, como los diagnósticos ambientales comunitarios (DAC) y una matriz de seguimiento de problemáticas ambientales (MSPA), que permiten el estudio de las problemáticas ambientales en la RTVM y su aplicabilidad en una zona de sacrificio, además de relacionar las problemáticas ambientales con perturbaciones del sistema socioecológico (SSE).

La cartografía participativa como herramienta para el análisis de problemáticas ambientales

La cartografía participativa (CP), a través de su enfoque activista-participativo (Sletto, 2012; Kim, 2015; Sletto et al., 2023), ha permitido el análisis de diversos fenómenos sociales que están vinculados con el territorio y el significado de los paisajes y lugares. Esta técnica representa una herramienta sobresaliente para profundizar en los elementos de análisis desde diferentes ámbitos, como los aspectos sociales, culturales, históricos, ambientales o simbólicos, la CP reúne no solo información local fidedigna, sino que también permite consensuarla y validarla a través de los actores sociales y participantes (Martínez-Jiménez, 2025).

La CP tuvo su mayor periodo de desarrollo entre 1970 a 1990 debido a los cambios en los nuevos modos de aprendizaje, ya que se pasó de los cuestionarios de encuestas extractivas a los nuevos enfoques de métodos para la evaluación participativa y el análisis (Chambers, 1994). Así mismo, la CP implica la creación colectiva de mapas para poder comprender los procesos históricos de un territorio (Andrade, 2001;

Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola [FIDA], 2009; Werner, 2015).

Es una herramienta que puede ser empleada para el análisis de diversas problemáticas y propósitos, como mapeo de actores, mapeo de salud, mapeo de movilidad, mapeo del agua potable y saneamiento en comunidades rurales, prevención del crimen, monitoreo y evaluación participativa (Chambers, 2006). Sin embargo, la creación y el uso de los mapas también puede propiciar procesos de colonización y proyectos de control territorial, ya que se representan y delimitan los recursos de las poblaciones con fines de zonificación (Sletto, 2012). Por tal motivo, su enfoque comunitario-participativo debe buscar ser un medio de empoderamiento y de transformación de la realidad de las poblaciones.

La creación de mapas sin la intervención de la comunidad se convierte en una técnica que invisibiliza realidades territoriales que frecuentemente son complejas (Betancurth et al., 2020). Por lo anterior, la cartografía en la investigación social se fundamenta en que “quien vive en el territorio es quien lo conoce” (Andrade & Santamaría, 1997), y para comprenderlo se debe incluir a los habitantes que viven en dicho territorio (Pájaro & Tello, 2014). Esto propicia el trabajo participativo y enfatiza la comprensión histórica del territorio mediante la creación colectiva de mapas, permitiendo así que las comunidades examinen las circunstancias y elaboren estrategias, además de rescatar los saberes locales (Andrade, 2001; FIDA, 2009; Werner, 2015).

La evolución en las metodologías de investigación y los nuevos paradigmas del conocimiento han posibilitado que las técnicas cualitativas y las herramientas geotecnológicas sean mayormente aprovechadas cada día por los investigadores, instituciones y miembros de la sociedad civil para el estudio de las problemáticas sociales y ambientales de las últimas décadas (Martínez-Jiménez, 2025). En este sentido, algunos estudios en el contexto latinoamericano han utilizado esta técnica para elaborar guías sobre mapeo participativo

y cartografía social en el ámbito académico (Maccall & Álvarez, 2020), mientras que otros han ejecutado esta técnica para generar visualizadores cartográficos como proyectos de cartografía colaborativa (Velázquez-Quesada et al., 2019).

En México, se han hecho aplicaciones para el análisis espacial de la criminalización de los activistas ambientales en el país (Martínez-Rico, 2018), además de su uso como herramienta para la conservación ambiental en comunidades indígenas de la Huasteca Potosina (Ramos-Viera, 2007) e identificación de servicios ecosistémicos en Marismas Nacionales Sinaloa (Cervantes-Escobar & Ruiz-Luna, 2024).

Por otro lado, también se han tenido investigaciones a cargo de organizaciones no gubernamentales (Salguero, 2018; Geocomunes, s. f.) que han demostrado la importancia y el uso de esta técnica para el análisis de problemáticas como el despojo de tierras, feminicidios, expansión de megaproyectos, afectaciones ambientales y violencia de diferentes tipos, entre otros temas socioambientales.

A pesar de sus aplicaciones, son pocos los trabajos que exploran el uso de la CP para el análisis de problemáticas ambientales en la RTVM. Pese a ello, los trabajos realizados en el 2016 por el LIDECS en el Valle del Mezquital permitieron examinar una parte de la percepción de los riesgos ambientales de las comunidades pertenecientes a los municipios de la región de Apaxco-Atotonilco-Atitalaquia, lo cual generó un análisis que muestra un panorama alarmante de las problemáticas ambientales de esta región de sacrificio (Martínez-Jiménez, 2018).

Actualmente, tanto las problemáticas ambientales como el territorio en la RTVM han sufrido cambios significativos y es por esto que los ejercicios de CP se han retomado con la finalidad de actualizar la información con las modificaciones actuales (evolución), dar continuidad respecto al monitoreo de las problemáticas ambientales y reconocer sus interacciones con el sistema socioecológico.

Articulación de la cartografía participativa con el diagnóstico ambiental comunitario

El diagnóstico participativo es un enfoque que, mediante la participación consciente de la comunidad, permite el reconocimiento de su propia realidad, lo cual promueve la organización de los habitantes con el propósito de impulsar acciones de cambio (Muñoz-Gual, 2008). Por su parte, Román-López Dollinger (2016) define el diagnóstico participativo como un entramado de procesos en los que se logra obtener conocimiento (empírico) sobre la realidad o fenómeno que se pretende mejorar o transformar, mientras que las personas involucradas en dicha realidad participan activa y solidariamente.

Otros autores como Ganter et al. (2015) definen el diagnóstico participativo como una representación elaborada por la comunidad que refleja los vínculos sociales y su interacción con el entorno, incluyendo los elementos más relevantes de su vida cotidiana. Esta fotografía no solo permite develar elementos importantes de análisis, sino también cómo se conceptualiza la realidad de los participantes.

En algunos casos, el término *diagnóstico participativo* se ha aplicado a las actividades de monitoreo; en estos escenarios, se involucra a habitantes locales que, aunque no cuentan con formación especializada, tienen diversos conocimientos y experiencia. Este tipo de diagnósticos requieren de un proceso continuo debido a que los usuarios locales registran la información, reflexionan sobre ella y efectúan acciones basadas en lo aprendido (Evans & Guariguata, 2008).

Desde el análisis de las problemáticas ambientales, el diagnóstico participativo es una metodología que, desde el enfoque comunitario, tiene una aplicabilidad simultánea con la CP. La conjunción de ambas resulta en un diagnóstico ambiental comunitario (DAC), una herramienta metodológica que permite la identificación de las problemáticas ambientales en el territorio

a través de los saberes locales y el consenso colectivo de los participantes.

El DAC parte íntegramente del diagnóstico participativo e incorpora elementos del desarrollo comunitario radical para la identificación de los elementos que generan una afectación, con lo cual se precisan las problemáticas ambientales de manera geográfica como eje de análisis para la acción colectiva hacia la justicia social y ambiental (Martínez-Jiménez, 2025). Las diferencias que existen con el diagnóstico participativo se relacionan con la variación de los métodos e instrumentos utilizados y el objetivo, que en el caso del DAC se centra en la identificación de las problemáticas ambientales a diferentes escalas.

Es importante reconocer que el DAC es un componente que precede a la CP, puesto que al aplicarse en conjunto se facilita la geolocalización de las problemáticas ambientales sobre un mapa base, y esto permite la representación de los saberes y concepciones de los actores sociales y participantes del ejercicio.

La cartografía participativa en las investigaciones socioterritoriales

Dentro de los estudios que han aplicado ejercicios de CP para el estudio de temas socioterritoriales, se pueden identificar algunos casos de estudio donde se destaca el uso de esta técnica de análisis para examinar elementos como:

Conflictos sociales. Respecto a las técnicas de análisis que abordan los conflictos sociales, sobresale la integración de la comunidad y las organizaciones sociales en los estudios (Vélez et al., 2012; González, 2020) a través del uso de mapas y CP que posibilitan la toma de decisiones políticas y de planeación autónoma del territorio. También se destaca la elaboración de diversos tipos de productos cartográficos de la realidad de estudio, como los mapas ecológicos, económicos y de conflictos, que permiten identificar tanto

los recursos que inciden en la caracterización del SSE de las regiones de estudio como los conflictos sociales que se han generado a partir de las problemáticas ambientales.

