



# Programa de Ordenamiento Ecológico Local

Atotonilco de Tula, Hidalgo

Entregable V

## ***Capítulo de Pronóstico***

Modelo conceptual, imagen objetivo y formulación de los escenarios



## 1 TABLA DE CONTENIDO

|           |                                                                          |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 2         | Acrónimos .....                                                          | 3  |
| 3         | Pronóstico.....                                                          | 6  |
| 3.1       | Modelo conceptual del sistema socioambiental .....                       | 7  |
| 3.1.1.... | Introducción .....                                                       | 7  |
| 3.1.2.... | Sectores del modelo soioambiental .....                                  | 9  |
| 3.1.3.... | Representación del modelo socioambiental mediante mapa de calor.....     | 12 |
| 3.2       | Imagen objetivo o escenario ideal.....                                   | 16 |
| 3.3       | Formulación de los escenarios tendencial, contextual y estratégico ..... | 25 |
| 3.3.1.... | Escenario tendencial .....                                               | 25 |
| 3.3.2...  | Escenario contextual .....                                               | 63 |
| 3.3.2...  | Escenario estratégico .....                                              | 74 |
| 4         | Bibliografía .....                                                       | 99 |

## 2 ACRÓNIMOS

ADVC: Área Destinada Voluntariamente a la Conservación.

AGB: Área Geoestadística Básica.

ANP: Área Natural Protegida.

APCEB: Áreas Prioritarias para la Conservación de los Ecosistemas y de la Biodiversidad.

APF: Administración Pública Federal.

APMSA: Áreas Prioritarias para el Manejo de los Servicios Ambiental.

CCEDS: Consejos Consultivos Estatales y Municipales para el Desarrollo Sustentable.

CEAGUA: Comisión Estatal de Agua.

CERT: Comisión Estatal de Reservas Territoriales.

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

COET: Comité de Ordenamiento Ecológico Territorial.

CONABIO: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua.

CONANP: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.

CPEUM: Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

D.O.F: Diario Oficial de la Federación.

ENOEP: Estrategia Nacional de Ordenamiento Ecológico Participativo.

ENOT: Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial.

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

GEL: Gases de Efecto Invernadero.

GPD: Gasto Promedio Diario.

IDH: Índice de Desarrollo Humano.

IED: Inversión Extranjera Directa.

IMPLAN: Instituto Municipal de Planeación.

INE: Instituto Nacional Electoral.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

LGAHOTDU: Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.

LGDS: Ley General de Desarrollo Social.

LGEEPA: Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

LGPA: Ley General de Pesca y Acuacultura Sustentable.

LGPC: Ley General de Protección Civil.

LGPGIR: Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.

LGVS: Ley General de Vida Silvestre.

MiPyMES: Micro, Pequeñas y Medianas Empresas.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

PAL: Programa de Agua Limpia.

PDU: Plan de Desarrollo Urbano.

PIB: Producto Interno Bruto

PMD: Plan Municipal de Desarrollo

PNOT: Plan Nacional de Ordenamiento Territorial

PNOTDU: Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano

POEL: Programa de Ordenamiento Ecológico Local

PROAGUA: Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento

PROCAMPO: Programa para el Campo

PROCAPTAR: Programa Nacional para Captación de Agua de Lluvia y Ecotecnias en Zonas Rurales

PROFEPA: Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

RAN: Registro Agrario Nacional

REPDA: Registro Público de Derechos de Agua

RSU: Residuos Sólidos Urbanos

SADER: Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural

SbN: Soluciones Basadas en la Naturaleza

SEDATU: Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano

SEMARNAT: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SIG: Sistema de Información Geográfica

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

TPS: Talleres de Participación Social

UGA: Unidad de Gestión Ambiental

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

USD: Dólares Estadounidenses

ZMVM: Zona Metropolitana del Valle de México

### 3 PRONÓSTICO

La planificación del uso del territorio requiere, inevitablemente, una mirada hacia el futuro. Aunque el porvenir es por definición incierto, los procesos de ordenamiento ecológico deben orientarse a construir escenarios que permitan guiar a la sociedad hacia un modelo de desarrollo sostenible. Este modelo ideal busca equilibrar las funciones ecológicas del territorio con las necesidades de la población, garantizando la permanencia de los servicios ecosistémicos y la calidad de vida de sus habitantes.

Dado que múltiples factores sociales, económicos, culturales, políticos y ecológicos interactúan de forma dinámica en el tiempo y el espacio, prever su evolución futura implica reconocer la complejidad del sistema socioambiental. Las tendencias del cambio se vuelven más comprensibles cuando se comparan los estados pasados y presentes del territorio, permitiendo identificar las fuerzas motrices que los han generado. En este sentido, el análisis prospectivo no busca predecir el futuro de forma exacta, sino construir posibles escenarios que orienten la toma de decisiones hacia rutas más sostenibles y resilientes.

En el caso de Atotonilco de Tula, este enfoque resulta especialmente relevante ante la transformación acelerada de su paisaje y sus dinámicas económicas. La creciente presión urbana, de las actividades mineras, el cambio en el uso del suelo, la demanda de servicios, la alarmante disminución de los ecosistemas y la vulnerabilidad ante el cambio climático son factores que hacen indispensable una planeación informada, participativa y con visión de largo plazo.

En la que debe considerar los vínculos entre lo local y lo regional, ya que el municipio no es un sistema aislado: comparte cuencas, corredores biológicos, redes de movilidad, circuitos económicos y problemáticas ambientales con otros municipios del entorno.

Las decisiones que se tomen respecto al crecimiento urbano, la infraestructura vial, la expansión agrícola e industrial, tendrán efectos directos sobre el equilibrio ecológico, la calidad del agua, la conectividad de los ecosistemas y la calidad de vida de su población. Del mismo modo, los patrones de consumo, los modelos educativos, el nivel de participación ciudadana y el acceso a la información influirán profundamente en el tipo de desarrollo que se consolide en las próximas décadas.

En este contexto, la construcción de escenarios permite prever los efectos acumulativos de distintos cursos de acción. El análisis prospectivo de Atotonilco de Tula se consideraron como temas clave:

- La transformación del uso de suelo agrícola a urbano
- La dinámica poblacional y presión urbana
- El crecimiento del sector de la industria de alto impacto y la minería no metálica
- La fragmentación de hábitats por apertura de caminos o fraccionamientos
- La reducción de las zonas de recarga hídrica
- La pérdida de cobertura vegetal en zonas de ladera y alto valor ecológico

El proceso seguido para la elaboración de escenarios comenzó con el desarrollo de un modelo conceptual del sistema socioambiental, en el que se integraron las relaciones entre sectores productivos, comunidades, recursos naturales e infraestructura. Este modelo fue alimentado por información técnica, estudios previos y talleres participativos con actores locales, permitiendo una visión integral y contextualizada.

Con base en este modelo, se construyeron tres escenarios principales:

- Escenario tendencial, que proyecta las dinámicas actuales sin intervenciones significativas, replicando las trayectorias observadas en las últimas décadas.
- Escenario contextual, que incorpora proyectos estratégicos o eventos clave, como nuevas obras de infraestructura, cambios normativos o inversiones, que podrían modificar sustancialmente el rumbo del desarrollo municipal.
- Escenario estratégico o deseado, que busca representar un futuro sustentable, con base en la conservación de recursos naturales, la equidad social y el aprovechamiento racional del territorio.

## 3.1 Modelo conceptual del sistema socioambiental

### 3.1.1 Introducción

El modelo socioambiental desarrollado representa una herramienta de análisis integral que permite entender las complejas relaciones entre los sectores productivos, los actores sociales y las dinámicas ambientales que configuran el territorio. Este modelo reconoce que el desarrollo sostenible del municipio no depende de un solo factor, sino de la interacción múltiple y simultánea entre intereses económicos, demandas sociales y necesidades ecológicas.

El modelo socioambiental de Atotonilco de Tula constituye una herramienta fundamental para:

- Orientar decisiones de ordenamiento ecológico y territorial, definiendo zonas de prioridad para la conservación, la restauración ecológica, el aprovechamiento sostenible y la reconversión productiva. Las relaciones de conflicto y sinergia identificadas permiten trazar límites claros para actividades de alto impacto, proteger áreas sensibles y fomentar actividades compatibles con la conservación ambiental.
- Diseñar políticas públicas integradas, combinando objetivos de desarrollo económico con criterios de protección ambiental y equidad social. El modelo ofrece una base sólida para definir políticas que favorezcan sectores de alta sinergia (como cooperativas y turismo sostenible) mientras se regulan o mitigan los sectores de alto impacto (cementeras, construcción, minería).
- Identificar conflictos socioambientales emergentes, anticipando tensiones que pueden derivarse del crecimiento industrial, la expansión urbana o la presión sobre recursos hídricos. Esta capacidad prospectiva permite proponer mecanismos de prevención, mediación y gestión adaptativa antes de que los conflictos escalen.
- Promover alianzas estratégicas entre actores locales como cooperativas, sociedad civil organizada y universidades, articulando redes de colaboración que fortalezcan los procesos de participación ciudadana, innovación tecnológica y emprendimiento sostenible.

A través de la construcción de una matriz de interacción socioambiental, el modelo identifica sinergias que deben potenciarse y conflictos que deben gestionarse para orientar un crecimiento ordenado, inclusivo y ambientalmente responsable.

El modelo considera 24 sectores y actores clave, agrupados en tres grandes dimensiones:

- Sectores productivos: actividades económicas que impactan el territorio (agricultura, construcción, industria, comercio, turismo, minería).
- Actores sociales: organizaciones comunitarias, universidades, habitantes urbanos, sociedad civil organizada.
- Gobiernos y gestión pública: autoridades municipales, estatales y federales, y organismos operadores.

Cada sector o actor se analiza tanto como impactante (agente que genera efectos) como impactado (agente que recibe efectos), permitiendo relaciones asimétricas (por ejemplo, la construcción daña la conservación más de lo que la conservación afecta la construcción).

La interacción se expresa a través de valores numéricos en una matriz socioambiental:

- Valores positivos (+1 a +3): sinergias o relaciones de fortalecimiento mutuo.
- Valores negativos (-1 a -3): conflictos, tensiones o impactos adversos.
- Valor cero (0): relación neutra o irrelevante.

Estas interacciones fueron evaluadas considerando el diagnóstico ambiental, social y económico del municipio, y refinadas mediante la separación fina de subsectores como cementeras y parques industriales, o ejidos y productores rurales.

### 3.1.2 Sectores del modelo soioambiental

Los sectores identificados en el municipio son:

1. Agricultura de riego: Actividad agrícola que utiliza infraestructura hidráulica para mantener cultivos constantes. Clave para la seguridad alimentaria local, pero demanda grandes volúmenes de agua, generando presiones sobre los acuíferos y suelos.
2. Agricultura de temporal: Actividad agrícola dependiente de lluvias estacionales. Más sostenible en términos de agua, pero vulnerable al cambio climático y a la variabilidad de precipitaciones.
3. Construcción: Sector responsable de la expansión urbana, infraestructura y edificación industrial. Tiene impactos ambientales fuertes (fragmentación de hábitats, impermeabilización de suelos) y sociales (acceso a vivienda).
4. Comercio: Actividad económica que dinamiza el mercado local. Puede impulsar la economía circular y la comercialización de productos locales si se articula con cooperativas y microempresas.
5. Conservación: Ecosistemas, recursos hídricos y biodiversidad. Fundamental para garantizar la sustentabilidad ambiental y mitigar los impactos del crecimiento urbano-industrial.
6. Ganadería: Actividad productiva tradicional en áreas rurales. Su expansión no controlada puede generar sobrepastoreo, degradación de suelos y presión sobre áreas naturales.

7. Transporte y logística: Sector en expansión por la conectividad de Atotonilco de Tula con corredores industriales y el AIFA. Puede favorecer el desarrollo económico, pero también incrementa impactos como tráfico, contaminación y fragmentación de suelos.
8. Industria de alto impacto: Actividades industriales intensivas (cementeras, grandes parques industriales). Contribuyen a la economía, pero generan altos niveles de contaminación y presión sobre recursos naturales.
9. Minería no metálica: Explotación de materiales como caliza y tezontle para la industria de la construcción. Provoca alteración de paisajes, contaminación de acuíferos y degradación de suelos.
10. Industria de medio impacto: Industrias menos contaminantes (manufactura ligera, ensamblaje). Ofrecen empleos locales y pueden generar menos impacto ambiental si se regulan adecuadamente.
11. Turismo: Actividad emergente basada en el patrimonio natural y cultural. Puede ser motor de desarrollo sostenible si se enfoca en turismo comunitario y de bajo impacto.
12. Cementeras: Parte de la industria de alto impacto; principal motor industrial en el municipio. Generan empleo e infraestructura, pero también fuertes emisiones contaminantes, consumo de agua y alteraciones del paisaje.
13. Parques industriales: Zonas destinadas al establecimiento de empresas manufactureras y logísticas. Promueven el crecimiento económico, pero incrementan la presión sobre el suelo, agua y servicios públicos.
14. Ejidos: Organizaciones rurales que gestionan tierras comunales. Fundamentales para la conservación de suelos agrícolas, la defensa de recursos naturales y la cohesión social rural.
15. Productores rurales: Pequeños propietarios o agricultores individuales. Motor económico local en zonas rurales, pero vulnerables ante cambios de uso de suelo y presión urbana.



16. Cooperativas locales: Organizaciones colectivas que promueven modelos productivos solidarios. Importantes para la diversificación económica (turismo, agricultura, comercio justo) con enfoque sostenible.
17. Microempresas locales: Pequeños negocios individuales o familiares. Dinámicos y adaptables, contribuyen a la economía local, aunque a veces con limitada capacidad de transformación ambiental positiva.
18. Sociedad civil organizada: Conjunto de organizaciones sociales, ambientales y comunitarias. Vigilan los impactos del desarrollo, promueven derechos colectivos y luchan por una gobernanza territorial más equitativa.
19. Habitantes urbanos: Ciudadanos que viven en zonas urbanizadas. Actores clave en la presión sobre servicios, pero también potenciales aliados en estrategias de conservación y desarrollo sostenible.
20. Universidades e instituciones técnicas: Centros de conocimiento y formación profesional. Pueden apoyar en la innovación para la sostenibilidad, la investigación aplicada y la capacitación técnica de los actores locales.
21. Gobierno municipal: Autoridad local responsable de la planeación territorial, los servicios públicos y la regulación ambiental. Su rol es central para coordinar intereses y garantizar un desarrollo equilibrado.
22. Gobierno estatal: Instancia intermedia que define políticas públicas regionales, coordina inversiones y ejecuta programas sectoriales. Puede apoyar o frenar procesos locales dependiendo de su alineación con el modelo sostenible.
23. Gobierno federal: Instancia nacional que establece el marco legal y las grandes líneas de política pública (agua, suelo, medio ambiente, desarrollo urbano e industrial). Su participación es clave para proyectos estratégicos y financiamiento de infraestructura verde o gris.
24. CAASAT (Comisión de Agua Potable, Alcantarillado Y Saneamiento del Municipio de Atotonilco de Tula, Hidalgo): Entidad encargada de la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable y alcantarillado del municipio. Actor fundamental para garantizar el acceso al agua, gestionar de

manera eficiente los recursos hídricos y coordinar acciones de saneamiento ambiental.

25. CONAGUA (Comisión Nacional del agua): Entidad encargada de la gestión, operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

### 3.1.3 Representación del modelo socioambiental mediante mapa de calor

Un mapa de calor es una representación gráfica de datos que utiliza una escala de colores para mostrar la intensidad o magnitud de las relaciones entre diferentes variables.

En un mapa de calor, los colores más cálidos (como el rojo o el naranja) suelen indicar valores altos o interacciones negativas fuertes, mientras que los colores más fríos (como el verde o el amarillo) representan valores bajos o interacciones positivas. Cada celda del mapa representa la relación entre dos elementos: un color verde intenso puede señalar una sinergia positiva importante (como la cooperación entre cooperativas locales y turismo), mientras que un color rojo oscuro puede indicar un conflicto socioambiental severo (como el impacto de la minería no metálica sobre la conservación ambiental).

Dado el alto nivel de complejidad que caracteriza al modelo socioambiental de Atotonilco de Tula —el cual incluye múltiples sectores productivos, actores sociales, instituciones públicas y dinámicas ambientales interrelacionadas—, se optó por utilizar este tipo de representación como herramienta principal de representación gráfica. Esta elección responde a la necesidad de visualizar de manera ágil y comprensible las interacciones positivas y negativas entre los distintos elementos del modelo, permitiendo identificar de forma inmediata las sinergias, los conflictos y las dependencias críticas que estructuran el territorio.



Mapa de Calor de la Matriz Socioambiental de Atotonilco de Tula

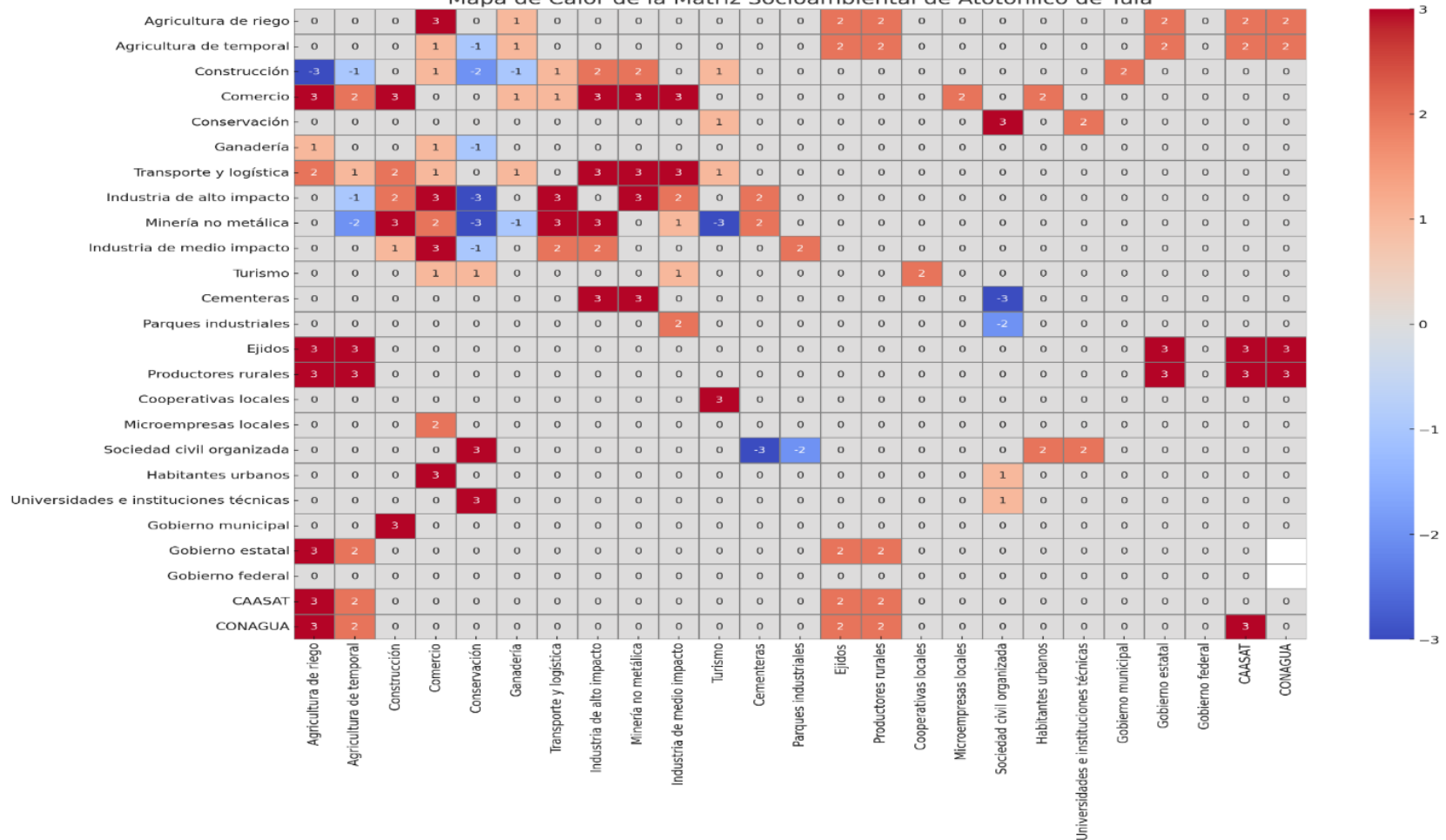


Gráfico 1. Mapa de calor del modelo socioambiental de Atotonilco de Tula.

*Fuente: elaboración propia.*

### 3.1.3.1 Dinámicas principales del modelo

El modelo socioambiental de Atotonilco de Tula, construido a partir de la matriz de interacciones entre sectores, actores sociales e instituciones, revela un entramado complejo de sinergias y tensiones que definen la gobernanza del territorio. Las dinámicas entre estos elementos muestran zonas de cooperación, dependencia, y también de conflicto, que deben gestionarse para transitar hacia un modelo sostenible.

Uno de los núcleos de sinergia más destacados lo conforman los sectores de agricultura de riego, productores rurales, ejidos, comercio local, conservación y los gobiernos estatal y federal. Por ejemplo, la agricultura de riego mantiene relaciones de +2 con los ejidos y +2 con los productores rurales, lo cual evidencia su articulación productiva con estructuras comunitarias tradicionales. A su vez, este sector también se vincula positivamente con actores institucionales como CAASAT (+2) y CONAGUA (+2), reflejando una dependencia directa del sistema de gestión hídrica formal.

En contraste, se identifican sectores que generan fricciones importantes. La industria de alto impacto, por ejemplo, tiene relaciones de -3 con conservación, lo que señala un riesgo claro de afectación a zonas ecológicas estratégicas. De igual forma, la minería no metálica presenta tensiones con múltiples actores: -2 con productores rurales, -3 con conservación y -2 con la sociedad civil organizada, revelando un patrón de presión ambiental y territorial que puede comprometer la integridad ecológica si no se regula.

Los sectores sociales como las cooperativas y la sociedad civil organizada emergen como actores clave en la promoción de un desarrollo equilibrado. Las cooperativas presentan vínculos positivos con el turismo (+2), con el comercio (+2) y con la sociedad civil (+2), lo cual subraya su papel articulador entre la economía local, la protección del medio ambiente y la participación ciudadana.

Un eje de especial interés es el que conforman las instituciones de gestión del agua. CAASAT interactúa positivamente con la agricultura de riego (+2), con los productores rurales (+2) y con el gobierno estatal (+2), demostrando su rol fundamental en garantizar el suministro hídrico. No obstante, sectores como la construcción y la industria podrían generar presiones adicionales si no se integran a una visión de planificación hídrica territorial.

El análisis también revela cómo el transporte y la logística, impulsados por el contexto regional (incluyendo el AIFA y los futuros trenes), se articulan de forma positiva con



sectores estratégicos como la industria (+2), pero aún muestran débil integración con áreas de conservación o con el turismo sostenible, lo cual representa una oportunidad de mejora.

Finalmente, los gobiernos estatal y federal presentan relaciones mayoritariamente positivas con actores locales, incluidos los ejidos, productores rurales y sectores clave como agricultura, conservación y agua. Esto sugiere que una coordinación multinivel efectiva puede ser instrumental para alinear intereses y lograr una planificación territorial integrada.

En conjunto, el modelo permite visualizar que Atotonilco de Tula enfrenta retos complejos: conflictos por uso del suelo, sobreexplotación de recursos y fragmentación ecológica, pero también dispone de una estructura social e institucional capaz de construir consensos y encauzar el desarrollo hacia una ruta sostenible, siempre y cuando se fortalezcan las alianzas, se mitiguen los impactos negativos y se mantenga una gobernanza transparente e inclusiva.

### 3.2 Imagen objetivo o escenario ideal

El escenario se elaboró a través de un relato narrativo proyectado al año 2050, donde se describe el territorio como si ya se hubieran alcanzado las metas de desarrollo sostenible, equilibrio entre sectores productivos y conservación de recursos naturales.

Este relato utiliza el tiempo pasado, es decir, se narra desde el 2050 mirando hacia atrás, como si todo lo planeado ya hubiera ocurrido exitosamente. De esta forma, se relatan los logros alcanzados, los procesos implementados, las transformaciones observadas y los obstáculos superados.

Esta metodología permite:

- Visualizar de forma concreta y optimista cómo se habría logrado un crecimiento ordenado, inclusivo y sostenible.
- Identificar las decisiones clave y las acciones que hicieron posible alcanzar esos resultados.
- Motivar la planificación estratégica actual al ofrecer una visión tangible del futuro deseado.

En 2050, Atotonilco de Tula ha logrado consolidarse como un municipio que equilibra el crecimiento urbano con la conservación activa de sus recursos naturales.

El proceso de planeación participativa iniciado en 2025, basado en talleres con ejidos, entrevistas comunitarias y la colaboración interinstitucional, permitió establecer zonas de contención urbana, áreas de conservación ecológica y reservas agrícolas estratégicas de manera consensuada y vinculante.

La expansión urbana, que amenazaba con ocupar más de 1,500 hectáreas de suelos agrícolas y naturales hacia 2050, fue contenida a un promedio de 750 hectáreas, mediante políticas firmes de densificación, incentivos a la ocupación de vacíos urbanos y la implementación de instrumentos de gestión territorial innovadores, como transferencia de derechos de desarrollo y bancos de suelo. Gracias a estas acciones, más del 55% del territorio municipal conserva aún usos agrícolas, forestales o naturales, garantizando la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales para las futuras generaciones.

Las barrancas de importancia ambiental, como las del sistema Tula-Tepetitlán, fueron delimitadas como corredores ecológicos municipales y restauradas a través de proyectos de reforestación, control de erosión y manejo hídrico comunitario,

impulsados en colaboración con ejidos, cooperativas ambientales y organizaciones de la sociedad civil.

La zona de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca, identificada como crítica en los diagnósticos de 2025, fue protegida mediante decretos municipales y acuerdos de conservación productiva con agricultores locales, quienes integraron prácticas de agricultura regenerativa, reduciendo así la contaminación difusa y favoreciendo la infiltración de agua pluvial.

En materia de biodiversidad, se establecieron microreservas comunitarias que protegen remanentes de vegetación secundaria y hábitats prioritarios para especies nativas, como aves migratorias y pequeños mamíferos adaptados a ecosistemas de matorral subtropical.

La conectividad biológica entre estas áreas fue fortalecida mediante el diseño de corredores verdes urbanos y periurbanos, incorporados en el ordenamiento de nuevos desarrollos habitacionales y logísticos.

El microclima local también ha mejorado. Gracias al mantenimiento de infraestructura verde urbana —parques lineales, corredores biológicos, azoteas verdes y arborización de calles—, se ha logrado reducir en 1.5 °C las temperaturas promedio en zonas urbanizadas, mitigando el efecto de isla de calor identificado en los estudios de 2020.

