

Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo

Atotonilco de Tula, Hidalgo

Entregable IV

Capítulo de Diagnóstico

Aptitud sectorial, conflictos ambientales, área a preservar o proteger y retsaurar, y compatibilidad e incompatibilidad entre planes, programas y acciones.



1 TABLA DE CONTENIDO

2	Acrónimos	3
3	Diagnóstico.....	6
3.1	Aptitud sectorial.....	6
3.1.1	....Atributos.....	11
3.1.2	....Selección y jerarquización de atributos por sector o actividad productiva ..	22
3.1.3	....Definición de restricciones.....	24
3.1.4	...Descripción de presiones y aptitudes.....	25
3.2	Conflictos ambientales	39
3.2.1	....Asentamientos humanos vs agricultura de riego	39
3.2.2	...Asentamientos vs conservación.....	39
3.2.3	...Minería vs agricultura de temporal	39
3.2.4	..Minería vs conservación.....	40
3.3	Áreas a preservar, proteger o restaurar	41
3.3.1	....Sitios para conservar: Áreas Prioritarias para el Mantenimiento de los Bienes y Servicios Ambientales (APMSA)	41
3.3.2	...Sitios para proteger: Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad (APCEB)	62
3.3.3	...Áreas de restauración.....	70
4	Compatibilidad e incompatibilidad (impacto) de planes, programas y acciones ejecutados o con potencial de ejecutarse en el territorio por los diferentes órdenes de gobierno.....	91
5	Bibliografía	137

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.

GEI: 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 Acuicultura 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

POELP: Programa de Ordenamiento Ecológico Local Participativo

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 DIAGNÓSTICO

3.1 Aptitud sectorial

El ordenamiento territorial es una política pública, una disciplina científica y un proceso técnico-administrativo que guía la toma de decisiones concertadas entre actores sociales, económicos, políticos y técnicos para el uso ordenado del territorio y el aprovechamiento sostenible de sus recursos (MA, 2016). Este proceso debe considerar variables clave como la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad, los servicios ambientales y los intereses sectoriales sobre el territorio.

En este marco, el análisis de aptitud del territorio es una herramienta fundamental para enfrentar la complejidad territorial. Permite evaluar las características del terreno que favorecen diferentes actividades, fomentar usos compatibles en zonas con alto potencial y evitar conflictos ambientales mediante la separación de usos incompatibles (PEDUOET, 2019).

La aptitud del territorio se define como la capacidad de un espacio para el desarrollo de actividades humanas, considerando sus características físicas, ambientales y ecológicas (RLGEEPAOT, DOF 2014). El análisis de aptitud es el procedimiento técnico que permite identificar y seleccionar los usos más adecuados del suelo, integrando criterios como el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la conservación de ecosistemas y biodiversidad, y el mantenimiento de bienes y servicios ambientales, a partir de sus atributos ambientales. Estos atributos, cualitativos o cuantitativos, influyen en el desarrollo de las actividades humanas y de otros organismos vivos (RLGEEPAMOE, 2021).

En este contexto, la aptitud territorial puede entenderse como el grado de idoneidad de un área para cierto uso o actividad, considerando la combinación de condiciones que favorecen su establecimiento sin generar conflictos ambientales. El análisis de aptitud es una herramienta clave del ordenamiento ecológico, ya que permite:

- Proponer un modelo de ocupación territorial que optimice la localización de la población y las actividades productivas.
- Promover el uso sustentable de los recursos naturales.
- Identificar zonas prioritarias para la conservación o restauración.
- Prevenir o mitigar conflictos ambientales derivados de actividades incompatibles en un mismo espacio.

Además, se incorpora el concepto de interés o presión sectorial, que alude a la preferencia de ciertos sectores económicos por territorios con condiciones favorables

para su desarrollo, aunque ello pueda generar presión sobre los recursos naturales. El análisis, por tanto, busca conciliar este interés con criterios ambientales, diferenciando entre zonas con simple interés sectorial y aquellas que, además de ser ambientalmente aptas, no comprometen recursos estratégicos ni servicios ecosistémicos (Sorani & Rodríguez, 2015).

Para la elaboración del análisis de aptitud territorial se empleó una metodología de análisis multicriterio basado en sistemas de información geográfica, mismo que puede ser definido como un proceso que integra y transforma datos geográficos (mapas de atributos) y juicios de valor (las preferencias del analizador) para obtener la evaluación total de las alternativas de decisión (Borouhaki y Malczewski, 2008).

El proceso consta de los siguientes pasos:

- selección de las variables o factores (en este caso los atributos ambientales)
- creación del mapa en formato ráster¹ de la variable
- normalización de los valores del mapa entre 0 y 10
- definición de los pesos de los atributos
- agregación de las variables utilizando la suma ponderada
- obtención del mapa de interés sectorial por sector o actividad
- aplicación de limitantes (ecosistemas y biodiversidad; bienes y servicios ecosistémicos; riesgos)
- obtención del mapa de aptitud territorial por sector o actividad

La fórmula para el cálculo de la suma ponderada es la siguiente:

$$I = \sum_1^n P_n A_n$$

Dónde:

I = valor del indicador

¹ Un ráster consta de una matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información.

2	1	4	4	1
2	2	1	3	1
3	1	1	1	1
1	2	1	2	1
3	2	2	1	2
1	1	3	4	4

n = número de atributos

P_n = Peso del atributo n

A_n = Valor del atributo n

De esta manera, por ejemplo, para calcular la aptitud territorial para la agricultura de granos, el primer paso fue la selección de los atributos ambientales relevantes para esta actividad, considerando la información obtenida en reuniones de trabajo y talleres sectoriales. Los atributos definidos fueron: suelos adecuados, bajo riesgo de sequía, pendiente baja a moderada y accesibilidad. Posteriormente, se elaboraron mapas individuales para cada atributo, cubriendo toda el área de estudio con una resolución espacial de 20x20 metros. En el caso del suelo, se construyó un mapa de aptitud en una escala de 0 a 10, evaluando propiedades como textura, profundidad, drenaje, contenido de materia orgánica y pH, donde el valor 10 representa condiciones óptimas y el 0 condiciones no aptas. Los valores intermedios se asignaron entre 1 y 9, según las características del pixel. Esta misma normalización a escala de 0 a 10 se aplicó al resto de los atributos, lo que permitió su comparación e integración en un análisis conjunto de aptitud.

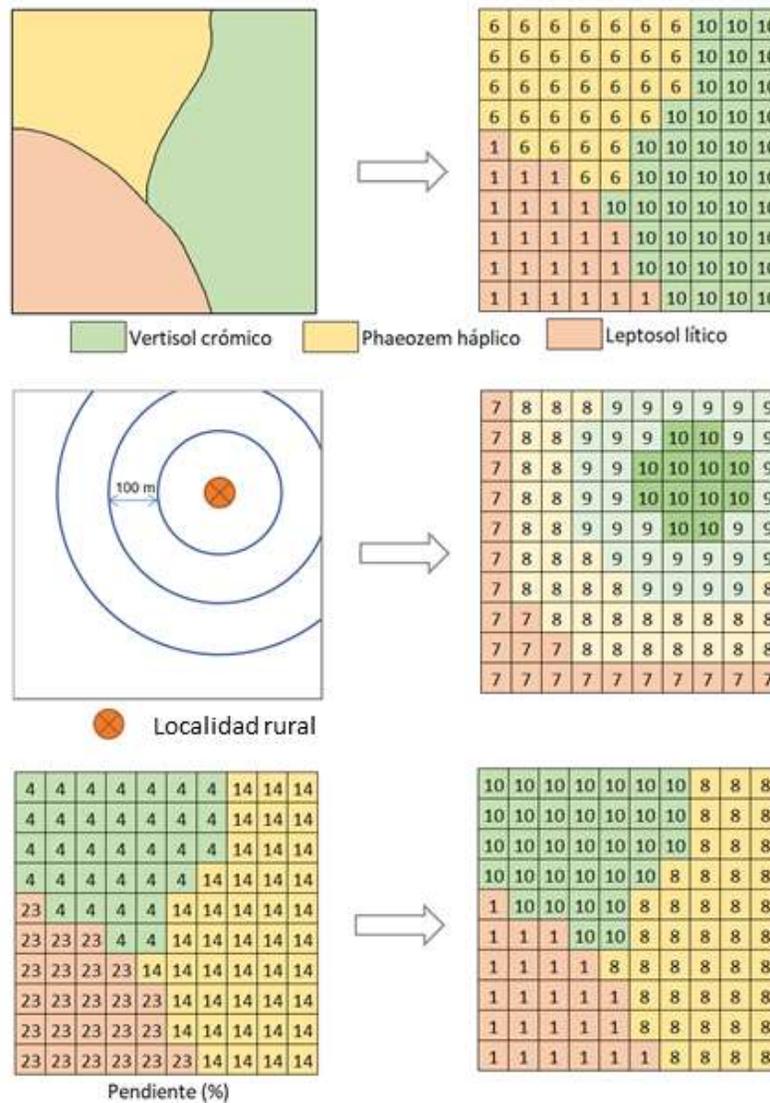


Figura 1. Ejemplo de conversión a formato ráster y normalización de valores de mapas de atributos

Fuente: DOF (2022)

El siguiente paso consistió en la asignación de pesos a cada atributo a utilizar en la suma ponderada del análisis multicriterio. Estos pesos se asignaron mediante la aplicación del proceso jerárquico analítico (AHP, por sus siglas en inglés) de Saaty (1997), que permite de una manera eficiente y gráfica analizar la información para la toma de decisión. El proceso consiste en una serie de pasos para evaluar la importancia de los atributos y asignar un peso final a cada uno de acuerdo a su comparación “por

pares” (comparaciones binarias). El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, que se somete a un análisis de sensibilidad, en la que se calcula la prioridad de cada elemento con respecto a los demás, obteniendo al final el porcentaje que cada una de las variables constituirá en la suma ponderada que permitirá calcular el mapa de interés sectorial, al utilizar en la fórmula los pesos obtenidos del AHP.

$$PresAgR = P_1A_1 + P_2A_2 + P_3A_3 + P_4A_4$$

Dónde:

PresiAgR = Interés sectorial de agricultura de granos

P1 = Peso del atributo suelos

A1 = Atributo suelos

P2 = Peso del atributo sequías

A2 = Atributo sequías

P3 = Peso del atributo pendiente

A3 = Atributo pendiente

P4 = Peso del atributo accesibilidad

A4 = Atributo accesibilidad

La capa de interés sectorial permite identificar los territorios que poseen valores elevados para los atributos que interesan al sector agrícola para su desarrollo. Además, es importante identificar aquellos territorios que no constituyen espacios prioritarios para la conservación de ecosistemas y biodiversidad o para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales, tal y como lo marca la LGEEPA, y que por lo tanto conformarán las áreas de alta aptitud territorial.

Este proceso se genera a partir de la incorporación de zonas de restricción, mismas que corresponden a los territorios identificados como áreas prioritarias, tal y como se muestra en el ejemplo en la siguiente figura.



Figura 2. Ejemplo de multiplicación para obtener un mapa de aptitud territorial.

Fuente: DOF (2022)

El raster resultante muestra entonces zonas con valores de aptitud nulos para las zonas de alta prioridad ambiental, y zonas con valores de aptitud elevados para el desarrollo de cada actividad sectorial. Cabe resaltar que para algunos sectores en particular no se aplican zonas de restricción, dado que estos son compatibles con la conservación y manejo de los ecosistemas, tales como el turismo de naturaleza, el turismo extremo o el aprovechamiento de recursos forestales no maderables, entre otros.

Para realizar el análisis de aptitud territorial, tanto los sectores económicos como los atributos ambientales y sus valores ponderados (jerarquización) para cada sector fueron definidos en los diferentes espacios de participación sectorial. Cada uno de los mapas de atributos ambientales y territoriales, así como de las zonas de restricción, se generaron a partir de la información de los diferentes subsistemas recopilada en la etapa de caracterización y diagnóstico.

3.1.1 Atributos

Para la definición de los atributos ambientales, el primer paso consistió en la determinación de los sectores productivos y actividades económicas que aprovechan el territorio. Cabe destacar además que dentro de los sectores se identificaron diversas actividades: como lo son los asentamientos humanos, la agricultura de temporal, agricultura de riego, ganadería, la minería no metálica, entre otros.

Una vez determinados los sectores a incorporar en el análisis de aptitud territorial, se procedió a la definición de los atributos ambientales a considerar mediante la investigación documental del área y la participación sectorial en los talleres sectoriales.

3.1.1.1 Accesibilidad

La accesibilidad es un factor clave para el desarrollo de las actividades humanas, ya que la posibilidad de acceder a distintas zonas del territorio condiciona el potencial de desarrollo de los sectores productivos. Para evaluarla, se utiliza el concepto de costo de desplazamiento (cost-distance), que integra variables como la distancia a las vías de comunicación, el tipo de cobertura del suelo (que puede facilitar o dificultar el tránsito) y la pendiente del terreno. Esto permite asignar un grado de accesibilidad a cada porción del municipio.

Es importante destacar que distintos sectores requieren diferentes tipos de infraestructura vial: mientras que los agricultores pueden desplazarse por veredas o caminos de brecha para acceder a sus parcelas, las actividades industriales dependen principalmente de vías pavimentadas. Por ello, se definieron dos enfoques para el análisis de accesibilidad: uno basado exclusivamente en vías pavimentadas y otro que incluye toda la red terrestre, considerando terracerías, brechas y veredas. Esto permitió generar dos mapas diferenciados: accesibilidad vial pavimentada y accesibilidad rural, adaptados a los requerimientos particulares de cada sector.

Tabla 1. Características que determinan la accesibilidad.

Características	Estado	Accesibilidad rural	Accesibilidad a partir de vías pavimentadas
Distancia a vías pavimentadas	Óptima	0-600 m	0-400 m
	Favorable	600-1,000 m	400-800 m
	Tolerable	1,000-1,600 m	800-1,200 m
	Desfavorable	>1,600 m	>1,200 m
Distancia a vías terrestres sin pavimentar	Óptima	0-300 m	No aplica
	Favorable	300-600 m	
	Tolerable	600-800 m	
	Desfavorable	>800 m	
Pendiente	Óptima		0-10%
	Favorable		10-20%
	Tolerable		20-40%
	Desfavorable		>40%
Cobertura del terreno	Óptima	Zonas artificializadas	
	Favorable	Zonas agropecuarias	
	Tolerable	Vegetación secundaria arbustiva o herbácea	

Características	Estado	Accesibilidad rural	Accesibilidad a partir de vías pavimentadas
	Desfavorable	Ecosistemas	
	Nula	Cuerpos de agua	

Fuente: elaboración propia

3.1.1.2 Conectividad

Este atributo es importante para aquellos sectores que dependen de las cadenas productivas que se enlazan a través de los principales corredores económicos del estado hacia otras regiones en su territorio o hacia otros estados. Considera la accesibilidad a partir de vías pavimentadas, pero agrega la variable de distancia a nodos logísticos, misma que se evalúa como óptima (0-5 km), favorable (5-15 km), tolerable (15-25 km) y desfavorable (>25 km).