Interacciones con los sistemas naturales-sociales. Para analizar este aspecto, se plantea el mapeo de servicios ecosistémicos percibidos a través de cartografía participativa para su evaluación e identificación de paquetes de servicios, donde se rescata la integración con otros enfoques como las métricas del paisaje (Karimi & Raymond, 2022). Esto incluye los casos de las áreas afectadas por fenómenos naturales (González-Pacheco et al., 2019) en los que se emplea la CP como técnica de análisis capaz de estudiar áreas agrícolas afectadas por estos fenómenos, en conjunto con métodos de sistematización mixtos como 1) recolección de datos, 2) revisión de datos climáticos y 3) revisión de cartas topográficas. La mezcla de estas técnicas permite generar conocimientos colectivos del espacio geográfico analizado a través de procesos socioparticipativos para llegar hasta una imagen colectiva del territorio.

En estos estudios, se destaca la implementación de la CP como herramienta multidisciplinaria que aporta un análisis complejo de las realidades socioterritoriales a través de la complementariedad de enfoques y metodologías que son utilizados junto con esta técnica, como el análisis espacial, el uso de sistemas de información geográfica (SIG), los índices para evaluar el paisaje y los datos estadísticos, así como técnicas de corte etnográfico para la verificación de datos en campo.

Tomando en cuenta estos estudios previos donde se ha implementado la CP, el aporte de esta investigación en los estudios socioterritoriales reside en el uso de la CP para la caracterización de los sistemas socioecológicos (SSE), entendidos como un entramado de dimensiones (social, ecológica y urbana) que se relacionan y forman parte de procesos socioterritoriales, económicos, industriales, urbanos y agrícolas de la región de estudio.

Es importante mencionar que en esta aportación retomamos la CP como una técnica de análisis que permite delinear las problemáticas ambientales a través de la participación de los actores locales, quienes reconocen, viven y resisten las consecuencias de estas en su territorio, y que, por sus características, se define como una *región de sacrificio*. Sin embargo, reconocemos que la CP tiene un margen amplio de análisis, ya que logra rescatar elementos simbólicos, históricos, culturales, significados y narrativas que engloban el uso de la CP.

Metodología

La RTVM comprende varios territorios donde se ha presentado una degradación acelerada a lo largo de las últimas décadas. En este contexto, las organizaciones comunitarias han sido parte fundamental de los procesos de defensa del territorio vinculados a las problemáticas ambientales y, por tal motivo, este estudio da continuidad a los trabajos previos realizados en 2016 en la RTVM por el LIDECS, los cuales se han realizado bajo un contexto de militancia social con los actores sociales y personas partícipes de las comunidades que conforman actualmente la región Tolteca.

El enfoque de este estudio se centra en el análisis territorial de las problemáticas ambientales a través del uso de la CP y su integración con técnicas mixtas. Para ello, se utilizaron diversos instrumentos, como diagnósticos ambientales comunitarios (DAC), cartografía participativa (CP), la implementación de una matriz de seguimiento de problemáticas ambientales (MSPA) y el uso de SIG para la sistematización y representación.

Esta investigación se realizó en las comunidades de San Marcos, Ocampo y Atitalaquia, pertenecientes al Estado de Hidalgo, y Santa María de Apaxco, en el Estado de México. Los municipios de Atitalaquia, Atotonilco, Tula de Allende y Apaxco de Ocampo, donde se ubican estas comunidades, comparten una contigüidad territorial (Figura 1) respecto a los elementos geográficos, las fuentes de contaminación y las problemáticas ambientales.

En estos municipios se realizaron cuatro talleres de diagnóstico ambiental comunitario (DAC) junto con cartografía participativa (CP) en el segundo semestre de 2024. Para la aplicación de los ejercicios de DAC y CP, se requirió el apoyo de actores clave de las comunidades, quienes fueron el enlace principal para la convocatoria y la realización de los talleres.

El grupo de actores está compuesto por activistas ambientales locales, miembros de la sociedad civil y funcionarios de las administraciones locales. El enlace con estos actores es resultado de *rapport* previo en la región, desde el año 2009, y en años posteriores derivó en trabajos de soporte comunitario, en 2016, con el LIDECS.

Los ejercicios de DAC y CP se realizaron a través de grupos focales conformados por la población local, estudiantes de nivel medio superior, representantes de la sociedad civil, activistas ambientales y líderes comunitarios, así como administrativos del Gobierno local, como delegados, ejidatarios y representantes de departamentos de ecología locales. Estos grupos focales se crearon para cada uno de los ejercicios y se definió un margen de mínimo 6 personas y máximo 12 personas para llevarlos a cabo.

Para los talleres, se utilizaron herramientas como 1) diagnóstico ambiental comunitario, 2) mapeo verde, 3) cartografía participativa y 4) líneas de tiempo, con la finalidad de identificar las problemáticas ambientales en el territorio, su origen y su evolución.

Con el diagnóstico ambiental comunitario, se identificó la situación ambiental en la región a partir de la incorporación de los saberes locales de las comunidades y actores locales. Preguntas como ¿quién?, ¿cómo?, ¿dónde? y ¿qué se ha hecho respecto a la problemática? fueron detonantes para profundizar sobre las problemáticas ambientales, tanto de manera local como para la RTVM. Esta información se plasmó en rotafolios que fueron analizados por cada uno de los grupos de participantes y consensuados para identificar problemáticas análogas.