Finalmente, el municipio implementó un sistema de monitoreo ambiental comunitario, donde escuelas, ejidos y organizaciones civiles participan en la vigilancia de indicadores clave como calidad del agua, cobertura vegetal y biodiversidad, reforzando así la corresponsabilidad social en la gestión del medio ambiente.

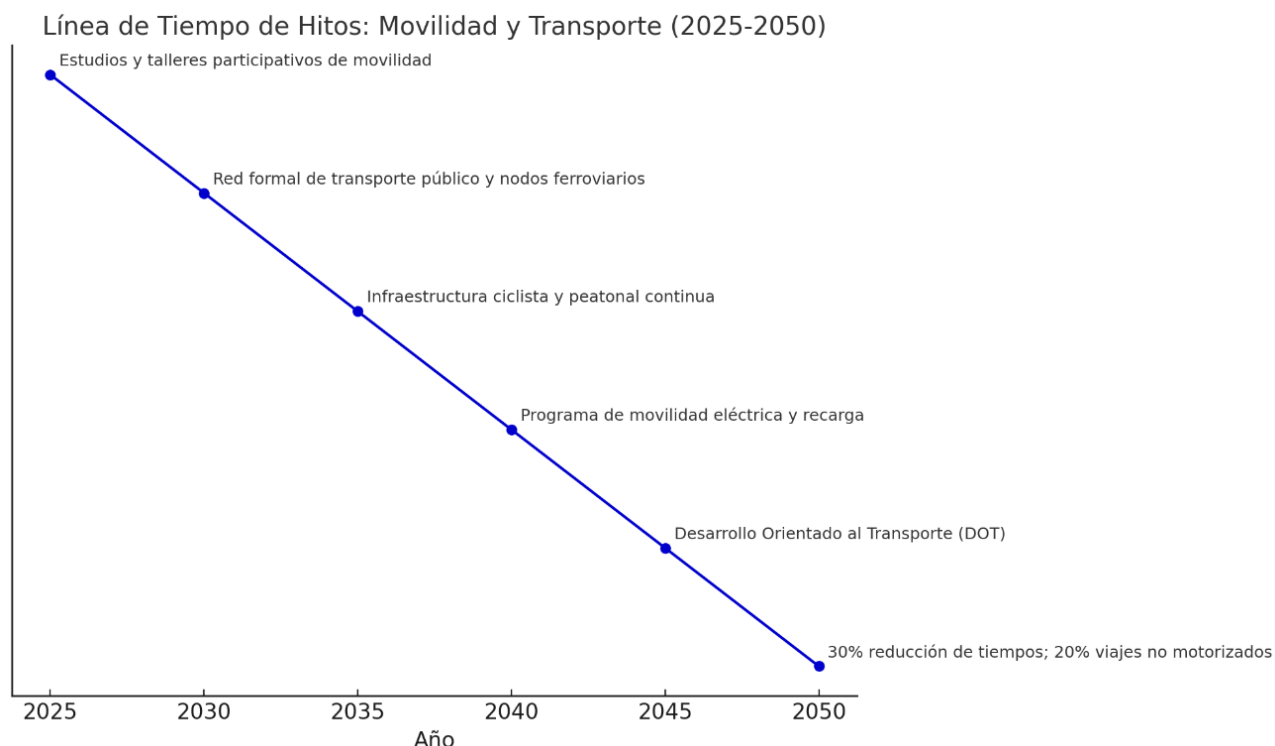


Figura 1. Demanda de movilidad al 2050.

En 2050, Atotonilco de Tula ha consolidado un sistema de movilidad eficiente, sustentable y multimodal, superando los retos de congestión vehicular y falta de transporte público estructurado que predominaban en 2025. Este logro es el resultado de una planeación territorial coherente, de la implementación de políticas de movilidad sostenible, y de la articulación efectiva del municipio con los grandes proyectos de infraestructura ferroviaria regional.

Uno de los hitos más relevantes fue la transformación del sistema de transporte público. A partir de 2030, se establecieron redes formales de transporte colectivo con rutas integradas, unidades de bajas emisiones y sistemas de pago electrónico, articuladas con estaciones de transferencia intermodal y con las estaciones cercanas de los proyectos ferroviarios CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca. Hoy, el 45% de los viajes locales se realizan en transporte público formal, duplicando el porcentaje registrado en 2025. El municipio implementó también infraestructura ciclista y peatonal continua y segura: ciclovías segregadas, andadores peatonales, y calles completas, promoviendo la movilidad no motorizada como opción real para desplazamientos cortos. Actualmente, más del 20% de los desplazamientos locales se

realizan a pie o en bicicleta, contribuyendo a la reducción de emisiones y a la mejora de la salud pública.

En términos de parque vehicular, si bien el número de vehículos pasó de 8,669 en 2025 a cerca de 22,568 en 2050, las estrategias de movilidad implementadas lograron reducir los niveles de congestión, evitando la saturación crítica de vialidades principales.

Se fortaleció la red vial secundaria y terciaria, priorizando proyectos de conexión transversal y accesos a nodos ferroviarios, con un enfoque en la movilidad sustentable.

El municipio también adoptó políticas de movilidad eléctrica, incluyendo incentivos para la adopción de vehículos eléctricos, instalación de infraestructura de recarga en espacios públicos y flotillas municipales electrificadas, con lo que el 18% del parque vehicular actual corresponde a unidades eléctricas.

A nivel de gestión urbana, el concepto de Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) fue incorporado en los nuevos centros urbanos, particularmente alrededor de nodos de conexión ferroviaria, donde se impulsaron proyectos de vivienda, comercio y servicios en áreas de alta accesibilidad, disminuyendo la necesidad de desplazamientos largos y motorizados. Gracias a estas acciones, los tiempos promedio de traslado se redujeron en un 30% respecto a los niveles de 2025, y los indicadores de calidad del aire en las zonas urbanas muestran mejoras sostenidas, especialmente en la reducción de partículas PM<sub>2.5</sub>. Todo este proceso fue posible por la activa participación ciudadana a través de consultas públicas, observatorios de movilidad y alianzas estratégicas con universidades, transportistas y organizaciones civiles que contribuyeron al diseño y evaluación de las políticas de transporte.

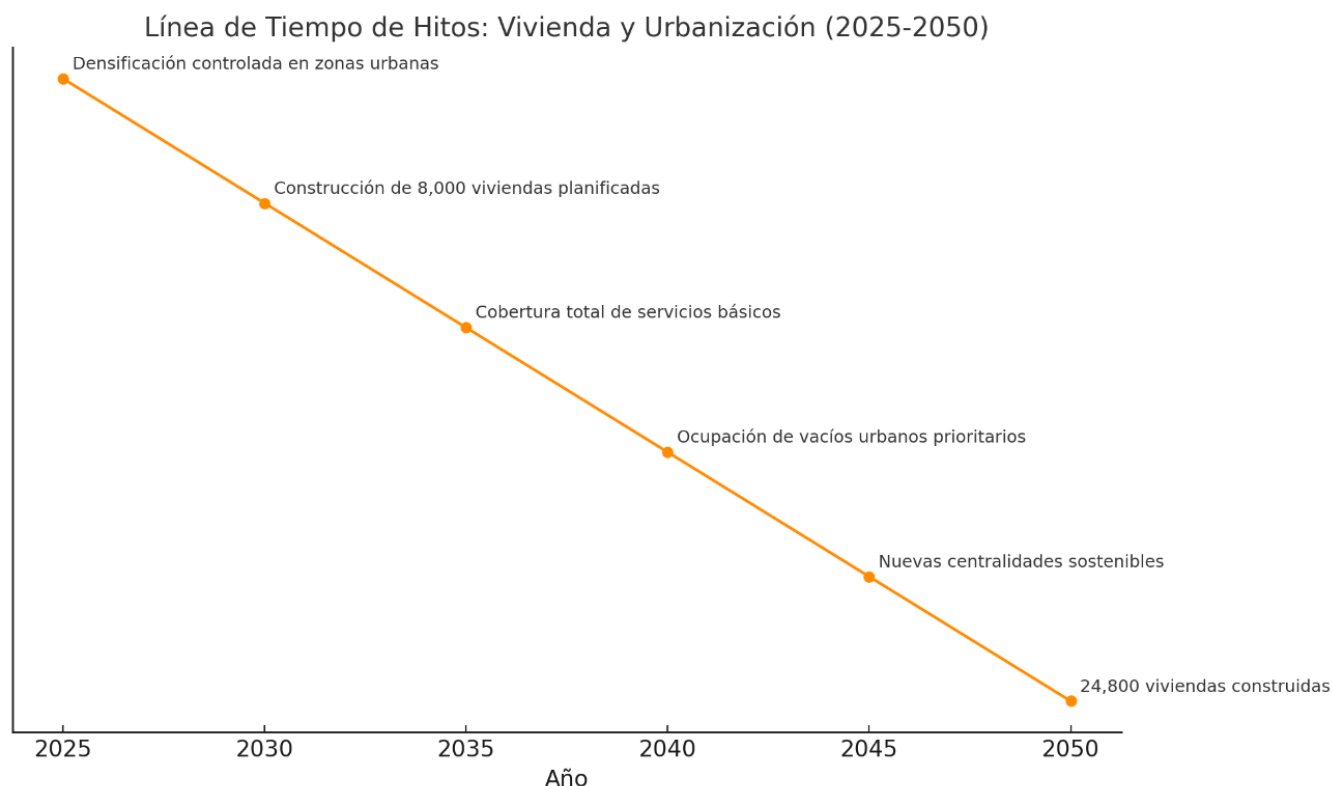


Figura 2. Proyección de vivienda y urbanización.

La línea de tiempo de Vivienda y Urbanización destaca la evolución de una política habitacional ordenada y sostenible. El proceso inició en 2025 con la densificación controlada en zonas urbanas existentes para evitar la expansión dispersa. En 2030 se logró la construcción de 8,000 viviendas planificadas dentro de reservas urbanas. Para 2035, todos los nuevos fraccionamientos contaban ya con cobertura total de servicios básicos (agua, drenaje, electricidad). En 2040 se priorizó la ocupación de vacíos urbanos, optimizando el uso del suelo. En 2045 se consolidaron nuevas centralidades sostenibles, articuladas al sistema de transporte. Finalmente, hacia 2050, se cumplieron los objetivos de construir 24,800 viviendas nuevas de manera ordenada, formalizando además asentamientos preexistentes.

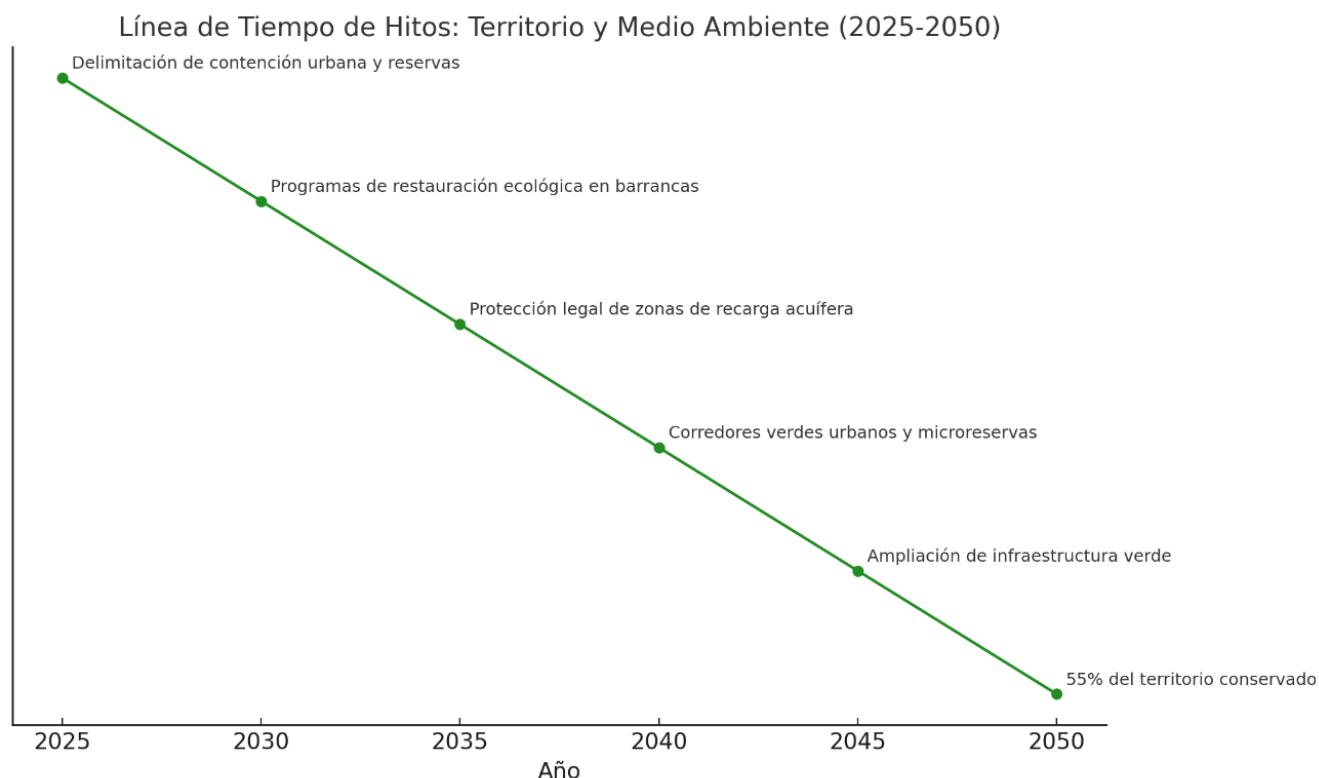


Figura 3. Proyección sobre territorio y medio ambiente.

La línea de tiempo de Territorio y Medio Ambiente evidencia una estrategia progresiva de conservación y restauración. En 2025 se establecieron zonas de contención urbana y reservas agrícolas para frenar la expansión desordenada. A partir de 2030, se desplegaron programas de restauración ecológica en barrancas y zonas degradadas.

En 2035, se protegieron legalmente las zonas de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca, fundamentales para la resiliencia hídrica. Para 2040, los corredores verdes urbanos y las microreservas comunitarias estaban consolidadas, favoreciendo la conectividad ecológica. En 2045 se amplió la infraestructura verde urbana, integrándola a los nuevos desarrollos. Para 2050, más del 55% del territorio de Atotonilco de Tula conserva su vocación agrícola o natural, protegiendo los servicios ecosistémicos esenciales.

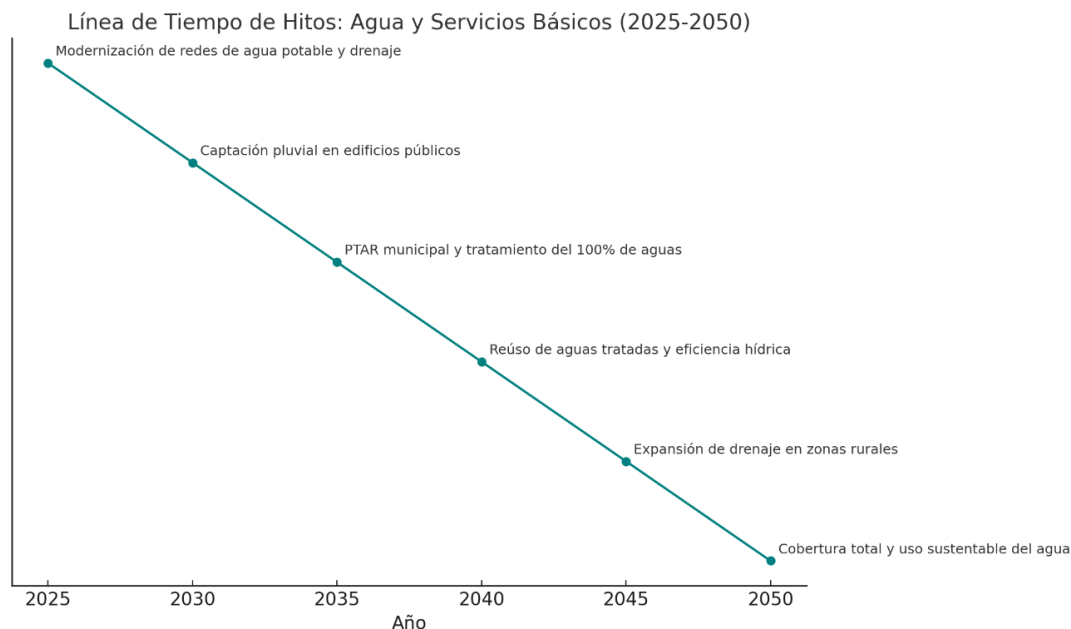


Figura 4. Estimación sobre agua y servicios básicos.

La línea de tiempo de Agua y Servicios Básicos refleja un avance integral en gestión del agua y saneamiento. En 2025 comenzó la modernización de las redes de agua potable y drenaje, reduciendo pérdidas y mejorando cobertura. En 2030, la instalación de sistemas de captación pluvial en edificios públicos fortaleció la resiliencia hídrica local.

Para 2035, la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) municipal permitió tratar el 100% de las aguas generadas. En 2040 se implementaron programas de reúso de aguas tratadas y eficiencia hídrica doméstica, optimizando el consumo. Hacia 2045, se extendieron las redes de drenaje sanitario a comunidades rurales y periurbanas. Finalmente, en 2050, el municipio alcanzó cobertura total de agua potable, drenaje y manejo sustentable, asegurando así el acceso equitativo y resiliente al recurso hídrico.

En el año 2050, Atotonilco de Tula ha logrado revertir la tendencia crítica de estrés hídrico que amenazaba su sostenibilidad en las primeras décadas del siglo XXI. Gracias a una combinación de planeación territorial, inversión en infraestructura y gestión participativa del recurso, el municipio hoy ofrece acceso universal y eficiente a servicios de agua potable, drenaje y saneamiento. La crisis del agua, reconocida en los diagnósticos de 2025 —cuando el acuífero Cuautitlán-Pachuca se encontraba en estado de sobreexplotación y existía un déficit en el suministro para nuevas

viviendas—, fue abordada con un enfoque integral. En primer lugar, se logró modernizar la red de distribución de agua potable, reduciendo las pérdidas físicas de más del 40% en 2025 a menos del 18% en 2050, mediante la sustitución de tuberías obsoletas, la implementación de sistemas de sectorización hidráulica y el control activo de fugas. El consumo doméstico, que se proyectaba para 2050 en alrededor de 4.75 millones de metros cúbicos anuales, fue estabilizado a niveles sostenibles gracias a programas de eficiencia hídrica implementados a partir de 2030, incluyendo el uso generalizado de dispositivos ahorradores, campañas de concientización y normas de eficiencia para nuevas construcciones.

Además, el municipio diversificó sus fuentes de abastecimiento:

- El 15% del suministro actual proviene de sistemas de captación de agua pluvial instalados en fraccionamientos y edificios públicos, reduciendo la presión sobre el acuífero.
- Se integraron proyectos de reúso de aguas tratadas para riego de áreas verdes, limpieza de vialidades y uso industrial, permitiendo ahorrar más de 500,000 m<sup>3</sup> anuales de agua potable.

En materia de saneamiento, Atotonilco de Tula construyó hacia 2035 una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con capacidad para tratar el 100% de las aguas residuales generadas por su población. La planta opera con tecnologías de lodos activados y tratamiento terciario, garantizando la calidad del agua vertida a cuerpos receptores y permitiendo su aprovechamiento en actividades no potables. El drenaje sanitario, que en 2025 cubría apenas al 62% de la población, alcanza en 2050 una cobertura del 98%, incluyendo zonas rurales mediante soluciones descentralizadas como biodigestores comunitarios y sistemas de tratamiento modular. Esto ha permitido eliminar la práctica de vertido directo de aguas residuales en barrancas y ha contribuido significativamente a la recuperación ecológica de estos ecosistemas. Respecto a la gestión de residuos sólidos, el municipio opera desde 2030 un relleno sanitario regional bajo normas NOM-083-SEMARNAT-2003, complementado por programas de separación en origen, reciclaje y compostaje que permiten valorizar más del 55% de los residuos generados (estimados en 65 toneladas diarias para 2050). Finalmente, en el ámbito energético, Atotonilco de Tula ha consolidado una red de distribución eléctrica moderna y eficiente, con proyectos de generación distribuida (paneles solares en techos de edificios públicos y privados) que aportan ya un 12% del consumo eléctrico municipal, reduciendo costos y emisiones de carbono. Todo este avance en agua y servicios básicos no fue fruto exclusivo de la inversión pública, sino



del trabajo conjunto con los ciudadanos, a través de comités de usuarios del agua, cooperativas de servicios y alianzas con el sector privado y organizaciones civiles.

### 3.3 Formulación de los escenarios tendencial, contextual y estratégico

#### 3.3.1 Escenario tendencial

##### 3.3.1.1 Simulación del escenario tendencial con el modelo Ksim

La simulación KSIM se enfocó exclusivamente en los sectores productivos y la conservación de recursos naturales (Tabla 1), utilizando dos insumos principales:

- Una matriz de interacción ambiental, que identifica el nivel de presión o impacto que cada sector productivo ejerce sobre los componentes ambientales estratégicos (agua, suelo, biodiversidad, etc.).
- Una matriz socioeconómica, que valora la importancia relativa de cada sector productivo en términos de empleo, ingresos y dinamismo económico local.

Con base en estas matrices, KSIM proyectó un escenario tendencial de evolución sectorial, considerando que las actividades productivas actuales continuarán su crecimiento o disminución conforme a sus inercias históricas y que las condiciones ambientales responderán a esos cambios de manera acumulativa.

El modelo permitió:

- Visualizar cuáles sectores productivos tienden a expandirse y cuáles presentan riesgos de deterioro ambiental creciente.
- Identificar áreas críticas donde los impactos sobre la conservación de recursos naturales se intensificarían si no se aplican medidas de control o manejo.
- Estimar las tensiones futuras entre producción y conservación, apoyando la toma de decisiones estratégicas para un ordenamiento más equilibrado.

La simulación no incorpora dinámicas de política pública correctiva (por ejemplo, nuevos programas de conservación o subsidios a sectores verdes), sino que refleja la continuidad de las tendencias actuales basadas en las relaciones ambientales y socioeconómicas ya observadas.

Tabla 1. Descripción de sectores productivos de Atotonilco de Tula y su Impacto Ambiental.



| Sector                     | Descripción                                                                                       | Impacto Ambiental                                                                    |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Agricultura de riego       | Uso de infraestructura hidráulica y aguas tratadas para el cultivo de maíz, alfalfa y hortalizas. | Moderado: consumo intensivo de agua y riesgo de salinización del suelo.              |
| Agricultura de temporal    | Cultivos dependientes de la lluvia como maíz y cebada, ubicados en ejidos tradicionales.          | Bajo a moderado: riesgo de erosión de suelos y presión sobre áreas de conservación.  |
| Construcción               | Desarrollo urbano e industrial mediante obras de infraestructura, viviendas e industria.          | Alto: fragmentación de hábitats, cambio de uso de suelo, contaminación por residuos. |
| Comercio                   | Establecimientos de venta minorista y tianguis en la cabecera municipal.                          | Bajo: incremento de residuos sólidos y consumo de energía.                           |
| Conservación               | Iniciativas oficiales y ciudadanas para proteger el entorno natural.                              | Positivo: mejora de servicios ecosistémicos y soporte al turismo sustentable.        |
| Ganadería                  | Producción de ganado bovino y ovino, afectada por la reducción de pastizales.                     | Moderado: compactación del suelo y contaminación de cuerpos de agua.                 |
| Transporte y logística     | Corredor estratégico industrial y de mercancías, apoyado por parques industriales.                | Moderado: emisiones contaminantes y expansión de infraestructura vial.               |
| Industria de alto impacto  | Cementeras y empresas químicas de gran escala como CEMEX y Fortaleza.                             | Muy alto: emisiones al aire, consumo de energía y transformación de ecosistemas.     |
| Minería no metálica        | Extracción de caliza, arcilla y cantera para la construcción.                                     | Alto: alteración del relieve, contaminación del agua, pérdida de biodiversidad.      |
| Industria de medio impacto | Manufactura ligera (metales, alimentos, madera) en parques industriales.                          | Moderado: presión sobre recursos hídricos y energéticos.                             |
| Turismo                    | Turismo cultural y potencial de ecoturismo en desarrollo.                                         | Positivo: generación de economías sustentables si se maneja adecuadamente.           |

*Fuente: elaboración propia, 2025.*

### 3.3.1.1.1 Matriz de interacción ambiental

El análisis de la matriz de interacción ambiental permite identificar los conflictos y las sinergias existentes entre los sectores productivos de Atotonilco de Tula en relación con el medio ambiente.

Tabla 2. Matriz de interacción ambiental de sectores productivos

| Sector                     | Agricultura de riego | Agricultura de temporal | Construcción | Comercio | Conservación | Ganadería | Transporte y logística | Industria de alto impacto | Minería no metálica | Industria de medio impacto | Turismo |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|----------|--------------|-----------|------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------|
| Agricultura de riego       | 0                    | 0                       | 0            | 0        | -2           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Agricultura de temporal    | 0                    | 0                       | 0            | 0        | -3           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Construcción               | -3                   | -2                      | 0            | 0        | -3           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Comercio                   | 0                    | 0                       | 0            | 0        | 0            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Conservación               | 2                    | 2                       | 0            | 0        | 0            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 2       |
| Ganadería                  | 0                    | 0                       | 0            | 0        | -1           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Transporte y logística     | 0                    | 0                       | 0            | 0        | 0            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Industria de alto impacto  | -1                   | -2                      | 0            | 0        | -3           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Minería no metálica        | 0                    | -1                      | 0            | 0        | -3           | -1        | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Industria de medio impacto | 0                    | 0                       | 0            | 0        | -1           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Turismo                    | 0                    | 0                       | 0            | 0        | 1            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |

*Fuente: elaboración propia, 2025.*

Entre los impactos negativos observados, destaca que la agricultura de riego afecta de manera moderada (-2) a las áreas de conservación, debido al uso intensivo de recursos hídricos y a la transformación de suelos naturales en zonas de cultivo. De manera similar, la agricultura de temporal genera un impacto negativo alto (-3) sobre las áreas de conservación, al promover la expansión agrícola hacia ecosistemas naturales, causando deforestación, pérdida de biodiversidad y erosión de suelos.

El sector de construcción muestra una fuerte presión ambiental. Afecta severamente a la agricultura de riego (-3) y a la agricultura de temporal (-2) mediante la conversión de tierras agrícolas en áreas urbanizadas. Además, su impacto negativo sobre la conservación es muy alto (-3), al fragmentar hábitats y modificar de manera irreversible ecosistemas de alto valor ambiental.

La ganadería también incide en las áreas de conservación (-1), principalmente por el sobrepastoreo, la compactación del suelo y la eliminación de vegetación nativa, aunque su impacto es menor en comparación con otros sectores.