3.1.1.3 Distancia a centros de población

La distancia a los centros de población es un atributo importante para diversos sectores, ya sea por el requerimiento de mano de obra, de servicios, de infraestructura, o por la distancia que el uso debe mantener con las zonas pobladas a fin de prevenir conflictos. Se presentan las distancias consideradas para la construcción del atributo de distancia a centros de población utilizado para identificar las zonas de interés de cada sector productivo: mientras que para algunos sectores únicamente se considera la cercanía, en otros también se establece una zona de amortiguamiento como en el caso de la industria.

Tabla 2. Distancia a centros de población.

Sectores	Asentamientos humanos rurales	Asentamientos humanos urbanos
Asentamientos humanos urbanos		Cercanía relativa (estado óptimo) (0-1,000 m ciudad central) (0-800 m de otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) (0-400m de centros urbanos de población mayores a 2,500 hab.) Cercanía moderada (estado favorable)



Sector	Asentamientos humanos rurales	Asentamientos humanos urbanos
		<p>(1,000-2,000 m ciudad central) (800-1,600 m de otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) (400-800 m de centros urbanos de población mayores a 2,500 hab.) (estado desfavorable) (>2,000 m ciudad central) (>1,600 m de otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) (>800 m de centros urbanos de población mayores a 2,500 hab.)</p>
Asentamientos humanos rurales	<p>Cercanía relativa (estado óptimo) (0-200 m de localidades rurales > 200 hab.) (0-100 m de localidades rurales < 200 hab.) Cercanía moderada (estado favorable) (200-400 m de localidades rurales > 200 hab.) (100-200 m de localidades rurales < 200 hab.) (estado desfavorable) (>400 m de localidades rurales > 200 hab.) (>200 m de localidades rurales < 200 hab.)</p>	
Industria		<p>Zona de amortiguamiento (estado tolerable) (0-1 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) Cercanía relativa (estado óptimo) (1-3 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) Cercanía moderada (estado favorable)</p>

Sectores	Asentamientos humanos rurales	Asentamientos humanos urbanos
		(3-5 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) (estado desfavorable) (>5 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.)
Minería no metálica		Cercanía relativa (estado óptimo) (0-5 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) Cercanía moderada (estado favorable) (5-10 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) Cercanía tolerable (estado tolerable) (10-15 km de ciudad central y otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.) (estado desfavorable) (>15 km de otras ciudades relevantes de más de 20,000 hab.)

Fuente: elaboración propia

3.1.1.4 Distancia a establecimientos turísticos

La proximidad a establecimientos turísticos (hoteles) es uno de los atributos más importantes para definir las zonas aptas para la actividad de turismo de negocios. Dicho atributo se generó a partir de los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, del que se obtuvieron las unidades económicas en este rubro, a partir de las cuales se generó una zona de influencia de 2 km.

3.1.1.5 Distancia a macrounidades económicas

La proximidad a macrounidades económicas es uno de los atributos más importantes para definir las zonas aptas para la actividad de turismo de negocios, dado que las zonas con mayor densidad de este tipo de establecimientos presentan una mayor visitación de turistas.

Este atributo se generó a partir de los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, del que se filtraron las unidades económicas con un tamaño de establecimiento mayor a 250 personas, a partir de las cuales se generó una zona de influencia de 2 km.

3.1.1.6 Ecosistemas atractivos para actividades turísticas

El turismo alternativo abarca diversas actividades entre las que destacan ecoturísticas, de observación e interpretación de la naturaleza, de aventura, entre otras muchas de estas ligadas a ecosistemas atractivos para los visitantes. La cobertura de uso de suelo y vegetación actual se reclasificó priorizando los diferentes tipos de ecosistemas de acuerdo con sus características de atractivo visual, diversidad de especies y rareza, con la finalidad de jerarquizarlos de acuerdo con su potencial para fines turísticos.

3.1.1.7 Ecosistemas prioritarios

Para este atributo, usado en el cálculo de aptitud para conservación, fue empleada la capa de ecosistemas prioritarios generada en el tema ***Áreas prioritarias para la preservación de ecosistemas y biodiversidad.***

3.1.1.8 Sitios turísticos

Los sitios turísticos representan uno de los principales elementos para determinar las zonas aptas para el desarrollo de actividades turísticas. Estos se clasificaron en función del tipo de atractivo: turismo convencional y ecoturismo.

A partir de cada sitio se definió una zona de influencia "Buffer", donde a 800 metros se consideraba como una distancia idónea, de 800 a 1600 se consideraba un valor óptimo.

Tabla 3. Rangos de distancia para atractivos turísticos

Características	Estado	Zona de influencia
Distancia a atractivos turísticos	Óptima	0-800 m
	Favorable	800-1,600 m
	Tolerable	1,600-2,400 m
	Desfavorable	>2,400 m

Fuente: elaboración propia

3.1.1.9 Paisaje

El paisaje representa un atributo importante particularmente para las actividades turísticas ya que incrementan los aspectos atractivos de un sitio. Para la identificación de las zonas con los paisajes más interesantes se utilizó el mapa del servicio ambiental de valores estéticos (visitación), el cual jerarquiza los paisajes del territorio del estado considerando su belleza escénica, atributo que incide en la aptitud para turismo.

3.1.1.10 Pendiente del terreno

La pendiente del terreno constituye uno de los atributos ambientales más relevantes. Esta característica del territorio limita el desarrollo adecuado de diversos sectores, determinando en buena medida zonas susceptibles a aprovecharse y otras que por las condiciones de pendiente no es posible, o en las que los resultados de la actividad resultarían incipientes. La mayoría de las actividades identificadas se ven limitadas por la inclinación del territorio. No obstante, cada actividad presenta una tolerancia diferenciada a la pendiente, lo que determina los territorios donde existe una mayor susceptibilidad para su desarrollo, cuando existen otras características o atributos que las impulsan.

Tabla 4. Rangos de pendiente utilizados para el atributo de pendiente del terreno por sector.

Sectores	Estado óptimo	Estado favorable	Estado tolerable	Estado desfavorable
Agricultura	0-4%	4-10%	10-40%	>40%
Ganadería extensiva	0-10%	10-20%	20-60%	>60%
Ganadería intensiva	0-4%	4-10%	10-40%	>40%
Forestal maderable	0-20%	20-40%	60-100%	>100%
Forestal no maderable	0-20%	20-40%	60-100%	>100%
Asentamientos humanos rurales	0-10%	10-20%	20-60%	>60%
Asentamientos humanos urbanos	0-4%	4-10%	10-40%	>40%
Industria	0-4%	4-10%	10-40%	>40%
Agroindustria	0-4%	4-10%	10-40%	>40%

Fuente: elaboración propia

3.1.1.11 Potencial geológico-minero

Este atributo indica las zonas donde existen sustratos geológicos con alto potencial para el aprovechamiento de materiales. Para generarlo se reclasificó la cobertura geológica jerarquizando los diferentes sustratos geológicos. Particularmente para los no metálicos se consideró también la densidad de minas actuales por sustrato, lo que facilitó la ponderación entre los sustratos con alto potencial para aprovechamiento.

Tabla 5. Potencial geológico minero

Geología	Ponderación
Aluvial	10
Andesita-Basalto	5
Andesita-Dacita	10
Arenisca-Lutita	5
Basalto	10
Caliza-Lutita	9
Caliza-Marga	10
Lacustre	2
Lutita-Caliza	4
Lutita-Marga	5
Riolita-Toba dacítica	6

Geología	Ponderación
Toba andesítica-Andesita	7
Toba riolítica-Toba dacítica	7

Fuente: elaboración propia

3.1.1.12 Precipitación

La precipitación es un factor determinante para la agricultura de temporal, ya que constituye la principal fuente de agua para los cultivos en ausencia de riego artificial. En este estudio, se utilizó la capa de precipitación de la etapa de caracterización, reclasificada en tres intervalos clave para evaluar su impacto en la viabilidad agrícola:

Tabla 6. Rangos de precipitación para la agricultura de temporal

Rango	Descripción	Estado
1364–1400 mm/año	Este rango, cercano al límite inferior óptimo, es adecuado para cultivos resistentes a sequías moderadas, como maíz criollo, frijol y sorgo	Favorable-Tolerable
1400–1800 mm/año	Rango ideal para la mayoría de cultivos de temporal, incluyendo cereales (maíz, trigo), hortalizas (calabaza) y algunos frutales (aguacate en laderas bien drenadas).	Óptimo
1800–1879 mm/año	Aunque aún adecuado, este rango implica riesgos de exceso de humedad, especialmente en suelos arcillosos.	Favorable-

Fuente: elaboración propia

3.1.1.13 Suelo

El atributo suelo se obtuvo a partir del mapa edafológico Serie III del INEGI, a escala 1:250,000, elaborado conforme a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB 2014), estándar internacional de clasificación aprobado por la Unión Internacional de Ciencias del Suelo (IUSS) y desarrollado por la FAO.

Las unidades edafológicas (UE) del mapa incluyen la siguiente información:

- Suelo dominante
- Calificador principal y calificador suplementario del suelo dominante
- Suelo asociado secundario y sus respectivos calificadores
- Suelo de menor presencia dentro de la unidad y su calificador principal
- Clase textural del suelo dominante
- Limitante física superficial

3.1.1.14 Zona de influencia de aprovechamientos mineros existentes

Las zonas bajo aprovechamiento actual para la extracción de minerales presentan interés sectorial hacia sus zonas adyacentes, por lo que se identificaron las zonas de influencia de los bancos de materiales pétreos y minas no metálicas bajo aprovechamiento existentes. La zona de influencia consideró un radio de 2.5 km, donde el área bajo mayor interés se localiza a menos de 800 mm y disminuyendo gradualmente, hasta superar los 2.4 km, donde se determinó que ya no existe interés y se consideró desfavorable.

3.1.1.15 Zona de influencia de los aeropuertos

La puesta en operación del Aeropuerto de Pachuca y el Internacional Felipe Ángeles (AIFA) ha generado una transformación significativa en la dinámica urbana y económica de la región norte del Estado de México y sur de Hidalgo. Su influencia se extiende de manera escalonada, creando patrones diferenciados de desarrollo según la distancia al aeropuerto, por lo que se terminaron las siguientes zonas de influencia:

Tabla 7. Zonas de influencia del aeropuerto

Distancia	Descripción	Asentamientos humanos	Industria	Turismo
0 - 5 km	Núcleo logístico. La proximidad al AIFA ha atraído inversiones en bodegas, centros de distribución y talleres especializados, aprovechando la conectividad aérea y terrestre. Sin embargo, las restricciones de	Desfavorable	Óptima	Óptima



Distancia	Descripción	Asentamientos humanos	Industria	Turismo
	ruido y seguridad limitan el crecimiento residencial.			
5- 12 km	<p>Corredor de alta densidad Expansión urbana acelerada con un boom de fraccionamientos y comercios, impulsados por la llegada de trabajadores y la mejora en vialidades (Autopista México-Pachuca).</p> <p>Riesgo: La especulación inmobiliaria ha elevado los precios del suelo hasta un 200% en los últimos tres años.</p>	Óptima	Óptima	Óptima
12 - 20 km	<p>Periferia urbano-industrial Opciones de vivienda económica para empleados del AIFA.</p>	Favorable	Favorable	Favorable
20 - 30 km	<p>Áreas de influencia regional Ciudades dormitorio se integran como alternativas habitacionales, aunque la distancia requiere mejoras en transporte.</p>	Tolerable	Tolerable	Tolerable
> 30 km	No aplica	Desfavorable	Desfavorable	Desfavorable

Fuente: elaboración propia

3.1.1.16 Zonas de agostadero

Las zonas de agostadero corresponden a áreas destinadas al pastoreo de ganado bajo esquemas de ganadería extensiva. Para definir este atributo, se realizó una reclasificación de la cobertura actual de uso de suelo y vegetación.

Se consideraron como zonas óptimas aquellas cubiertas por pastizales inducidos, pastizales naturales y vegetación secundaria arbustiva o herbácea, dada su relación directa con la actividad ganadera. Las zonas agrícolas se clasificaron como favorables, mientras que las zonas agrícolas de temporal y ecosistemas naturales fueron considerados de aptitud tolerable. Finalmente, se identificaron como desfavorables o nulas aquellas áreas donde el desarrollo de esta actividad ya no es viable, como asentamientos humanos, bancos de materiales, instalaciones agroindustriales y cuerpos de agua.

3.1.2 Selección y jerarquización de atributos por sector o actividad productiva

En la siguiente tabla se presentan los atributos seleccionados por sector o actividad productiva, así como su jerarquización y valor ponderado resultantes del AHP de cada uno en particular. Los valores obtenidos se utilizan como coeficientes de los diferentes atributos en la suma ponderada que permite determinar las zonas de interés de cada actividad analizada.

Tabla 16. Atributos, jerarquización y valor ponderado por sector o actividad productiva.

Sector o actividad	Atributo	Jerarquización	Valor ponderado
Asentamientos humanos	Pendiente	2	19.03
	Cercanía al aeropuerto	6	6.86
	Disponibilidad de agua	1	30.00
	Servicios	5	8.34
	Accesibilidad	4	17.77
	Cercanía a otros asentamientos humanos	3	18.00



Sector o actividad	Atributo	Jerarquización	Valor ponderado
Agricultura de riego	Disponibilidad de agua	1	39.17
	Fertilidad del suelo	3	24.42
	Accesibilidad	4	9.32
	Pendiente	2	27.09
Agricultura de temporal	Fertilidad del suelo	2	32.2
	Accesibilidad	4	17.8
	Pendiente	3	15.37
	Precipitación	1	34.63
Ganadería extensiva	Zonas de agostadero	2	30.53
	Pendiente	3	14.81
	Accesibilidad	4	14.46
	Disponibilidad del agua	1	40.2
Minería no metálica	Accesibilidad	3	0.22
	Influencia a bancos de materiales	2	0.33
	Litología	1	0.45
Turismo	Sitios turísticos	1	0.33
	Ecosistemas atractivos	2	0.21
	Establecimientos turísticos	4	0.14
	Accesibilidad	3	0.19
	Aeropuerto	5	0.13
Industria	Conectividad	1	0.32
	Distancia a macrounidades económicas	2	0.28
	Pendiente	4	0.13

Sector o actividad	Atributo	Jerarquización	Valor ponderado
	Accesibilidad	5	0.11
	Zona de influencia al gasoducto	3	0.16

Fuente: elaboración propia

3.1.3 Definición de restricciones

Como se describió anteriormente la consideración de zonas con restricciones permite diferenciar las áreas sobre las que tiene interés un sector, dado que cuentan con las características ambientales adecuadas para su desarrollo (interés sectorial o presión), de aquellas donde además de contar con dichas características el desarrollo de dicho sector no generara impactos significativos sobre los ecosistemas, la biodiversidad, los bienes y servicios ambientales y no ocupara zonas de alto valor para otros sectores donde estos ya se encuentran instalados. Las zonas con restricciones utilizadas corresponden a las capas de áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad, áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales generadas en el diagnóstico, además de zonas de riesgo.