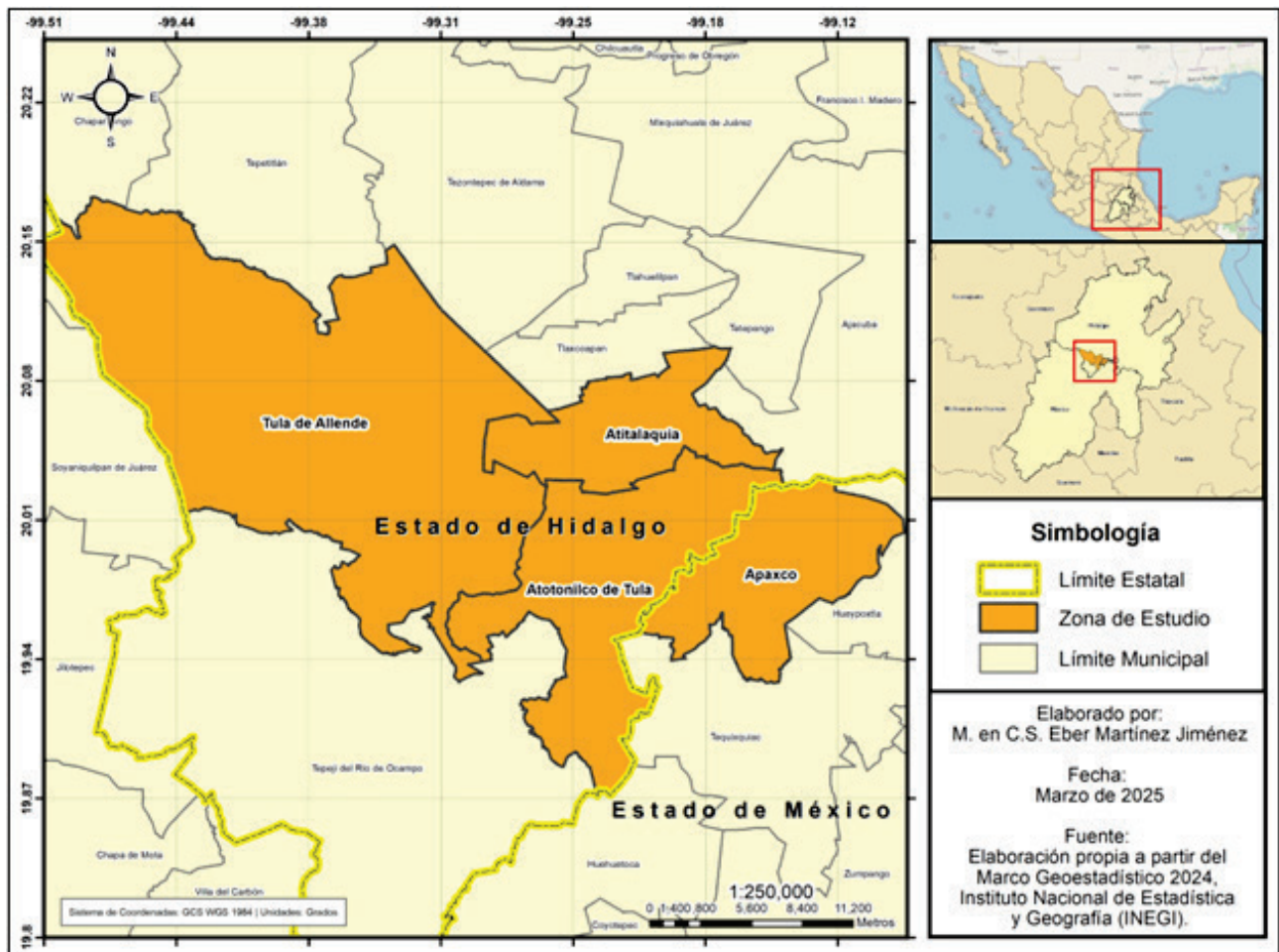


FIGURA 1. Mapa de zonificación de la región de estudio

FUENTE: elaboración propia.

Con el mapeo verde, se analizó la interacción de las problemáticas ambientales en el agua, el aire y el suelo lo cual permitió diferenciar los procesos de contaminación en estas dimensiones y su origen. Mediante rotafolios, los actores locales y los participantes identificaron estos elementos a través de preguntas guía, por ejemplo: ¿cómo se percibe?, ¿cuál es la fuente?, ¿hasta dónde llega? y ¿en qué año se originó? Estas preguntas permitieron registrar un origen, así como los momentos clave y críticos de la contaminación en la RTVM, además de identificar el elemento geográfico en el que se sitúa y su magnitud en algunos casos.

Con la cartografía participativa, se utilizó la información de los instrumentos previos para localizar y consensuar los elementos en un mapa base a través de los aportes de los participantes, lo cual permitió di-

mencionar las problemáticas ambientales en cuanto a su afectación y el tipo de problemática. Las preguntas guías ¿quién?, ¿cómo?, ¿dónde?, ¿cuál es la fuente? y ¿hasta dónde llega? son indispensables para que esta información se pueda plasmar en el mapa.

Finalmente, con la línea de tiempo se identificaron los momentos clave de perturbación del SSE para recuperar las narrativas de cambio histórico en los aspectos socioterritoriales y ambientales. Esta información parte de dos fuentes, los rotafolios derivados del mapeo verde y el DAC, y de las minutas o diario de campo del investigador. Las preguntas guía ¿quién?, ¿en qué año se originó?, ¿qué se ha hecho respecto a la problemática? y ¿cómo se percibe? permiten organizar la información de tal manera que se pueden generar reportes de diagnóstico e infografías en un formato de sucesión ordenada.

Por otra parte, para la sistematización de la información, concentrado y mapeo se utilizaron herramientas SIG de uso libre, como QGIS en su versión 3.42; aplicaciones web, como Canva, para el diseño de productos gráficos, y la implementación de una matriz de seguimiento de problemáticas ambientales (MSPA). Esta última permite crear un registro histórico de las problemáticas ambientales de la región de estudio y relacionar las interacciones con el SSE mediante el cruce de información documental y la información de los talleres realizados en los cuatro municipios. Esta matriz está compuesta por reportes de diagnóstico de los municipios de estudio, documentos académicos y de instituciones públicas, así como notas periodísticas en las que se describen las características de las incidencias.

Lo anterior permitió crear infografías de los cambios en el SSE, reportes sobre los elementos de perturbación del SSE, mapas de diagnóstico ambiental y cartografía participativa, que tuvieron como fin el fortalecimiento del conocimiento local y el uso de esta información para el cambio. Es importante mencionar que los ejercicios se realizaron con un enfoque de IAP, por lo que la información colectiva, así como los productos generados en los talleres, fueron entregados a través de actividades de retorno en el mes de noviembre de 2024. Estas actividades consistieron en conversatorios sobre los resultados y estrategias locales que se pueden gestar entre los participantes de los talleres, además de una entrega de resultados regionales mediante actores clave y líderes comunitarios.

Resultados

Los resultados de esta investigación se centraron en la identificación de diversas problemáticas ambientales en la Región Tula del Valle del Mezquital (RTVM), clasificadas como agua, aire y suelo, respecto a los instrumentos utilizados para delimitarlas y el enfoque socioterritorial de análisis. A través de la cartografía

participativa, se reconoció que existe una serie de problemáticas ambientales comunes, principalmente las que se encuentran relacionadas con actividades industriales, urbanas y agrícolas.

A continuación, se presentan los resultados del análisis de los DAC y la CP de los cuatro municipios de estudio, así como la interpretación de los productos cartográficos derivados de estos.

En el mapa derivado del DAC y la CP en la localidad de San Marcos (Figura 2) se presentan las problemáticas ambientales que son identificadas en la zona oeste del centro histórico de Tula de Allende. En el caso de las problemáticas en el agua, se identificó el río Tula como el principal caudal que presenta una contaminación severa, particularmente por las externalidades de operación del Túnel Emisor Oriente (TEO). En este caudal se depositan las descargas urbanas de la Ciudad de México y los centros urbanos limítrofes, por lo que la gestión de las descargas urbanas, así como la operatividad de la presa Requena, son reconocidas como factores causantes de la inundación de las localidades ribereñas y el centro de Tula de Allende en 2021. Esta inundación provocó problemas sanitarios, además de pérdidas humanas y materiales.

Aunado a lo anterior, en este canal se identifica una pérdida y desplazamiento de especies vinculada con este evento, además de una degradación prolongada de su estado por la descarga de aguas residuales urbanas e industriales.

Las líneas de tiempo revelaron que existen problemáticas ambientales históricas en el aire, por ejemplo, con la instalación de la refinería Miguel Hidalgo y el complejo termoeléctrico Francisco Pérez Ríos en 1975, que marcaron un punto crítico para la calidad del aire de la RTVM a causa del aumento gradual de bióxido de azufre y partículas suspendidas. Estas emisiones afectan directamente la salud de la población cercana al complejo debido a que su rango de afectación es percibido a 5 kilómetros de la fuente como un olor fuerte azufre-combustible.