Respecto a la industria de alto impacto, como la cementera y la química, se identifican varios conflictos: un impacto negativo bajo (-1) sobre la agricultura de riego, uno moderado (-2) sobre la agricultura de temporal, y un impacto severo (-3) sobre las áreas de conservación, debido a las emisiones contaminantes, la transformación del paisaje y la presión sobre los recursos naturales.

El sector de minería no metálica también genera afectaciones ambientales significativas. Afecta de manera moderada (-1) a la agricultura de temporal y a la ganadería (-1), principalmente por la pérdida de suelos y pastizales. Asimismo, su impacto sobre la conservación es alto (-3), asociado a la alteración de relieves y la destrucción de hábitats.

Finalmente, la industria de medio impacto, representada por manufacturas ligeras, ejerce un impacto moderado (-1) sobre las áreas de conservación, debido a la expansión de parques industriales.

En contraste, se identifican interacciones positivas relevantes. El sector de conservación beneficia a la agricultura de riego (2) y a la agricultura de temporal (2), al contribuir a la protección de los suelos y los ciclos hidrológicos, favoreciendo la productividad agrícola. Asimismo, la conservación impulsa el turismo (2), al mantener espacios naturales atractivos para actividades recreativas y ecoturísticas. A su vez, el turismo bien gestionado genera un impacto positivo (1) sobre la conservación, al fortalecer las actividades de protección y la valoración del medio ambiente.

En conjunto, los resultados evidencian que los sectores de construcción, industria de alto impacto y minería no metálica son los principales generadores de conflictos ambientales, mientras que conservación y turismo representan oportunidades estratégicas para promover el desarrollo sustentable en el municipio.

### **3.3.1.1.2 Matriz de interacción socioeconómica**

El análisis de la matriz de interacción socioeconómica para Atotonilco de Tula permite identificar las sinergias y conflictos entre los sectores productivos que estructuran su realidad actual y futura.

Tabla 3. Matriz de interacción económica de sectores productivos.

| Sector                     | Agricultura de riego | Agricultura de temporal | Construcción | Comercio | Conservación | Ganadería | Transporte y logística | Industria de alto impacto | Minería no metálica | Industria de medio impacto | Turismo |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|----------|--------------|-----------|------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------|
| Agricultura de riego       | 0                    | 0                       | 0            | 3        | 0            | 1         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Agricultura de temporal    | 0                    | 0                       | 0            | 1        | -1           | 1         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Construcción               | -3                   | -1                      | 0            | 1        | -2           | -1        | 1                      | 2                         | 2                   | 0                          | 1       |
| Comercio                   | 3                    | 2                       | 3            | 0        | 0            | 1         | 1                      | 3                         | 3                   | 3                          | 0       |
| Conservación               | 0                    | 0                       | 0            | 0        | 0            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 1       |
| Ganadería                  | 1                    | 0                       | 0            | 1        | -1           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Transporte y logística     | 2                    | 1                       | 2            | 1        | 0            | 1         | 0                      | 3                         | 3                   | 3                          | 1       |
| Industria de alto impacto  | 0                    | -1                      | 2            | 3        | -3           | 0         | 3                      | 0                         | 3                   | 2                          | 0       |
| Minería no metálica        | 0                    | -2                      | 3            | 2        | -3           | -1        | 3                      | 3                         | 0                   | 1                          | -3      |
| Industria de medio impacto | 0                    | 0                       | 1            | 3        | -1           | 0         | 2                      | 2                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Turismo                    | 0                    | 0                       | 0            | 1        | 1            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 1                          | 0       |

*Fuente: elaboración propia, 2025.*

La agricultura de riego, que ocupa una fracción del territorio municipal aprovechando aguas residuales tratadas provenientes del Valle de México, presenta una relación positiva con el comercio (3) y en menor medida con la ganadería (1), debido a que su producción agrícola abastece tanto mercados locales como regionales.

La agricultura de temporal, aunque menos rentable y más dependiente de las lluvias, también sostiene parcialmente el comercio (1) y la ganadería (1); sin embargo, empieza a verse desplazada por el crecimiento urbano y la expansión industrial, generando un impacto negativo en su continuidad (-1 en construcción, -1 en industria de alto impacto y -2 en minería no metálica).

El sector de la construcción, impulsado principalmente por el crecimiento urbano de la cabecera municipal y el desarrollo de infraestructura en los parques industriales, mantiene fuertes vínculos positivos con el comercio (1) y con la industria de alto impacto (2) y minería no metálica (2), ya que depende de estos sectores para el suministro de materiales y servicios. No obstante, su expansión compromete seriamente a sectores tradicionales como la agricultura de riego (-3), la agricultura de

temporal (-1) y las áreas de conservación (-2), evidenciando una pérdida acelerada de suelo agrícola y presión sobre espacios naturales.

El comercio es uno de los motores más dinámicos del municipio, con crecimiento notable en tiendas, tianguis y centros de distribución. Muestra una alta interacción positiva con sectores productivos clave como la agricultura de riego (3), la agricultura de temporal (2), la construcción (3), el transporte y logística (1), y sectores industriales como la industria de alto impacto (3) y la minería no metálica (3).

El transporte y la logística se consolidan como un sector estratégico en Atotonilco de Tula, gracias a su ubicación privilegiada en el corredor industrial del centro del país y la cercanía al AIFA. Refuerzan las cadenas de suministro de la construcción (2), el comercio (1), la industria de alto impacto (3), la minería no metálica (3), la industria de medio impacto (3), y en menor medida, apoyan al turismo (1).

La industria de alto impacto, representada principalmente por las grandes cementeras (CEMEX, Fortaleza, Holcim), tiene un papel fundamental en la economía local. Su interacción positiva con sectores como el comercio (3), el transporte y logística (3) y la minería no metálica (3) refleja su capacidad de dinamizar la economía; sin embargo, su crecimiento también implica desplazamiento de actividades agrícolas y presión crítica sobre los espacios de conservación (-3).

La minería no metálica, centrada en la extracción de materiales para la construcción, apoya intensamente a la construcción (3), al comercio (2) y al transporte y logística (3). No obstante, es uno de los sectores con mayor generación de conflictos socioeconómicos: afecta severamente a la agricultura de temporal (-2), a la ganadería (-1), a las áreas de conservación (-3) y también al turismo (-3), al deteriorar paisajes y recursos naturales que podrían ser aprovechados para actividades recreativas.

La industria de medio impacto, ubicada principalmente en parques industriales como Quma, mantiene vínculos positivos con la construcción (1), el comercio (3), el transporte y logística (2) y la industria de alto impacto (2), con efectos socioeconómicos relevantes, pero con menor intensidad ambiental.

Finalmente, el turismo en Atotonilco de Tula, aunque incipiente, muestra una capacidad de sinergia con sectores como el comercio (1), la conservación (1) y la industria de medio impacto (1). No obstante, enfrenta riesgos importantes de ser afectado si continúan las tendencias de expansión minera y urbana sin control.

### 3.3.1.1.3 Fusión de matrices ambiental y económica

Este modelo suma el impacto ambiental y el impacto socioeconómico para cada interacción sector-sector, reflejando:

- Valores positivos: interacciones que combinan beneficios económicos y menor afectación ambiental.
- Valores negativos: interacciones que combinan daños ambientales y/o conflictos socioeconómicos.

Así se identifican de manera integral dónde están las mayores oportunidades de desarrollo sustentable y dónde se ubican los principales riesgos en Atotonilco de Tula.

Tabla 4. Matriz de interacción ambiental y económica de los sectores productivos

| Sector                     | Agricultura de riego | Agricultura de temporal | Construcción | Comercio | Conservación | Ganadería | Transporte y logística | Industria de alto impacto | Minería no metálica | Industria de medio impacto | Turismo |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|--------------|----------|--------------|-----------|------------------------|---------------------------|---------------------|----------------------------|---------|
| Agricultura de riego       | 0                    | 0                       | 0            | 3        | -2           | 1         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Agricultura de temporal    | 0                    | 0                       | 0            | 1        | -4           | 1         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Construcción               | -3                   | -3                      | 0            | 1        | -3           | -1        | 1                      | 2                         | 2                   | 0                          | 1       |
| Comercio                   | 3                    | 2                       | 3            | 0        | 0            | 1         | 1                      | 3                         | 3                   | 3                          | 0       |
| Conservación               | 2                    | 2                       | 0            | 0        | 0            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 3       |
| Ganadería                  | 1                    | 0                       | 0            | 1        | -2           | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Transporte y logística     | 2                    | 1                       | 2            | 1        | 0            | 1         | 0                      | 3                         | 3                   | 3                          | 1       |
| Industria de alto impacto  | -1                   | -3                      | 2            | 3        | -3           | 0         | 3                      | 0                         | 3                   | 2                          | 0       |
| Minería no metálica        | 0                    | -3                      | 3            | 2        | -3           | -2        | 3                      | 3                         | 0                   | 1                          | -3      |
| Industria de medio impacto | 0                    | 0                       | 1            | 3        | -2           | 0         | 2                      | 2                         | 0                   | 0                          | 0       |
| Turismo                    | 0                    | 0                       | 0            | 1        | 2            | 0         | 0                      | 0                         | 0                   | 1                          | 0       |

Fuente: elaboración propia, 2025.

Con base en estos valores se aplicó al modelo ksim.

#### **3.3.1.1.4 Modelación en KSIM**

La simulación K-SIM modela la evolución de los sectores productivos de Atotonilco de Tula a partir de sus interacciones socioambientales, reflejadas en la matriz fusionada de impactos ambientales y socioeconómicos. Cada sector experimenta un crecimiento o una disminución en su relevancia en el territorio a lo largo del tiempo.

A continuación, se describe detalladamente el comportamiento de cada sector:

**Agricultura de riego.** La agricultura de riego comienza con una presencia intermedia en la dinámica inicial, pero conforme avanzan las iteraciones su valor desciende de manera progresiva. Este comportamiento indica que, aunque el riego ha sido históricamente importante para Atotonilco de Tula, su competitividad disminuye frente al avance de sectores industriales y logísticos. El descenso refleja tanto la presión urbana e industrial sobre los suelos agrícolas como los problemas derivados de la disponibilidad de agua en un contexto de creciente competencia por el recurso hídrico. Este sector está en riesgo de convertirse en una actividad marginal si no se implementan políticas de protección de suelos agrícolas y manejo sustentable del agua.

**Agricultura de temporal.** La agricultura de temporal muestra uno de los descensos más rápidos y pronunciados en la simulación. Este sector, dependiente de la estacionalidad de las lluvias y de prácticas agrícolas tradicionales, pierde competitividad rápidamente debido a su baja resiliencia frente al cambio de uso de suelo, la expansión de infraestructura y la presión extractiva de la minería no metálica, lo que implica una pérdida de soberanía alimentaria local y de diversidad productiva.

**Construcción.** La construcción inicia con un nivel intermedio de relevancia, pero experimenta un crecimiento constante y sostenido a lo largo de la simulación. Su impulso está directamente relacionado con la expansión urbana, los desarrollos habitacionales, los parques industriales y las obras de infraestructura vial. Se consolida como uno de los principales motores económicos, pero su crecimiento descontrolado es un factor crítico de pérdida de suelos agrícolas y ecosistemas naturales.

**Comercio.** El comercio parte de un valor relativamente alto y crece de manera importante, aunque a un ritmo algo menor que los sectores industriales. Esto refleja la creciente demanda de bienes y servicios derivada del incremento poblacional, el establecimiento de nuevos desarrollos habitacionales y el movimiento económico generado por las industrias. Este sector se fortalece, aunque corre el riesgo de

depender excesivamente del crecimiento industrial, sin diversificar su base económica.

Conservación. La conservación presenta el comportamiento más crítico en toda la simulación. Desde el inicio, su valor es bajo y sufre un colapso casi inmediato, acercándose rápidamente a valores cercanos a cero. Esto significa que, en el escenario tendencial modelado por el K-SIM, los espacios naturales protegidos o con valor ecológico prácticamente desaparecen del modelo territorial. Las causas de esta disminución son múltiples: expansión urbana e industrial no regulada; extracción intensiva de recursos naturales (minería no metálica), ausencia de políticas efectivas de preservación ecológica, Débil articulación del turismo sustentable como estrategia de protección.

El desplome de la conservación tiene profundas implicaciones:

- Pérdida de servicios ecosistémicos esenciales como regulación hídrica, captación de carbono y conservación de suelos.
- Aumento de la vulnerabilidad del territorio ante fenómenos de degradación ambiental, cambio climático y riesgos hidrometeorológicos.
- Reducción de las oportunidades de desarrollo de actividades económicas alternativas, como el ecoturismo o la agricultura sustentable.

Si no se implementan acciones contundentes de protección, restauración y gestión ambiental, Atotonilco de Tula enfrentará una pérdida irreversible de su patrimonio natural, comprometiendo su sustentabilidad y su calidad de vida futura.

Ganadería. La ganadería presenta un comportamiento de crecimiento moderado inicial, pero luego tiende a estabilizarse y finalmente a decrecer ligeramente. Esto se explica porque, aunque puede coexistir con otros sectores en etapas tempranas, la expansión urbana e industrial y la pérdida de pastizales naturales terminan limitando su viabilidad a largo plazo. Sin acciones de fortalecimiento y modernización, este sector también se verá marginada en el modelo de crecimiento predominante.

Transporte y logística. El sector de transporte y logística muestra uno de los crecimientos más dinámicos del modelo. Esto está alineado con la vocación emergente del municipio como nodo logístico, impulsado por su ubicación estratégica y su conectividad regional, especialmente con el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), el corredor industrial del Valle de México y, en un futuro próximo, con la construcción del Tren Interurbano México–Querétaro. La incorporación de esta nueva infraestructura ferroviaria de alta capacidad, actualmente en planeación y

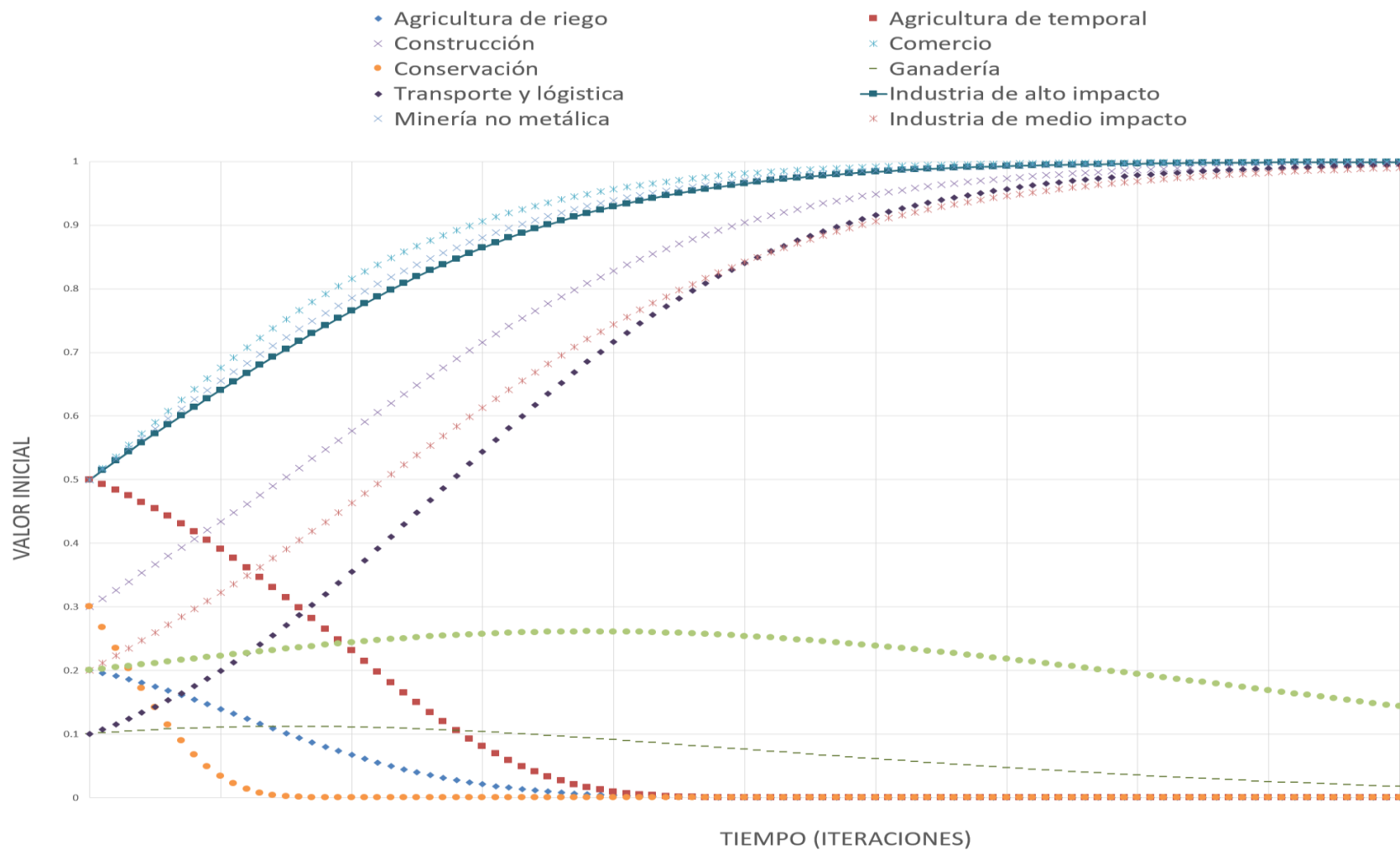
construcción, refuerza la proyección de Atotonilco de Tula como un eje de movilidad de mercancías y personas a escala nacional. Debido a su importancia estratégica, la construcción y operación del tren interurbano deben considerarse explícitamente en el escenario contextual del POEL, como un factor estructurante que transformará las dinámicas territoriales, impulsará el crecimiento económico y demandará políticas de ordenamiento y gestión de suelo acordes a su impacto. Por lo tanto el transporte y logística se consolidan como ejes estructurantes del nuevo patrón territorial, pero su expansión acelerada requiere estar acompañada de medidas de mitigación ambiental, ordenamiento del crecimiento urbano e integración de infraestructura sostenible.

Industria de alto impacto. La industria de alto impacto, principalmente representada por las cementeras, crece de forma acelerada en el modelo. Su comportamiento domina la evolución socioambiental, reforzado por su peso económico, su demanda de insumos locales y su influencia sobre otros sectores. Este sector se convierte en el sector dominante, pero su expansión descontrolada es una amenaza crítica para los sectores agrícolas, la conservación y la salud ambiental del municipio.

Minería no metálica. La minería no metálica (extracción de materiales para construcción) sigue una trayectoria de crecimiento muy pronunciada, estrechamente ligada al dinamismo de la construcción y la industria. Su avance impacta severamente en la disponibilidad de suelos agrícolas y zonas de conservación. El sector es uno de los principales motores del deterioro ambiental y del desplazamiento de actividades tradicionales en Atotonilco de Tula.

Industria de medio impacto. La industria de medio impacto también experimenta un crecimiento importante, aunque de forma más gradual que la industria de alto impacto.

Se trata de manufactura ligera, que apoya la diversificación económica pero también consume suelo y recursos naturales. Este sector representa una oportunidad de diversificación económica, siempre que se implementen estrategias de sustentabilidad y eficiencia ambiental.



Gráfica 1. Simulación ksim para el municipio de Atotonilco.

### 3.3.1.2 Implicaciones socioeconómicas

#### 3.3.1.2.1 Dinámica demográfica

En la figura se muestra la proyección de la población de Atotonilco de Tula hasta el año 2050, basada en una regresión lineal. La gráfica muestra cómo el crecimiento sostenido observado en las últimas décadas continúa, lo cual sugiere una presión creciente sobre los recursos naturales, los servicios urbanos y la infraestructura, aspectos fundamentales a considerar en el POEL.

Los datos de población utilizados en este análisis provienen de dos fuentes oficiales:

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía): proporciona datos censales históricos (1995–2020).
- CONAPO (Consejo Nacional de Población): ofrece proyecciones a nivel municipal desde 2021 hasta 2040.

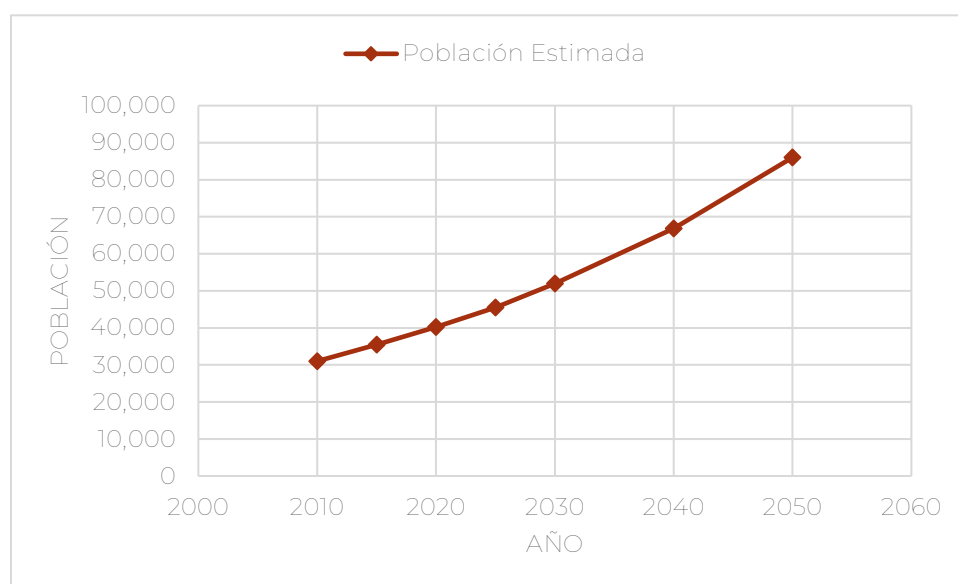


Gráfico 2. Proyección del crecimiento poblacional.

*Fuente: elaboración propia.*

Tabla 5. Cantidad de población proyectada al 2050.

| Año  | Población |
|------|-----------|
| 2010 | 31,213    |
| 2015 | 35,424    |

| Año  | Población |
|------|-----------|
| 2020 | 40,203    |
| 2025 | 45,627    |
| 2030 | 51,782    |
| 2040 | 66,697    |
| 2050 | 85,907    |

*Fuente: elaboración propia.*

El escenario tendencial proyecta un crecimiento poblacional constante de aproximadamente 2.56% anual en Atotonilco de Tula. Este ritmo de crecimiento implica importantes desafíos para la planeación urbana, los servicios públicos y la conservación ambiental del municipio.

A partir del incremento de la población (de 31,213 habitantes en 2010 a una proyección de más de 70,000 habitantes en 2050), las principales implicaciones son:

#### 3.3.1.2.1.1 Dinámica poblacional urbana

Con base en los datos de caracterización de Atotonilco de Tula, la superficie destinada a asentamientos humanos en 2025 es de 3,680.55 hectáreas. La proyección de población estimada para el año 2025 es de 60,171 habitantes. Por lo tanto, la densidad poblacional urbana será de 1,635 habitantes por kilómetro cuadrado, lo que indica una ocupación media-alta, característica de municipios en crecimiento dentro de zonas metropolitanas, especialmente influenciados por dinámicas industriales, como es el caso de Atotonilco por su cercanía al AIFA y al corredor industrial de Hidalgo.

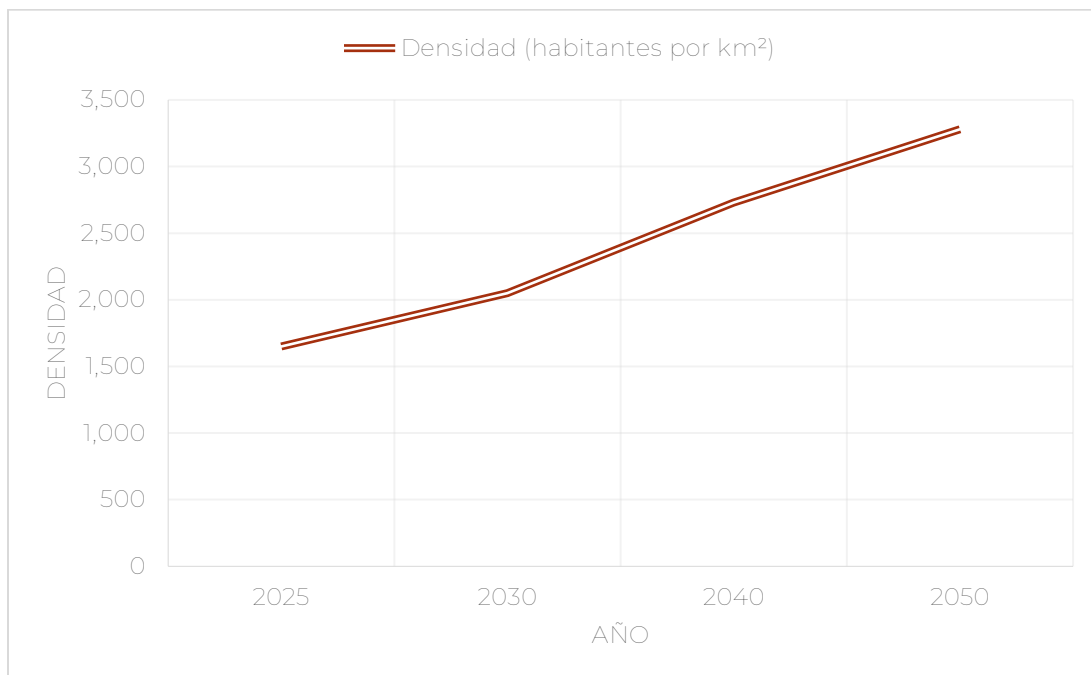


Figura 5. Proyección de densidad urbana en el municipio (2025-2050).