Tabla 8. Zonas con restricciones utilizadas por sector en el análisis de aptitud territorial.

Sector o actividad	APCEB	APMS A	Riesg o	Programa de Manejo de Áreas Naturales Protegidas	Zonas ocupadas por otra actividad no susceptibles de aprovecharse
Agricultura de temporal	X	X		X	X
Agricultura de riego	X	X	X	N/A	X
Ganadería extensiva	X	X		X	X
Minería no metálica	X	X		X	X
Asentamientos humanos	X	X	X	X	X
Turismo	X	X	X	X	X
Industria	X	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia

3.1.4 Descripción de presiones y aptitudes

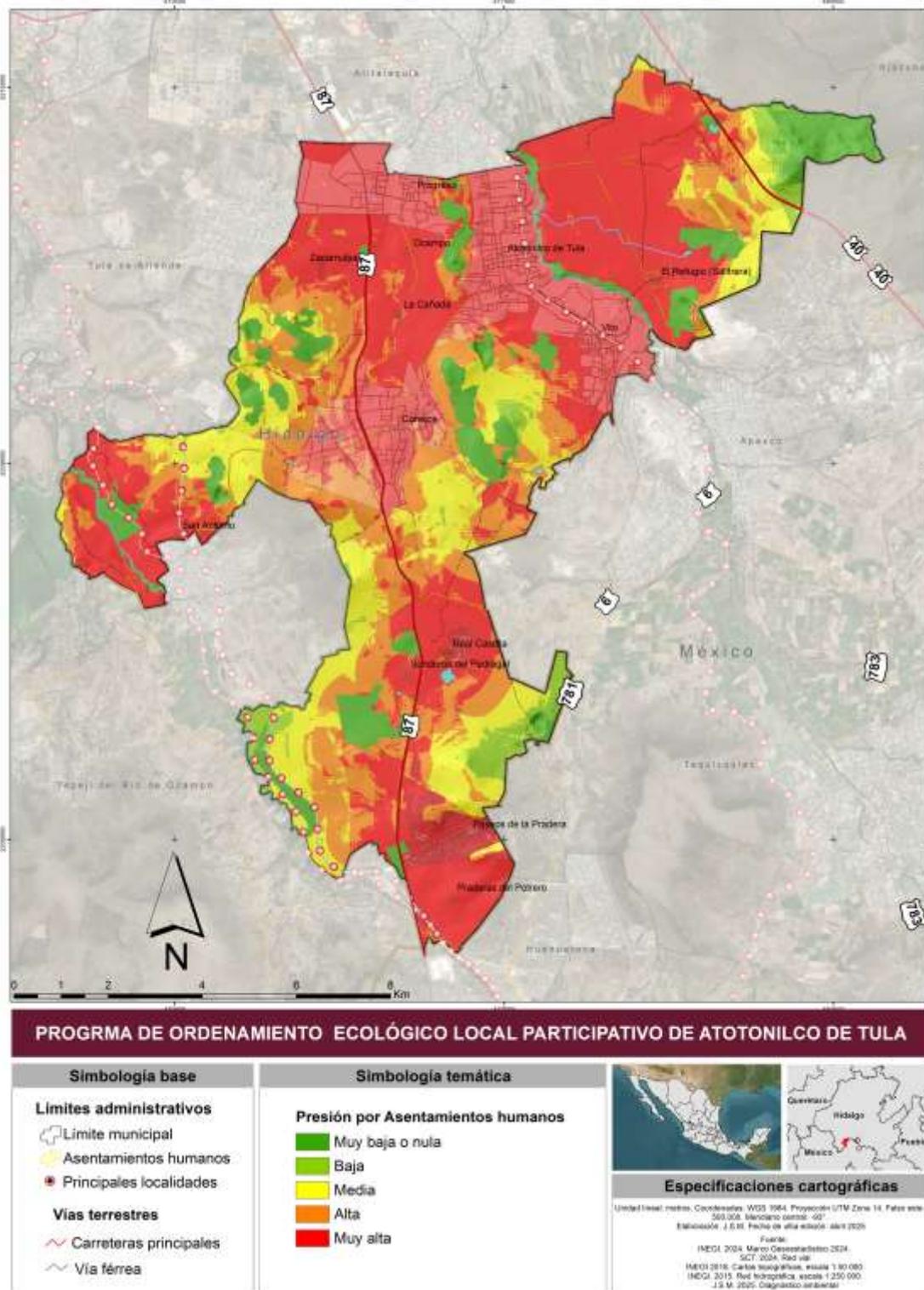
3.1.4.1 Asentamientos humanos

La presión muy alta por asentamientos humanos se presenta en todo el municipio, principalmente en la zona norte y noreste, donde actualmente se desarrolla la agricultura de riego. Otras áreas de muy alta presión corresponden a zonas adyacentes a localidades y fraccionamientos. En contraste, las áreas de muy baja presión se ubican en zonas con pendientes pronunciadas, superiores al 30 %, como en la región cerril al noreste del municipio, en los bosques de encino del cerro El Estudiante, o en áreas que actualmente cuentan con infraestructura.

Respecto a la aptitud para asentamientos humanos, las áreas de muy alta aptitud se concentran principalmente en la parte norte del municipio, aunque están restringidas a las zonas adyacentes a los asentamientos existentes, respetando aquellas áreas que actualmente se destinan a otras actividades, como la agricultura de riego. Las zonas de alta aptitud incluyen áreas con pendientes suaves y aquellas cercanas o rodeadas por asentamientos humanos dedicados actualmente a la agricultura de temporal.

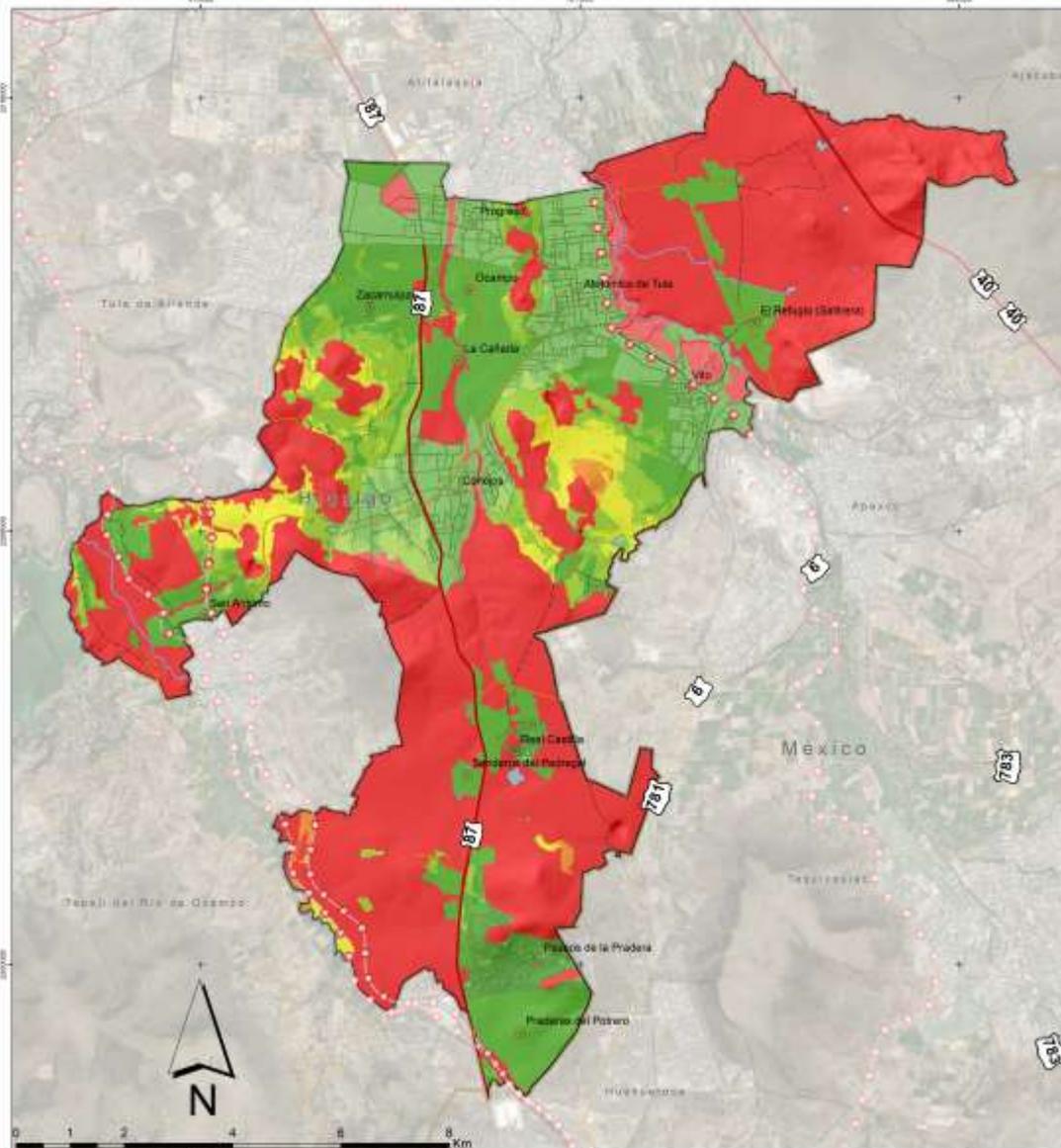
Por otro lado, las áreas no aptas para asentamientos humanos corresponden a zonas severamente degradadas por la explotación minera o bien a áreas en buen estado de conservación, como los cerros, entre ellos el cerro El Estudiante, donde se conserva vegetación natural de matorral en las partes bajas y de encino en las partes altas.

Mapa 1. Presión por asentamientos humanos



Fuente: elaboración propia

Mapa 2. Aptitud por asentamientos humanos



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL PARTICIPATIVO DE ATOTONILCO DE TULA

Simbología base	Simbología temática	Especificaciones cartográficas	
Límites administrativos  Límite municipal  Asentamientos humanos  Principales localidades Vías terrestres  Carreteras principales  Via férrea	Aptitud de asentamientos humanos  Muy baja o nula  Baja  Media  Alta  Muy alta	 	
		Unidades de medida: metros. Coordenadas: WGS 1984. Proyección: UTM Zona 14. Fuso horario: UTC-06:00. Identificación cartográfica: 877. Elaboración: J.S.M. Fecha de última edición: abril 2022. Fuente: INEGI. 2024. Marco Geoestadístico 2024. SICT 2024. Red vial. INEGI. 2018. Carta topográfica, escala 1:50,000. INEGI. 2015. Red hidrográfica, escala 1:250,000. J.S.M. 2020. Diagnóstico ambiental.	

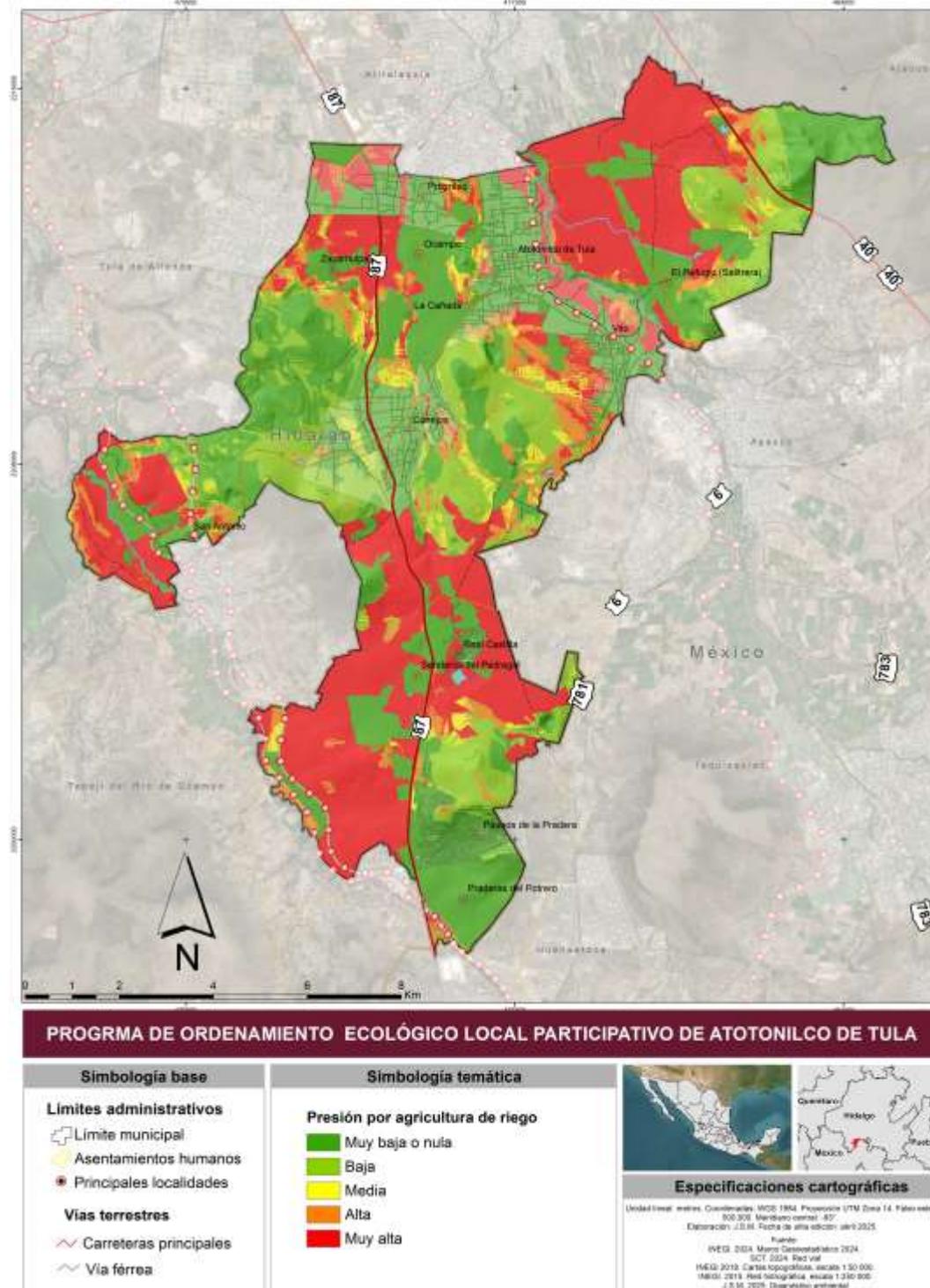
Fuente: elaboración propia

3.1.4.2 Agricultura de riego

Las áreas con presión por agricultura de riego se concentran en la porción noreste del municipio, donde actualmente se desarrolla esta actividad y donde podría extenderse hacia zonas adyacentes, siempre que la pendiente sea muy suave, es decir, menor al 8 %. También se identifican áreas de muy alta y alta presión en la porción centro-sur del municipio, donde las pendientes son bajas y actualmente se practica la agricultura de temporal, siendo el acceso al agua el principal factor limitante. Asimismo, en la zona oeste, las áreas contiguas a la planta de tratamiento se consideran de muy alta y alta presión para la agricultura de riego.