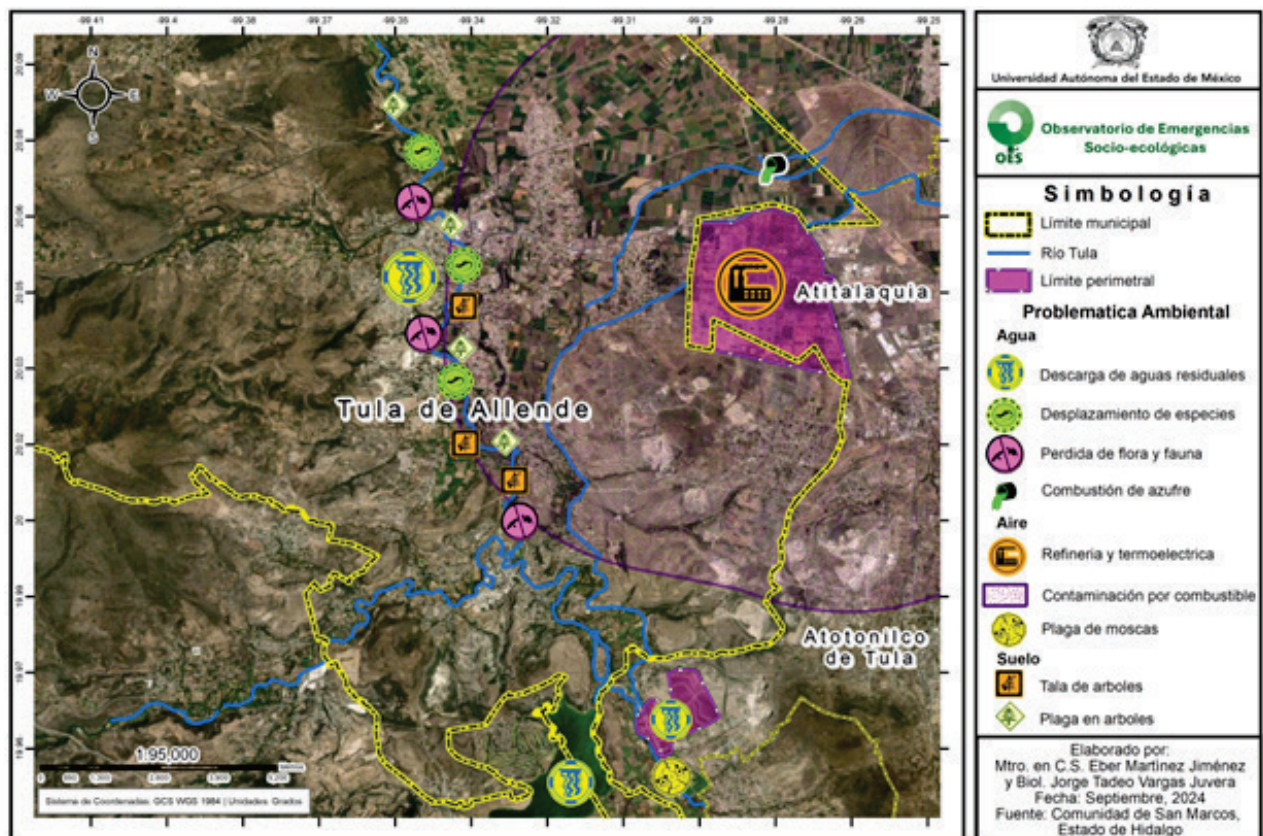


FIGURA 2. Diagnóstico ambiental comunitario de la localidad de San Marcos, Tula de Allende, Hidalgo
FUENTE: OES (2024).

Por otra parte, en relación con las problemáticas ambientales en el suelo, se identificó una gran deforestación en la ribera que comenzó desde 2017 a causa de los trabajos de ampliación del cauce del río Tula, donde se talaron aproximadamente 1.500 árboles. En esta zona, actualmente, se presentan plagas de moscas y heno motita, que afectan la vegetación regional.

De estos resultados, fue posible identificar momentos clave de la perturbación del sistema socioecológico con la MSPA. En este caso, se reconoce, por parte de la comunidad: 1) el cambio de las condiciones del río Tula después de 1975 con la instalación de la refinería y el complejo termoelectrico, 2) los trabajos de ampliación del río Tula, 3) la entrada en operación del TEO, 4) la inundación del río Tula, 5) la pérdida de flora y fauna en la ribera del río y 6) la presencia de plagas. Estos momentos de perturbación se han dado principalmente en el río Tula, lo que, a su vez, agru-

pa las problemáticas ambientales en este elemento geográfico que concentra fuentes de contaminación y procesos urbanos, como la descarga de aguas residuales urbanas e industriales, que degradan y modifican los procesos socioecológicos de la zona.

Por otra parte, en el mapa derivado del DAC y la CP en Atitalaquia (Figura 3) se presentan las problemáticas ambientales que fueron identificadas en la zona noroeste de la RTVM. En el caso de las problemáticas en el agua, se identificó al río Salado como el principal caudal que recibe las descargas de aguas residuales, tanto urbanas como industriales, de los municipios de Apaxco, Atotonilco y Atitalaquia. Este caudal recorre la parte este de la RTVM y es utilizado para abastecer varios canales de riego de la región, por lo que también se le atribuye la pérdida de biodiversidad en la zona debido a la alta cantidad de sustancias contaminantes que concentra.

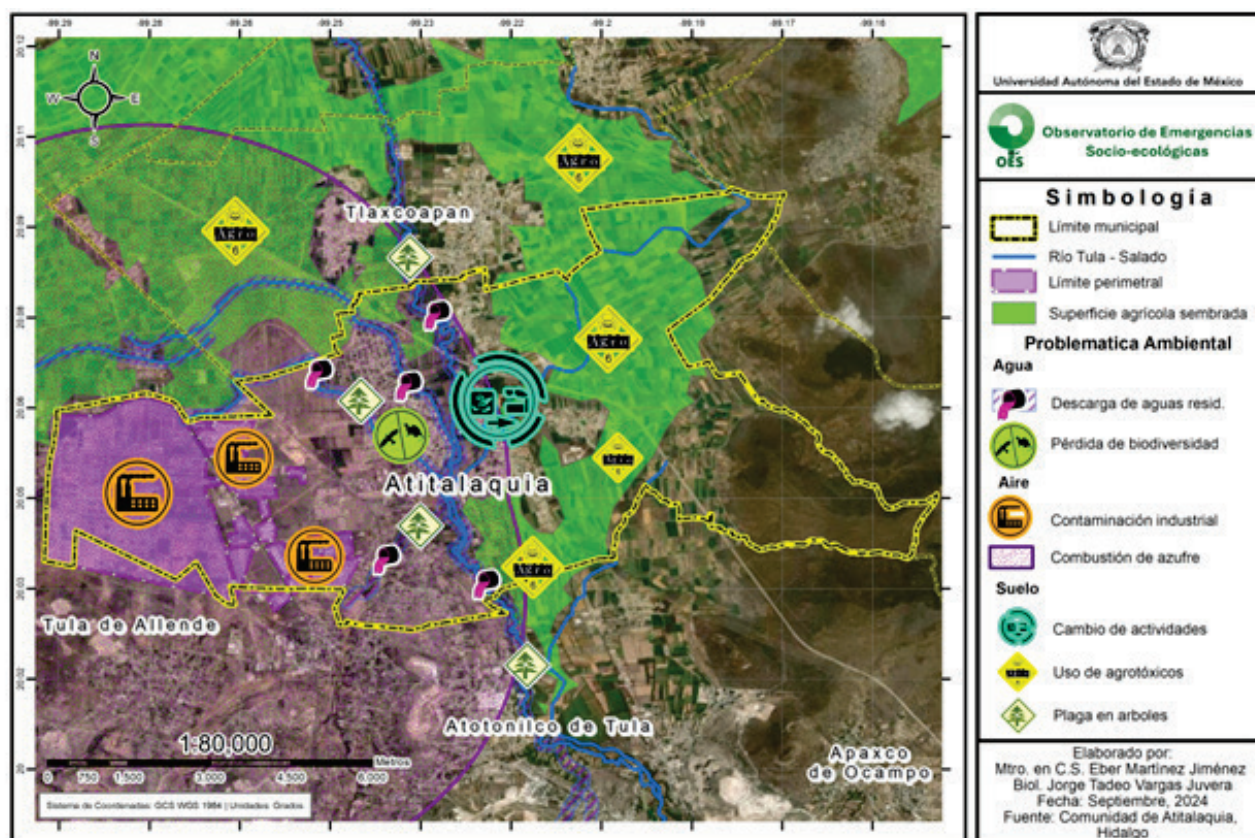


FIGURA 3. Diagnóstico ambiental comunitario del municipio de Atitalaquia, Hidalgo

FUENTE: OES (2024).

En cuanto a las problemáticas ambientales en el aire, el cruce de información entre la MSPA y las líneas de tiempo revelaron que tanto la refinería y como el complejo termoeléctrico son las dos principales fuentes de contaminación que empobrecen la calidad del aire debido a la dispersión de partículas y olores ocasionadas por la combustión de azufre. A esto se le suman dos parques industriales que desde los años ochenta han incrementado las emisiones de contaminantes en el aire y las enfermedades crónicas relacionadas con la exposición a estas sustancias, como compuestos orgánicos volátiles, contaminantes orgánicos persistentes y óxidos de nitrógeno.

En cuanto a las problemáticas ambientales en el suelo, los cambios del uso agrícola al industrial se identificaron como una de las principales problemáticas que ha afectado las prácticas de cultivo locales debido a que los modos de cultivo han transitado de lo tradicional a lo agroindustrial, que promueve el uso

de semillas transgénicas y los monocultivos, lo cual se relaciona con un mayor uso de agrotóxicos y una forma de producción a gran escala.