*Fuente: elaboración propia.*

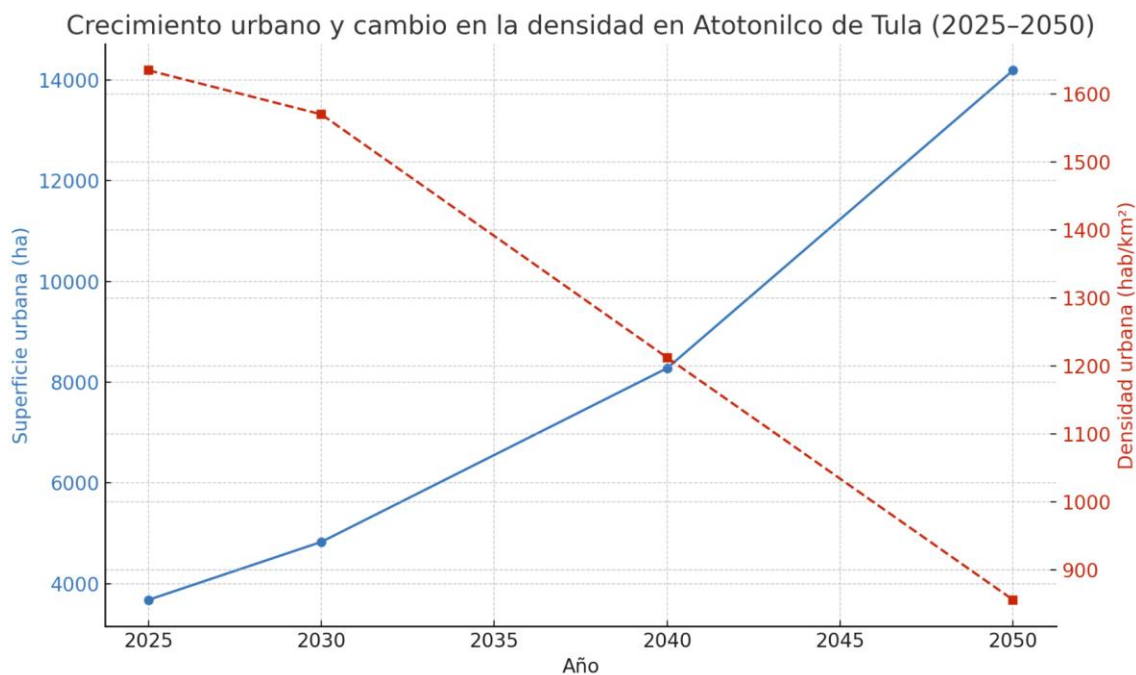


Figura 6. Crecimiento urbano y cambio en la densidad en el municipio (2025-2050).

Tabla 6. Estimación de requerimientos y población en el municipio.

| Año  | Superficie urbana (ha) | Población | Densidad ajustada (hab/km <sup>2</sup> ) |
|------|------------------------|-----------|------------------------------------------|
| 2025 | 3,680.55               | 60,171    | 1,634.84                                 |
| 2030 | 4,831.23               | 75,852    | 1,570.03                                 |
| 2040 | 8,280.88               | 100,379   | 1,212.18                                 |
| 2050 | 14,191.11              | 121,460   | 855.89                                   |

*Fuente: elaboración propia.*

La gráfica muestra el crecimiento proyectado de la superficie urbana en Atotonilco de Tula y su efecto en la densidad urbana entre 2025 y 2050. Como puede observarse, aunque la población sigue creciendo, la densidad urbana disminuye significativamente si el área urbana sigue expandiéndose a la tasa observada (5.55% anual). Esto sugiere un patrón de urbanización extensiva y dispersa, que puede conllevar:

- Mayor consumo de suelo.
- Incremento de costos de infraestructura y servicios públicos.
- Fragmentación del paisaje y presión sobre zonas agrícolas y naturales.

Para el desarrollo del escenario tendencial en Atotonilco de Tula, se tomarán como base los principales componentes temáticos:

- Demanda de agua potable
- Vivienda y expansión urbana
- Servicios básicos (drenaje, recolección de residuos, energía eléctrica)
- Movilidad y transporte
- Educación y salud
- Medio ambiente y servicios ecosistémicos

Este escenario proyecta la evolución esperada bajo una lógica de continuidad de las tendencias actuales, sin intervenciones correctivas significativas, permitiendo identificar los principales riesgos y presiones sobre el territorio si no se implementan medidas de planificación y gestión adecuadas.

Para su construcción se utilizaron tasas diferenciadas que se indican a continuación.

Tabla 7. Riesgos y presiones considerados.

| Área                    | Crecimiento Relativo Estimado |
|-------------------------|-------------------------------|
| Demanda de agua potable | 1.05 × población (crece más)  |



|                                          |                                       |
|------------------------------------------|---------------------------------------|
| Vivienda y expansión urbana              | 1.00 × población                      |
| Servicios básicos                        | 1.10 × población (crece más)          |
| Movilidad y transporte                   | 1.20 × población (crece mucho más)    |
| Educación y salud                        | 0.90 × población (crece menos rápido) |
| Medio ambiente y servicios ecosistémicos | 1.00 × población                      |

*Fuente: elaboración propia.*

Las tasas diferenciadas propuestas no son arbitrarias, sino que se basan en criterios técnicos reconocidos en planeación territorial, urbana y de servicios públicos, especialmente en contextos de crecimiento acelerado como el de Atotonilco de Tula.

En la literatura, organismos como ONU-Hábitat, Banco Mundial, OCDE y SEDATU México sostienen que:

- La demanda de agua potable y de servicios básicos (drenaje, recolección de residuos, energía) suele crecer más rápido que la población debido a la expansión física del asentamiento urbano y al incremento de estándares de consumo per cápita.
- La movilidad y el transporte tienden a crecer más aceleradamente por el aumento en el número de viajes urbanos diarios y la expansión territorial, aun si la población crece a un ritmo moderado.
- La educación y la salud pueden no crecer tan rápido si la estructura poblacional no cambia drásticamente (por ejemplo, si no hay mucho incremento de población infantil o adulta mayor).
- La presión sobre el medio ambiente crece al ritmo del uso de suelo y expansión urbana, lo cual generalmente sigue a la población, aunque los impactos acumulativos pueden hacer que en ciertos casos crezca más rápido.



Gráfico 3. Proyección de necesidades diferenciadas en cada desafío (2025-2050).  
*Fuente: ONU-Hábitat (2020); Banco Mundial (2019); OCDE (2020).*

### 3.3.1.2.2 **Demanda de agua potable**

El análisis del escenario tendencial de Atotonilco de Tula muestra que el agua potable será uno de los recursos estratégicos más presionados en las próximas décadas. Actualmente, el municipio enfrenta problemas de abasto en más del 55% de sus localidades (Plan de Desarrollo Municipal 2020-2024), una situación que refleja la dependencia crítica del acuífero Cuautitlán-Pachuca, clasificado como sobreexplotado por CONAGUA (2019) con un déficit de recarga superior al 40%.

La Comisión Agua Alcantarillado y Saneamiento Municipio Atotonilco de Tula (CAASAT) opera bajo condiciones de infraestructura limitada: las redes de distribución presentan pérdidas físicas superiores al 30%, y la cobertura de agua potable alcanza aproximadamente 87% de la población urbana, descendiendo a menos del 60% en áreas periurbanas y rurales. La combinación de crecimiento poblacional acelerado y expansión urbana dispersa agravará esta situación de estrés hídrico. Para dimensionar el desafío, se ha realizado una proyección del consumo doméstico de agua considerando que el consumo per cápita se mantiene constante en 150 litros diarios,

valor estándar para zonas urbanas medias en México (SEDATU, 2020; CONAGUA, 2019). Con base en esta hipótesis, y tomando en cuenta la proyección poblacional tendencial (de 45,627 habitantes en 2025 a 86,800 habitantes en 2050), los resultados son los siguientes:

Tabla 8. Consumo poblacional de agua.

| Año  | Consumo doméstico estimado<br>(millones de m <sup>3</sup> por año) |
|------|--------------------------------------------------------------------|
| 2025 | 2.50                                                               |
| 2030 | 2.84                                                               |
| 2040 | 3.67                                                               |
| 2050 | 4.75                                                               |

*Fuente: elaboración propia.*

La gráfica de proyección revela que el consumo de agua prácticamente se duplicará en un lapso de 25 años, pasando de 2.50 a 4.75 millones de metros cúbicos anuales, incluso sin cambios en los patrones de consumo individual. Este aumento representa un crecimiento acumulado del 90% en la demanda de agua entre 2025 y 2050.

Sumado a esto, el municipio presenta una precipitación media anual de apenas 620 mm (datos de caracterización 2024), y sus principales escurrimientos superficiales son intermitentes y de bajo volumen, dependiendo en gran medida de las lluvias estivales. La capacidad natural de recarga del acuífero está seriamente comprometida por la urbanización sobre zonas de infiltración y la reducción de coberturas vegetales, que han perdido más de 500 hectáreas en los últimos 20 años.

Así, el crecimiento demográfico proyectado, combinado con la presión ya existente sobre los recursos hídricos, genera un escenario donde el abasto sostenible de agua potable podría convertirse en un factor limitante del desarrollo urbano y económico del municipio si no se toman medidas inmediatas.

### **3.3.1.2.3 Vivienda y expansión urbana**

El crecimiento poblacional proyectado en Atotonilco de Tula plantea un reto significativo para la vivienda y la expansión urbana en las próximas décadas. Basado en las proyecciones tendenciales derivadas de los datos de INEGI y CONAPO, se estima que la población pasará de 45,627 habitantes en 2025 a 86,800 en 2050, lo que representa un incremento absoluto de aproximadamente 41,000 personas.

Considerando el promedio de 4.1 habitantes por vivienda registrado en el municipio en el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), será necesario construir cerca de 10,000 nuevas viviendas en los próximos 25 años para atender la demanda natural de la población, y hasta 12,000 viviendas si se incluye la tendencia hacia menores tamaños de hogar (estimados en 3.5 habitantes por vivienda para 2050). Actualmente, la infraestructura urbana del municipio se encuentra en una etapa de expansión dispersa y, en muchos casos, no regulada. De acuerdo con el documento de diagnóstico (2025), el crecimiento urbano ha venido avanzando sobre suelos de alta aptitud agrícola y en áreas de importancia ambiental como bordes de barrancas y zonas de recarga acuífera.

El uso de suelo urbano abarca apenas un 7.8% del territorio municipal, mientras que los suelos agrícolas y de vegetación secundaria representan cerca del 70% de la superficie. Además, se han identificado más de 15 asentamientos irregulares (diagnóstico 2024), localizados principalmente en zonas rurales de transición o en antiguos ejidos, donde no existen servicios básicos de agua, drenaje o electrificación adecuada. Estos asentamientos no sólo carecen de infraestructura, sino que generan presiones ambientales y sociales que dificultan la gestión ordenada del crecimiento.

La proyección de necesidades muestra que, en ausencia de políticas de ordenamiento territorial efectivas, el crecimiento de la mancha urbana tendería a:

- Expandirse de forma dispersa,
- Reducir significativamente las áreas agrícolas productivas,
- Fragmentar hábitats y corredores ecológicos,
- Aumentar los costos de dotación de servicios básicos y movilidad,
- Y agudizar la vulnerabilidad a riesgos ambientales (inundaciones, hundimientos locales).

Según los datos de caracterización, en el periodo 2010-2020 la expansión urbana en Atotonilco de Tula ya consumió aproximadamente 430 hectáreas de suelos agrícolas y vegetación secundaria, creciendo a un ritmo promedio de 2.1% anual en superficie urbana.

Si esta tendencia se mantiene sin control, para 2050 se proyectaría una ocupación de entre 1,200 y 1,500 hectáreas adicionales, equivalentes a un aumento de entre 2.5 y 3 veces la superficie urbana actual. Este fenómeno de expansión no planificada complicaría seriamente la provisión de servicios básicos, aumentaría los costos públicos de infraestructura y disminuiría la resiliencia ambiental del territorio.

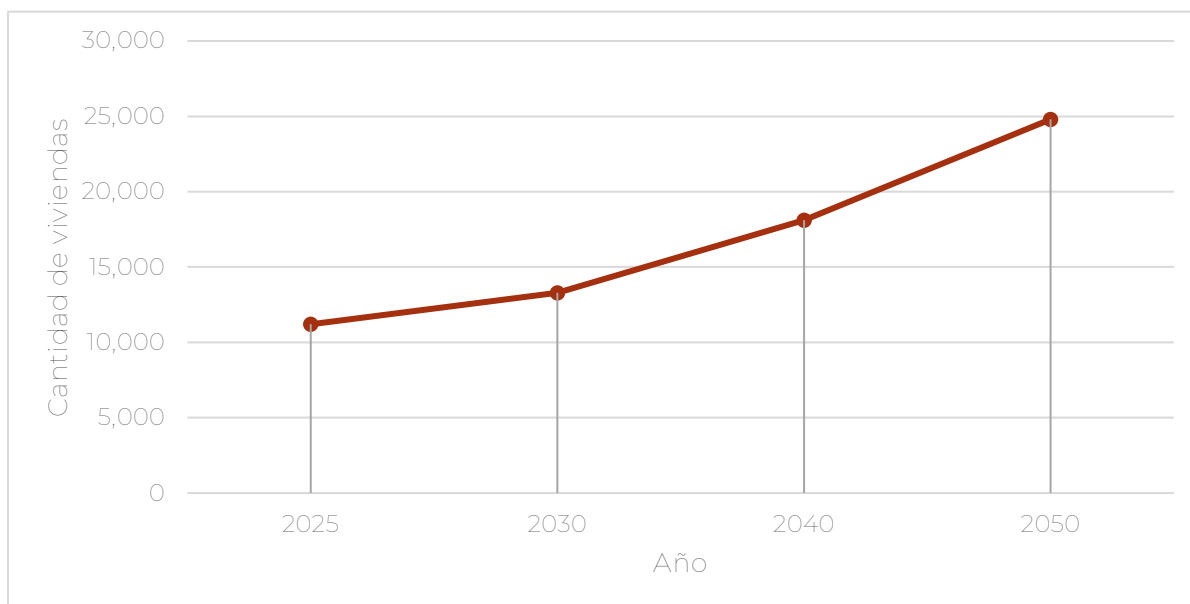


Gráfico 4. Número de viviendas estimadas al 2050.

*Fuente: elaboración propia.*

La proyección de crecimiento poblacional de Atotonilco de Tula entre 2025 y 2050 implica una demanda creciente de viviendas que deberá ser atendida mediante una adecuada planificación territorial. En el año 2025 se requerirán aproximadamente 11,129 viviendas para satisfacer las necesidades habitacionales de la población proyectada, cifra que aumentará a 13,308 viviendas en 2030, 18,135 viviendas en 2040 y hasta 24,800 viviendas en 2050. Estos datos evidencian la urgente necesidad de planificar reservas territoriales específicas para vivienda, así como de controlar la expansión urbana mediante instrumentos de ordenamiento territorial actualizados y efectivos, que permitan guiar el crecimiento de manera ordenada, eficiente y compatible con la conservación de los suelos agrícolas y ambientales estratégicos del municipio.

#### **3.3.1.2.4 Drenaje sanitario y saneamiento**

La infraestructura de drenaje sanitario en Atotonilco de Tula presenta serias deficiencias estructurales frente al crecimiento poblacional proyectado. Actualmente, de acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal 2020–2024, el sistema de drenaje cubre

solo alrededor del 62% de la población, mientras que el 38% restante depende de fosas sépticas o carece de soluciones formales de saneamiento. La expansión urbana desordenada ha provocado que muchos fraccionamientos y colonias irregulares se desarrollen sin conexión a redes de drenaje, exacerbando los riesgos sanitarios y ambientales. No existe una planta de tratamiento de aguas residuales municipal en operación; la mayoría de las aguas negras son vertidas de forma directa o semitratada hacia cauces naturales o infiltradas al subsuelo, lo cual compromete gravemente la calidad del acuífero Cuautitlán-Pachuca, declarado en estado de sobreexplotación (CONAGUA, 2019). Con una población proyectada de casi 87,000 habitantes en 2050, la presión sobre el sistema de drenaje será crítica. Se estima que, si no se construyen nuevas plantas de tratamiento y redes de captación, el volumen de aguas residuales sin tratar se duplicará, afectando gravemente la salud pública y el medio ambiente.

#### **3.3.1.2.5 Recolección y manejo de residuos sólidos**

La recolección de residuos sólidos en Atotonilco de Tula también presenta importantes rezagos. Según el diagnóstico municipal, solo 58% de las localidades cuentan con un servicio formal de recolección, y los residuos generados —estimados en 0.78 kg/habitante/día— son dispuestos principalmente en tiraderos a cielo abierto.

En 2025, se generan aproximadamente 35 toneladas de residuos sólidos urbanos por día. De mantenerse la tendencia poblacional, para el año 2050 esta cifra se incrementaría hasta aproximadamente 65 toneladas diarias, es decir, casi el doble de los residuos actuales.

La falta de un relleno sanitario autorizado implica altos riesgos ambientales: lixiviados contaminantes, proliferación de fauna nociva, incendios espontáneos y emisiones de gases de efecto invernadero.

El crecimiento urbano disperso también dificulta la recolección eficiente, incrementando los costos logísticos y operativos del servicio municipal.

#### **3.3.1.2.6 Energía Eléctrica**

El acceso a la energía eléctrica es relativamente alto en Atotonilco de Tula, pero aún presenta desigualdades territoriales.

En zonas urbanas consolidadas, la cobertura eléctrica supera el 95%, pero en localidades rurales o de nueva creación, la cobertura desciende a entre 85% y 90%, especialmente donde no se ha logrado formalizar la tenencia de la tierra o integrar la infraestructura urbana.

El sistema de distribución muestra además déficits de capacidad en transformadores y líneas de baja tensión, lo cual genera caídas de voltaje frecuentes y limitaciones para nuevas conexiones domiciliarias o para la expansión de actividades productivas.

Con el aumento proyectado de la población y la consolidación del municipio como nodo logístico-industrial regional —vinculado al AIFA y los trenes interurbanos—, la demanda de energía eléctrica podría crecer un 35% adicional hacia 2050. Esto requerirá no solo ampliación de redes, sino también modernización de subestaciones y adopción de tecnologías de eficiencia energética.

Tabla 9. Comparación de necesidades actuales vs. necesidades 2050 para cada servicio (drenaje, residuos, electricidad)

| Servicio                        | Situación Actual (2025)                                                         | Proyección 2050                                                                                           |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Drenaje sanitario               | 62% de cobertura, sin plantas de tratamiento; redes saturadas                   | Demanda de cobertura total; necesidad de al menos 1 planta de tratamiento municipal y ampliación de redes |
| Recolección de residuos sólidos | 35 ton/día de residuos; cobertura de recolección 58%; tiraderos a cielo abierto | 65 ton/día de residuos; necesidad de relleno sanitario regional y programa de separación en origen        |
| Energía eléctrica               | Cobertura 85-90% en zonas rurales; déficit en capacidad de red                  | Incremento de 35% en demanda; necesidad de modernizar subestaciones, redes y adoptar energías limpias     |

*Fuente: elaboración propia.*

El análisis individualizado de los servicios básicos en Atotonilco de Tula revela que, sin una intervención decidida, el crecimiento demográfico y urbano puede conducir a un deterioro grave de la calidad de vida y a la pérdida de sostenibilidad ambiental.

La planeación anticipada, el fortalecimiento institucional y la inversión en infraestructura resiliente son condiciones imprescindibles para garantizar un futuro viable para el municipio.

### **3.3.1.2.7 Movilidad y transporte**

El crecimiento poblacional y la transformación territorial proyectados para Atotonilco de Tula entre 2025 y 2050 tendrán profundas implicaciones en la movilidad urbana y regional. Actualmente, el municipio enfrenta importantes limitaciones en materia de transporte, derivadas de infraestructura vial insuficiente, servicios de transporte público informal y falta de conectividad estructurada con las zonas metropolitanas circundantes.

Según el diagnóstico municipal (2025), más del 80% de los desplazamientos internos en Atotonilco de Tula se realizan mediante transporte colectivo informal, principalmente combis y microbuses sin una red coordinada. La red vial existente es deficitaria: de los 435 km de vialidades municipales, solo 120 km están pavimentados (caracterización 2024), concentrados principalmente en la cabecera municipal y fraccionamientos habitacionales recientes. Además, las principales rutas de conexión intermunicipal —como la carretera Tula-Jorobas— presentan alta saturación en horas pico, con niveles de servicio tipo "E" o "F" (niveles de congestión crítica) según estudios de tránsito estatales de 2022.

Con el incremento poblacional esperado (de 45,627 a 86,800 habitantes entre 2025 y 2050) y la consolidación del municipio como nodo logístico regional —potenciado por su cercanía al AIFA y a corredores industriales—, se anticipa un aumento sustancial del parque vehicular local e intermunicipal. Se estima que la tasa de motorización, actualmente de 190 vehículos por cada 1,000 habitantes, podría incrementarse hasta 260 vehículos por cada 1,000 habitantes en 2050 si no se promueven alternativas de transporte público eficientes. Esto implicaría pasar de un parque vehicular de aproximadamente 8,700 vehículos actuales a más de 22,500 vehículos en 2050.

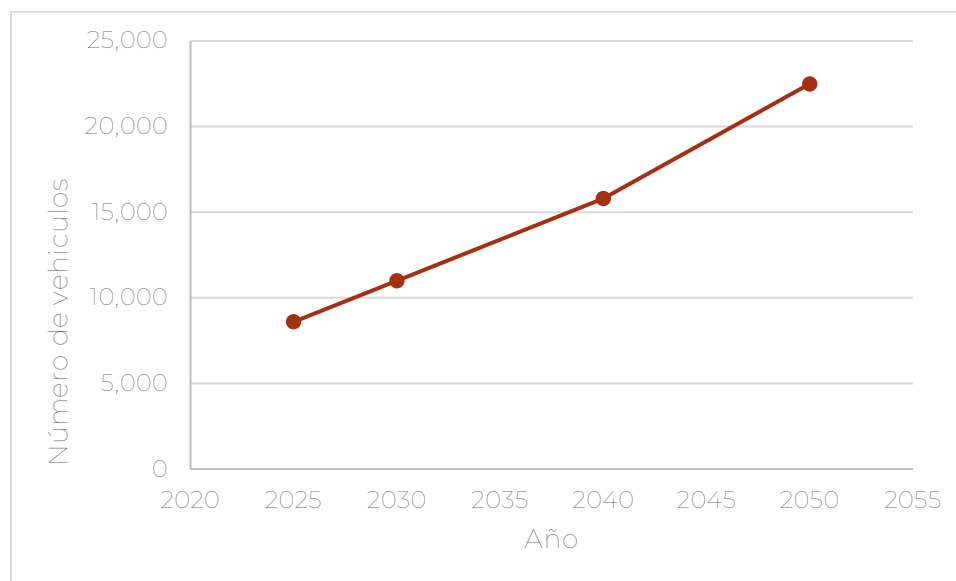


Gráfico 5. Proyección del Parque vehicular en el municipio (2025-2050).

*Fuente: elaboración propia.*

Este crecimiento del parque vehicular, si no es gestionado de manera adecuada, generará un incremento considerable de la congestión en accesos principales y vías locales. Las vialidades actuales, ya de por sí limitadas en capacidad y conectividad, verán deteriorarse sus niveles de servicio, afectando los tiempos de traslado y reduciendo la competitividad logística del municipio. Adicionalmente, el aumento del flujo vehicular provocará un incremento de las emisiones contaminantes, en particular de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y partículas suspendidas ( $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$ ), contribuyendo a la degradación de la calidad del aire, el cambio climático y la afectación de la salud pública.

Otro riesgo asociado será el incremento de accidentes viales, especialmente en zonas de expansión urbana donde las vialidades no estén adecuadamente diseñadas para soportar flujos elevados de vehículos motorizados. La falta de infraestructura segura para peatones y ciclistas aumentará la vulnerabilidad de los usuarios más expuestos. Finalmente, la expansión del parque vehicular y de las áreas urbanizadas generará una mayor presión sobre los sistemas de drenaje pluvial, ya que el aumento de superficies impermeables (pavimentos y techados) reducirá la capacidad de infiltración del agua de lluvia, elevando el riesgo de inundaciones locales y afectaciones a la recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca.

La demanda de transporte público formal —hoy limitada principalmente a rutas de combis informales— crecerá en proporción directa al aumento de la población y los viajes metropolitanos. Además, el crecimiento de fraccionamientos de interés social en las periferias (documentado en caracterización 2024) aumentará la dependencia de desplazamientos motorizados para acceder a servicios básicos y fuentes de empleo.

El sistema actual de movilidad en Atotonilco de Tula presenta deficiencias estructurales importantes, ya que carece de terminales intermodales que permitan integrar y facilitar el cambio entre diferentes modos de transporte. Además, no existe un sistema de transporte articulado o de autobuses de tránsito rápido (BRT) que pueda ofrecer servicios masivos y eficientes para los desplazamientos locales o regionales. A esta situación se suma la ausencia de infraestructura ciclista y peatonal segura, lo que limita la movilidad no motorizada, incrementa la dependencia del vehículo particular y expone a peatones y ciclistas a condiciones de riesgo elevado en su circulación diaria.

La movilidad y el transporte serán ejes críticos para el futuro desarrollo de Atotonilco de Tula. La expansión urbana descontrolada, el crecimiento vehicular y la falta de transporte público estructurado podrían convertirse en graves obstáculos para la calidad de vida, el medio ambiente y la economía local. Una visión integrada de la movilidad, articulada con los grandes proyectos ferroviarios y con criterios de sustentabilidad, es indispensable para garantizar la conectividad, la equidad y la resiliencia urbana del municipio hacia 2050.

### 3.3.1.3 Implicaciones ambientales

#### **3.3.1.3.1 Medio ambiente y servicios ecosistémicos**

El proceso de urbanización acelerada proyectado para Atotonilco de Tula hacia 2050 representa una amenaza significativa para el medio ambiente local y los servicios ecosistémicos que sostienen la calidad de vida de su población. Actualmente, el municipio posee importantes recursos naturales, incluyendo zonas de agricultura de temporal, relictos de vegetación secundaria, barrancas y áreas de recarga del acuífero Cuautitlán-Pachuca, todos ellos vulnerables ante la presión urbana.

Según el diagnóstico ambiental de caracterización (2024), entre 2000 y 2020 se perdieron más de 500 hectáreas de coberturas naturales o agrícolas, principalmente

debido a la expansión desordenada de fraccionamientos habitacionales y zonas industriales ligeras. El análisis de suelos indica que más del 60% del territorio municipal presenta aptitud agrícola alta o media, recurso que se encuentra en riesgo de disminución o degradación irreversible si no se implementan medidas de conservación.

### Reducción de áreas naturales y agrícolas

La tendencia actual de expansión urbana —que consume suelos agrícolas y áreas de vegetación secundaria sin criterios de sostenibilidad— proyecta un escenario donde hasta 1,500 hectáreas adicionales podrían ser transformadas para usos urbanos hacia 2050.

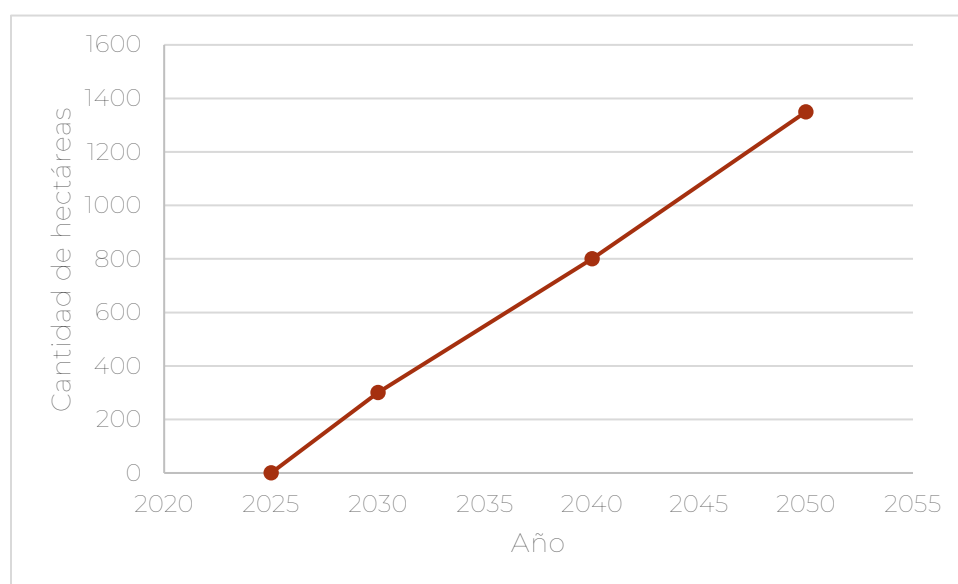


Gráfico 6. Proyección de pérdida de hectáreas agrícolas/naturales en el municipio (2025-2050).