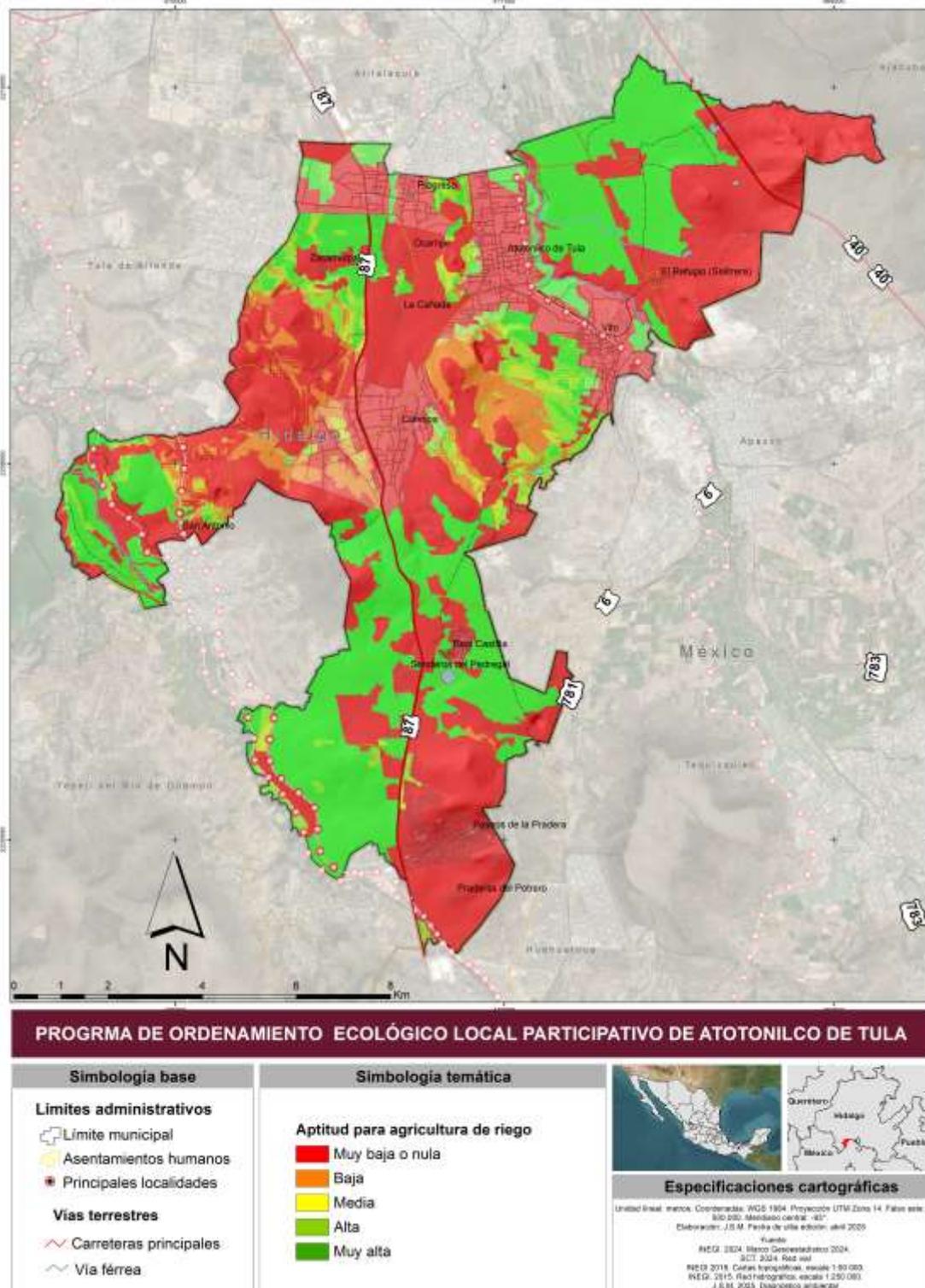
Respecto a la aptitud para la agricultura de riego, las áreas de muy alta aptitud también se localizan en la porción noreste del municipio, donde esta actividad ya se lleva a cabo, así como al oeste, en las inmediaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales, y en las áreas de cultivo contiguas a la presa Requena. En contraste, las áreas no aptas corresponden a zonas donde el suelo ha sido completamente transformado o degradado por actividades como el establecimiento de asentamientos humanos, la minería no metálica o donde la pendiente supera el 8 %.

Mapa 3. Presión por agricultura de riego



Fuente: elaboración propia

Mapa 4. Presión por agricultura de riego



Fuente: elaboración propia

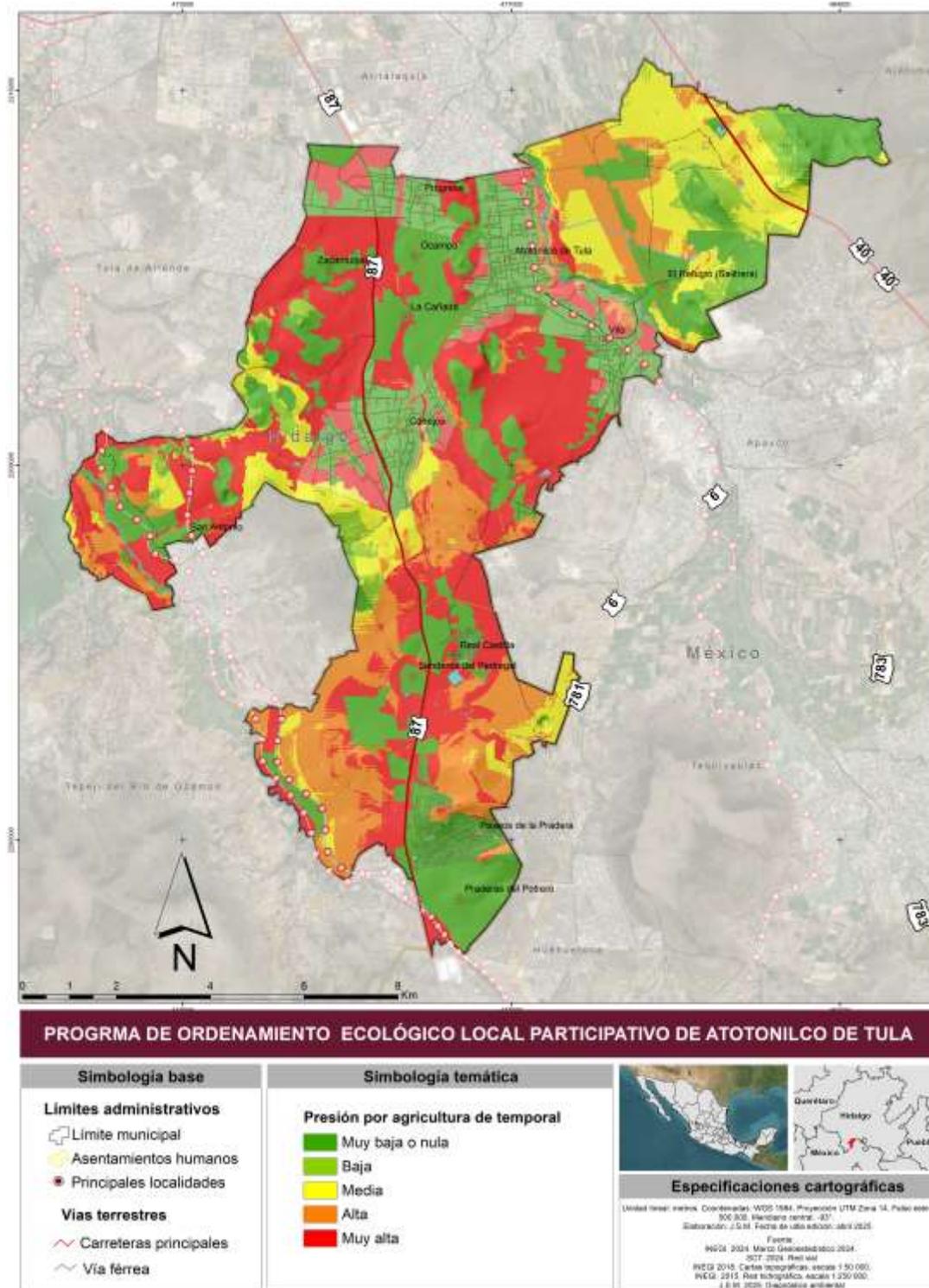
3.1.4.3 Agricultura de temporal

Las áreas de muy alta y alta presión por agricultura de temporal se distribuyen por todo el municipio, principalmente en zonas contiguas a aquellas donde actualmente se desarrolla esta actividad. Las áreas de presión moderada se localizan en terrenos con pendientes moderadas a altas, es decir, en zonas de laderas o faldas de elevaciones dentro del municipio, lo que representa una problemática asociada al cambio de uso de suelo. Por otro lado, las áreas de baja y muy baja presión coinciden con zonas ya transformadas, como los asentamientos humanos y las áreas afectadas por la minería no metálica.

Las áreas de muy alta aptitud para la agricultura de temporal corresponden a zonas ubicadas cerca de los asentamientos humanos, particularmente en la porción norte del municipio. Sin embargo, estas áreas también son objeto de presión por parte de los mismos asentamientos humanos. Por otro lado, las áreas con muy baja aptitud incluyen zonas que actualmente se destinan a la agricultura de temporal y aquellas con buen estado de conservación de la vegetación.