Por otra parte, a través de los resultados de la MSPA fue posible identificar momentos clave de la perturbación del sistema socioecológico. En el caso de Atitalaquia, se reconoce, por parte de la comunidad: 1) los cambios territoriales en 1970 originados por las externalidades del crecimiento urbano de la Ciudad de México; 2) la modificación de la calidad del aire desde 1973, con la instalación de la refinería y la termoeléctrica; 3) la instalación de los primeros parques industriales en 1985, que desplazaron las actividades agrícolas predominantes en la región por actividades industriales; 4) la instalación de un segundo parque industrial en 1990, que generó una expansión industrial en el territorio, con afectaciones derivadas por la contaminación de la suma de múltiples industrias; 5) la entrada de la empresa Cargill a la región en 1996,

que hizo que los modos de cultivo y alimentación de la comunidad se vieran modificados; 6) el aumento de enfermedades crónicas en el año 2000, que se relaciona con la exposición a diferentes fuentes contaminantes industriales; 7) la explosión de la fábrica de agroquímicos ATC en 2013, que causó afectaciones como contaminación atmosférica y exposición a diferentes compuestos químicos, y, finalmente, 8) la pérdida de biodiversidad, a la que actualmente se suma la presencia de plagas como el heno motita en los árboles de la región.

Los momentos de perturbación del sistema ecológico en Atitalaquia se han dado principalmente por los cambios en las actividades y usos de suelo industrial-agrícola que, a su vez, han sido el resultado de procesos de explosión demográfica acelerada derivada de la implementación de proyectos de desarro-

llo urbano, tanto en la región como en otros centros urbanos contiguos a la Ciudad de México. Esto ha modificado la forma de vida de los habitantes de la región y las actividades que se desarrollan de una manera más intensiva, lo que genera que los procesos socioecológicos presenten en cada momento de cambio una alteración en los sistemas, como el aumento de enfermedades, la pérdida de biodiversidad y la presencia de plagas.

En el mapa derivado del DAC y la CP en Atotonilco (Figura 4) se presentan las problemáticas ambientales que fueron identificadas en la zona central de la RTVM. En esta se concentra una gran parte de las fuentes contaminantes, ya que varios elementos geográficos, unidades económicas y sitios de disposición final tienen contigüidad con los municipios de Tula de Allende, Atitalaquia y Apaxco de Ocampo.

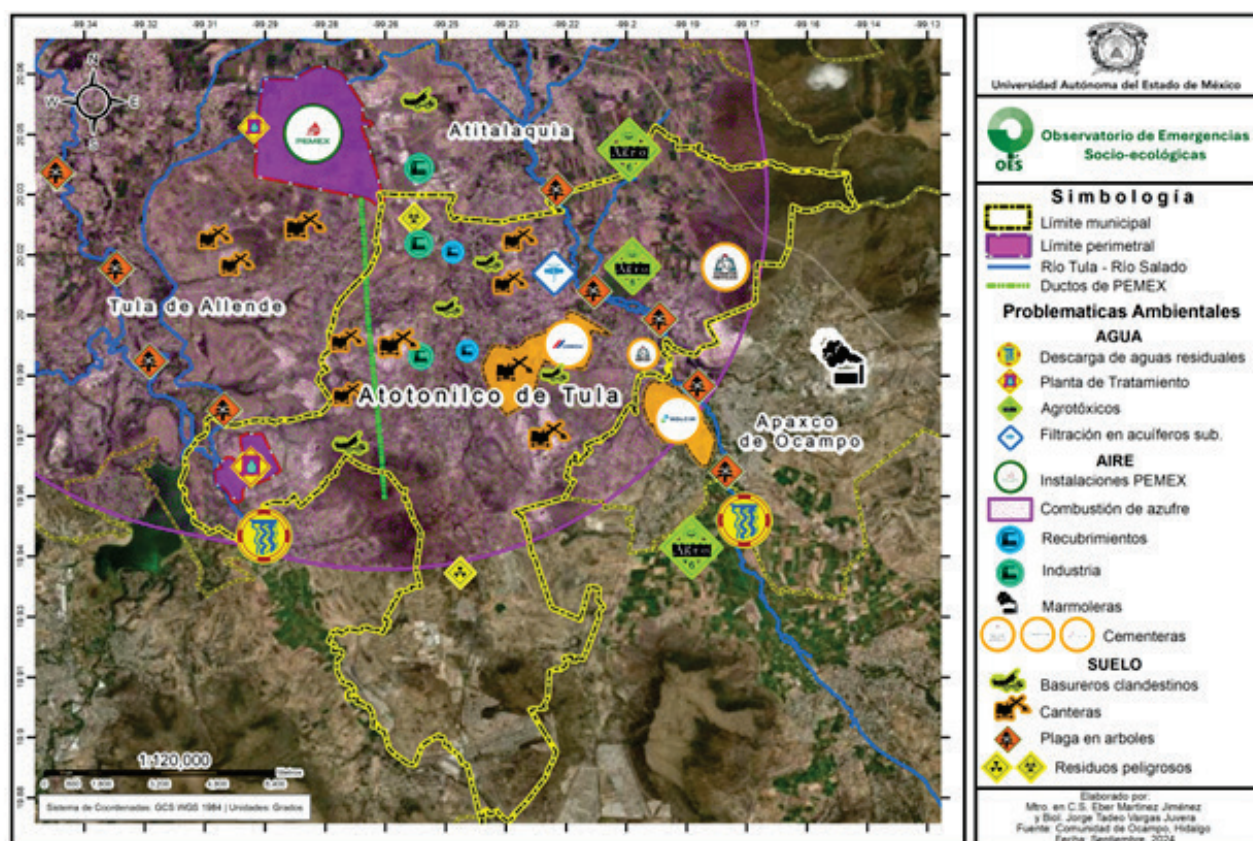


FIGURA 4. Diagnóstico ambiental comunitario del municipio de Atotonilco, Hidalgo

FUENTE: OES (2024).

Respecto a las problemáticas ambientales en el agua que fueron identificadas con la MSPA, se presentan dos de los caudales referidos en los mapas anteriores (Figuras 1 y 2): los ríos Tula y Salado. En estos caudales se identificó que las descargas de aguas residuales, tanto urbanas como industriales, son una problemática ambiental. A esto se añade la contaminación por los agrotóxicos utilizados en las parcelas de riego, ya que los canales de riego que atraviesan el municipio reciben estas sustancias y retornan a estos caudales.

De una manera similar, la gestión de las plantas de tratamiento se identifica como una problemática ambiental, pues la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), que se ubica en el municipio, recibe las externalidades de la Ciudad de México, pero opera de una manera ineficaz. Por otra parte, la filtración en acuíferos subterráneos se identificó como otra problemática ambiental en el agua, ya que la infraestructura es obsoleta, tiene fugas y filtraciones en una zona donde las fuentes de extracción, como caleras y canteras, generan grandes cantidades de polvo que se puede combinar en la red de agua.

En cuanto a las problemáticas ambientales en el aire, se identificaron diversas fuentes de emisiones a la atmósfera, principalmente industrias dedicadas a la construcción, como cementeras, caleras y marmolerías, además de otras industrias dedicadas al rubro de los hidrocarburos y recubrimientos. De estas, las instalaciones de Pemex se identifican como la principal fuente de contaminación por combustión de azufre, que se percibe a 8 kilómetros del complejo.

En el caso de las problemáticas ambientales en el suelo, las canteras se identificaron como una problemática ambiental debido a la degradación y extracción desmesurada que presentan varias de estas zonas en el municipio. Aunado a esto, los sitios de disposi-

ción final de residuos urbanos y confinamiento de residuos peligrosos también son identificados como una problemática ambiental, ya que se reconocieron varios basureros clandestinos que operan sin regulación. Finalmente, la presencia de plaga de heno motita en los árboles también es reportada como una problemática ambiental, ya que no solo se identificó en la ribera del río Salado, sino también en la del río Tula, lo cual permite identificar un problema regional respecto a esta plaga.

Respecto a los resultados, no se cotejaron momentos clave de perturbación del sistema socioecológico debido la cantidad de ejercicios de CP y mapeos verdes derivados del DAC en este municipio. Sin embargo, las perturbaciones en el sistema ecológico coinciden con lo que se ha reportado en los municipios contiguos de Atitalaquia y Tula de Allende. En este caso, la gestión de las descargas urbanas-industriales y la gran cantidad de fuentes contaminantes del sector industrial-extractivo son las principales causas de las problemáticas ambientales.