*Fuente: elaboración propia.*

La expansión urbana descontrolada prevista para Atotonilco de Tula afectaría profundamente diversos servicios ecosistémicos esenciales. Uno de los impactos más inmediatos sería la disminución de la capacidad de producción de alimentos locales, dado que actualmente más del 60% del territorio municipal presenta aptitud agrícola alta o media (caracterización 2024), lo que representa un recurso estratégico para la

seguridad alimentaria local y regional. La transformación de estos suelos en usos urbanos pondría en riesgo no solo la producción directa, sino también las actividades económicas ligadas a la agricultura tradicional y al autoconsumo.

En términos de clima, se comprometería la regulación natural del microclima, exacerbando el efecto de "isla de calor" en las zonas urbanizadas. Según registros de la caracterización, entre 2005 y 2020 se ha observado un incremento promedio de temperatura mínima de 0.8 °C, atribuido en parte a la pérdida de coberturas vegetales y a la expansión urbana dispersa.

Asimismo, la infiltración de agua al subsuelo sufriría una reducción crítica. Actualmente, Atotonilco de Tula depende casi en su totalidad del acuífero Cuautitlán-Pachuca, clasificado como sobreexplotado por CONAGUA (2019), con un déficit de extracción superior al 40% respecto a su recarga natural. La disminución de áreas permeables —producto de la expansión de pavimentos, fraccionamientos y parques industriales— agravaría aún más la precariedad hídrica del municipio y de la región.

Finalmente, la expansión urbana fragmentaría de manera severa la biodiversidad en corredores ecológicos clave, como las barrancas y las zonas de borde agrícola. Actualmente, el municipio conserva alrededor de 1,350 hectáreas de vegetación secundaria y relictos de bosques y matorrales, distribuidos principalmente en pendientes, cañadas y zonas no aptas para agricultura intensiva. Estos espacios cumplen una función esencial en la conectividad biológica, la recarga hídrica y la preservación de especies nativas. Su degradación o transformación en usos urbanos tendría efectos irreversibles sobre la resiliencia ambiental de Atotonilco de Tula, aumentando su vulnerabilidad ante fenómenos de cambio climático como sequías extremas, olas de calor e inundaciones repentinas.

El modelo territorial actual favorece una fragmentación del paisaje, reduciendo la continuidad de hábitats y generando islas urbanas aisladas en medio de matrices agrícolas y naturales.

La expansión urbana y poblacional provocará un incremento paralelo en la generación de residuos sólidos urbanos y en la producción de aguas residuales. Como se detalló en análisis anteriores, los residuos generados pasarán de 35 toneladas diarias en 2025 a 65 toneladas diarias en 2050, exacerbando los problemas de manejo y disposición final, dado que el municipio carece de un relleno sanitario autorizado.

La falta de infraestructura de tratamiento de aguas residuales incrementará la contaminación de cuerpos de agua superficiales y del acuífero Cuautitlán-Pachuca,

amenazando tanto los servicios de abastecimiento de agua potable como la integridad de los ecosistemas locales. Los escurrimientos contaminados hacia barrancas y ríos representan un riesgo no sólo ambiental, sino también para la salud pública.

La protección de barrancas, zonas de recarga acuífera, relictos de vegetación secundaria y suelos agrícolas de alta aptitud constituye una prioridad urgente en la planificación del municipio. Las áreas naturales y agrícolas de Atotonilco de Tula brindan servicios ecosistémicos esenciales que sustentan la calidad de vida de su población y la resiliencia ambiental del territorio. Entre los principales beneficios destacan la regulación hídrica, al permitir la infiltración de agua de lluvia al subsuelo y recargar el acuífero Cuautitlán-Pachuca; la filtración de contaminantes, actuando como barreras naturales que mejoran la calidad del agua y del aire; y la regulación de la temperatura, mitigando el efecto de isla de calor urbana. Estas áreas también contribuyen significativamente a la producción de oxígeno y al secuestro de carbono, funciones críticas frente al cambio climático. Además, preservan la biodiversidad al mantener hábitats para flora y fauna nativa, y asegurar la conectividad biológica en corredores ecológicos estratégicos, como barrancas, lomeríos y bordes agrícolas. La conservación de estos servicios es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental de Atotonilco de Tula en el mediano y largo plazo.

El medio ambiente y los servicios ecosistémicos de Atotonilco de Tula se encuentran en una situación crítica frente al escenario de expansión urbana proyectado.

Si no se toman medidas inmediatas y estructuradas, el municipio podría enfrentar una pérdida irreversible de sus recursos naturales, comprometiendo su resiliencia frente al cambio climático, su seguridad alimentaria y su calidad de vida futura. La preservación activa del capital natural debe convertirse en un pilar fundamental del desarrollo sostenible de Atotonilco de Tula hacia 2050.

### **3.3.1.3.2 Uso de suelo y vegetación**

El análisis de los cambios en el uso del suelo y la cobertura vegetal constituye una herramienta fundamental para la planificación territorial. Estos cambios evidencian la compleja interacción entre dinámicas sociales, económicas y ambientales, permitiendo anticipar transformaciones que podrían comprometer tanto la funcionalidad ecológica de los ecosistemas como la calidad de vida de la población. El

estudio sistemático de estas transformaciones territoriales resulta indispensable para los procesos de Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET), ya que proporciona la evidencia técnica necesaria para respaldar decisiones estratégicas orientadas a la sustentabilidad. Comprender cómo y dónde se modifican los usos del suelo permite anticipar conflictos socioambientales, identificar zonas críticas que requieren intervención prioritaria y desarrollar alternativas de gestión territorial más integradas y efectivas.

### 3.3.1.3.2.1 Metodología

Para proyectar el cambio de uso de suelo y vegetación hacia el año 2050, se implementó una modelación espaciotemporal mediante el software IDRISI, específicamente con el módulo CA\_MARKOV. Esta herramienta simula la evolución territorial bajo un enfoque tendencial, combinando análisis estadísticos de cambios históricos con reglas espaciales de comportamiento territorial. Cabe destacar que este modelo no constituye una predicción determinista, sino una herramienta de planificación preventiva y adaptativa, diseñada para evitar que los procesos actuales deriven en pérdidas irreversibles del capital natural y la funcionalidad ecológica.

La metodología empleada partió de los mapas de cobertura de los años 2015 y 2025, a partir de los cuales se calculó una matriz de probabilidad de transición entre clases. Esta matriz refleja la probabilidad de que una unidad territorial de una categoría específica se transforme en otra durante el periodo analizado. Posteriormente, el módulo generó mapas que representan, para cada píxel, la probabilidad de convertirse en una clase determinada. Para facilitar el análisis y la interpretación, las múltiples categorías identificadas fueron reagrupadas en ocho grandes grupos representativos.

### 3.3.1.3.2.2 Resultados

Tabla 10. Superficies por uso de suelo y tipo de vegetación para 2015, 2025 y 2050 (de acuerdo al escenario tendencial).

| Uso de suelo y vegetación | Superficie 2015 (ha) | Superficie 2025 (ha) | Superficie 2050 (ha) |
|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Zona agrícola             | 6,181.6              | 5,587.7              | 4,619.0              |
| Asentamientos humanos     | 1,664.4              | 2,950.5              | 4,155.7              |
| Banco de materiales       | 473.4                | 542.0                | 672.8                |



| Uso de suelo y<br>vegetación | Superficie<br>2015 (ha) | Superficie<br>2025 (ha) | Superficie<br>2050 (ha) |
|------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cuerpo de agua               | 120.4                   | 129.7                   | 129.5                   |
| Industria                    | 102.6                   | 252.9                   | 320.2                   |
| Infraestructura/Vialidad     | 141.8                   | 109.2                   | 101.0                   |
| Vegetación natural           | 2,494.2                 | 795.5                   | 639.4                   |
| Vegetación perturbada        | 985.4                   | 1,796.3                 | 1,586.0                 |

*Fuente: elaboración propia.*

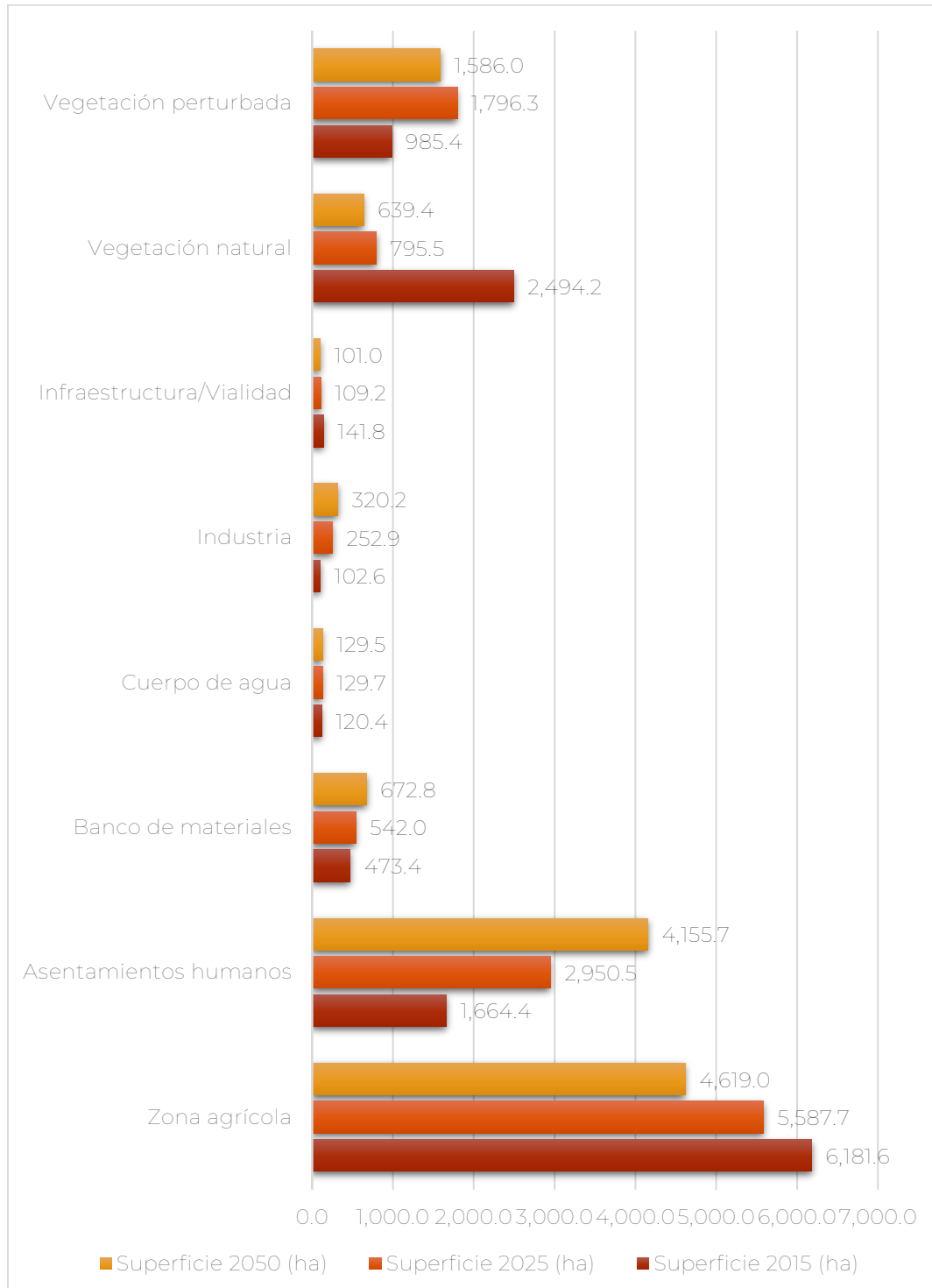
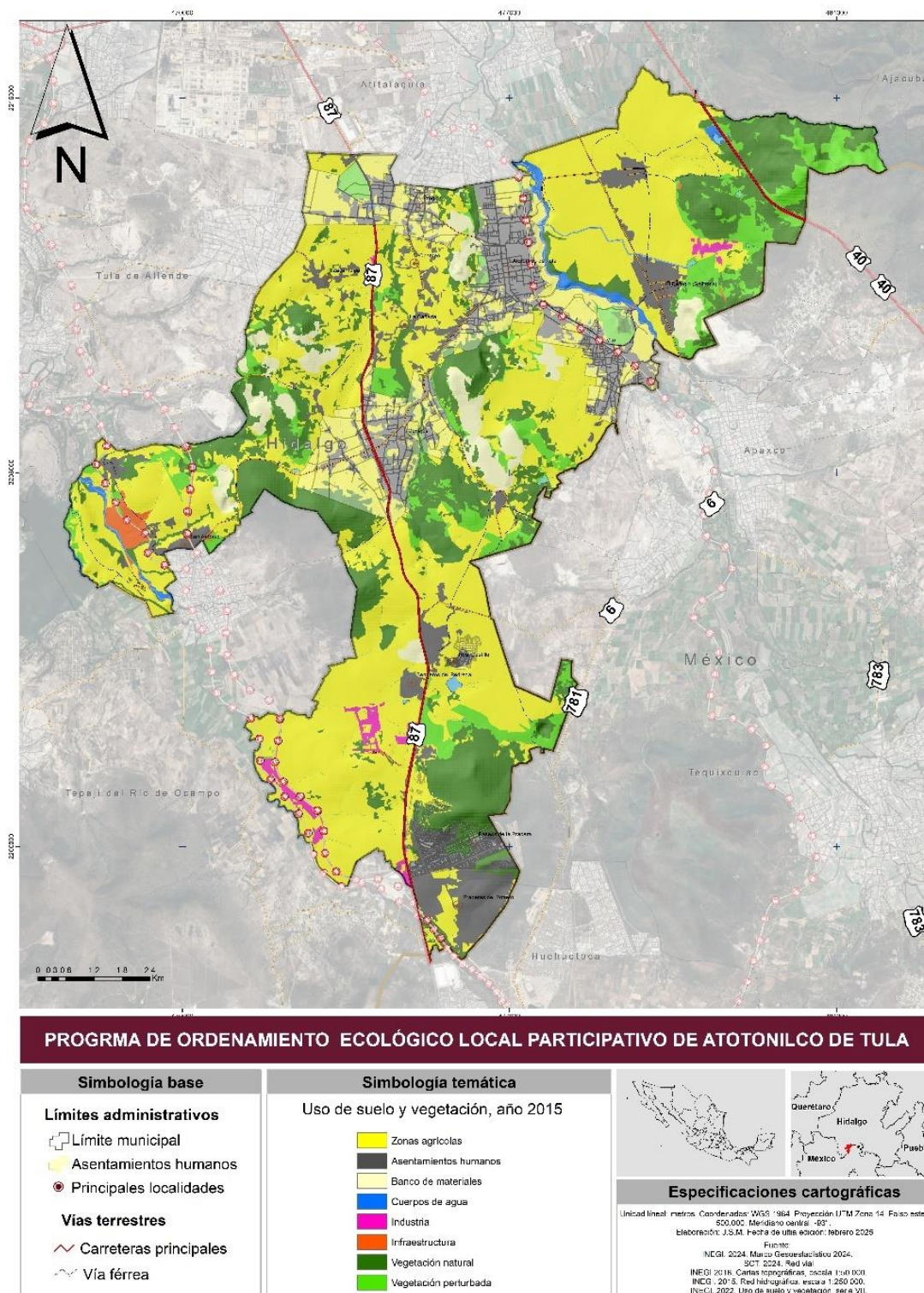


Gráfico 7. Superficies por uso de suelo y tipo de vegetación para 2015, 2025 y 2050 (de acuerdo al escenario tendencial)

*Fuente: elaboración propia.*



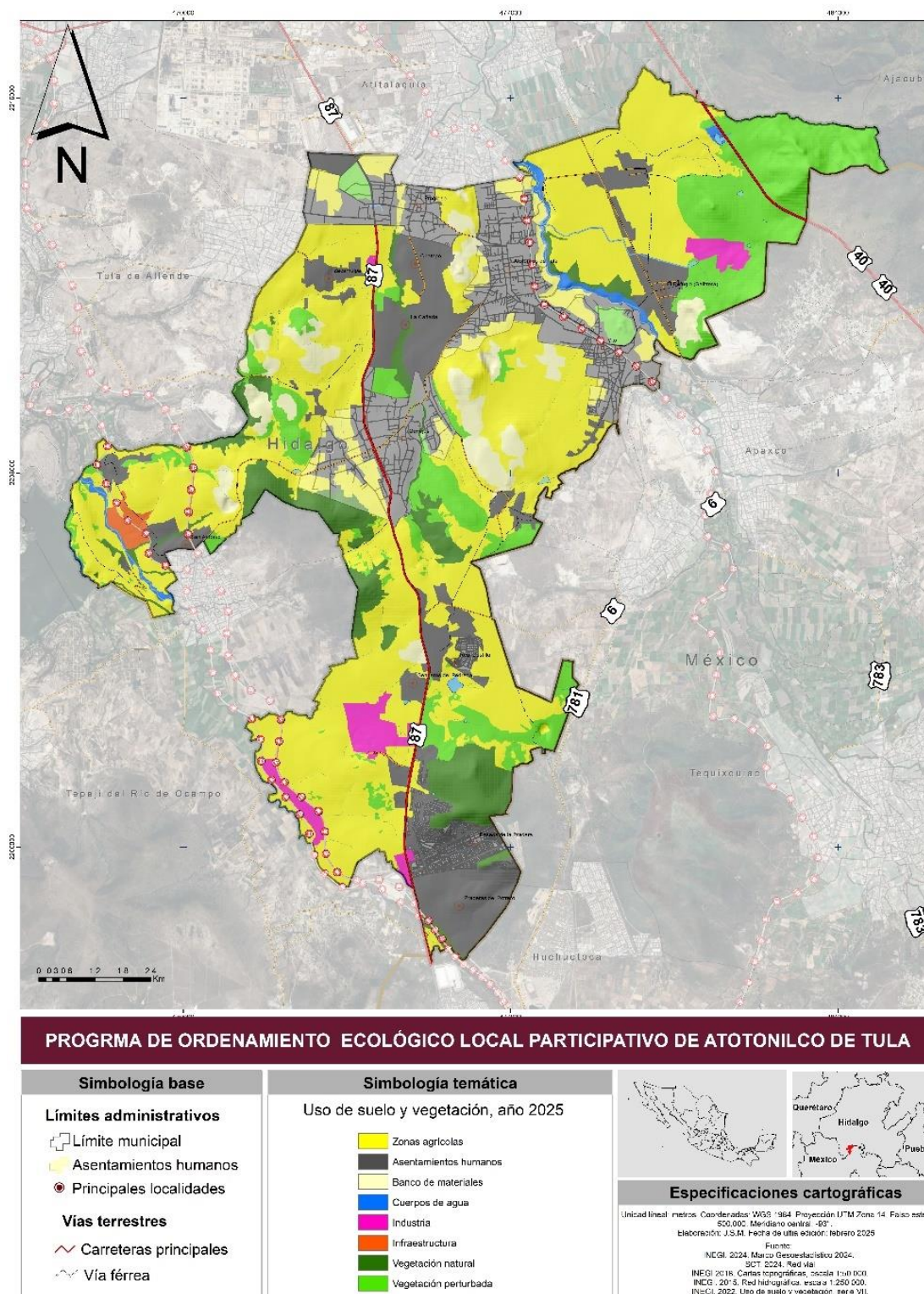
Mapa 1. Uso de suelo y vegetación, año 2015.



Fuente: elaboración propia.



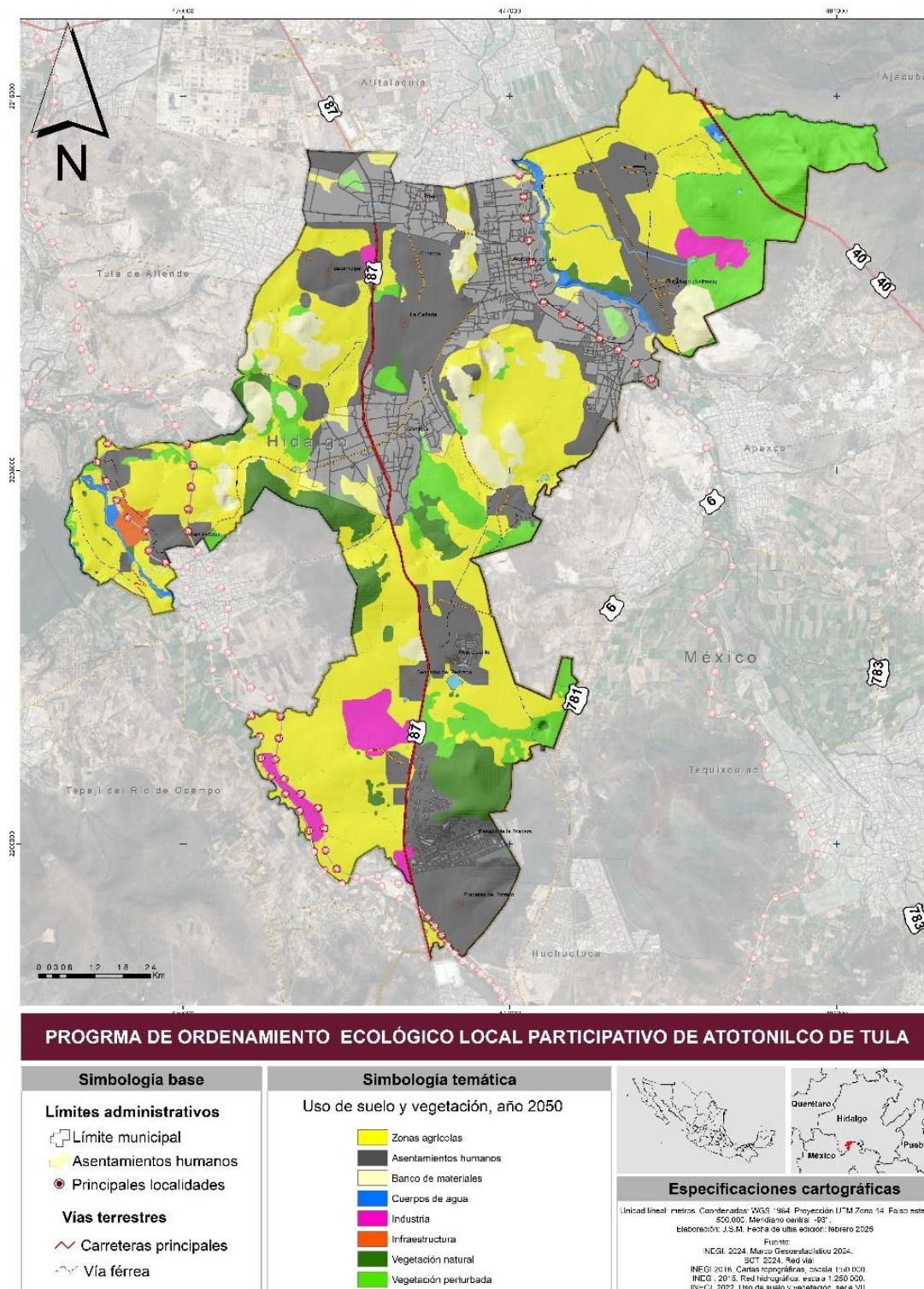
Mapa 2. Uso de suelo y vegetación, año 2025



Fuente: elaboración propia.



Mapa 3. Uso de suelo y vegetación, año 2050.



Fuente: elaboración propia.

La superficie agrícola muestra una tendencia decreciente sostenida, pasando de 6,181.6 hectáreas en 2015 a 5,587.7 hectáreas en 2025, y se proyecta que disminuirá hasta 4,619.0 hectáreas para 2050. Esto representa una reducción total de 1,562.6 hectáreas (25.3%) en el período de 35 años. Esta contracción significativa de tierras cultivables sugiere un proceso de transformación territorial donde las actividades primarias están cediendo espacio a otros usos, principalmente urbanos e industriales, ubicados en la zona centro en periferias de la cabecera municipal así como en la zona industrial de QUMA.

Los asentamientos humanos presentan el crecimiento más notable entre todas las categorías, con un aumento sustancial del 149.7% en el período. Su superficie se incrementa de 1,664.4 hectáreas en 2015 a 2,950.5 hectáreas en 2025, y se proyecta que alcanzará 4,155.7 hectáreas para 2050. Este acelerado proceso de urbanización, que suma 2,491.3 hectáreas adicionales, refleja una fuerte presión demográfica sobre el territorio y posiblemente fenómenos migratorios asociados al desarrollo industrial de la región. La expansión urbana de esta magnitud plantea desafíos significativos en términos de provisión de servicios básicos, infraestructura, equipamiento y atención a las necesidades de una población creciente, además de potenciales impactos en términos de fragmentación ecosistémica.

El uso industrial ha experimenta un crecimiento notable, triplicándose durante el período con un incremento del 212.1%. La superficie destinada a este uso aumenta de 102.6 hectáreas en 2015 a 252.9 hectáreas en 2025, y se proyecta que alcanzará 320.2 hectáreas para 2050. Esta tendencia refleja un intenso proceso de industrialización en el municipio, posiblemente asociado a ventajas comparativas en términos de localización, infraestructura o políticas de desarrollo económico. La expansión industrial de esta magnitud implica transformaciones significativas en la estructura económica local, en los patrones de empleo y en las presiones ambientales, particularmente en términos de demanda de recursos hídricos, energéticos y generación de emisiones contaminantes.

La industria cementera en Atotonilco de Tula representa uno de los ejes económicos más relevantes del municipio, con efectos múltiples sobre el territorio, la población y el ambiente. Entre sus principales impactos positivos, destaca la generación de empleo directo e indirecto, esta actividad ha contribuido significativamente al producto interno bruto local, asimismo, algunas empresas cementeras han impulsado obras de infraestructura social, como pavimentación de calles, mejora de escuelas y construcción de clínicas, a través de programas de responsabilidad social empresarial. De igual manera, su presencia ha motivado el mejoramiento de redes de infraestructura básica, como caminos, redes eléctricas y de agua, necesarias para su

operación, pero que también benefician a la población. Sin embargo, este desarrollo industrial también ha generado diversos impactos negativos, particularmente en el ámbito ambiental y social. Uno de los más notorios es la contaminación del aire, producto de la emisión de partículas suspendidas, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, que afectan la calidad del aire y representan un riesgo para la salud respiratoria de la población. Además, la extracción de materias primas como caliza, arcilla y puzolana ha provocado una fuerte alteración del relieve, pérdida de vegetación y degradación del paisaje, comprometiendo la integridad ecológica del territorio.