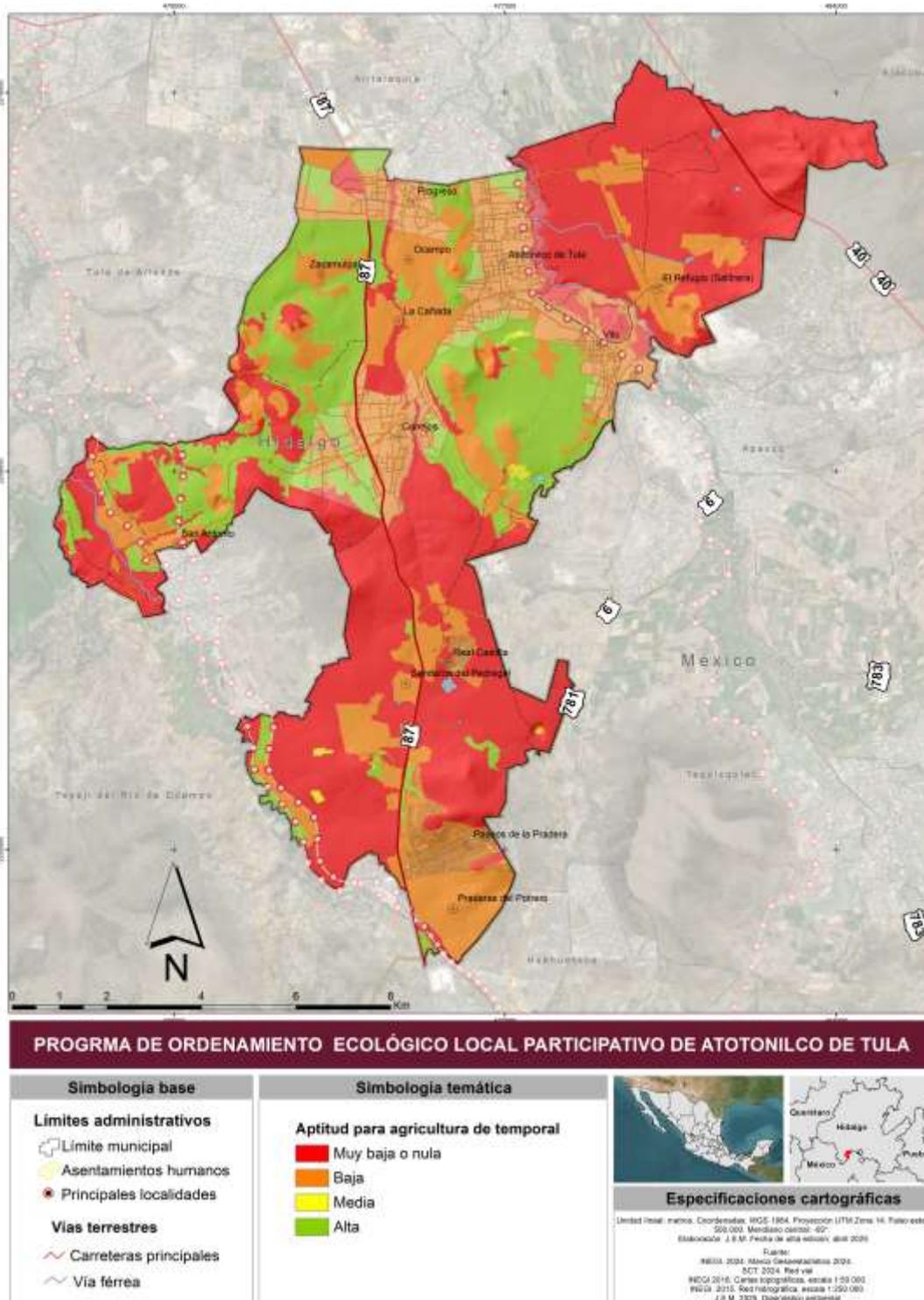


Mapa 5. Presión por agricultura de temporal



Fuente: elaboración propia

Mapa 6. Aptitud por agricultura de temporal

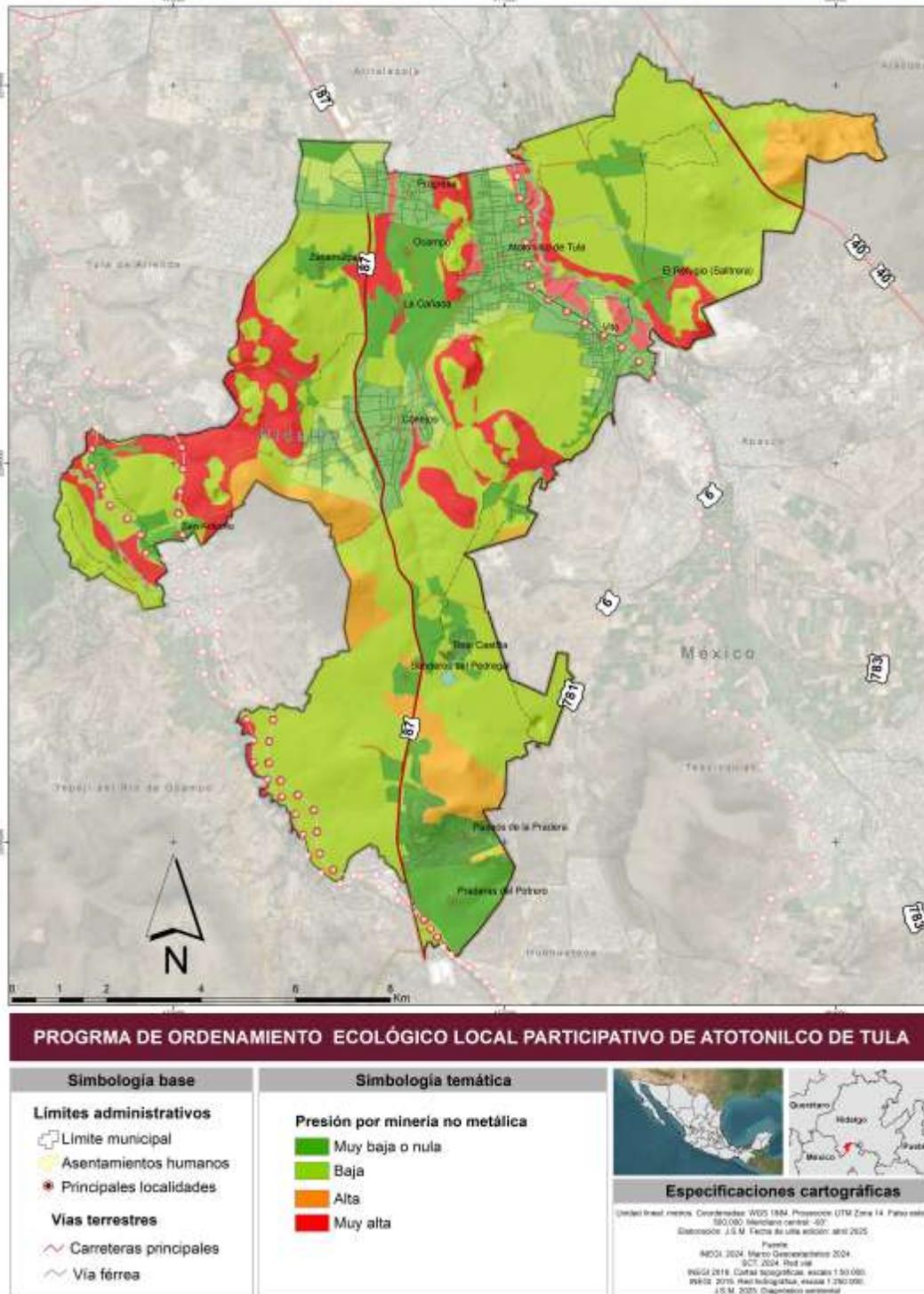


Fuente: elaboración propia

3.1.4.4 Minería no metálica

Las áreas de alta presión por minería no metálica se localizan en las zonas contiguas a las minas activas, como en el Cerro Blanco y Soyatlá. Las áreas de presión moderada corresponden a zonas cerriles que aún no han sido aprovechadas como bancos de materiales. Por otro lado, las áreas de baja y muy baja presión coinciden con asentamientos humanos o con zonas de muy baja pendiente, como aquellas actualmente utilizadas para la agricultura de riego.

Mapa 7. Presión por minería no metálica



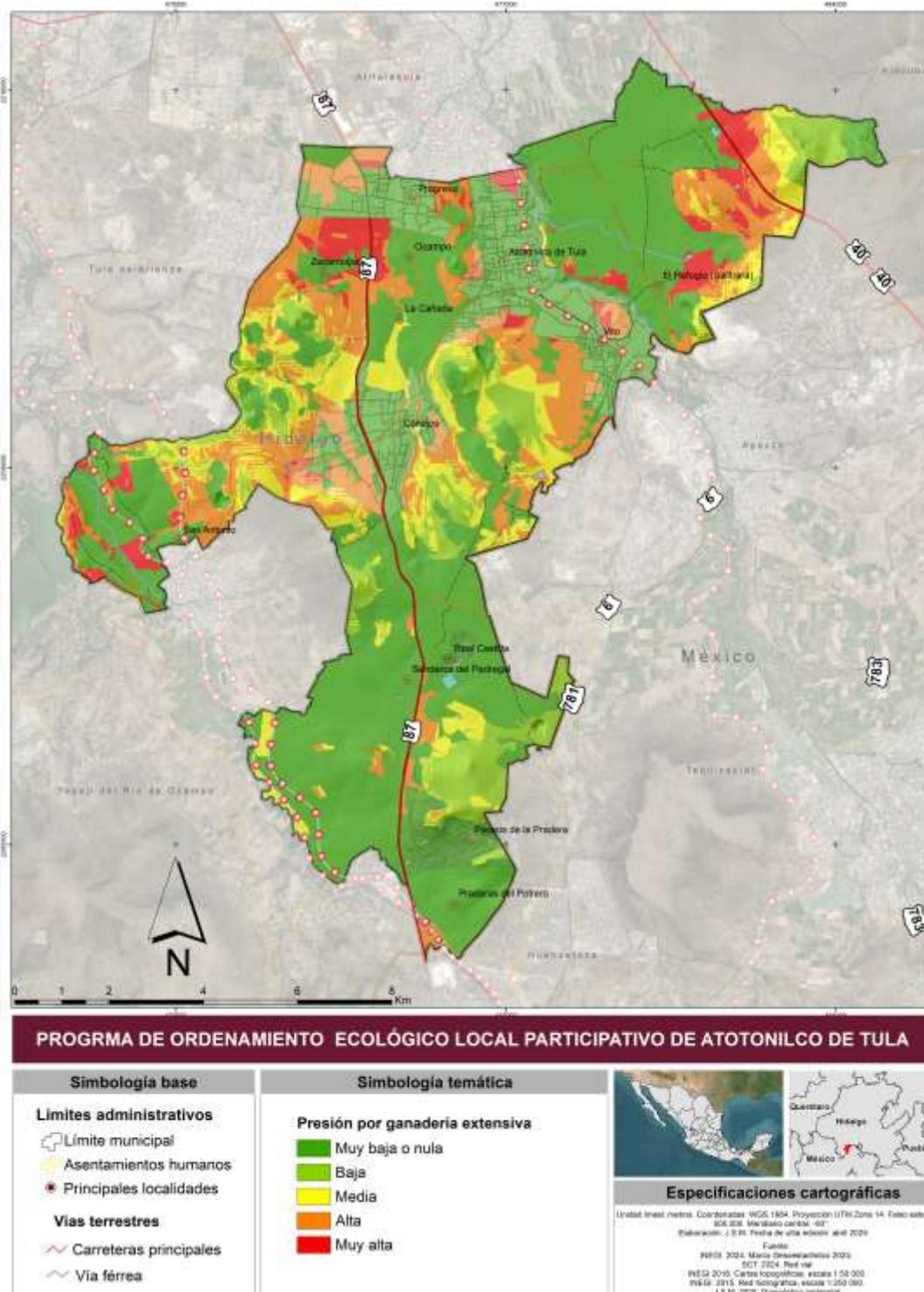
Fuente: elaboración propia

3.1.4.5 Ganadería extensiva

Las áreas de presión alta y muy alta corresponden a zonas donde comienza la vegetación, especialmente en las cercanías de los cerros, particularmente al noreste, en las faldas de los cerros Chiquihuitillo, Las Palmas y El Estudiante. En contraste, las áreas de baja y muy baja presión coinciden con zonas destinadas a la agricultura de riego o con áreas totalmente transformadas, como los asentamientos humanos y aquellas afectadas por la minería no metálica.

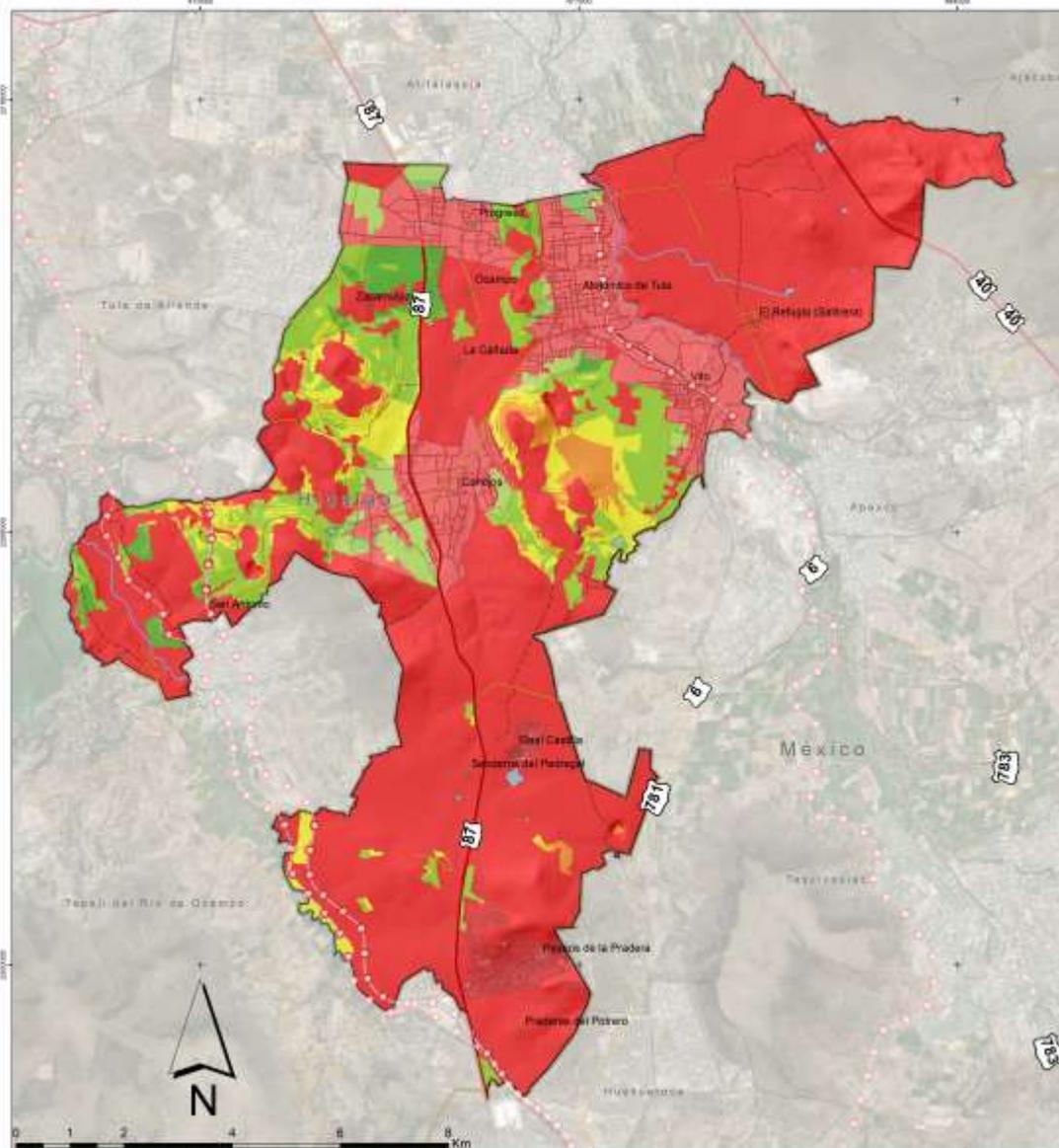
Respecto a la aptitud para la ganadería extensiva, las áreas de muy alta y alta aptitud corresponden a zonas de baja pendiente, actualmente utilizadas en su mayoría para la agricultura de temporal, principalmente en el norte del municipio. Las áreas de aptitud moderada se localizan en zonas con pendiente media, pero que en su mayoría ya no presentan cobertura forestal. Por otro lado, las áreas no aptas corresponden a zonas completamente transformadas por asentamientos humanos, actividades mineras o que actualmente se destinan a la agricultura de riego.

Mapa 8. Presión por ganadería extensiva



Fuente: elaboración propia

Mapa 9. Aptitud por ganadería extensiva



PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO LOCAL PARTICIPATIVO DE ATOTONILCO DE TULA

Simbología base	Simbología temática	Especificaciones cartográficas	
Límites administrativos  Límite municipal  Asentamientos humanos  Principales localidades Vías terrestres  Carreteras principales  Via férrea	Aptitud para ganadería extensiva  Muy baja o nula  Baja  Media  Alta  Muy alta	 	
		Unidades de medida: metros. Coordenadas: WGS 1984. Proyección: UTM Zona 14. Fuso horario: UTC-06:00. Identificación cartográfica: 877. Elaboración: J.S.M. Fecha de última edición: abril 2022. Fuente: INEGI. 2024. Marco Geoestadístico 2024. SCT. 2024. Red vial. INEGI. 2010. Carta topográfica, escala 1:50,000. INEGI. 2015. Red hidrográfica, escala 1:250,000. J.S.M. 2020. Diagnóstico ambiental.	

Fuente: elaboración propia

3.2 Conflictos ambientales

3.2.1 Asentamientos humanos vs agricultura de riego

El crecimiento desordenado de zonas urbanas del municipio ha generado una competencia directa por el acceso al agua con los agricultores de riego. Los asentamientos irregulares han modificado cauces naturales y sobreexplotado pozos, reduciendo la disponibilidad hídrica para cultivos tradicionales como maíz y alfalfa. Según datos del IMTA (2023), el 40% de los pozos agrícolas en la zona norte del municipio han visto reducidos sus caudales en la última década debido a la presión urbana. Los agricultores denuncian que las descargas de aguas grises de nuevas colonias contaminan sus suelos, mientras que los urbanizadores argumentan necesidades de vivienda ante el crecimiento industrial. Este conflicto se agrava por la falta de un plan de ordenamiento territorial que delimite claramente zonas habitables y áreas agrícolas protegidas.

3.2.2 Asentamientos vs conservación

La expansión de zonas residenciales hacia áreas naturales, particularmente en los cerros Las Palmas y Coyotillos, ha fragmentado ecosistemas clave que albergan especies endémicas como la biznaga de espinas rojas (*Mammillaria rhodantha*). Los defensores ambientales exigen la aplicación estricta de la LGEEPA para proteger las zonas de matorrales, mientras que los pobladores marginados alegan derecho a vivienda digna. Un caso emblemático es el conflicto en la comunidad de El Refugio, donde proyectos inmobiliarios amenazan corredores biológicos riparios. La falta de alternativas habitacionales planificadas y la debilidad en la aplicación de regulaciones ambientales alimentan esta tensión permanente.