Finalmente, en el mapa derivado del DAC y la CP en la localidad de Santa María de Apaxco (Figura 5) se presentan las problemáticas ambientales que fueron identificadas en la zona sureste de la RTVM. Esta zona tiene una particularidad frente a las anteriores, ya que esta localidad se ubica en el municipio de Apaxco de Ocampo, este se encuentra entre los límites de los Estados de Hidalgo y México, por lo que su administración y normatividad rozan la jurisdicción de dos entidades. Esta condición es relevante para el análisis de las problemáticas ambientales de este territorio, pues, al igual que en los resultados anteriores, existe una contigüidad con otros procesos, como la gestión de las descargas de aguas residuales, abastecimiento y sitios de disposición final.

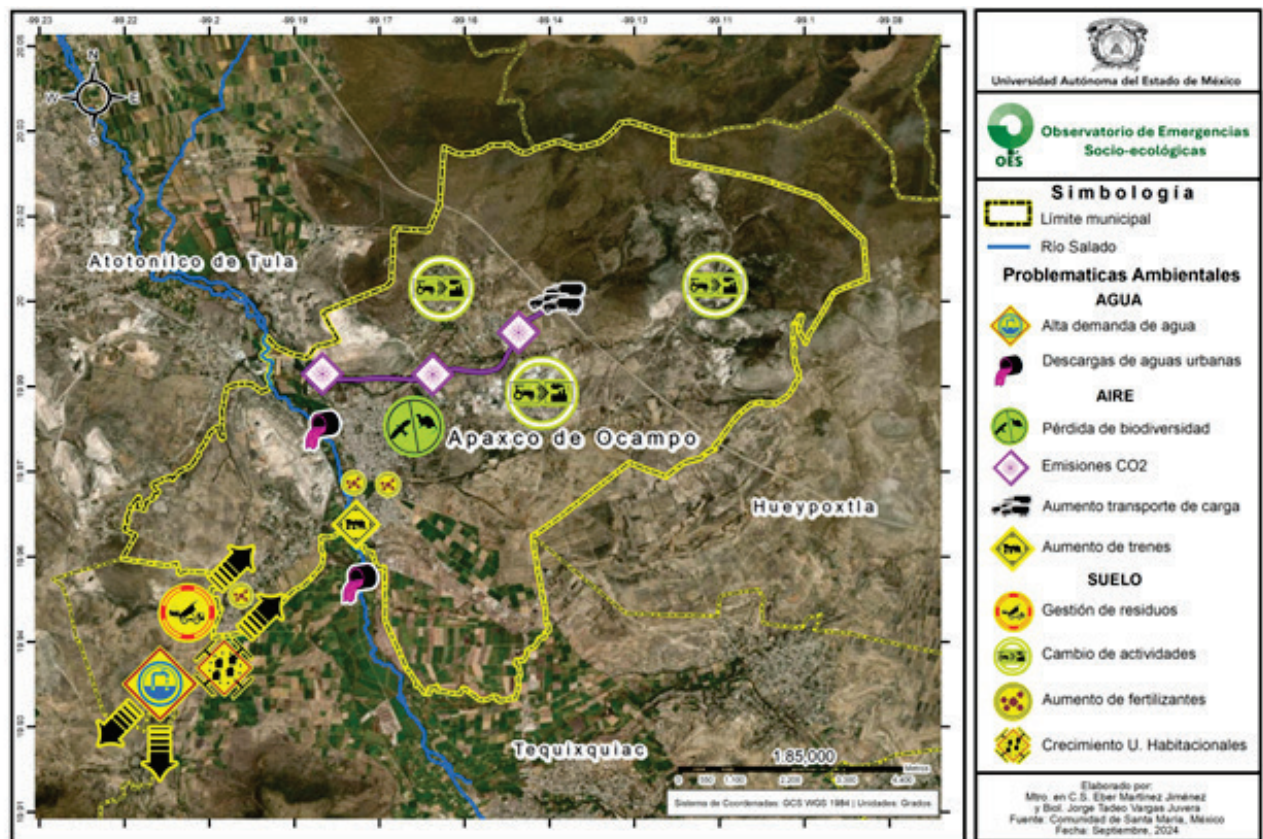


FIGURA 5. Diagnóstico ambiental comunitario de la localidad de Santa María de Apaxco, México

FUENTE: OES (2024).

En cuanto a las problemáticas ambientales en el agua que fueron identificadas con la MSPA y las líneas de tiempo, el río Salado se reconoce como uno de los caudales que también recibe las externalidades de las descargas urbanas de la Ciudad de México y los centros urbanos limítrofes. Este caudal también es utilizado para los canales de riego de la zona, además de ser uno de los elementos geográficos en el que se vierten las descargas urbanas e industriales del municipio de Apaxco. Por otra parte, el abastecimiento del agua es otra de las problemáticas ambientales identificadas, debido al estrés hídrico que se tiene por la gran cantidad de desarrollos inmobiliarios y unidades habitacionales, como la Ciudad Bicentenario la Toscana, lo cual repercute en la disposición del vital líquido y se intensifica con el impulso de estos proyectos en el municipio.

En relación con las problemáticas ambientales identificadas en el aire, se reconoció el aumento de

emisiones como uno de los principales problemas. Este problema se deriva del aumento del transporte de carga y trenes, además de la afluencia de vehículos de la autopista interestatal Arco Norte. A esto se suma la pérdida de especies como otra problemática, ya que los polvos generados por la actividad extractiva e industrial en la zona, así como el aumento de emisiones de CO₂, son factores que han contribuido a esta situación.

En el caso de las problemáticas ambientales en el suelo, la gestión de residuos se identificó como una problemática regional, ya que los residuos son gestionados hacia el municipio en grandes cantidades que se generan en las unidades habitacionales que se encuentran en los municipios limítrofes. Los cambios de uso del suelo también se identificaron como otra problemática ambiental, ya que las actividades industriales han crecido a tal punto que reorganizan

el territorio, principalmente en la localidad de Pérez de Galeana, donde se presenta un cambio significativo de uso de suelo agrícola a la categoría industrial. Por otra parte, en el suroeste del municipio se han presentado cambios de uso del suelo hacia desarrollos inmobiliarios, que también han sido identificados como una problemática ambiental.

De estos resultados, fue posible identificar momentos clave de la perturbación del sistema socioecológico con la MSPA. En el caso de Apaxco de Ocampo, se reconoce, por parte de la comunidad: 1) la instalación de la cementera Holcim como el primer momento de cambio en la calidad del aire de la comunidad, ya que desde las décadas de 1970 y 1980 se empezó a generar una nube de polvo en todo el municipio que genera afectaciones a la salud de la población; 2) las constantes incidencias de la empresa Ecoltec desde 2009, ya que la explosión de la empresa, los vertidos al río y la muerte de 11 campesinos provocaron un precedente de injusticia ambiental en la región; 3) el aumento del transporte de carga derivado de la entrada en operación de la caseta de cobro de Apaxco de la autopista Arco Norte en 2016, que ha tenido una aceleración en cuanto a la extracción y mayor flujo del material que se traslada; 4) la disminución de especies en 2017 a causa del cambio de usos del suelo y técnicas intensivas de cultivo; 5) la actualización del plan municipal de desarrollo urbano en 2019, el cual favorece las modificaciones de expansión industrial y urbana; 6) la incineración de residuos en hornos cementeros en años posteriores a 2022, que generan sustancias precursoras del cáncer como dioxinas y furanos; y, finalmente, 7) una disminución actual de especies derivada del uso de agrotóxicos para contrarrestar las plagas en los cultivos.

En el caso de Apaxco, los momentos de perturbación responden a procesos de intensificación de la industria, la agricultura y la ocupación del suelo. Esto conlleva una gestión inadecuada de la extracción de materia prima para la construcción y de recursos como el agua, así como de los residuos y las descar-

gas de aguas residuales. Como consecuencia, las perturbaciones han modificado los procesos de regeneración y reintegración del sistema socioecológico, lo cual puede reconocerse a través de los dos momentos de disminución en la cantidad de especies que indican una pérdida de biodiversidad en la región debido a los procesos intensos que se han presentado en un periodo relativamente corto.

Respecto a estos resultados, es importante mencionar que, si bien una buena parte de estos se derivan de los cuatro talleres de DAC y CP, que tuvieron un total de 55 asistentes, los reportes y productos gráficos (infografías) se encuentran disponibles para consulta y libre acceso en la página web del OES, con el fin de facilitar la disposición de la información para las comunidades que participaron en estos ejercicios.