De igual manera los bancos de materiales incrementan su superficie de 473.4 hectáreas en 2015 a 542.0 hectáreas en 2025, proyectándose un crecimiento adicional hasta alcanzar 672.8 hectáreas en 2050. Este aumento del 42.1% evidencia una intensificación de actividades extractivas, posiblemente vinculadas a la expansión urbana e industrial que demandas materiales para construcción.

La proyección de aumento en la actividad de bancos de materiales no metálicos en Atotonilco de Tula responde a una combinación de factores estructurales que posicionan al municipio como un punto estratégico dentro de las dinámicas territoriales del centro del país. La creciente demanda de materiales pétreos por parte de los sectores urbano, industrial y de infraestructura en el desarrollo de parques industriales, fraccionamientos y obras de alcance regional como el Tren Interurbano México–Querétaro, ha generado una presión sostenida sobre las fuentes de abastecimiento mineral. Atotonilco de Tula destaca por su ubicación privilegiada en el corredor México–Querétaro, con conectividad vial hacia Tula, la ZMVM y el Bajío, de igual modo la disponibilidad geológica ya que las formaciones geológicas existentes en el municipio, son ricas en caliza, andesita y materiales piroclásticos, altamente valorados por la industria cementera y de construcción, esto aunado a las características topográficas relativamente accesibles facilita la localización y ampliación de los bancos existentes, así como la apertura de nuevos sitios extractivos.

La superficie correspondiente a cuerpos de agua muestra una relativa estabilidad, con un ligero incremento de 120.4 hectáreas en 2015 a 129.7 hectáreas en 2025, y una mínima reducción proyectada a 129.5 hectáreas para 2050. Esta estabilidad aparente podría ocultar transformaciones cualitativas en estos ecosistemas acuáticos, particularmente considerando la presión que ejercen la expansión urbana e industrial sobre la calidad del agua y la integridad de las zonas ribereñas. El mantenimiento de estos cuerpos hídricos representa un aspecto crucial para la resiliencia territorial frente a eventos climáticos extremos y para la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales.

Respecto a los ecosistemas, la vegetación natural experimenta la reducción más dramática entre todas las categorías, con una pérdida del 74.4% de su superficie inicial. El área con vegetación en condiciones naturales disminuye abruptamente de 2,494.2 hectáreas en 2015 a solo 795.5 hectáreas en 2025, y se proyecta que continuará reduciéndose hasta 639.4 hectáreas para 2050. Esta pérdida sustancial de 1,854.8 hectáreas de ecosistemas naturales representa una transformación radical del paisaje con profundas implicaciones para la biodiversidad local, la regulación hídrica, la capacidad de mitigación y adaptación al cambio climático, y la provisión de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano. En cuanto a la vegetación perturbada muestra un comportamiento fluctuante, incrementándose notablemente de 985.4 hectáreas en 2015 a 1,796.3 hectáreas en 2025, para luego experimentar una ligera reducción hasta 1,586.0 hectáreas proyectadas para 2050. El aumento neto del 60.9% en esta categoría refleja procesos de degradación ecosistémica. Las áreas con vegetación perturbada representan espacios de oportunidad para implementar acciones de restauración ecológica que podrían contrarrestar parcialmente la pérdida de servicios ecosistémicos.

### **3.3.1.3.3 Análisis de variables climáticas y proyecciones al 2050**

El estudio climático del municipio de Atotonilco de Tula permite identificar las principales amenazas derivadas del cambio climático, sus implicaciones en los sectores productivos y los recursos naturales, así como los territorios más vulnerables. A partir del análisis histórico y proyecciones futuras, se presenta un panorama de las condiciones térmicas e hídricas que enfrentarán los diferentes sectores al horizonte 2050.

#### **3.3.1.3.3.1 Temperatura**

El clima predominante en Atotonilco de Tula es templado semiárido, con una temperatura media anual actual de 17 a 19°C, aunque el 70% del territorio experimenta un clima templado seco (zona occidental y urbana), con máximas que oscilan entre 29°C y 31°C (abril-junio) y mínimas de 10°C a 14°C (diciembre-febrero).

La presencia de “islas de calor” en zonas industriales y densamente urbanizadas, especialmente en el norte y centro del municipio, ha incrementado la temperatura local hasta 2°C por encima del promedio rural. Se estima que para el año 2050, la temperatura media anual podría situarse entre 20.5°C y 21.0°C bajo escenarios

intermedios (SSP2-4.5), aumentando significativamente el riesgo de estrés térmico, desertificación y afectaciones a la salud y los cultivos.

### 3.3.1.3.3.2 Precipitación

La precipitación media anual actual es de 560 mm, concentrada entre mayo y septiembre. Se trata de un régimen altamente estacional que sustenta, aunque de forma limitada, la agricultura de temporal.

Durante la última década, las lluvias han disminuido en alrededor de un 15%, intensificando el estrés hídrico. Se proyecta que para el año 2050, la precipitación media anual pueda reducirse hasta en un 12%, con una distribución más irregular y eventos intensos seguidos de periodos secos. Estas condiciones generan:

- Menor recarga de acuíferos.
- Mayor erosión por escurrimientos concentrados.
- Disminución del rendimiento agrícola.
- Aumento del riesgo de inundaciones locales por lluvias súbitas.

### 3.3.1.3.3.3 Impactos del cambio climático y presiones sectoriales

De acuerdo con el diagnóstico, el río Tula ha reducido su caudal por sequía y contaminación industrial. Las emisiones industriales locales generan más de 1.5 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, con impactos en temperatura y calidad del aire. Se han registrado:

- Disminución del 20% en la producción de maíz en los últimos cinco años.
- Proyecciones de reducción de hasta 40% en la producción agrícola para 2050 si no se adoptan medidas adaptativas.
- Alta incidencia de enfermedades respiratorias (25% por encima del promedio nacional) vinculada a la contaminación atmosférica.
- Reducción significativa de áreas verdes y aumento de superficies impermeables en zonas urbanas.

### 3.3.2 Escenario contextual

La construcción de los trenes de pasajeros CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca representa una de las transformaciones territoriales más relevantes para el futuro de Atotonilco de Tula. Ambos proyectos ferroviarios tienen como propósito mejorar la conectividad regional, descongestionar los corredores carreteros México–Querétaro y México–Pachuca —dos de los más saturados del país— y fomentar un modelo de transporte más sustentable que reduzca tiempos de traslado y emisiones contaminantes.

El Tren Interurbano CDMX–Querétaro es un proyecto de aproximadamente 210 kilómetros de longitud, diseñado para alcanzar velocidades de entre 160 y 180 km/h, lo que permitirá conectar la Ciudad de México con Querétaro en cerca de una hora, frente a las más de dos horas que actualmente se requieren por carretera. Aunque Atotonilco de Tula no contará con una estación ferroviaria directa, su cercanía a nodos como Tepeji y otras zonas estratégicas del sur de Hidalgo situará al municipio a menos de 20 minutos de acceso ferroviario rápido, potenciando su rol como zona logística, industrial y residencial de soporte para las principales metrópolis del centro del país.

Por otro lado, la extensión del Tren Suburbano CDMX–Pachuca representa la expansión de 55 kilómetros adicionales desde la actual terminal en el norte de la Ciudad de México, permitiendo velocidades de 80 a 100 km/h y con intervalos de paso de apenas 10 a 15 minutos en horas pico. Esta nueva línea atenderá el crecimiento explosivo de municipios como Tizayuca, Zumpango y Tolcayuca, extendiendo su influencia a Atotonilco de Tula, que quedará conectado de manera eficiente con el centro de la capital nacional en menos de una hora, fortaleciendo su atractivo como destino residencial para trabajadores que buscan alternativas más asequibles que las ofrecidas en el Valle de México.

La entrada en operación de ambos proyectos a partir de 2030 provocará una transformación profunda en la dinámica socioeconómica y territorial del municipio. Por un lado, se acelerará el crecimiento poblacional, aumentando la tasa anual de 2.44% proyectada en el escenario tendencial hasta rangos de entre 2.8% y 3.0%, lo que se traducirá en un incremento poblacional de 12,000 a 15,000 habitantes adicionales respecto a lo previsto originalmente para 2050. Este crecimiento poblacional implicará también una mayor demanda de vivienda, estimándose que se necesitarán entre 4,500 y 5,500 viviendas adicionales sobre las 24,800 que ya contemplaba el escenario base.

Territorialmente, la presión urbana se concentrará en torno a los nuevos nodos ferroviarios, afectando prioritariamente terrenos agrícolas en zonas como Santa Cruz y La Loma, generando riesgos de expansión desordenada si no se refuerzan las medidas de contención urbana. Desde el punto de vista de recursos, el incremento en la población y la actividad económica ejercerá una presión adicional sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca, aumentando la demanda de agua doméstica de los 4.75 millones de metros cúbicos anuales proyectados en el tendencial a cerca de 5.6 millones de metros cúbicos anuales para 2050, en un contexto donde el acuífero ya se encuentra en condición de sobreexplotación.

Asimismo, los servicios básicos experimentarán una mayor presión: el sistema de drenaje deberá expandirse a nuevas zonas urbanas, el sistema eléctrico requerirá fortalecimiento para soportar una mayor carga de usuarios, y la generación de residuos sólidos aumentará de 65 toneladas diarias estimadas a entre 75 y 80 toneladas diarias, exigiendo mayor capacidad de gestión y disposición.

El impacto en el medio ambiente y los servicios ecosistémicos será igualmente significativo. Sin una estrategia de ordenamiento clara, la expansión urbana inducida podría duplicar la superficie urbanizada prevista, afectando entre 1,200 y 1,500 hectáreas de suelos agrícolas y naturales, fragmentando corredores ecológicos como las barrancas de Tula-Tepetitlán, reduciendo la infiltración hídrica y aumentando la vulnerabilidad a fenómenos de sequía e inundaciones.

No obstante, no todo el impacto es negativo. La integración ferroviaria genera también grandes oportunidades: facilita un modelo de movilidad multimodal y sustentable, disminuye los tiempos de traslado y mejora la competitividad regional de Atotonilco de Tula, acercando el municipio a los corredores económicos más dinámicos del país. Si se logra articular un modelo de planeación territorial inteligente y sostenible, podría consolidarse un esquema de urbanización ordenada, basada en desarrollos orientados al transporte (DOT) y una ocupación racional del suelo, acercando así al municipio al escenario ideal planteado para 2050.

A partir de 2030, con la entrada en operación de los trenes, Atotonilco de Tula experimenta una profunda transformación socio-territorial. Estos proyectos de infraestructura ferroviaria generan una nueva accesibilidad regional, posicionando al municipio como un nodo intermedio estratégico entre las zonas metropolitanas del Valle de México, Pachuca y Querétaro.

El escenario tendencial proyectaba alcanzar cerca de 86,800 habitantes en 2050, basado en un crecimiento promedio anual de 2.44%. Sin embargo, con la conectividad ferroviaria, la tasa de crecimiento poblacional se acelera, pasando a un rango entre 2.8% y 3.0% anual, similar a los municipios de la periferia inmediata del AIFA. De este modo, se prevé que para 2030 Atotonilco alcance 61,000 habitantes (en comparación con los 58,700 habitantes previstos en el tendencial), para 2040 alrededor de 79,500 habitantes (frente a 72,400) y para 2050 aproximadamente 100,200 habitantes (frente a 86,800). Esto implica una población adicional de entre 12,000 y 15,000 personas respecto al escenario de referencia.

Para absorber este crecimiento, se necesitarán entre 4,500 y 5,500 viviendas adicionales a las 24,800 proyectadas inicialmente. La presión urbana tenderá a concentrarse alrededor de nuevos polos de atracción, como las zonas cercanas a las conexiones ferroviarias, especialmente en áreas como La Loma y Santa Cruz, y en terrenos agrícolas aún en producción, que enfrentarán procesos de especulación inmobiliaria. Existe el riesgo de que, si no se gestiona adecuadamente, la expansión urbana podría duplicar las hectáreas consumidas originalmente previstas, afectando entre 1,200 y 1,500 hectáreas de suelos agrícolas y naturales hacia 2050.

Respecto al agua, el consumo doméstico proyectado en el escenario tendencial era de 4.75 millones de metros cúbicos anuales para 2050. Con el nuevo crecimiento poblacional, la demanda aumentará entre un 15% y un 18%, elevándose a un rango entre 5.4 y 5.6 millones de metros cúbicos anuales. Esto ejercerá una mayor presión sobre el acuífero Cuautitlán-Pachuca, que ya se encuentra sobreexplotado, además de exigir la ampliación de sistemas de captación pluvial y de reúso de aguas tratadas más allá de lo originalmente planeado. También se incrementará el riesgo de conflictos sociales por acceso al agua si no se fortalecen las capacidades de gestión y planificación de la infraestructura hídrica.

En cuanto a los servicios básicos, se espera un incremento significativo en la demanda de drenaje sanitario, electricidad y manejo de residuos. La expansión urbana requerirá extender la cobertura del drenaje a nuevas zonas, fortalecer la red de distribución eléctrica para soportar la creciente carga de usuarios, y aumentar la capacidad de recolección y disposición final de residuos sólidos, que pasarán de 65 toneladas diarias previstas en 2050 a entre 75 y 80 toneladas diarias.

En el ámbito territorial y ambiental, el crecimiento acelerado representa una amenaza significativa para la conservación de suelos agrícolas y áreas de recarga hídrica. El avance urbano sobre corredores ecológicos como las barrancas de Tula-Tepetitlán

podría fragmentar ecosistemas estratégicos, reducir la capacidad de infiltración de agua al subsuelo y aumentar la vulnerabilidad del municipio frente a sequías e inundaciones urbanas. La pérdida de biodiversidad local y la disminución de los servicios ecosistémicos son riesgos directos asociados a una expansión urbana no controlada.

El balance general indica que, aunque la construcción de los trenes impulsa positivamente la conectividad y el dinamismo económico de Atotonilco de Tula, también incrementa significativamente los riesgos territoriales, ambientales y de presión sobre los servicios si no se adoptan estrategias de planificación proactiva. El crecimiento poblacional, aunque acelerado, puede gestionarse de manera favorable mediante densificación urbana y desarrollo ordenado; sin embargo, en los temas de vivienda, agua potable, servicios básicos y conservación ambiental, la presión generada aleja inicialmente al municipio del escenario ideal. La movilidad y el transporte, en cambio, mejoran notablemente, acercándolo a un modelo de ciudad más integrada, accesible y sustentable.

Este análisis muestra que la construcción de los trenes crea una oportunidad transformadora para Atotonilco de Tula, pero su aprovechamiento dependerá de la capacidad institucional, de la participación ciudadana y de la implementación de estrategias específicas que permitan maximizar los beneficios y minimizar los riesgos. En el Escenario Estratégico, se definirán las acciones necesarias para mitigar las amenazas derivadas de esta transformación y acercar al municipio al escenario ideal de sostenibilidad, resiliencia y calidad de vida para 2050.

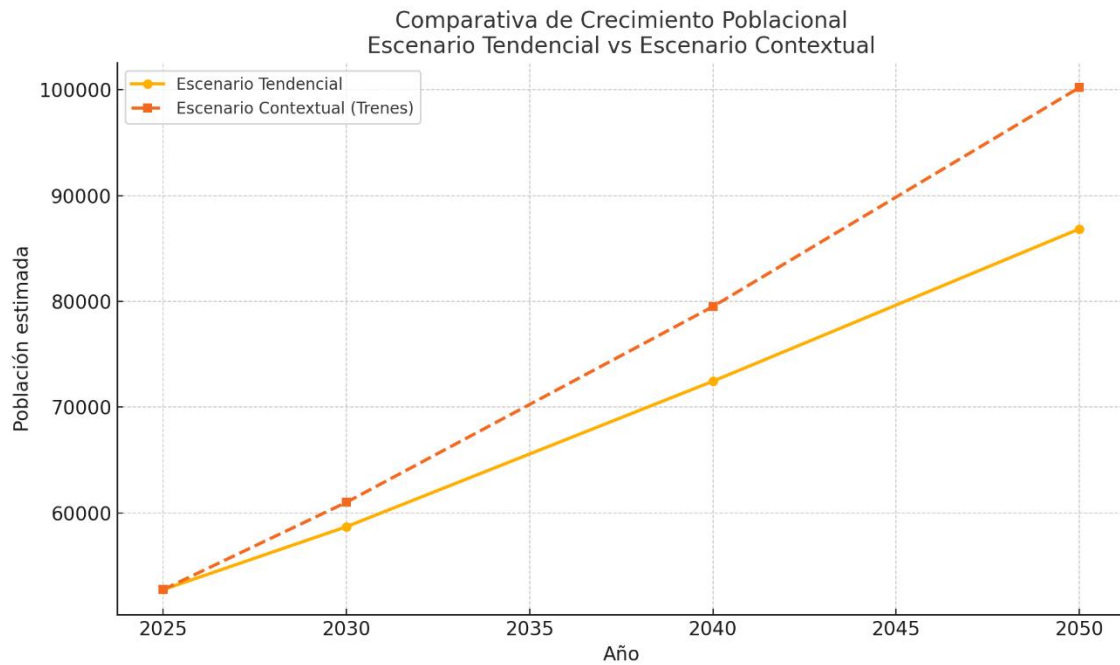


Figura 7. Comparativa de crecimiento poblacional entre escenarios.

*Fuente: elaboración propia.*

### 3.3.2.1 Impactos en uso del suelo y recursos hídricos

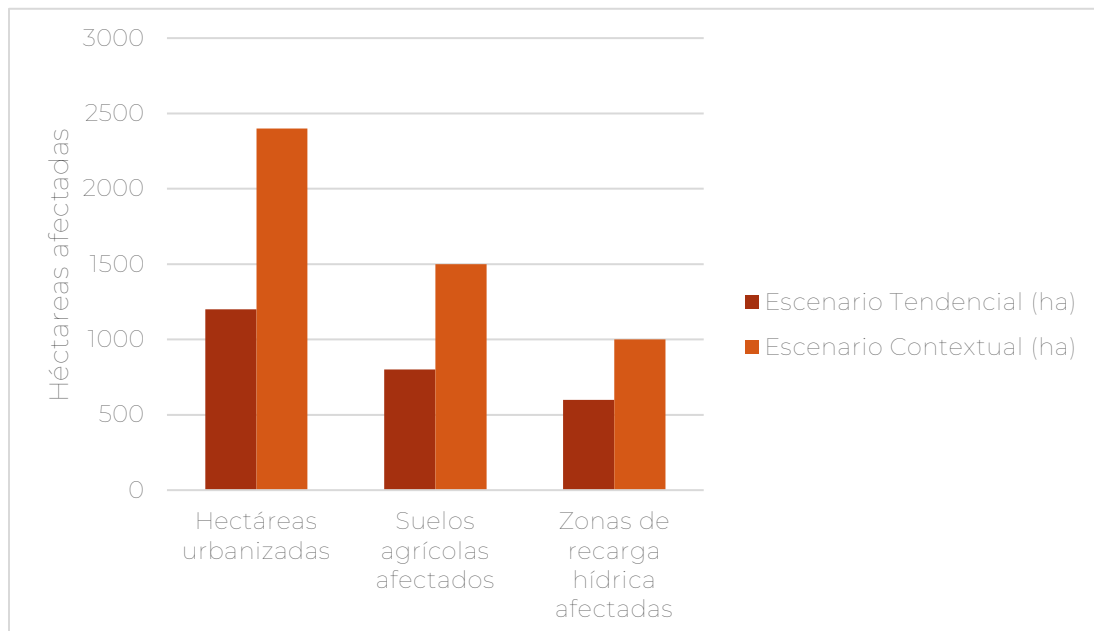


Gráfico 8. Impactos en Uso del suelo y recursos hídricos entre escenarios.

*Fuente: elaboración propia.*

La figura muestra que en el escenario tendencial se proyectaba que hacia 2050 la urbanización afectaría aproximadamente 1,200 hectáreas, se perderían cerca de 800 hectáreas de suelos agrícolas y unas 600 hectáreas de zonas de recarga hídrica estratégica. Sin embargo, en el escenario contextual —que incluye la construcción de los trenes CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca sin una planificación estricta— estas afectaciones se duplican o incluso más: las hectáreas urbanizadas alcanzan las 2,400, los suelos agrícolas afectados llegan a 1,500 hectáreas, y las zonas de recarga hídrica afectadas ascienden a 1,000 hectáreas.

Este crecimiento descontrolado del área urbanizada refleja directamente la presión derivada del aumento poblacional y de la especulación inmobiliaria asociada a la conectividad ferroviaria. Además, la pérdida de suelos agrícolas compromete la autosuficiencia alimentaria local y regional, mientras que la afectación de áreas de recarga hídrica agrava la sobreexplotación del acuífero Cuautitlán-Pachuca, ya identificada como crítica en el diagnóstico. Este panorama confirma que, sin políticas de ordenamiento ecológico y territorial adecuadas, el municipio se alejaría de los objetivos de sostenibilidad y resiliencia previstos para 2050.

### 3.3.2.2 Impactos en ecosistemas y servicios ambientales

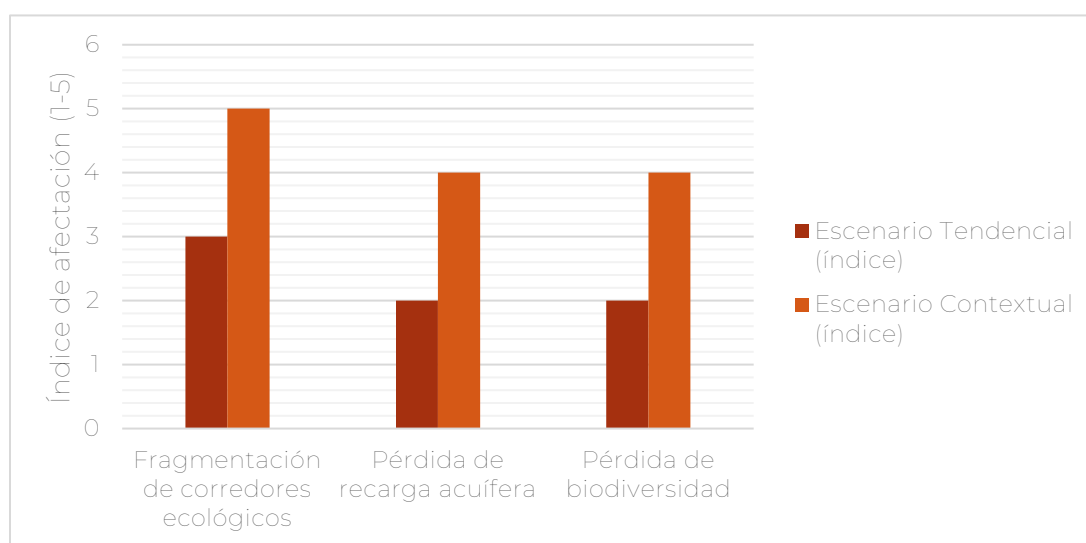


Gráfico 9. Comparación de impactos en ecosistemas y servicios ambientales en ambos escenarios.

*Fuente: elaboración propia.*

La figura presenta el impacto en términos de fragmentación ecológica y pérdida de servicios ecosistémicos fundamentales, como la recarga de acuíferos y la biodiversidad. Bajo el escenario tendencial, se estimaba un nivel de fragmentación de corredores ecológicos en 3 (en una escala de 1 a 5), y pérdidas moderadas de los servicios de recarga de acuíferos y conservación de biodiversidad (índices de 2). No obstante, en el escenario contextual, la fragmentación se agrava hasta un nivel 5, considerado severo, mientras que las pérdidas de recarga hídrica y biodiversidad alcanzan índices de afectación de 4.

Esta tendencia muestra que el crecimiento urbano disperso y la industrialización no planificada no solo ocupan suelo agrícola y zonas naturales, sino que además cortan corredores ecológicos vitales, como los sistemas de barrancas y humedales locales. La pérdida de servicios ecosistémicos afectará no solo la capacidad de regulación hídrica y climática, sino también la salud ambiental general del municipio, comprometiendo la resiliencia ante fenómenos extremos como sequías, inundaciones y olas de calor. De esta forma, la falta de medidas correctivas en el escenario contextual representa un alejamiento importante del escenario ideal planteado para 2050.

### 3.3.2.3 Influencia de proyectos y programas en curso

El escenario contextual se construye a partir de la identificación de programas, proyectos e inversiones que actualmente están en marcha o han sido anunciados para el municipio de Atotonilco de Tula y su entorno inmediato. A diferencia del escenario tendencial, que proyecta las dinámicas actuales sin intervención, el escenario contextual permite comprender cómo estos factores externos, provenientes de diversos niveles de gobierno y del sector privado, modifican el comportamiento del territorio y sus atributos ambientales, sociales y económicos.

Además del Tren CDMX–Querétaro existen otros proyectos como el Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles (AIFA), la ampliación de zonas industriales o programas federales de vivienda; sin embargo, sus efectos son locales y profundos. La mejora de la conectividad, la valorización del suelo y la presión para la expansión urbana y logística generan transformaciones en la ocupación del suelo que pueden agravar conflictos preexistentes, como la pérdida de suelos agrícolas, el deterioro de zonas de recarga hídrica o el crecimiento urbano en zonas no aptas.

Para analizar estos efectos, se elaboró una matriz específica de cambio, en la que se evalúa el impacto potencial de cada uno de estos proyectos o políticas sobre el modelo territorial actual, considerando su relación con el escenario tendencial y su grado de alejamiento respecto a la imagen objetivo planteada en este programa. En dicha matriz se sintetiza si los proyectos inducen un cambio compatible con la sustentabilidad ecológica, o si, por el contrario, refuerzan tendencias no deseadas que deben ser corregidas a través de medidas estratégicas.

Este ejercicio permite reconocer que, aunque ciertos proyectos pueden representar oportunidades para el desarrollo económico o la mejora de servicios, su implementación sin mecanismos de ordenamiento y regulación puede generar efectos contrarios a los principios del ordenamiento ecológico. Por ello, el escenario contextual es un insumo clave para la formulación de políticas correctivas, así como para articular el POEL con otros instrumentos como el Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU), los programas sectoriales y las políticas de inversión pública y privada.