3.2.3 Minería vs agricultura de temporal

Los campesinos denuncian que las explosiones en canteras afectan la estructura del suelo y que el polvo mineral cubre sus cultivos, reduciendo la fotosíntesis. Las empresas mineras argumentan contribución al PIB local y ofrecen programas de compensación, pero las comunidades rechazan estos esquemas por considerarlos insuficientes. Este conflicto es particularmente agudo en las comunidades de San Miguel de las Piedras y Santa María Ilucan.

3.2.4 Minería vs conservación

Organizaciones como el Frente Ecológico Hidalguense exigen la reubicación de bancos en áreas sensibles, mientras que las empresas invocan concesiones legales y derechos de explotación. El caso más polémico es la cantera "Cerro Blanco", donde se ha documentado la desaparición local de la lagartija espinosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*).

3.3 Áreas a preservar, proteger o restaurar

3.3.1 Sitios para conservar: Áreas Prioritarias para el Mantenimiento de los Bienes y Servicios Ambientales (APMSA)

3.3.1.1 Recarga del acuífero

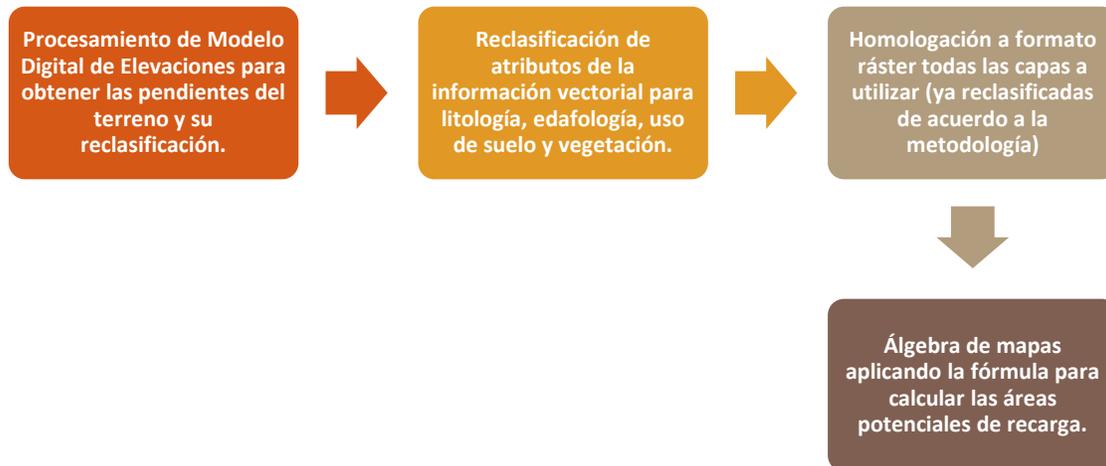
En el contexto actual de cambio climático y creciente presión sobre los recursos hídricos, el servicio de recarga del acuíferos emerge como un proceso ecológico fundamental para garantizar la seguridad hídrica y el equilibrio hidrológico, este servicio proporcionado naturalmente por ecosistemas estratégicos como bosques, humedales y zonas de infiltración.

La recarga hídrica de los acuíferos es el proceso mediante el cual el agua superficial o precipitación se infiltra a través de la zona no saturada del suelo hasta alcanzar el nivel freático, llegando hasta las formaciones geológicas subterráneas que almacenan y transmiten el agua incrementando así el volumen de agua almacenada (De Vries & Simmers, 2002). Este fenómeno es fundamental para la sostenibilidad de los recursos hídricos, ya que garantiza la disponibilidad de agua para consumo humano, la agricultura y los ecosistemas, especialmente en regiones áridas y semiáridas donde la dependencia del agua subterránea es crítica (Lerner, Issar, & Simmers, 1990). Además, la recarga natural ayuda a mitigar los efectos de la sobreexplotación de acuíferos, un problema global que conduce al descenso de niveles piezométricos, la intrusión salina y la degradación de la calidad del agua (Foster & Chilton, 2003).

3.3.1.1.1 Metodología

Actualmente, existen diferentes metodologías para calcular o identificar las áreas potenciales de recarga hídrica. Siendo uno de los métodos ampliamente utilizados para estimar la recarga hídrica la metodología propuesta por Matus en el año 2000, la cual se basa en un balance hidrológico simplificado que considera las variables de pendiente, edafología, la geología, así como la cobertura de uso de suelo y vegetación. Esta metodología de Matus Gráfica 1, integra coeficientes de infiltración asociados a las características edafológicas y de cobertura vegetal, lo que permite ajustar las estimaciones a condiciones locales. Su enfoque es particularmente útil en zonas con datos limitados, ya que requiere información básica accesible en estudios hidrogeológicos (Matus, Faustino, & Jiménez Otárola, 2009).

Gráfica 1. Esquema general de metodología para estimar las zonas de recarga hídrica.



Fuente: elaboración propia con información de Matus 2009

Las variables utilizadas se reclasificaron en valores numéricos, donde la ponderación a utilizar en cada una, se encuentra en una escala del 1 al 5, donde 1 corresponde al valor menos favorable para la recarga hídrica, mientras que, el 5 al más favorable. Siguiendo este criterio, se detalla cada uno de los insumos utilizados.

Pendiente: De manera general, las pendientes abruptas (superiores al 45%) son menos favorables para la infiltración y, por tanto, para la recarga hídrica de acuíferos. Esto se debe a tres factores clave, mayor escorrentía superficial, ya que, el agua de lluvia o deshielo tiende a fluir rápidamente cuesta abajo en lugar de infiltrarse en el suelo, lo que reduce el tiempo de contacto entre el agua y el terreno, limitando la percolación. Otro de los factores son que cuenta con un menor tiempo de residencia del agua, es decir, la gravedad acelera el movimiento del agua en laderas empinadas, lo que disminuye la oportunidad de que el suelo absorba la humedad (Horton, 1945). Por último el factor erosivo, ya que, las pendientes pronunciadas suelen tener suelos más delgados y menos desarrollados debido a la erosión, lo que reduce su capacidad de almacenamiento de agua (Montgomery & Dietrich, 1994).

Tabla 9. Reclasificación de pendientes en porcentaje.

Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
0-6	Muy alta	5
6-15	Alta	4

Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
15-45	Moderada	3
45-65	Baja	2
>65	Muy baja	1

Fuente: elaboración propia con base a la metodología de Matus.

Edafología: Siguiendo el mismo sentido, de manera general, aquellos suelos que presenten mayor porosidad y permeabilidad, serán los más favorables para la recarga. En un extremo, se encuentran los suelos arenosos, con predominio de partículas gruesas, que presentan una infiltración rápida y alta permeabilidad debido a su macroporosidad bien conectada, lo que facilita el paso del agua hacia los estratos subterráneos, los suelos francos, con una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, presentan un comportamiento intermedio en términos de infiltración. En estos casos, el coeficiente de infiltración de los suelos francos, suele oscilar entre 0.1 y 0.3, requiriéndose evaluaciones específicas de su estado estructural para estimaciones precisas. Particularmente interesantes resultan los suelos volcánicos o andosoles, cuya alta porosidad (frecuentemente superior al 50%) y estructura granular los convierten en excelentes medios de infiltración en regiones con esta geología (Béjar Pulido, y otros, 2020). En el extremo opuesto se encuentran los suelos arcillosos, cuya elevada proporción de partículas finas (generalmente más del 35% de arcilla) genera una estructura densa con microporos poco conectados. Esto deriva en conductividades hidráulicas notablemente bajas, provocando que el agua tienda a estancarse en superficie o generar escorrentía en lugar de infiltrarse. Solo en casos especiales, como suelos arcillosos fracturados o vertisoles con grietas de contracción, se observa una infiltración significativa a través de vías preferenciales. La situación se agrava en suelos urbanizados o compactados por actividades antrópicas, donde la reducción de porosidad puede alcanzar el 90% (Gregory, Dukes, Jones, & Miller, 2006), eliminando prácticamente su capacidad de infiltración.

Se reclasificaron de acuerdo con su textura y porosidad, tomando como base de referencia la clasificación de suelos de la WRB y del diccionario de datos edafológicos 1:250,000 de INEGI. Cabe mencionar, que la capa de edafología utilizada cuenta con 3 calificadores de suelo, es decir, el primer calificador, significa que más del 60% del suelo corresponde a esa clasificación, el segundo calificador, contempla de un 40% a un 20% del tipo de suelo de dicha clase y el tercer calificador, no contiene más de un 20% de cobertura espacial.

Tabla 10. Reclasificación de los tipos de suelo.

Grupo 1	Grupo 2	Posibilidad de recarga	Ponderación
Leptosol	No aplica	Muy baja	1
Technosol	No aplica	Muy baja	1
Vertisol	No aplica	Muy baja	1
Leptosol	Phaeozem	Baja	2
Phaeozem	Durisol	Baja	2
Phaeozem	Vertisol	Baja	2
Phaeozem	No aplica	Baja	2
Phaeozem	Leptosol	Moderada	3

Fuente: elaboración propia con base en la metodología de Matus (2009).

Geología: La evaluación cuantitativa del potencial de recarga hídrica requiere un análisis sistemático de las propiedades infiltrativas de las unidades geológicas presentes en un área de estudio. Siguiendo el mismo criterio las unidades clasificadas con valores 1 o cercanos (muy poco favorables) comprenden arcillas compactas y lutitas, las cuales presentan bajos valores de conductividad hidráulica (Belmonte Jimenez, Campos-Enríquez, & Herrera-Barrientos, 2003).

Con el valor 2 (poco favorables) se encuentran rocas metamórficas foliadas y rocas con alto contenido de limos, ya que sus valores conductividad varían entre 10^{-6} y 10^{-5} m/s. Investigaciones recientes han cuantificado que estas unidades permiten que solo del 3% al 10% de la precipitación efectiva alcance el nivel freático, correspondiendo a Ci de 0.05-0.15 en modelos de balance hídrico (García & Agudelo, 2014).

Las unidades clasificadas como muy favorables, se encuentran representadas por arenas no consolidadas y gravas, ya que exhiben los valores más altos de conductividad hidráulica $K (>10^{-3}$ m/s). Investigaciones recientes confirman coeficientes de infiltración muy altos en estos materiales, con tasas de recarga que pueden exceder 100 mm/año en climas áridos (Li, y otros, 2016). De tal manera, que dependiendo de las características de la roca, estas favorecerán o desfavorecerán el proceso de infiltración o almacenamiento.

Tabla 11. Reclasificación de los tipos de roca en el municipio de Atotonilco de Tula.

Litología	Posibilidad de recarga	Ponderación
Aluvial	Muy alta	5
Andesita-Basalto	Alta	4
Caliza-Marga	Baja	2
Lacustre	Moderada	3
No aplicable	Muy	1

Fuente: elaboración propia con base en los datos de INEGI

Uso de suelo y vegetación: Para este insumo, se toma en cuenta la capacidad de infiltración del agua según el uso de suelo y tipo de vegetación. Los bosques nativos presentan la mayor eficiencia, con altas tasas de infiltración gracias a su estructura porosa y redes de raíces (Chang, 2006). Los sistemas agroforestales y pastizales bien gestionados mantienen capacidades intermedias mientras que la agricultura intensiva reduce la infiltración en 40-70% por compactación del suelo (Návar & Synnott, 2000).

Las zonas urbanas son las menos favorables, con reducciones de infiltración superiores al 95% en áreas impermeabilizadas, aunque técnicas como pavimentos permeables pueden mitigar parcialmente este efecto (Yang & Zhang, 2011).

Para el insumo de uso de suelo, se tomaron en cuenta los parámetros más acercados a los de la metodología, sin embargo, aquellos que distaban mucho de las clases consideradas, se les asignó un valor de 0 con la finalidad de obtener una cobertura completa y evitar un mal cálculo en la aplicación de la operación algebraica. Las ponderaciones utilizadas para las clases de uso de suelo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12. Reclasificación del uso de suelo en el municipio de Atotonilco de Tula.

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Agricultura de riego	Baja	2
Agricultura temporal	Moderada	3
Asentamientos humanos	Muy baja	1

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Banco de materiales	Muy baja	1
Cuerpo de agua	Alta	4
Industria	Muy baja	1
Infraestructura ferroviaria	Muy baja	1
Pastizal inducido	Moderada	3
Planta tratadora de aguas residuales	Muy baja	1
Ríos	Alta	4
Vialidad	Muy baja	1
Zona sin vegetación aparente	Baja	2

Fuente: elaboración propia mediante el software ArcMap 10.8

Finalmente, el último insumo corresponde a la cobertura vegetal. Para este caso se utilizó la información generada en la etapa de caracterización, sin embargo, ya que la fórmula contempla un factor para cada uno de los insumos, fue necesario categorizar los polígonos que no corresponden a vegetación con un valor de 0, esto con la finalidad de no sobreestimar los valores en donde existen otros usos y, de contar con información continua de acuerdo al límite municipal.

Para contar con la capa de cobertura vegetal, o una estimación del porcentaje de cubierta vegetal permanente, se entiende como aquella comunidad vegetal que se encuentra presente en largos periodos de tiempo o que bien, tarda mucho tiempo en desarrollarse o es muy difícil que se pierda sin influencia antropogénica. Se utilizaron únicamente las clases que se clasifican en algún tipo de cobertura vegetal de la capa de uso de suelo y vegetación y para complementar el 100% del polígono, se les asignó un valor de 0 a los otros tipos de uso que no sean cobertura vegetal.

Tabla 13. Reclasificación del uso de suelo en el municipio de Atotonilco de Tula.

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque templado o subpolar de agujas	Muy alta	5
Matorral crasicaule	Moderada	3

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Matorral crasicaule secundario	Moderada	3
Vegetación riparia	Muy alta	5
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	Alta	4
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Alta	4
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	Moderada	3

Fuente: elaboración propia mediante el software ArcMap 10.8

Una vez generados los archivos correspondientes en formato ráster con el mismo tamaño de pixel (15m), el mismo tipo de dato (integer), así como la misma proyección, se utilizó la herramienta “Raster Calculator” aplicando la siguiente fórmula:

$$ZR = [0.27(Pend) + 0.23(Ts) + 0.12(Tr) + 0.25(Cve) + 0.13(Us)].$$

Donde:

Pend=Pendiente

Ts=Tipo de suelo

Tr=Tipo de roca

Cve=Cobertura vegetal

Us=Uso de suelo

Es importante destacar que las áreas con valor 0 en la reclasificación no fueron consideradas en la evaluación de las características intrínsecas de cada capa (suelo, geología o cobertura vegetal), ya que representan zonas donde dichos elementos no están presentes físicamente, como en el caso de superficies urbanas, cuerpos de agua o infraestructura. Sin embargo, estos valores se mantuvieron en el análisis con el propósito de conservar la integridad espacial de la zona de estudio. Si se hubieran excluido, se habrían generado vacíos de información en las capas, lo que afectaría la cobertura total del área y la continuidad de los procesos espaciales posteriores. Por lo tanto, aunque estas zonas no contribuyen directamente a la infiltración, su inclusión permite un manejo integral de los datos y asegura que el 100% del territorio esté representado.