Discusión

La cartografía participativa tiene ciertos retos respecto a la generación de la información, por ejemplo, en cuanto a su aplicación y los amplios temas de abordaje. Para el caso de las problemáticas ambientales, la información puede llegar a ser cuantiosa debido a los elementos que pueden ser desagregados y plasmados en los ejercicios. Sin embargo, la CP permite englobar componentes de acuerdo con su homogeneidad debido a que se pueden abarcar diferentes escalas de manera espacial, lo que permite comprender varios territorios.

Tomando en cuenta que se aborda el ámbito regional cuando se analizan las problemáticas ambientales, la CP permite un análisis detallado de estos componentes desde la construcción de conocimiento entre los actores sociales, los participantes y el investigador, lo cual es fundamental para el abordaje de las complejas relaciones entre las problemáticas ambientales.

Por tal motivo, en esta aportación no solo reconocemos que la CP es una técnica con un amplio margen de análisis, aplicabilidad y participación, sino que es un componente fundamental para el estudio de las

problemáticas ambientales. Esto último requiere la integración de técnicas mixtas y tomar en cuenta elementos relevantes para las personas que conocen su territorio y tienen una noción amplia de cómo se generan las problemáticas ambientales y cómo ocurren las interacciones con el ambiente-sociedad.

Otra de las características del uso de la CP que puede suponer una limitante se relaciona con la producción de la información. A pesar de la opinión técnica sobre este proceso, la CP tiene un proceso fiable, ya que involucra directamente el diálogo con las personas que son poseedoras de experiencias, historias y saberes, y son quienes comparten una interpretación de su realidad vista desde su cotidianidad, además de la transmisión de conocimientos generacionales, de modo que se trabaja directamente información fidedigna.

Pero la CP va más allá de una simple técnica de análisis, ya que para su aplicación se requiere de un trabajo de confianza (*rappport*) y de múltiples habilidades del investigador para que esta pueda generar un análisis profundo de los diversos temas que pueden llegar a generarse y analizarse en los ejercicios. Estos suelen ser de carácter constructivista y lúdico, pues se utilizan herramientas y técnicas metodológicas que promueven la participación y la representación de los conocimientos, saberes y diálogos entre los participantes; de esta manera, la validación de la información se puede generar entre pares.

Respecto a lo anterior, es oportuno mencionar que, al igual que la información técnica de las fuentes oficiales, la información de los ejercicios de CP tiene una validación a través de un consenso colectivo, que es lo que ratifica las narrativas y afirmaciones de los participantes. Por ello, resultan inconsistentes las opiniones que sostienen que la información de los ejercicios de CP puede comprometer la producción de la información.

Por otra parte, es imperativo reflexionar sobre los procesos de creación de mapas de CP, ya que, mien-

tras estos se mantengan dentro de la cocreación de conocimiento, la CP supone una herramienta de empoderamiento para las personas. Aunque hay casos documentados en los cuales se ha presentado extractivismo de información comunitaria, como el del proyecto México Indígena, los ejercicios de cartografía participativa deben orientarse a fortalecer el control de las comunidades sobre la tierra y los recursos, aunque en algunas ocasiones se hayan convertido en actos de extracción de datos geográficos (Kiado-Cruz, 2023). Esto expone el uso inadecuado de la cartografía participativa como herramienta extractivista, ya sea académica o institucional, con el objetivo de hacer uso de la información comunitaria-local con otros fines.

Conclusiones

El estudio de las problemáticas ambientales a través de la CP en la RTVM demuestra la importancia del uso de metodologías participativas para comprender procesos complejos desde la perspectiva de las comunidades afectadas. El análisis no solo permite una representación espacial de las problemáticas ambientales, sino que conlleva una coconstrucción del conocimiento e incorpora saberes locales con herramientas y enfoques interdisciplinarios para un estudio más profundo.

Los resultados de esta investigación reflejan un panorama de crisis ambiental en la RTVM vinculado principalmente a la industrialización y la urbanización sin una adecuada planeación y gestión de los recursos. Esta degradación se ha dado en las últimas cuatro décadas de manera intensa y ha generado cambios en la configuración territorial y afectaciones en los ecosistemas. A esto se suma el aumento de las enfermedades crónicas relacionadas con la exposición a diferentes fuentes contaminantes, como cementeras, caleras, parques industriales, basureros, plantas de tratamiento de aguas residuales, caudales que reciben las externalidades de centros urbanos,

canales de riego que tienen esta misma carga de agua residual y uso intensivo de agrotóxicos en las parcelas de riego, así como con la presencia de complejos como la refinería Miguel Hidalgo y la termoeléctrica Francisco Pérez Ríos.

La aplicación de varios DAC y CP permitió registrar e identificar elementos geográficos que comparten contigüidad con los territorios de la RTVM, como los ríos Tula y Salado, en donde se dan los principales procesos de contaminación del agua, además de infraestructura que conlleva impactos en las comunidades, como el TEO en el que se encausan estos ríos, así como la presa Requena y la PTAR. Los parques industriales son otro elemento que impacta en la contaminación del aire, pues las sustancias y olores emitidos a la atmósfera no solo se quedan en el origen, sino que son trasladados por los vientos en un primer rango de afectación de 5 kilómetros desde las instalaciones. Por otro lado, las zonas de extracción son elementos que se presentan en diversos puntos del territorio, por lo que los polvos emitidos por esta actividad son una constante que se tiene desde principios del siglo XX, con la instalación de las primeras cementeras y caleras.

Ante estos procesos intensos de contaminación, la CP y el DAC son herramientas para el empoderamiento comunitario que les permiten a los habitantes y actores locales generar información propia para exigir respuestas a las autoridades e instituciones encargadas de regular y normar los procesos de contaminación extrema y degradación del ambiente.

Esta técnica de análisis es subestimada por su proceso lúdico y de comunicación, ya que los saberes locales tienden a ser interpretados con diferentes narrativas. Sin embargo, el consenso colectivo es una forma de validación de la información, ya que, mientras que los grupos focales pueden tener diversas narrativas, la comunicación y discusión entre los participantes es lo que permite consensuar, delinear y categorizar los elementos de análisis del fenómeno.

Lo anterior permite que, a pesar de que haya diversas categorías para un solo fenómeno de análisis, estas pueden ser sintetizadas a través de los grupos de participantes que llegan a validar sus mismas narrativas y recategorizan los elementos. Un ejemplo de esto es el caso de las problemáticas ambientales, ya que pueden analizarse desde la cuestión regional, y, en este caso, pueden ser simplificadas si se clasifican en relación con los elementos donde se encuentran, como, por ejemplo, el agua, el aire y el suelo. De esta manera, las categorías que se generan en el DAC y la CP se integran dentro de estas grandes clasificaciones.

El uso de la CP para el análisis de las problemáticas ambientales tiene una aplicabilidad altamente viable para los grupos de investigación transdisciplinarios que buscan profundizar en la comprensión de las dinámicas socioterritoriales, pues una visión holística del fenómeno puede llegar a ser comprendida si se involucra a los actores y habitantes locales, que son quienes tienen el poder de cambiar su realidad.

Es importante que en esta pauta de los nuevos estudios socioterritoriales se involucren este tipo de análisis, pues la perspectiva técnica debe retroalimentarse previamente con una comprensión de la realidad que se está abordando. Desde una perspectiva comunitaria, se busca sumar al cambio de la realidad, por lo que las visiones colectivas deben considerarse en la construcción de las investigaciones, lo cual es fundamental para las propuestas de intervención y acción que buscan mitigar la crisis socioecológica global en la que nos encontramos.

Conflictos de interés. Los autores no tienen conflictos de interés en la escritura o publicación de este artículo.

Financiación. Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, México.

Implicaciones éticas. El presente artículo no tiene implicaciones éticas.

Contribución. Eber Martínez Jiménez: conceptualización, análisis formal, investigación, recursos, curadu-

ría de datos, supervisión, escritura (borrador original), escritura (revisión del borrador y revisión/corrección). *Carlos Alberto Pérez Ramírez*: conceptualización, diseño de investigación, validación de datos, análisis formal, escritura (revisión del borrador y revisión/corrección). *Juan Roberto Calderón Maya*: análisis formal, diseño de investigación, escritura (revisión del borrador y revisión/corrección).