Tabla 11. Listado de proyectos propuestos.

| Proyecto o programa contextual activo o en planeación       | Sector principal afectado | Cambio inducido respecto al escenario tendencial                                                                       | Grado de alejamiento de la imagen objetivo (Alto / Medio / Bajo) | Comentarios                                                       |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Construcción del Tren CDMX–Querétaro                        | Urbano / Infraestructura  | Aceleración del crecimiento urbano hacia el norte del municipio; especulación del suelo; ocupación de zonas agrícolas. | Alto                                                             | Duplica la presión urbana; riesgo de urbanización sin regulación. |
| Ampliación de la zona industrial en el corredor Tula–Tepeji | Industria / Suelo         | Incremento de emisiones, expansión minera e industrial sobre zonas de recarga y suelos agrícolas.                      | Alto                                                             | Aumenta la fragmentación del territorio.                          |
| Nuevo aeropuerto Felipe Ángeles (AIFA)                      | Transporte / Urbanización | Dispara la conectividad y valorización del suelo en el sur del municipio; crecimiento habitacional informal.           | Medio                                                            | Aumenta la presión urbana, aunque mejora la conectividad.         |



| Proyecto o programa contextual activo o en planeación       | Sector principal afectado | Cambio inducido respecto al escenario tendencial                                                                       | Grado de alejamiento de la imagen objetivo (Alto / Medio / Bajo) | Comentarios                                                                         |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Programas federales de vivienda (INFONAVIT, FOVISSSTE)      | Vivienda / Urbano         | Incentivan la construcción en áreas no reguladas, cercanas a infraestructura existente pero no siempre en zonas aptas. | Medio                                                            | Puede contribuir a resolver déficit habitacional, pero sin planificación ecológica. |
| Plan de Desarrollo Regional del Istmo-Centro (SEDATU)       | Planeación / Industrial   | Impulsa inversiones logísticas que podrían incluir nodos de carga o almacenes dentro del municipio.                    | Medio                                                            | No está claro si incluye mecanismos de regulación ambiental.                        |
| Fraccionamientos urbanos no regularizados                   | Vivienda / Suelo          | Expansión urbana desordenada en pendientes y zonas agrícolas; sobrecarga de servicios.                                 | Alto                                                             | Es uno de los factores de mayor impacto negativo contextual.                        |
| Proyectos municipales de urbanización (PMDU sin actualizar) | Planeación / Vivienda     | Ausencia de coordinación con el POEL; el uso del suelo asignado no corresponde con la aptitud ecológica.               | Medio                                                            | Necesaria una actualización conjunta POEL-PMDU.                                     |
| Expansión de redes viales (tramos Tula-Jorobas)             | Transporte / Conectividad | Mejora de la movilidad interregional, pero induce presión urbanizadora en los márgenes.                                | Bajo                                                             | Positivo si se combina con ordenamiento. Negativo si se deja sin control.           |

*Fuente: elaboración propia.*

Tabla 12. Matriz de impacto potencial.

| Transición de uso de suelo / vegetación | Proyectos y programas que modifican la transición | Coeficiente base (tendencial) | Modificación sugerida ( $\Delta$ ) | Coeficiente final para escenario |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|

|                                            |                                                                  |      |       | contextual |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------|-------|------------|
| Agrícola → Urbano                          | Tren CDMX–QRO, AIFA, fraccionamientos, INFONAVIT                 | 0.35 | 0.15  | 0.50       |
| Vegetación perturbada → Urbano             | Fraccionamientos irregulares, crecimiento periférico             | 0.28 | 0.12  | 0.40       |
| Agrícola → Industrial                      | Corredor Tula–Tepeji, expansión de parques industriales          | 0.22 | 0.10  | 0.32       |
| Vegetación perturbada → Industrial         | Expansión de zonas industriales menores, logística               | 0.18 | 0.08  | 0.26       |
| Vegetación perturbada → Agrícola           | Disminuye por presión urbana y pérdida de capacidad productiva   | 0.30 | -0.10 | 0.20       |
| Vegetación natural → Conservación          | Ausencia de declaratorias de conservación, baja inversión en PSA | 0.12 | -0.05 | 0.07       |
| Vegetación natural → Vegetación perturbada | Fragmentación ecológica, falta de restauración                   | 0.25 | 0.08  | 0.33       |
| Zona agrícola → Banco de materiales        | Extracción minera en zonas agrícolas (bancos materiales)         | 0.08 | 0.07  | 0.15       |
| Zona agrícola → Vegetación perturbada      | Procesos de degradación de zonas agrícolas sin manejo            | 0.15 | 0.05  | 0.20       |
| Vegetación natural → Urbano                | Urbanización informal, falta de zonificación estricta            | 0.10 | 0.10  | 0.20       |
| Infraestructura → Urbano                   | Reaprovechamiento de vías como corredores urbanos                | 0.06 | 0.04  | 0.10       |
| Infraestructura → Industrial               | Cambio funcional inducido por redes logísticas y ferroviarias    | 0.05 | 0.06  | 0.11       |

*Fuente: elaboración propia.*

**Agrícola → Urbano:** La alta presión ejercida por proyectos como el Tren CDMX–Querétaro, el aeropuerto AIFA, los programas de vivienda federal (INFONAVIT, FOVISSSTE) y la expansión de vialidades, incrementa de forma considerable la conversión del suelo agrícola hacia usos urbanos. Esta transición representa una de las más relevantes en el escenario contextual, duplicando prácticamente su probabilidad respecto al escenario tendencial, lo que implica una pérdida significativa de suelos productivos si no se regula.

**Vegetación perturbada → Urbano:** El crecimiento urbano informal, la especulación inmobiliaria y la falta de regulación en los márgenes de crecimiento de comunidades rurales están generando una aceleración en la urbanización de áreas con vegetación secundaria. Esta tendencia refuerza la expansión urbana

desordenada y fragmenta aún más los ecosistemas, particularmente en zonas colindantes con la infraestructura de transporte proyectada.

Agrícola → Industrial: El fortalecimiento del corredor industrial Tula–Tepeji y los proyectos logísticos regionales impulsados por programas federales aumentan la presión sobre tierras agrícolas, promoviendo su transformación hacia uso industrial. Esta transición refleja una expansión intensiva de actividades productivas que, sin una zonificación adecuada, comprometen la seguridad alimentaria y ecológica del municipio.

Vegetación perturbada → Industrial: Las zonas con vegetación degradada, especialmente aquellas cercanas a nodos logísticos y parques industriales, son susceptibles de urbanización con fines industriales. Esta transición se ve favorecida por los proyectos de atracción de inversión y ampliación de áreas logísticas y representa una amenaza directa a la recuperación ecológica del paisaje.

Vegetación perturbada → Agrícola: En contraste con las anteriores, esta transición sufre una reducción debido a la presión urbana e industrial y la pérdida progresiva de rentabilidad de las actividades agrícolas. La falta de incentivos para el retorno productivo del suelo limita las posibilidades de reconversión de vegetación secundaria a uso agrícola tradicional.

Vegetación natural → Conservación: La escasa inversión pública en conservación y la ausencia de nuevos decretos de protección ambiental reducen la probabilidad de que las áreas naturales del municipio sean destinadas o reconocidas formalmente como zonas de conservación. Esto representa un retroceso en los esfuerzos por asegurar la integridad ecológica del territorio.

Vegetación natural → Vegetación perturbada: La creciente fragmentación ecológica, el avance de la frontera urbana y el abandono de prácticas de manejo sustentable incrementan la degradación de los ecosistemas naturales, favoreciendo su transición a estados de vegetación secundaria. Esta tendencia refleja un deterioro progresivo de la cobertura original en ausencia de restauración activa.

Zona agrícola → Banco de materiales: La actividad extractiva, particularmente la proliferación de bancos de materiales sobre suelos agrícolas, ha aumentado en los últimos años. Esta transición se intensifica en zonas con baja regulación, donde la extracción se impone sobre el uso productivo del suelo, con impactos directos en la estructura ecológica y la calidad del paisaje.

Zona agrícola → Vegetación perturbada: Los procesos de degradación de zonas agrícolas, ya sea por abandono, erosión o sobreexplotación sin prácticas de conservación, conducen a su colonización espontánea por vegetación secundaria. Esta transición no implica restauración ecológica, sino una pérdida de capacidad productiva sin recuperación planificada.

Vegetación natural → Urbano: Zonas naturales cercanas a caminos, localidades o zonas en expansión urbana tienden a ser ocupadas por asentamientos cuando no existen mecanismos estrictos de protección territorial. Esta transición es especialmente visible en las áreas de interfase rural-urbana sin regulación.

Infraestructura → Urbano: Algunos corredores ferroviarios y tramos viales antiguos u obsoletos están siendo transformados en ejes urbanos o vías locales, generando un aumento en esta transición funcional. Esta conversión ocurre especialmente en zonas donde la expansión urbana se entrelaza con antiguas rutas de conectividad.

Infraestructura → Industrial: Instalaciones de infraestructura subutilizada, como patios ferroviarios o áreas de reserva vial, están siendo reconvertidas para usos industriales, principalmente vinculados a la logística o al almacenamiento. Esta transición refleja una optimización funcional, pero también puede inducir conflictos si ocurre sobre zonas ecológicamente sensibles.

### 3.3.3 Escenario estratégico

#### 3.3.3.1 Introducción

El conjunto de estrategias que se presentan a continuación constituye el corazón del escenario estratégico del POEL de Atotonilco de Tula, diseñado para conducir al municipio hacia el cumplimiento de su Imagen Objetivo al 2050. Estas estrategias fueron elaboradas a partir del análisis del diagnóstico territorial y ambiental, de la proyección de crecimiento contextual relacionada con la construcción de los trenes CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca, y de un proceso participativo que involucró talleres con ejidos, entrevistas municipales y revisión técnica especializada.

El escenario estratégico constituye una propuesta transformadora que busca reorientar las dinámicas actuales del territorio hacia un modelo más sustentable, justo y equilibrado. A diferencia de los escenarios tendencial y contextual, cuya lógica está

anclada en la proyección de inercias o en la implementación parcial de programas, este escenario parte de la construcción colectiva de una imagen objetivo —una visión de largo plazo construida mediante talleres participativos— y del análisis sistémico de los principales conflictos ambientales, potencialidades sectoriales, capacidades institucionales y demandas sociales.

En el municipio, la planificación estratégica cobra especial relevancia debido a su ubicación en un nodo regional clave, su acelerado proceso de urbanización, la presión derivada de corredores industriales y mineros, y la pérdida de espacios agrícolas y ecosistemas prioritarios. Las zonas urbanas y de expansión industrial se han desarrollado sin una coordinación suficiente con las políticas de conservación, con consecuencias como la fragmentación del paisaje, la sobreexplotación de los acuíferos y la generación de conflictos entre usos del suelo.

El diagnóstico territorial identificó conflictos persistentes como la superposición de asentamientos humanos con suelos agrícolas de riego, la expansión minera sobre áreas de conservación, y la ocupación urbana de zonas con pendientes pronunciadas o de alto valor ecológico. A la par, también se reconocieron fortalezas territoriales, como la existencia de sistemas productivos rurales resilientes, comunidades con estructuras organizativas activas, y la oportunidad de restaurar zonas estratégicas para la conectividad ecológica.

Este escenario propone un modelo territorial en el que se armonicen las actividades económicas con la conservación del patrimonio ambiental y el bienestar social. Para ello, plantea una reorganización del patrón de ocupación del suelo basada en:

- La delimitación clara de zonas de aptitud alta por sector.
- El fortalecimiento de corredores ecológicos entre áreas prioritarias.
- La recuperación de tierras degradadas mediante estrategias productivas sostenibles.
- La orientación del crecimiento urbano hacia zonas con condiciones físicas y ecológicas adecuadas.
- La contención de actividades industriales y mineras fuera de áreas de valor ambiental o social.

La estrategia descansa también en la articulación institucional, tanto entre órdenes de gobierno como con actores comunitarios, productivos y académicos, para generar sinergias, maximizar el uso eficiente del territorio y garantizar mecanismos de corresponsabilidad en la implementación del POEL. Se propone, por ejemplo, fortalecer el papel del Comité de Ordenamiento Ecológico como instancia

permanente de seguimiento y ajuste de políticas, así como promover instrumentos de gestión como los bancos de conservación, los sistemas de monitoreo territorial participativo y la zonificación ecológica vinculante.

El escenario estratégico se estructura a partir de submodelos sectoriales (urbano, agrícola, ganadero, minero, turístico, de conservación, etc.) cuyas trayectorias se rediseñan para alcanzar metas compatibles con el uso sustentable de los recursos y la equidad territorial. Su implementación progresiva permitirá avanzar hacia una transición ecológica y productiva que recupere la funcionalidad del territorio, promueva la seguridad hídrica y alimentaria, y garantice condiciones dignas de vida para las generaciones presentes y futuras.

A continuación, se presentan las estrategias del escenario, entendidas como el conjunto articulado de objetivos, acciones concretas y actores responsables que permitirán orientar el uso y ocupación del territorio hacia la imagen objetivo consensuada. Estas estrategias buscan resolver los conflictos identificados, potenciar las aptitudes del territorio y garantizar la sostenibilidad ecológica, productiva y social del municipio, mediante la coordinación efectiva entre instituciones gubernamentales, sectores productivos, comunidades locales y sociedad civil organizada.

### 3.3.3.2 Propuesta de acciones estratégicas frente al cambio climático

Frente a los impactos actuales y proyectados del cambio climático en el municipio de Atotonilco de Tula —incluyendo la reducción de la precipitación, el aumento de la temperatura, la mayor frecuencia de eventos extremos y el estrés hídrico— se proponen un conjunto de estrategias orientadas a reducir la vulnerabilidad del territorio y fortalecer su resiliencia. Estas estrategias integran objetivos sectoriales de adaptación y mitigación, con acciones específicas y actores corresponsables, promoviendo una transición hacia un modelo de desarrollo territorial más resiliente y sostenible.

En el ámbito urbano-industrial, la instalación de infraestructura verde —como techos vegetados, parques lineales, pavimentos permeables y corredores bioclimáticos— permitirá reducir las islas de calor, mitigar escurrimientos e incrementar la infiltración de agua, contribuyendo tanto a la adaptación al calor extremo como a la mitigación de inundaciones urbanas. Estas acciones pueden ser ejecutadas por el gobierno municipal en colaboración con la ciudadanía, empresas y fondos estatales o federales.

En el sector ambiental y ecológico, se propone una estrategia de restauración de zonas degradadas mediante programas de reforestación con especies nativas, la creación de barreras vivas y el diseño de sistemas agroforestales. Estas medidas permitirán capturar carbono, mejorar la cobertura vegetal y restaurar funciones ecosistémicas clave, como la regulación térmica y la retención de humedad, constituyéndose en herramientas eficaces de mitigación climática.

El manejo del agua es una prioridad climática. Se propone la construcción de sistemas de captación pluvial, presas filtrantes, zanjas de infiltración, terrazas de retención y ollas de agua, particularmente en zonas agrícolas, urbanas y de recarga natural del acuífero Cuautitlán-Pachuca. Estas infraestructuras basadas en la naturaleza son esenciales para enfrentar la escasez hídrica estacional, reducir la dependencia de agua entubada y estabilizar los niveles freáticos.

En el sector agrícola, la promoción de una agricultura climáticamente inteligente resulta urgente. Se propone la adopción de cultivos resistentes a la sequía, técnicas de labranza mínima, riego por goteo, rotación y asociación de cultivos, así como prácticas agroecológicas. Estas acciones permitirán mantener la productividad y seguridad alimentaria ante condiciones climáticas cada vez más adversas, beneficiando directamente a productores locales de temporal y riego.

El sector industrial requiere una transformación hacia prácticas más limpias y resilientes. Se plantea el fortalecimiento de la normativa sobre emisiones de gases de efecto invernadero, la instalación de sistemas de monitoreo atmosférico y la adopción de tecnologías más eficientes y bajas en carbono. Además de mitigar el cambio climático, esto reducirá los impactos en la salud de la población, que ya muestra altas tasas de enfermedades respiratorias.

En cuanto al turismo, se propone desarrollar productos de turismo sustentable y de naturaleza que valoren y protejan los ecosistemas locales, promoviendo al mismo tiempo la educación ambiental. El turismo bajo en carbono, basado en senderismo, observación de flora y fauna y ecoturismo rural, puede ser una fuente de ingreso local que no dependa de prácticas intensivas en recursos.

En el sector minero, se recomienda implementar prácticas de extracción con menor huella de carbono, planes de cierre de minas con reforestación inmediata, y el reemplazo progresivo de combustibles fósiles por energía renovable en los procesos industriales. Además, se deben evitar nuevas concesiones en zonas vulnerables al cambio climático, como cabeceras de barrancas o corredores de infiltración.

En términos de movilidad y transporte, se promueve el desarrollo de sistemas de transporte público menos contaminantes, rutas seguras para bicicletas y peatones, y una planificación urbana que reduzca la necesidad de desplazamientos motorizados. Estas acciones contribuyen a la mitigación de emisiones y mejoran la resiliencia urbana ante eventos extremos.

Por último, se propone una estrategia de gobernanza climática y ordenamiento resiliente, que fortalezca la institucionalidad local para la toma de decisiones informadas por escenarios climáticos, la participación social efectiva en la planeación territorial y el monitoreo de indicadores de adaptación. El Comité de Ordenamiento Ecológico y las instancias municipales pueden jugar un papel clave en la implementación de estas medidas, en coordinación con SEMARNAT, INECC y entidades académicas.

Estas estrategias, alineadas con los principios de justicia climática y sostenibilidad, permiten sentar las bases para una transformación territorial compatible con un futuro climáticamente incierto, pero socialmente más equitativo y ecológicamente más funcional.

Tabla 13. Estrategias para mitigación del impacto ambiental.

| Estrategia                                                                                           | Sector afectado                    | Objetivo                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Infraestructura verde (techos verdes, parques urbanos, corredores bioclimáticos)                     | Urbano-industrial                  | Reducir islas de calor, mitigar escurrimientos e incrementar infiltración |
| Programas de reforestación con especies nativas y barreras vivas                                     | Suelo y biodiversidad              | Restaurar cobertura vegetal y capturar CO <sub>2</sub>                    |
| Captación de agua pluvial y recarga de acuíferos (presas filtrantes, zanjas de infiltración, bordos) | Urbano y agrícola                  | Mitigar escasez hídrica y estabilizar el nivel freático                   |
| Agricultura resiliente (cultivos tolerantes a la sequía, agroforestería, riego tecnificado)          | Agricultura de temporal y de riego | Aumentar la productividad bajo estrés climático                           |
| Fortalecimiento de normativas sobre emisiones y monitoreo de calidad del aire                        | Industria y salud pública          | Mitigar impactos acumulativos y proteger la salud                         |

*Fuente: elaboración propia.*

### 3.3.3.3 Estrategia 1: Planeación territorial integrada

La planeación territorial integrada consiste en organizar y regular el uso del suelo en Atotonilco de Tula de manera sistémica, equilibrando factores ecológicos, urbanos, sociales y económicos. Su propósito es guiar el crecimiento urbano hacia zonas adecuadas, conservar áreas agrícolas y naturales estratégicas, y minimizar la fragmentación ecológica y la pérdida de servicios ambientales. Esta estrategia se configura como el eje estructurador del desarrollo sostenible del municipio hacia el año 2050. El escenario contextual, impulsado por la construcción de los trenes CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca, proyecta un crecimiento poblacional acelerado que podría duplicar la superficie urbanizada inicialmente prevista si no se aplican medidas de control.

En ausencia de una planeación territorial integrada, Atotonilco de Tula enfrentaría una expansión urbana dispersa, la pérdida irreversible de suelos agrícolas de alta productividad, una presión creciente sobre las zonas de recarga hídrica y un aumento de los riesgos ambientales. Por ello, la planeación territorial integrada se reconoce como el instrumento clave para encauzar el desarrollo de manera ordenada, inclusiva, resiliente y sostenible, en concordancia con la imagen objetivo al 2050. La implementación de esta estrategia permitirá corregir los riesgos detectados en el escenario de crecimiento acelerado: evitará la pérdida masiva de tierras agrícolas y ecosistemas naturales, protegerá los acuíferos frente a la presión urbana, preservará la funcionalidad de los corredores ecológicos, y consolidará un modelo de ocupación territorial compacto, eficiente y vinculado estratégicamente a la nueva infraestructura ferroviaria.

Objetivo específico:

Dirigir el crecimiento urbano e industrial hacia áreas de baja sensibilidad ambiental, proteger suelos agrícolas y zonas de recarga, consolidar una estructura territorial compacta y funcional, y garantizar la conservación de los corredores ecológicos y servicios ecosistémicos estratégicos.

Acciones estratégicas detalladas:

Actualización y aplicación estricta del Programa de Ordenamiento Ecológico Local (POEL)

- Redefinir las Unidades de Gestión Ambiental (UGAs) del Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo (POETH) incorporando los nuevos retos del crecimiento poblacional y ferroviario.
- Integrar criterios de protección de acuíferos, barrancas, áreas agrícolas prioritarias y biodiversidad.
- Establecer reglas claras para la compatibilidad de usos de suelo en función de su capacidad de carga ambiental.

#### Formulación y puesta en marcha de un nuevo Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU)

- Articular el PMDU con el POEL para asegurar la integración ecológica y urbana.
- Definir centralidades urbanas bien conectadas al transporte ferroviario para fomentar la densificación ordenada.
- Establecer reservas territoriales bien localizadas para vivienda, industria ligera, equipamientos y parques urbanos.

#### Declaración de zonas de contención urbana

- Identificar áreas donde no se permitirá expansión urbana (zonas de conservación, suelos de valor agrícola alto, recarga hídrica).
- Establecer mecanismos normativos y económicos para su protección (zonificación restrictiva, estímulos fiscales, pagos por servicios ambientales).

#### Implementación de corredores ecológicos municipales

- Restaurar y conectar barrancas, humedales y parches de vegetación nativa.
- Diseñar infraestructura verde integrada (parques lineales, bordes agrícolas protegidos).
- Integrar la protección de corredores en los instrumentos de planeación y licencias de desarrollo.

#### Sistema de monitoreo territorial en tiempo real

- Implementar un sistema digital de información geográfica municipal (GIS) para monitorear cambios en el uso de suelo.
- Usar sensores remotos, imágenes satelitales y reportes ciudadanos para la vigilancia del crecimiento urbano.

#### Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Dirección de Desarrollo Urbano
  - Dirección de Ecología y Medio Ambiente
  - Coordinación de Agua y Gestión de Riesgos
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNATH)
  - Unidad de Planeación y Prospectiva Hidalgo
- Gobierno federal
  - Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Actores sociales y privados
  - Ejidos y comunidades agrarias
  - Desarrolladores inmobiliarios
  - Sociedad civil organizada (cooperativas, asociaciones ambientalistas)
  - Universidades y centros de investigación

#### 3.3.3.4 Estrategia 2: Gestión integral del agua

La gestión integral del agua en Atotonilco de Tula se concibe como una estrategia central para planificar, conservar, administrar y distribuir el recurso hídrico de manera eficiente y sostenible, equilibrando las necesidades de la población, la agricultura, la industria y los ecosistemas. Esta visión incluye acciones clave para reducir la sobreexplotación de acuíferos, mejorar la eficiencia de las redes de distribución, promover el reúso de aguas residuales y fortalecer la resiliencia hídrica ante el crecimiento urbano acelerado y los efectos del cambio climático.

El diagnóstico actual, así como el escenario contextual asociado a la entrada en operación de los trenes CDMX–Querétaro y CDMX–Pachuca, señalan que Atotonilco de Tula depende en gran medida del acuífero Cuautitlán-Pachuca, el cual ya presenta signos de sobreexplotación. Con la aceleración del crecimiento poblacional proyectado, la demanda anual de agua potable podría aumentar de 4.75 millones a cerca de 5.6 millones de metros cúbicos para el año 2050. Este incremento, combinado con la creciente ocupación urbana sobre zonas de recarga hídrica, representa una

amenaza directa a la disponibilidad del recurso. Sin una intervención decidida, el municipio podría enfrentar crisis hídricas que afectarían gravemente la salud pública, la productividad agrícola, el desarrollo industrial y la sostenibilidad de sus ecosistemas. Por ello, esta estrategia es crítica para mitigar los impactos negativos del crecimiento urbano no planificado y para garantizar el cumplimiento del escenario ideal al 2050.

Una adecuada gestión del agua permitirá no solo abastecer de forma segura y equitativa a la población y a las actividades productivas, sino también conservar servicios ecosistémicos fundamentales como la recarga de acuíferos, la regulación térmica y la preservación de la biodiversidad local. Con su implementación efectiva, Atotonilco de Tula podrá consolidarse como un municipio resiliente y sostenible, preparado para enfrentar los retos hídricos del futuro y avanzar hacia un modelo de desarrollo territorial ambientalmente responsable y socialmente justo.

Objetivo específico:

Asegurar el acceso sostenible al agua potable y a otros usos fundamentales (agricultura, industria, servicios urbanos) mediante la protección del acuífero, el fortalecimiento de la infraestructura, la eficiencia en la gestión y la diversificación de fuentes de abastecimiento.

Acciones estratégicas detalladas:

Fortalecimiento institucional de la CAASAT

- Profesionalizar la CAASAT mediante capacitación técnica y administrativa.
- Mejorar la transparencia en la gestión financiera y operativa.
- Implementar esquemas de gestión participativa del agua con usuarios urbanos y agrícolas.

Reducción de pérdidas físicas y mejoras en eficiencia

- Diagnosticar y rehabilitar la red de distribución para disminuir fugas.
- Sustituir infraestructura obsoleta y promover tecnologías de control inteligente (telemetría, detección de fugas).
- Implementar programas de cultura del agua para reducir el consumo per cápita, que actualmente ronda los 250 litros/hab/día.

Captación de agua pluvial y reúso de aguas residuales tratadas

- Construir sistemas de captación de agua de lluvia en escuelas, edificios públicos y nuevas urbanizaciones.



- Reutilizar aguas tratadas en riego de áreas verdes, parques industriales y agricultura tecnificada.
- Establecer normativas para integrar tecnologías de reúso y captación en nuevas licencias de construcción.

#### Protección de zonas de recarga hídrica

- Incorporar las principales zonas de recarga (barrancas, áreas agrícolas de baja densidad) como Áreas de Valor Ambiental.
- Incentivar prácticas agrícolas regenerativas que favorezcan la infiltración.
- Prohibir cambios de uso de suelo que afecten zonas de alta recarga en el POEL.

#### Diversificación de fuentes de abastecimiento

- Explorar la viabilidad de captación regional de agua superficial complementaria.
- Participar en convenios estatales o federales de gestión integrada de cuencas.
- Incentivar el uso de fuentes alternativas en la industria y grandes consumidores (agua de reúso, captación pluvial).

#### Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAASAT)
  - Dirección de Ecología y Medio Ambiente
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNATH)
- Gobierno federal
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Actores sociales y privados
  - Organizaciones de usuarios agrícolas
  - Asociaciones de industriales
  - Sociedad civil (comités de agua, ONG ambientales)

### 3.3.3.5 Estrategia 3: Mitigación del cambio climático

Esta estrategia tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y preservar servicios ecosistémicos fundamentales mediante un modelo de ocupación territorial orientado a la sostenibilidad. Para ello, se requiere planificar el crecimiento urbano e industrial con criterios ecológicos, proteger las zonas de recarga hídrica, evitar la ocupación de suelos agrícolas y ecosistemas estratégicos, y promover una expansión urbana de bajo impacto ambiental y alta resiliencia climática.