3.3.1.2 Resultados

De manera general, se aprecia que las zonas con mayor potencial de recarga hídrica se localizan en la porción sureste, centro y noreste, coincidiendo con el sistema de topoformas de lomeríos como en el caso del cerro Bateje las Palmas. También se observa un patrón para las zonas de bajo potencial en planicies o zonas urbanizadas, debiéndose principalmente a la compactación del suelo, lo que incrementa la escorrentía superficial. Los datos estadísticos de las áreas con su diferente potencial, se presentan a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 14. Posibilidades de recarga hídrica por superficie.

Posibilidad de recarga	Superficie (ha)	%
Alta	23.00	0.19
Moderada	553.79	4.58
Baja	1657.85	13.70
Muy baja	9868.75	81.54

Fuente: elaboración propia mediante el software ArcMap 10.8

El Potencial de recarga hídrica del municipio representa claramente una variabilidad significativa en todo el municipio, influenciada por factores como el relieve, el uso de suelo, la presencia de vegetación natural, cuerpos de agua superficiales y el grado de urbanización.

Como se puede observar en la tabla anterior, una superficie de alrededor de 9870 ha (81.54%), cuenta con zonas de potencial muy bajo de recarga, esto debiéndose principalmente a la topografía predominante en gran medida. Posteriormente, cerca de 1658 ha, es decir el 13.70 presentan áreas con bajo potencial, mientras que solo el 4.58% (554 ha), presentan un potencial moderado para la recarga. En contraste solamente en 23 ha del municipio, se conjuntan todas las variables óptimas para un alto potencial de recarga hídrica, de manera muy puntual sumando menos del 1% del territorio.

Las zonas que presentan un alto o muy alto potencial de recarga hídrica se concentran principalmente en el noreste cerca de El Refugio - Salitre y límites con Apaxco, en la porción centro-norte cerca de las localidades Conejo, Zacamulpa y La Cañada, así como en el suroeste del municipio en colindancia con Tepeji del Río. Estas áreas coinciden con regiones donde predominan pendientes moderadas, cerros y vegetación natural, lo cual favorece la infiltración del agua al subsuelo. La topografía y

En contraste, las zonas con bajo o muy bajo potencial de recarga se localizan principalmente en áreas llanas o fuertemente urbanizadas, como el entorno de la cabecera municipal, las zonas industriales y asentamientos humanos dispersos en el centro, puntualmente en localidades como Praderas del Potrero, Progreso Industrial, Vito y en la parte sur del municipio cerca de las localidades Paseo de la Pradera. Estas regiones muestran una mayor presencia de infraestructura urbana, vialidades pavimentadas y suelos compactados o artificiales, que reducen drásticamente la capacidad del terreno para infiltrar el agua. La expansión urbana y el cambio de uso de suelo en estas zonas han limitado la conexión directa entre la superficie y los acuíferos subterráneos, comprometiendo su recarga natural.

Un elemento importante a destacar, es la relación directa entre la hidrografía superficial y el potencial de recarga. El mapa muestra claramente la presencia de corrientes de agua perennes como el Río Salado e intermitentes, muchas de las cuales atraviesan las zonas con mayor potencial. Esto sugiere que, en épocas de lluvia, estas corrientes podrían jugar un papel relevante en la recarga, ya sea por infiltración directa a lo largo de su cauce o por saturación de zonas aledañas. La conectividad entre estas corrientes y las áreas con suelos permeables es un aspecto clave para mantener el equilibrio hídrico en la región (Martínez-Santos, Aldaya, & Llamas, 2014).

También es relevante considerar la red de infraestructura vial, que incluye carreteras principales y vías férreas. Estas infraestructuras fragmentan el territorio y, en muchos casos, actúan como barreras físicas para los flujos superficiales de agua, alterando su curso natural o canalizándolos de forma artificial. Esto puede interrumpir procesos de infiltración o derivar escurrimientos hacia zonas menos apropiadas para la recarga, afectando la dinámica hidrológica local. La planeación territorial debe tomar en cuenta estas barreras al definir acciones de conservación o restauración.

En términos de gestión ambiental, en este mapa se muestra una base técnica para definir zonas prioritarias de conservación, restauración ecológica o recarga inducida. Las áreas de mayor potencial podrían destinarse a zonas de recarga protegida, donde se restrinjan o regulen cambios de uso de suelo, deforestación o expansión urbana. Asimismo, pueden implementarse estrategias de manejo de agua pluvial, como la construcción de zanjas de infiltración, presas filtrantes o humedales artificiales, para potenciar la recarga en puntos estratégicos.

3.3.1.2 Almacenamiento de carbono

El almacenamiento de carbono en los ecosistemas terrestres representa un servicio ecosistémico fundamental para la mitigación del cambio climático, ya que participa activamente en la regulación del ciclo global del carbono y contribuye a la reducción de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Este carbono se encuentra distribuido en diferentes compartimentos ecológicos, entre los cuales se incluyen:

- Biomasa aérea: compuesta por árboles, arbustos y otras formas de vegetación sobre el suelo;
- Biomasa subterránea: principalmente raíces y rizomas;
- Carbono orgánico del suelo (COS): materia orgánica contenida en los primeros horizontes del perfil edáfico.

Cada uno de estos compartimentos tiene dinámicas específicas de captura, almacenamiento y liberación de carbono, y su cuantificación permite evaluar no solo la capacidad de los ecosistemas para secuestrar carbono, sino también su resiliencia frente a perturbaciones como el cambio de uso de suelo, la degradación ambiental o fenómenos climáticos extremos.

3.3.1.2.1 Metodología

En este contexto, se utilizó el modelo InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), una herramienta desarrollada por el Natural Capital Project y aplicada en México mediante el Programa de Monitoreo Ambiental con Geotecnologías Avanzadas (PROMAGA). Este modelo permite realizar una estimación espacialmente explícita del almacenamiento de carbono con un enfoque integral y replicable, útil tanto para escalas locales como regionales.

Para la implementación del modelo se consideraron los siguientes insumos clave:

- Capa de uso de suelo y vegetación (USV): constituye la base geográfica principal del modelo. Se utilizó la capa generada previamente durante la etapa de caracterización del territorio, a la cual se le integró un identificador numérico único por clase de cobertura o uso de suelo.
- Tabla de almacenamiento de carbono por tipo de cobertura: esta tabla asocia a cada clase de uso de suelo valores promedio estimados de carbono almacenado en los tres compartimentos considerados (biomasa aérea, biomasa subterránea y carbono orgánico del suelo). Los valores fueron obtenidos principalmente de la literatura técnica, tomando como referencia Ordoñez (2004), así como otras fuentes especializadas en función del tipo de vegetación y similitud ecológica.

Debido a la ausencia de datos sobre carbono en materia orgánica muerta (como hojarasca o madera en descomposición), dicho componente fue excluido del análisis para evitar sobreestimaciones.

Tabla 15. Almacenamiento de carbono por categoría de uso de suelo y vegetación

Categoría	Biomasa aérea	Biomasa subterránea	Carbono orgánico del suelo
Asentamientos humanos	0	0	0
Banco de materiales	0	0	0
Cuerpo de agua	0	0	0
Industria	0	0	0
Zona sin vegetación aparente	0	0	0
Matorral crasicaule	6	13	60
Matorral crasicaule secundario	5	11	60
Vialidad	0	0	0
Agricultura de temporal	3	6	81
Vegetación riparia	149	74	115
Río	0	0	0
Pastizal inducido	5	11	81
Agricultura de riego	3	6	81
Infraestructura ferroviaria	0	0	0
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	13	7	70
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	4	9	60
Bosque templado	79	39	120
Planta tratadora de aguas residuales	0	0	0
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	28	14	81

Fuente: elaboración propia con base a Ordoñez (2004)

3.3.1.2.2 Resultados

El análisis espacial del almacenamiento de carbono revela una distribución heterogénea del carbono en los ecosistemas terrestres del municipio, con valores que oscilan entre 0 y 338 toneladas por hectárea (Ton/ha). Esta variabilidad responde principalmente a los distintos tipos de cobertura de uso de suelo y vegetación, así como al grado de conservación o transformación que presentan las diferentes zonas del territorio municipal.

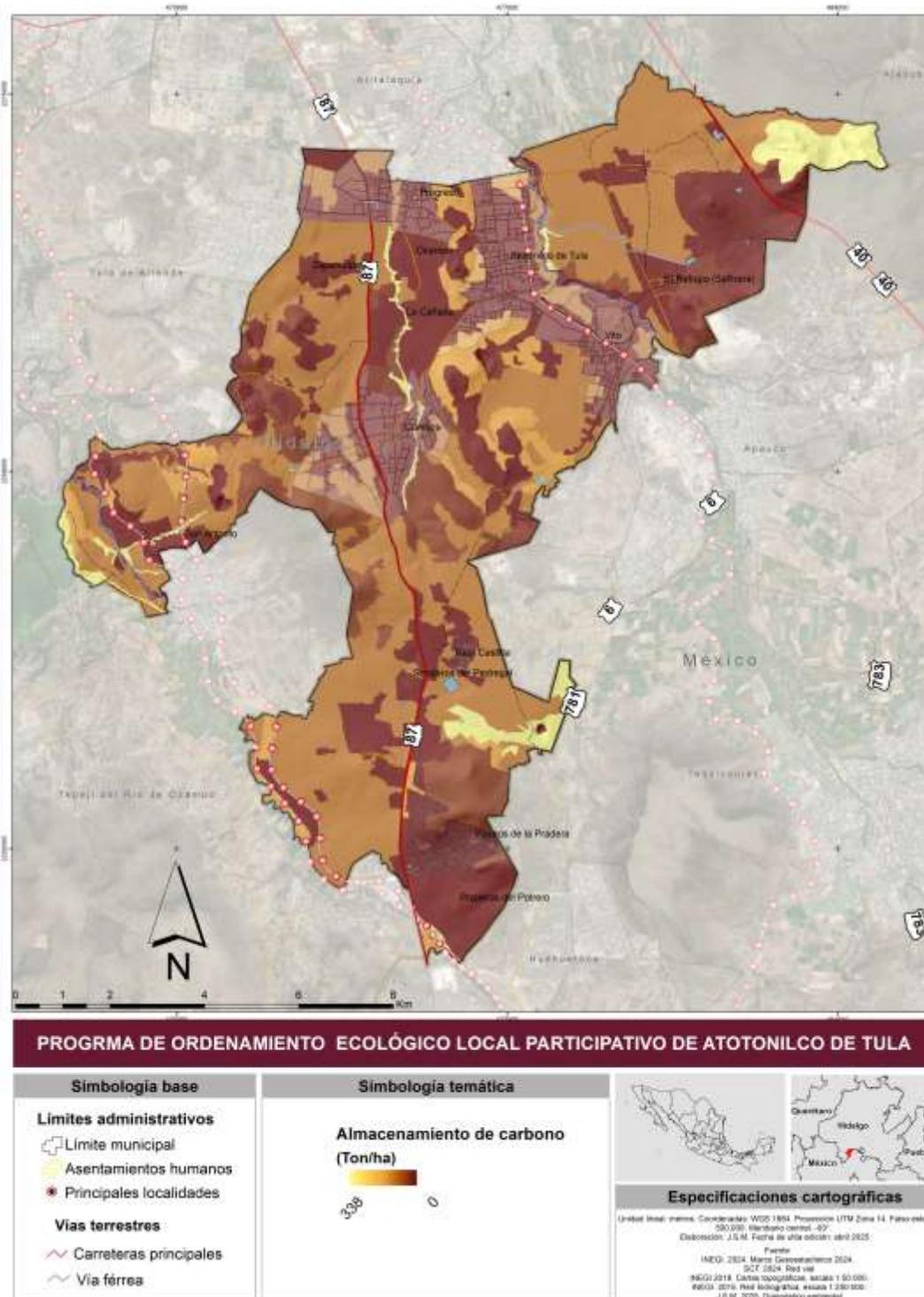
Las áreas con mayor capacidad de almacenamiento de carbono se localizan principalmente en el sur, suroeste y porciones del occidente del municipio, donde predominan coberturas vegetales naturales o con menor grado de perturbación, como matorrales, vegetación secundaria densa y relictos de vegetación arbórea. Estas zonas muestran valores relativamente altos de carbono acumulado en biomasa aérea y subterránea, así como en el carbono orgánico del suelo, lo cual se traduce en un importante potencial como sumideros naturales de gases de efecto invernadero. El entorno de las localidades de San Antonio, Real Castilla y Senderos del Pedregal destaca particularmente por albergar estas coberturas con alto valor ecológico, por lo que representan áreas estratégicas para su conservación y manejo sustentable.

En contraste, las zonas con menor almacenamiento de carbono se concentran en el noreste, este y sureste del municipio. Estas áreas presentan valores muy bajos, cercanos a cero, lo que indica una pérdida casi total de la capacidad ecosistémica de secuestro de carbono. Este patrón se asocia a la fuerte transformación del paisaje natural, ya sea por la expansión urbana, actividades industriales o la existencia de terrenos desnudos o artificializados. En particular, la región norte del municipio, que alberga la cabecera municipal y localidades como Conejos, Vito, Zacamulpa y Progreso, junto con el corredor industrial donde operan empresas como CEMEX y Cementos Tolteca, constituye una de las zonas más degradadas ambientalmente. La actividad humana intensa en esta franja ha provocado la eliminación de la vegetación natural, la compactación del suelo y la pérdida de materia orgánica, lo que repercute directamente en la reducción del almacenamiento de carbono.

Los principales núcleos de población se encuentran rodeados por zonas de almacenamiento medio a bajo, evidenciando un patrón de presión antrópica creciente hacia los ecosistemas circundantes. Esto plantea la necesidad de establecer acciones de restauración ecológica, especialmente en los márgenes urbanos, para recuperar funciones ambientales clave y mejorar la calidad ambiental de las zonas habitadas. Asimismo, se identifican oportunidades para crear corredores ecológicos que conecten los fragmentos con alta capacidad de almacenamiento, favoreciendo la resiliencia del territorio frente al cambio climático.

Por un lado, las zonas con mayor densidad de carbono deben mantenerse bajo esquemas de protección y uso sostenible, evitando cambios de uso de suelo que comprometan su función como sumideros. Por otro lado, aquellas áreas con baja o nula capacidad de almacenamiento constituyen sitios clave para programas de reforestación, revegetación y manejo integral del suelo.

Mapa 11. Potencial de recarga hídrica en el municipio de Atotonilco de Tula



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.1.3 Índice de Integridad Ecosistémica (IIE)

La integridad ecosistémica representa la columna vertebral que sustenta la provisión de servicios ambientales, siendo un indicador fundamental para garantizar el equilibrio entre el desarrollo socioeconómico y la conservación ambiental. Este concepto engloba la capacidad de los ecosistemas para mantener su estructura, funciones y procesos ecológicos esenciales, lo que a su vez permite la generación continua de beneficios tangibles e intangibles para las comunidades locales. En el contexto del POELP, comprender y preservar esta integridad se convierte en una prioridad estratégica, ya que de ella dependen directamente servicios clave como el aprovisionamiento de agua limpia, la regulación del clima, la fertilidad de los suelos y la conservación de la biodiversidad, todos ellos vitales para las actividades productivas y la calidad de vida en el municipio.