Referencias

- Andrade, H. (2001). *La cartografía social para la planeación participativa: experiencias de planeación con grupos étnicos en Colombia*. Universidad del Valle, Colombia. http://beu.extension.unicen.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/354/Andrade_CARTOGRAFIA_SOCIAL_PARTICIPATIVA.pdf
- Andrade, H., & Santamaría, G. (1997). Cartografía social para la planeación participativa. En *Memorias del curso Participación Comunitaria y Medio Ambiente*. [Proyecto de capacitación para profesiones del sector ambiental]. Ministerio del Medio Ambiente, Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación.
- Barreda, A. (2020). Toxitour México: un registro geográfico de la devastación socioambiental. *Diálogos Ambientales*, 1, 35-40. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538900/13_ToxitourD.pdf
- Betancurth Loaiza, D. P., Vélez Álvarez, C., & Sánchez Palacio, N. (2020). Cartografía social: construyendo territorio a partir de los activos comunitarios en salud. *Entramado*, 16(1), 138-151. <http://dx.doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6081>
- Cervantes-Escobar, A., & Ruiz-Luna, A. (2024). Identificación y mapeo participativo de los servicios ecosistémicos en Marismas Nacionales Sinaloa, México. *Acta Universitaria*, 34, 1-24. <https://doi.org/10.15174/au.2024.4247>
- Chambers, R. (1994). Participatory rural appraisal (PRA): Analysis of experience. *World Development*, 22(9), 1253-1268. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90003-5)
- Chambers, R. (2006). *El mapeo participativo y los sistemas de información geográfica: ¿de quién son los mapas? ¿Quién se empodera y quién se desempodera? ¿Quién gana y quién pierde?* Instituto de Estudios para el Desarrollo, Universidad de Sussex.
- Cruz-Jiménez, O. (2011). *La Nave de Molinos de la Antigua Planta de Cementos "La Tólteca". Proyecto de reutilización CEMEX G.R.E.E.N.* [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.
- Evans, K., & Guariguata, M. (2008). *Monitoreo participativo para el manejo forestal en el trópico: una revisión de herramientas, conceptos y lecciones aprendidas*. Centro para la Investigación Forestal Internacional. <https://doi.org/10.17528/cifor/002525>
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. (2009). *Buenas prácticas en cartografía participativa*. https://www.iapad.org/wp-content/uploads/2015/07/ifad_buenas_practicas_en_cartografia_participativa.pdf
- Ganter, R., Sandoval, D., García, D., & De la Fuente, H. (2015). Topofilia y cartografías participativas en el sur de Chile. La experiencia comparada en las ciudades de Temuco Padre las Casas, Valdivia y el Gran Concepción. *Prisma Social*, 15, 440-491. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3537/353744533013.pdf>
- Geocomunes. (S. f). *Mapas estáticos: mapa en formato imagen sobre ciertos casos de conflictos o algunas regiones*. <http://geocomunes.org/>
- González, C. A. (2020). Cartografía social y planeación territorial en Robles, Colombia. En B. Sletto, J. Bryan, A. W. Almeida, & C. Hale (Eds.), *Radical Cartographies: Participatory Mapmaking from Latin America* (pp. 129-142). University of Texas Press.
- González-Pacheco, M., Santos, R., Tapia Tosetti, A., & Passos de Oliveira, L. (2019). Participatory mapping as an analysis tool for spaces affected by natural phenomena in agricultural areas, Atacama. *Mercator*, 18. <https://doi.org/10.4215/rm2019.e18016>
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. (2010). *Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México*.
- Karimi, A., & Raymond, C. M. (2022). Assessing the diversity and evenness of ecosystem services as perceived by residents using participatory mapping. *Applied Geography*, 138, 102624. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2021.102624>
- Kiado-Cruz, M. (2020). Oral Narratives in the Rincon Zapoteco: A Cartography of Processes. En B. Sletto, J. Bryan, A. W. Almeida, & C. Hale (Eds.), *Radical Cartographies: Participatory Mapmaking from Latin America* (pp. 19-34). University of Texas Press.

- Kim, A. M. (2015). Critical cartography 2.0: From “participatory mapping” to authored visualizations of power and people. *Landscape and Urban Planning*, 142, 215-225. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.07.012>
- Laboratorio de Investigación en Desarrollo Comunitario y Sustentabilidad. (2016). *Diagnóstico ambiental comunitario de los municipios de Atitalaquia, Atotonilco de Tula y Apaxco*. Laboratorio de Investigación en Desarrollo Comunitario y Sustentabilidad.
- Lopes de Souza, M. (2020). ‘Sacrifice zone’: The environment-territory-place of disposable lives. *Community Development Journal*, 56(2), 220-243. <https://doi.org/10.1093/cdj/bsaa042>
- Maccall, M., & Álvarez, A. (2020). *Mapeando con la gente: buenas prácticas en cartografía participativa, lineamientos y aplicación*. CIGA-UNAM.
- Martínez-Jiménez, E. (2018). *Visualizador web de la incidencia de cáncer en el Valle del Mezquital, México y su relación con la contaminación de industrias cementeras*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Martínez-Jiménez, E. (2025). *Análisis de problemáticas ambientales a través de la cartografía participativa (CP) en la zona de sacrificio de la Región Tula del Valle del Mezquital (RTVM), Hidalgo*. [Tesis doctoral no publicada]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Martínez-Rico, R. (2018). *Análisis espacial de la criminalización hacia los activistas ambientales en México*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Muñoz-Gual, R. (2008). *El diagnóstico participativo*. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Observatorio de Emergencias Socio-Ecológicas. (2024). *Diagnóstico ambiental comunitario y cartografía participativa en la Región Tula del Valle del Mezquital*. <https://odese.apoyomutuo.org/>
- Ortiz-Espejel, B. (2020). Región Atitalaquia-Tula-Apaxco: hacia un modelo de restauración ecológica. *Diálogos Ambientales*, 1, 79-82. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538909/22_TulaD.pdf
- Pájaro, D., & Tello, E. (2014). Fundamentos epistemológicos para la cartografía participativa. *Revista Etnoecología*, 10(1), 1-20. https://www.researchgate.net/publication/296665874_Fundamentos_epistemologicos_para_la_cartografia_participativa
- Ramírez, É. (2017). “Zona de sacrificio” de Apaxco, entre las peores del mundo. *Contralínea*, 541. <https://bit.ly/3TbdscD>
- Ramos-Viera, A. (2007). *La investigación cartográfica participativa como herramienta para la conservación ambiental en comunidades Tének de la Huasteca potosina, México*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Román-López Dollinger, A. E. (2016). El diagnóstico participativo: instrumento metodológico para el desarrollo local. En A. Román-López & M. Castro (eds.), *Amazonía boliviana: visibilizando la diversidad de los pueblos de Tierras Bajas* (pp. 93-111). Instituto Superior Ecueménico Andino de Teología.
- Salguero, M. (2018). *Yo te nombro: el mapa de los feminicidios en México*. <http://mapafeminicidios.blogspot.com/>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020, marzo 27). *Avanza SEMARNAT en Programa de Restauración Ecológica para la región de Tula-Atitalaquia-Apaxco* [Comunicado de prensa n.º 41/20]. Gobierno de México.
- Sletto, B. (2012). Indigenous Rights, Insurgent Cartographies, and the Promise of Participatory Mapping. *Portal*, (7), 12-15. <https://doi.org/10.15781/t2Dz03J1B>
- Sletto, B., Bryan, J., Wagner, A., Hale, C. R., & Barreda de la Torre, G., & Universidad Nacional Autónoma de México. (2023). *Cartografías radicales: mapeo participativo en América Latina*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Velázquez-Quesada, S. I., Deniau, Y., Pérez-Macias, L. F., & Martínez-Zazueta, I. A. (2019). *Visualizador cartográfico y construcción de bases de información sobre infraestructura eléctrica en Centroamérica*. <http://geocomunes.org/Visualizadores/Centroamerica/>
- Vélez T. I., Rátiva, G. S., & Varela, C. D. (2012). Cartografía social como metodología participativa y colaborativa de investigación en el territorio afrodescendiente de la cuenca alta del río Cauca. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 21(2), 59-73. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v21n2.25774>
- Werner, C. (2015). *Participatory mapping: a literature review of community-based research and participatory planning*. Social Hub for Community Housing, Faculty of Architecture and Town Planning Technion, Massachusetts Institute of Technology.