El escenario contextual evidencia que, entre 2025 y 2050, el crecimiento poblacional acelerado podría duplicar la superficie urbanizada, intensificar la presión sobre zonas clave para el ciclo hidrológico y consolidar un patrón de expansión con alta huella ecológica. Si no se adoptan medidas de control, este modelo fragmentado implicará mayores emisiones, pérdida de cobertura vegetal, impermeabilización extensiva y deterioro de los corredores ecológicos. En cambio, un enfoque basado en el ordenamiento ecológico del territorio permitirá orientar el desarrollo hacia zonas más adecuadas, reducir la necesidad de desplazamientos extensos, proteger áreas vitales para la biodiversidad y consolidar un patrón urbano más compacto, eficiente y alineado con la acción climática. Esta estrategia resulta clave para canalizar adecuadamente los efectos territoriales de los nuevos trenes y de la expansión urbana, transformando la presión en una oportunidad para construir un municipio compatible con los límites ecológicos.

El ordenamiento ecológico se posiciona, por tanto, como una herramienta decisiva para mitigar emisiones, conservar el capital natural y fortalecer la resiliencia del suelo, el agua y la población frente al cambio climático. Su aplicación efectiva es indispensable para alcanzar el escenario ideal al 2050, donde el desarrollo se sostiene en una relación armónica entre la sociedad, el medio ambiente y el uso responsable del territorio.

Objetivo específico:

Mitigar el cambio climático desde la escala local mediante un ordenamiento ecológico del territorio que integre criterios ecológicos en la ubicación del crecimiento urbano, el uso del suelo y la infraestructura.

Acciones estratégicas clave:

## Zonificación ecológica para usos del suelo bajos en carbono

- Incorporar criterios de mitigación en el POEL y los programas urbanos (densificación, contención urbana, usos mixtos).
- Evitar cambios de uso de suelo en áreas de recarga, vegetación natural o alta productividad agrícola.

## Protección y restauración de zonas estratégicas en el territorio

- Preservar barrancas, suelos agrícolas, pastizales y zonas forestales con funciones de captura de carbono y regulación hídrica.
- Incentivar la reforestación urbana y periurbana con especies nativas para compensar emisiones.

## Infraestructura climáticamente inteligente

- Diseñar vialidades, servicios e infraestructura con criterios de bajo impacto y resiliencia (infraestructura verde, drenaje natural).
- Localizar nuevas infraestructuras urbanas cerca de nodos de transporte público y áreas ya urbanizadas.

## Modelo de ocupación territorial eficiente y conectado

- Favorecer el crecimiento compacto y la integración territorial para reducir desplazamientos y consumo energético.
- Conectar áreas verdes y corredores ecológicos para preservar la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

## Instrumentación de herramientas de gestión climática territorial

- Incluir criterios climáticos en los dictámenes de uso de suelo y licencias urbanas.
- Desarrollar mapas de vulnerabilidad y emisiones locales para orientar decisiones de planeación.

## Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Dirección de Planeación, Ecología y Desarrollo Urbano
- Gobierno estatal de Hidalgo

- SEMARNATH, Secretaría de Desarrollo Urbano
- Gobierno federal
- SEMARNAT, INECC, SEDATU
- Sociedad civil y academia
- Ejidos, universidades, colectivos ambientales, colegios de arquitectos y urbanistas

#### **3.3.3.5.1 Estrategia 4: Protección y restauración de áreas estratégicas**

La protección y restauración de áreas estratégicas consiste en identificar, conservar y rehabilitar ecosistemas y zonas productivas de alto valor ambiental y social, esenciales para la provisión de servicios ecosistémicos como la recarga de acuíferos, la regulación climática, la producción agrícola, la biodiversidad y la resiliencia frente al cambio climático.

El diagnóstico territorial y ambiental de Atotonilco de Tula muestra que más del 60% de su superficie mantiene actualmente coberturas de valor ambiental o productivo (agrícola, barrancas, zonas de recarga). Sin embargo, el escenario contextual con el crecimiento acelerado —por los trenes y la presión urbana— proyecta una pérdida potencial de entre 1,500 a 2,000 hectáreas de suelos agrícolas y áreas naturales para 2050 si no se toman medidas de protección. El deterioro de estas áreas significaría no solo la pérdida de funciones ecológicas clave, sino también un debilitamiento de la seguridad alimentaria local, el incremento de riesgos hídricos y climáticos, y la fragmentación de corredores ecológicos vitales.

Esta estrategia es indispensable para contrarrestar la amenaza de urbanización desbordada, fragmentación ecológica y pérdida de servicios ambientales proyectada en el escenario contextual.

Al proteger y restaurar áreas estratégicas, Atotonilco de Tula puede mantener su capacidad de regulación hídrica, proteger su biodiversidad local, asegurar reservas de suelo productivo agrícola y preservar su resiliencia territorial ante fenómenos climáticos extremos. Sin esta estrategia, el municipio no solo perdería su capital natural, sino que también comprometería su viabilidad ecológica, económica y social de mediano y largo plazo. Con su implementación efectiva, se darán pasos decisivos para consolidar la visión de un municipio verde, resiliente y sustentable al 2050.

Objetivo específico:

Proteger y restaurar las áreas agrícolas estratégicas, zonas de recarga hídrica y corredores ecológicos prioritarios, asegurando su conservación a largo plazo y garantizando la provisión de servicios ecosistémicos para las futuras generaciones.

Acciones estratégicas detalladas:

Identificación y delimitación de áreas estratégicas de conservación

- Realizar un inventario actualizado de barrancas, zonas de recarga, suelos agrícolas de alta productividad y parches de vegetación natural.
- Delimitar legalmente áreas de valor ambiental municipal mediante acuerdos de cabildo y normativas locales para evaluar la posibilidad de transformarlas en áreas destinadas voluntariamente a la conservación (ADVC).

Instrumentación de zonas de protección y restauración

- Establecer normativas de uso restringido en zonas de conservación.
- Diseñar y ejecutar proyectos de restauración ecológica en barrancas degradadas y áreas de recarga (reforestación, manejo de suelos, control de erosión).

Implementación de corredores biológicos municipales

- Conectar fragmentos de hábitats naturales mediante corredores verdes funcionales.
- Incorporar infraestructura verde (parques lineales, áreas naturales urbanas) en nuevos desarrollos urbanos y zonas periurbanas.

Programas de incentivos para la conservación productiva

- Establecer programas de pagos por servicios ambientales (PSA) para productores agrícolas que mantengan prácticas sostenibles.
- Promover la agroforestería y agricultura regenerativa en zonas de amortiguamiento ecológico.

Educación ambiental y participación comunitaria en la conservación

- Impulsar campañas educativas en escuelas, barrios y ejidos sobre la importancia de las áreas estratégicas.

- Fomentar proyectos de conservación liderados por comunidades, ejidos y cooperativas.

Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Dirección de Ecología y Medio Ambiente
  - Dirección de Desarrollo Rural
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (SEMARNATH)
- Gobierno federal
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
  - Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Actores sociales y privados
  - Ejidos y comunidades rurales
  - Cooperativas agrícolas y ambientales
  - Sociedad civil organizada (organizaciones ambientales, universidades)

### 3.3.3.6 Estrategia 5: Impulso a la vivienda sostenible y accesible

El impulso a la vivienda sostenible y accesible implica fomentar el desarrollo de viviendas adecuadas, bien ubicadas, eficientes en el uso de recursos y asequibles para la población, alineadas con un modelo urbano compacto, ordenado y resiliente. Esta estrategia busca atender la demanda habitacional proyectada, evitando el crecimiento desordenado, la ocupación de suelos agrícolas y la creación de nuevos asentamientos irregulares. En el escenario contextual, el crecimiento poblacional proyectado entre 2025 y 2050 incrementará la demanda de viviendas de unas 24,800 (escenario tendencial) a cerca de 30,000 unidades. Esta presión puede derivar en la expansión desordenada sobre suelos agrícolas estratégicos y áreas de conservación, además de generar déficit de servicios básicos en nuevas zonas urbanas. El diagnóstico actual revela que ya existe presión sobre suelos de valor agrícola en el borde urbano, y que

parte del crecimiento reciente ha ocurrido de forma irregular. La planeación adecuada de la vivienda es fundamental para evitar riesgos de vulnerabilidad social, pérdida de tierras de producción y fragmentación ecológica.

Esta estrategia es esencial para orientar el crecimiento urbano acelerado que se prevé tras la construcción de los trenes. Sin una política clara de vivienda ordenada, el municipio correría el riesgo de repetir patrones de expansión dispersa, con asentamientos informales sobre suelos agrícolas estratégicos o zonas ambientalmente sensibles. Por el contrario, mediante la consolidación de una oferta de vivienda sostenible y accesible, Atotonilco de Tula podrá garantizar la integración social, el acceso equitativo a servicios básicos y la conservación del capital natural, avanzando firmemente hacia el escenario ideal proyectado para 2050.

Objetivo específico:

Garantizar la construcción y localización de viviendas sostenibles, accesibles y adecuadamente integradas al tejido urbano, reduciendo la ocupación de áreas estratégicas y asegurando la provisión eficiente de servicios básicos.

Acciones estratégicas detalladas:

Definición de Reservas Territoriales para Vivienda Planeada

- Delimitar y proteger reservas urbanas aptas para expansión habitacional controlada.
- Integrar la localización de reservas al Plan Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) y al POEL.
- Priorizar áreas cercanas a corredores de transporte público y zonas de servicios existentes.

Incentivo al Desarrollo de Vivienda Social Sustentable

- Fomentar proyectos de vivienda de interés social con criterios de eficiencia energética, captación pluvial y uso de materiales locales.
- Implementar requisitos de certificación ecológica para nuevos desarrollos (ej. EDGE, LEED residencial básico).

Prevención y Regularización de Asentamientos Irregulares

- Fortalecer los mecanismos de inspección y control de nuevos asentamientos no autorizados.



- Impulsar programas de regularización solo en zonas ambientalmente compatibles, asegurando acceso a infraestructura y servicios.

#### Promoción de Densificación Inteligente en Áreas Consolidadas

- Incentivar la densificación en zonas urbanas ya servidas mediante viviendas verticales de baja altura, viviendas dúplex o conjuntos habitacionales integrados.
- Favorecer usos mixtos de suelo que combinen vivienda con servicios, comercio y equipamientos básicos.

#### Educación y Concientización sobre Vivienda Sustentable

- Implementar campañas de sensibilización sobre los beneficios económicos y ambientales de vivir en zonas planeadas y sustentables.
- Involucrar a la ciudadanía en procesos participativos de definición de reservas territoriales y proyectos de vivienda.

#### Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Dirección de Desarrollo Urbano
  - Dirección de Obras Públicas
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Instituto de Vivienda del Estado de Hidalgo (INVIH)
  - Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda Estatal
- Gobierno federal
  - Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI)
  - Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU)
- Sector privado
  - Desarrolladores de vivienda
  - Cooperativas de vivienda social
- Sociedad civil y comunidad
  - Organizaciones vecinales
  - Asociaciones de colonos

### 3.3.3.7 Estrategia 6: Fortalecimiento de los Servicios Básicos Urbanos

El fortalecimiento de los servicios básicos urbanos implica expandir, modernizar y hacer más eficiente la infraestructura de agua potable, drenaje sanitario, energía eléctrica, gestión de residuos sólidos y saneamiento, garantizando su cobertura universal y su resiliencia ante el crecimiento poblacional, urbano e industrial proyectado para Atotonilco de Tula. El diagnóstico y el escenario contextual indican que, entre 2025 y 2050, la población de Atotonilco crecerá de unos 57,000 a más de 100,000 habitantes, lo que significará un aumento de la demanda de servicios esenciales del 70–80%. Actualmente, la cobertura de agua potable y drenaje es deficiente en zonas periféricas, la recolección de residuos sólidos no está sistematizada en todas las colonias, y la infraestructura eléctrica presenta vulnerabilidades ante sobrecargas. Si no se modernizan y expanden adecuadamente los servicios básicos, el municipio enfrentará riesgos de crisis sanitaria, degradación ambiental y conflictos sociales por el acceso desigual a infraestructura urbana.

Esta estrategia es determinante para garantizar que el crecimiento poblacional, urbano e industrial proyectado no desborde la capacidad de los servicios básicos municipales. Permite evitar escenarios de insalubridad, contaminación de cuerpos de agua, saturación de rellenos sanitarios, y colapso de redes eléctricas, que comprometerían la calidad de vida de la población y la competitividad del municipio. Con el fortalecimiento de los servicios básicos, Atotonilco de Tula no solo atenderá de forma adecuada su crecimiento, sino que también sentará las bases para una urbanización inteligente, eficiente y resiliente hacia 2050, en plena sintonía con su escenario ideal de desarrollo.

Objetivo específico:

Asegurar una cobertura completa, eficiente y sostenible de servicios básicos urbanos para toda la población y los sectores productivos, como base de un crecimiento ordenado, equitativo y ambientalmente responsable.

Acciones estratégicas detalladas:

Expansión de redes de agua potable y drenaje sanitario

- Ampliar las redes a las nuevas áreas de urbanización planificada, priorizando zonas de densificación.
- Rehabilitar tuberías obsoletas para reducir fugas y pérdidas de agua.

- Construir colectores y sistemas de drenaje separados (sanitario y pluvial) donde sea necesario.

#### Modernización de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

- Actualizar y aumentar la capacidad de las plantas existentes.
- Incorporar tecnologías de tratamiento terciario para el reúso de aguas tratadas en riego de parques y zonas agrícolas.

#### Fortalecimiento de la gestión integral de residuos sólidos

- Implementar programas de separación de residuos en origen y recolección diferenciada.
- Construir o modernizar centros de transferencia y estaciones de reciclaje.
- Promover la reducción de residuos orgánicos mediante compostaje comunitario.

#### Actualización de la infraestructura de energía eléctrica

- Coordinar con la CFE la ampliación de redes de media y baja tensión en nuevas urbanizaciones.
- Fomentar el uso de tecnologías de eficiencia energética y energías renovables en edificios públicos y nuevos desarrollos.

#### Adopción de sistemas de saneamiento sostenible

- Integrar sistemas de captación pluvial, biodigestores, humedales artificiales y otras soluciones basadas en la naturaleza para pequeñas comunidades o zonas rurales.
- Incorporar criterios de infraestructura verde en la planeación de nuevos fraccionamientos y equipamientos urbanos.

##### **3.3.3.7.1 Actores responsables**

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Comisión de Agua Potable y Alcantarillado (CAPAAT)
  - Dirección de Servicios Públicos Municipales
  - Dirección de Obras Públicas
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Comisión Estatal de Agua y Alcantarillado



- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Hidalgo (SEMARNATH)
- Gobierno federal
  - Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
  - Comisión Federal de Electricidad (CFE)
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Sector privado
  - Empresas concesionarias de recolección de residuos
  - Desarrolladores urbanos (infraestructura primaria)
- Sociedad civil
  - Asociaciones vecinales
  - ONGs ambientales y de desarrollo urbano

### 3.3.3.8 Estrategia 7: Participación social y gobernanza local

La participación social y la gobernanza local fortalecida implican involucrar activamente a los ciudadanos, ejidos, cooperativas, asociaciones civiles y sectores productivos en la planificación, gestión y vigilancia de las políticas públicas relacionadas con el desarrollo territorial, ambiental y social de Atotonilco de Tula. También significa construir instituciones municipales más transparentes, inclusivas y capaces de coordinar acciones con otros niveles de gobierno y sociedad. El diagnóstico evidencia que, aunque existen mecanismos básicos de participación (como consultas públicas), su impacto real en las decisiones municipales ha sido limitado. El escenario contextual, con el crecimiento acelerado y la presión sobre los recursos naturales, refuerza la necesidad de que la sociedad participe proactivamente en la defensa de su territorio, en la definición de prioridades de infraestructura, en el diseño de programas de conservación y en la supervisión del cumplimiento de normas urbanas y ambientales.

La experiencia de construcción de la Imagen Objetivo 2050 mostró que, gracias a talleres participativos con ejidos y entrevistas con líderes locales, es posible lograr visiones compartidas que den legitimidad y fuerza a los procesos de transformación territorial.

Objetivo específico:

Construir un modelo de gobernanza democrática, inclusiva y transparente que potencie la participación activa de la sociedad en la gestión territorial, ambiental y urbana, asegurando la sostenibilidad de largo plazo de Atotonilco de Tula.

Acciones estratégicas detalladas:

Consolidación del COE

- Garantizar la participación efectiva en el COE de ciudadanos, ejidos, cámaras empresariales, organizaciones ambientales y académicos.
- Garantizar la representatividad de distintos sectores y poblaciones (mujeres, jóvenes, comunidades rurales).

Fortalecimiento de los mecanismos de consulta y participación ciudadana

- Establecer procesos participativos obligatorios para la elaboración y actualización de planes urbanos, programas ecológicos y proyectos de infraestructura mayor.
- Utilizar metodologías accesibles como talleres, foros abiertos, encuestas y audiencias públicas.

Transparencia y rendición de cuentas en la gestión municipal

- Crear plataformas digitales abiertas en particular la bitácora ambiental del POEL para la publicación de proyectos, presupuestos, avances de obras y cumplimiento de objetivos de desarrollo.
- Implementar auditorías sociales ciudadanas a proyectos estratégicos de urbanización, infraestructura o conservación.

Formación y capacitación de actores locales

- Capacitar a ciudadanos, comités ejidales, cooperativas y OSCs en temas de planeación territorial, derechos ambientales y participación social efectiva.
- Desarrollar programas de educación ambiental en escuelas y comunidades rurales.

Impulso a alianzas estratégicas locales y regionales

- Promover acuerdos de colaboración entre municipios vecinos, sector privado, universidades y OSCs para proyectos de conservación, movilidad, vivienda y agua.

Actores responsables:

- Gobierno municipal de Atotonilco de Tula
  - Presidencia Municipal
  - Dirección de Participación Ciudadana
  - Dirección de Planeación y Desarrollo Urbano
- Gobierno estatal de Hidalgo
  - Secretaría de Planeación y Prospectiva
  - Instituto Estatal Electoral (promoción de participación democrática)
- Gobierno federal
  - Secretaría de Gobernación (participación ciudadana)
  - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (programas de educación ambiental)
- Sociedad civil y comunidades
  - Ejidos y comunidades agrarias
  - Organizaciones de la sociedad civil ambiental y social
  - Comités de vecinos y cooperativas locales

### 3.3.3.9 Estrategia 8. Desarrollo de turismo sustentable de base comunitaria

Atotonilco de Tula posee recursos naturales y culturales que, si bien han sido poco aprovechados, representan una oportunidad para diversificar la economía local a través del turismo de bajo impacto. Las barrancas, cerros, zonas agrícolas tradicionales, así como su cercanía con la zona arqueológica de Tula, constituyen elementos valiosos para el desarrollo de un modelo de turismo sustentable orientado a la conservación ambiental y al fortalecimiento de las economías comunitarias. Esta estrategia responde a la necesidad de crear nuevas fuentes de ingreso que no comprometan los ecosistemas ni la identidad del territorio, promoviendo un turismo que revalorice el paisaje rural, fomente el conocimiento ambiental y contribuya a la cohesión social. Al mismo tiempo, busca reducir las presiones sobre los suelos agrícolas y naturales provocadas por el crecimiento urbano desordenado o por actividades extractivas, integrando a los actores locales en la planeación y operación de experiencias turísticas sustentables. El turismo, bajo esta visión, se convierte en una herramienta de

conservación activa y una alternativa económica viable en contextos vulnerables al cambio climático.

Objetivo específico:

Fomentar un modelo turístico bajo en impacto ambiental, basado en la conservación del paisaje rural, la cultura local y los ecosistemas estratégicos, como alternativa económica sostenible para las comunidades.

Acciones estratégicas detalladas:

- Identificación de zonas con potencial ecoturístico y cultural (barrancas, cerros, rutas históricas y agrícolas).
- Capacitación a comunidades locales en turismo de naturaleza, senderismo interpretativo, gastronomía local y servicios básicos.
- Incentivos para la generación de pequeñas empresas turísticas comunitarias (rutas, miradores, hospedaje rural).
- Vinculación con programas federales de turismo sustentable y certificaciones ambientales (Distintivo S, Caminos del Mezcal, etc.).
- Promoción del turismo regional articulado a la zona arqueológica de Tula.

Actores responsables:

Dirección Municipal de Turismo, Secretaría de Turismo del Estado, ejidos y comunidades, organizaciones de la sociedad civil, SEMARNAT, SEDATU.

### 3.3.3.10 Estrategia 9. Ordenamiento y restauración ecológica de la actividad minera

La actividad minera no metálica ha tenido un papel significativo en el desarrollo económico de Atotonilco de Tula, pero también ha dejado impactos ambientales visibles en el paisaje, la cobertura vegetal y la integridad de los ecosistemas. En el diagnóstico territorial se identificaron diversas zonas afectadas por procesos extractivos sin criterios de restauración ni planificación espacial. Esta estrategia propone una transición hacia un modelo de minería regulada, ambientalmente responsable y espacialmente compatible con los objetivos del ordenamiento ecológico. La intención es evitar la expansión de esta actividad en áreas prioritarias para la conservación, la recarga hídrica o la producción agrícola de alto valor, al tiempo que se promueve la recuperación de sitios impactados mediante procesos de reforestación, restauración ecológica y reconversión productiva. Se reconoce que la minería puede coexistir con otras funciones territoriales, siempre que se someta a

regulaciones estrictas y a mecanismos de corresponsabilidad ambiental y social, incluyendo la participación activa de las comunidades afectadas.

Objetivo específico:

Regular y reorientar la actividad minera no metálica para evitar la degradación ambiental, preservar áreas estratégicas y promover procesos de extracción con responsabilidad ambiental y restauración postextractiva.

Acciones estratégicas detalladas:

- Zonificación de exclusión minera en barrancas, zonas de recarga y suelos agrícolas con alta aptitud.
- Revisión de concesiones activas y ordenamiento con criterios de aptitud y restaurabilidad.
- Establecimiento de planes de cierre y restauración obligatorios para bancos de material.
- Reforestación en sitios impactados y monitoreo comunitario de cumplimiento ambiental.
- Promoción de responsabilidad social empresarial y reconversión de zonas degradadas hacia usos compatibles.

Actores responsables:

Dirección de Ecología municipal, SEMARNAT, PROFEPA, ejidos, empresas extractivas, asociaciones locales.

### 3.3.3.11 Estrategia 10. Movilidad sostenible y accesible para la población

El crecimiento urbano e industrial de Atotonilco de Tula ha incrementado las necesidades de movilidad de su población, generando al mismo tiempo nuevas problemáticas ambientales y sociales. El tránsito vehicular pesado, la falta de transporte público eficiente y la ausencia de infraestructura para movilidad activa (peatonal y ciclista) han contribuido a la fragmentación territorial, al aumento de emisiones contaminantes y a condiciones de desigualdad en el acceso a servicios. Esta estrategia busca promover un sistema de movilidad sustentable que conecte eficientemente a las comunidades, centros de trabajo, zonas educativas y espacios naturales, priorizando soluciones de bajo impacto ambiental y alta inclusión social. La planeación del sistema de movilidad se convierte así en un instrumento clave para la equidad territorial, la reducción de la huella ecológica y la mejora de la calidad de vida,

particularmente en un contexto donde el cambio climático y la presión demográfica exigen alternativas sostenibles a la expansión del transporte motorizado.

Objetivo específico:

Desarrollar un sistema de movilidad resiliente, seguro y de bajo impacto ambiental que articule los centros de población, los ejes productivos y las zonas de conservación del municipio.

Acciones estratégicas detalladas:

- Jerarquización vial y contención del tránsito pesado fuera de zonas urbanas.
- Creación de rutas de transporte público entre comunidades, centros educativos y zonas industriales.
- Promoción de infraestructura para la movilidad activa (ciclovías, andadores peatonales, señalética ecológica).
- Incentivos para el uso de vehículos eléctricos o híbridos por parte del gobierno y empresas locales.
- Diseño de un plan integral de movilidad sustentable articulado al POEL y al PMDU.

Actores responsables:

- Dirección de Obras Públicas y Movilidad
- Instituto Municipal de Planeación
- Secretaría de Movilidad del Estado
- Empresas privadas
- Transportistas locales

### 3.3.3.12 Estrategia 11. Fortalecimiento de la salud pública ambiental

La salud ambiental es un componente esencial de la sostenibilidad territorial, especialmente en contextos como Atotonilco de Tula, donde la presencia de industrias, emisiones contaminantes y procesos de degradación ecológica inciden directamente en la salud de la población. El diagnóstico evidenció una alta incidencia de enfermedades respiratorias en el municipio, así como la falta de infraestructura y programas preventivos que vinculen la salud con la calidad del medio ambiente. Esta estrategia busca articular acciones desde el sector salud, el sector ambiental y la sociedad civil para reducir los impactos del deterioro ambiental sobre la población, especialmente en grupos vulnerables. La implementación de monitoreo atmosférico, campañas de educación ambiental y planes de salud preventiva orientados por

criterios territoriales permitirá construir una base sólida para la protección de la salud colectiva, al tiempo que se avanza en los compromisos de adaptación climática y justicia ambiental.

Objetivo específico:

Reducir los impactos del deterioro ambiental sobre la salud de la población, mediante un enfoque preventivo que integre la gestión ambiental, la calidad del aire y el acceso equitativo a servicios de salud.

Acciones estratégicas detalladas:

- Instalación de sistemas de monitoreo atmosférico comunitario.
- Programas de salud preventiva en comunidades expuestas a contaminación industrial.
- Vinculación del POEL con el PROAIRE regional y los programas estatales de salud ambiental.
- Implementación de barreras vegetales en zonas expuestas a polvo o emisiones.
- Campañas de educación ambiental y salud respiratoria en escuelas y comunidades vulnerables.

Actores responsables:

Servicios de Salud de Hidalgo, Dirección Municipal de Salud, SEMARNAT, PROFEPA, instituciones educativas, Comité de Ordenamiento Ecológico.

## 4 BIBLIOGRAFÍA

ONU-Hábitat. (2020). ***The value of sustainable urbanization***. United Nations Human Settlements Programme. <https://unhabitat.org/the-value-of-sustainable-urbanization>

Banco Mundial. (2019). ***Urbanization review: Planning for growth***. The World Bank. <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/publication/urbanization-review>

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU). (2020). ***Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano 2020-2024***.

Página | 99



Gobierno de México.  
<https://www.gob.mx/sedatu/documentos/programa-nacional-de-ordenamiento-territorial-y-desarrollo-urbano-2020-2024>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). **Revisión Territorial de Morelos, México.** OECD Publishing.  
<https://doi.org/10.1787/9789264707042-es>