Se entiende como Integridad Ecosistémica a la capacidad de un ecosistema para automantenerse, autoregenerarse y autoorganizarse en concordancia con sus condiciones biogeofísicoquímicas locales, es decir, con su estructura natural y sus funciones ecológicas fundamentales. Este concepto implica que un ecosistema íntegro conserva sus componentes bióticos y abióticos en equilibrio dinámico, lo que le permite resistir y adaptarse a cambios o perturbaciones, siempre que estas no sobrepasen su capacidad de resiliencia.

La integridad se ve comprometida principalmente por las alteraciones de origen humano “antropización”, tales como la urbanización, deforestación, contaminación o cambio de uso de suelo. Sin embargo, también se reconoce que ciertas acciones antrópicas, como la restauración ecológica o la conservación activa, pueden contribuir positivamente a su recuperación y sostenimiento (INECOL-CONABIO, 2023).

Asimismo, la integridad ecosistémica está íntimamente ligada a la sustentabilidad ambiental, ya que sirve como base para formular políticas públicas que buscan armonizar la actividad humana con los procesos ecológicos, reconociendo tanto el valor intrínseco de la naturaleza como su importancia funcional para el bienestar humano (Equihua, M. et al., 2015).

En este contexto, el municipio de Atotonilco de Tula presenta una condición crítica en cuanto a la integridad de sus ecosistemas. Las actividades industriales, extractivas y urbanas han transformado profundamente el paisaje natural, generando fragmentación de hábitats, pérdida de biodiversidad y deterioro de los servicios ecosistémicos que sustentan a la población local.

En términos cuantitativos, las categorías de integridad ecosistémica nula, muy baja y baja abarcan en conjunto una superficie de 11,343.12 hectáreas, lo que representa el 92 % del territorio municipal. Esta cifra evidencia un alto grado de alteración ambiental y refleja la presión constante que enfrentan los ecosistemas debido al avance de la urbanización, la expansión de la infraestructura, las prácticas agrícolas intensivas y la minería no metálica.

Además de la transformación del suelo, se registran altos niveles de contaminación del aire, ocasionados por las emisiones industriales y el tránsito vehicular. Los cuerpos de agua del municipio también se encuentran afectados por descargas de aguas residuales y el uso de agroquímicos, lo que compromete la salud humana e impacta negativamente al ambiente.

Pese a este panorama, Atotonilco de Tula conserva algunas áreas con vegetación natural y potencial ecológico, como relictos de matorral crasicaule y zonas de ladera con vegetación secundaria. No obstante, estas se encuentran bajo presión y requieren acciones urgentes de conservación y restauración.

La integridad ecosistémica del municipio se encuentra actualmente comprometida. Esta situación demanda la implementación de estrategias territoriales que promuevan la conservación de los recursos naturales, el ordenamiento del crecimiento urbano e industrial, así como el fortalecimiento de políticas públicas orientadas al manejo sostenible del territorio, como lo es el ordenamiento ecológico.

A continuación, se presenta en la Tabla 16, Gráfico 1 y Mapa 12 las superficies y distribución de la Integridad ecosistémica del Municipio de Atotonilco de Tula.

Tabla 16. Superficies de acuerdo a la Integridad Ecosistémica

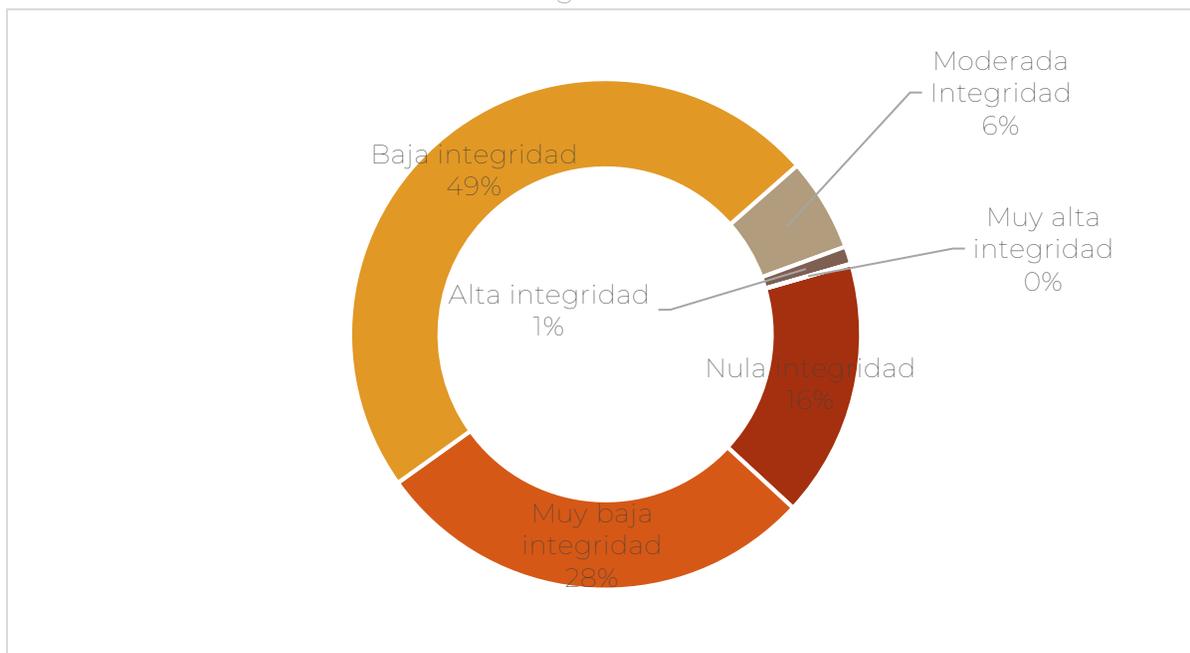
Categoría	Descripción	Superficie (Ha)	%
Nula integridad	Corresponde a áreas completamente degradadas, sin capacidad de regeneración ni de mantener sus funciones ecológicas, ya que han sido totalmente transformadas. Estas zonas han sufrido una alteración profunda debido a la actividad humana y presentan una pérdida total de su estructura natural. En Atotonilco de Tula, esta categoría abarca 1,993.52 hectáreas, lo que representa el 16% del territorio municipal. Se distribuye por todo el municipio, pero se concentra especialmente en la zona norte, donde, además de las localidades, entre estas, Conejos, Vito, la cabecera	1,993.52	16

Categoría	Descripción	Superficie (Ha)	%
	municipal y Progreso, se ubica la actividad industrial de empresas como CEMEX y Cementos Tolteca.		
Muy baja integridad	<p>Comprende zonas de aprovechamiento con ecosistemas altamente alterados, donde la biodiversidad y los servicios ecosistémicos se encuentran severamente reducidos. Esta categoría abarca 3,444.76 hectáreas, lo que equivale al 28% del territorio municipal.</p> <p>Estas áreas se distribuyen en todo el municipio, pero predominan en las zonas norte y noreste, donde se concentran actividades como la minería y la agricultura mecanizada de riego. Los principales problemas ambientales incluyen la erosión del suelo por la extracción de caliza, la acumulación de residuos sólidos, la deforestación y el cambio de uso de suelo.</p>	3,444.76	28
Baja integridad	<p>Estas áreas presentan ecosistemas fragmentados, con vegetación natural parcialmente alterada y presiones antrópicas constantes. Ocupan la mayor parte del municipio, abarcando una superficie de 5,904.84 hectáreas, lo que equivale al 48% del territorio.</p> <p>Se distribuyen en todo el municipio, principalmente de norte a sur, e incluyen zonas de agricultura de temporal y de riego, como las tierras cercanas a la Presa Requena que recibe aguas tratadas de la PTAR de Atotonilco de Tula, así como extensiones de matorral degradado.</p> <p>Entre las principales problemáticas que contribuyen a su baja integridad ecológica destacan: la contaminación por agroquímicos, compactación del suelo debido a la ganadería, expansión de pastizales para bovinos, y la reducción paulatina de la cobertura vegetal nativa por presiones antrópicas.</p>	5,904.84	48
Moderada Integridad	<p>Incluye la zona de transición ecológica ubicada al noreste del municipio, donde aún persisten algunos procesos ecológicos. También abarca fragmentos de vegetación natural de matorral crasicaule distribuidos en distintas áreas, aunque bajo presión constante. En conjunto, estas zonas cubren 721.72 hectáreas, lo que equivale al 6% del territorio municipal.</p> <p>Estas áreas se asocian principalmente con laderas y zonas agrícolas de baja intensidad, donde el matorral crasicaule, aunque alterado, mantiene un potencial de recuperación mediante restauración pasiva. Sin embargo, enfrentan amenazas como el sobrepastoreo, la agricultura mecanizada y la expansión urbana. De no implementarse estrategias de conservación, estos factores podrían comprometer su integridad ecológica a mediano plazo.</p>	721.72	6

Categoría	Descripción	Superficie (Ha)	%
Alta integridad	Se refiere a ecosistemas bien conservados, donde los procesos ecológicos siguen funcionando y la vegetación mantiene una estructura natural continua. Esta categoría abarca únicamente 137.04 hectáreas, lo que representa el 1% del área municipal. Se localiza en las zonas elevadas del noreste del municipio, colindantes con Ajacuba y Apaxco, donde aún persisten bosques de encino y vegetación nativa con mínima alteración. Sin embargo, estas áreas enfrentan presión debido al avance de actividades extractivas y pecuarias.	137.04	1
Muy alta integridad	Esta zona, con mínima intervención humana y ecosistemas en buen estado de conservación, representa la categoría más valiosa, pero también la más escasa del municipio: apenas 2.52 hectáreas, equivalentes al 0.02% del territorio. Se ubica en la cima de la zona cerril al noreste del municipio, donde la topografía ha limitado el acceso a la mayoría de las actividades humanas. Sin embargo, es altamente vulnerable y requiere medidas urgentes de conservación, monitoreo y protección, ya que podría ser afectada principalmente por la expansión de actividades pecuarias.	2.52	0.02

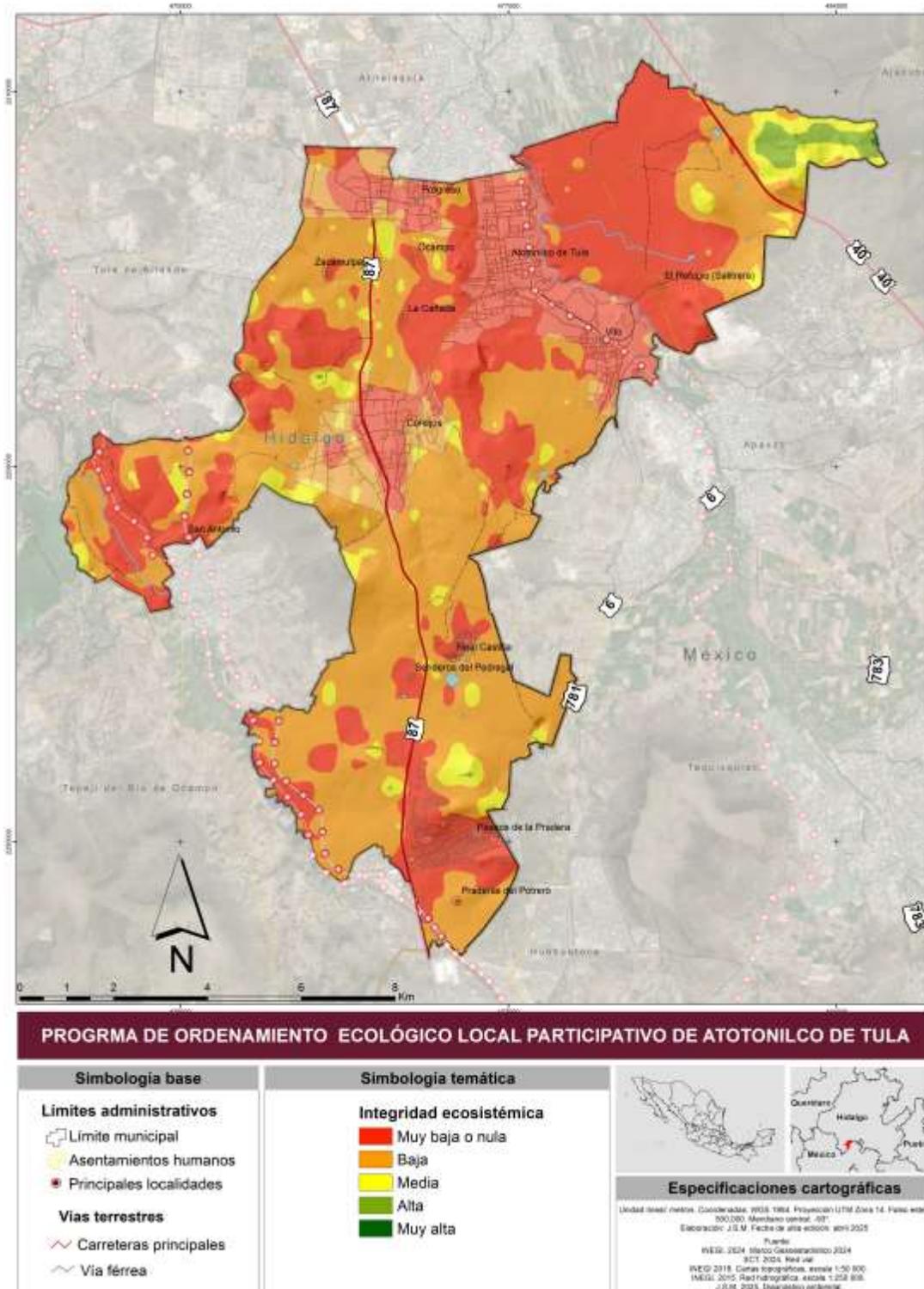
Fuente: derivado del mapa de Integridad Ecosistémica

Gráfico 1. Integridad ecosistémica



Fuente: derivado del mapa de Integridad ecosistémica

Mapa 12. Integridad Ecosistémica



Fuente: integridad ecosistémica modificado de CONABIO (INECOL-CONABIO, 2023)

3.3.1.4 Áreas Prioritarias para el Mantenimiento de los Bienes y Servicios Ambientales (APMSA)

Como parte del proceso de planeación ecológica se identificaron las áreas prioritarias para el mantenimiento de bienes y servicios ambientales (APMSA) mediante el análisis espacial integrado de tres servicios clave: almacenamiento de carbono, integridad ecosistémica y recarga de acuífero.

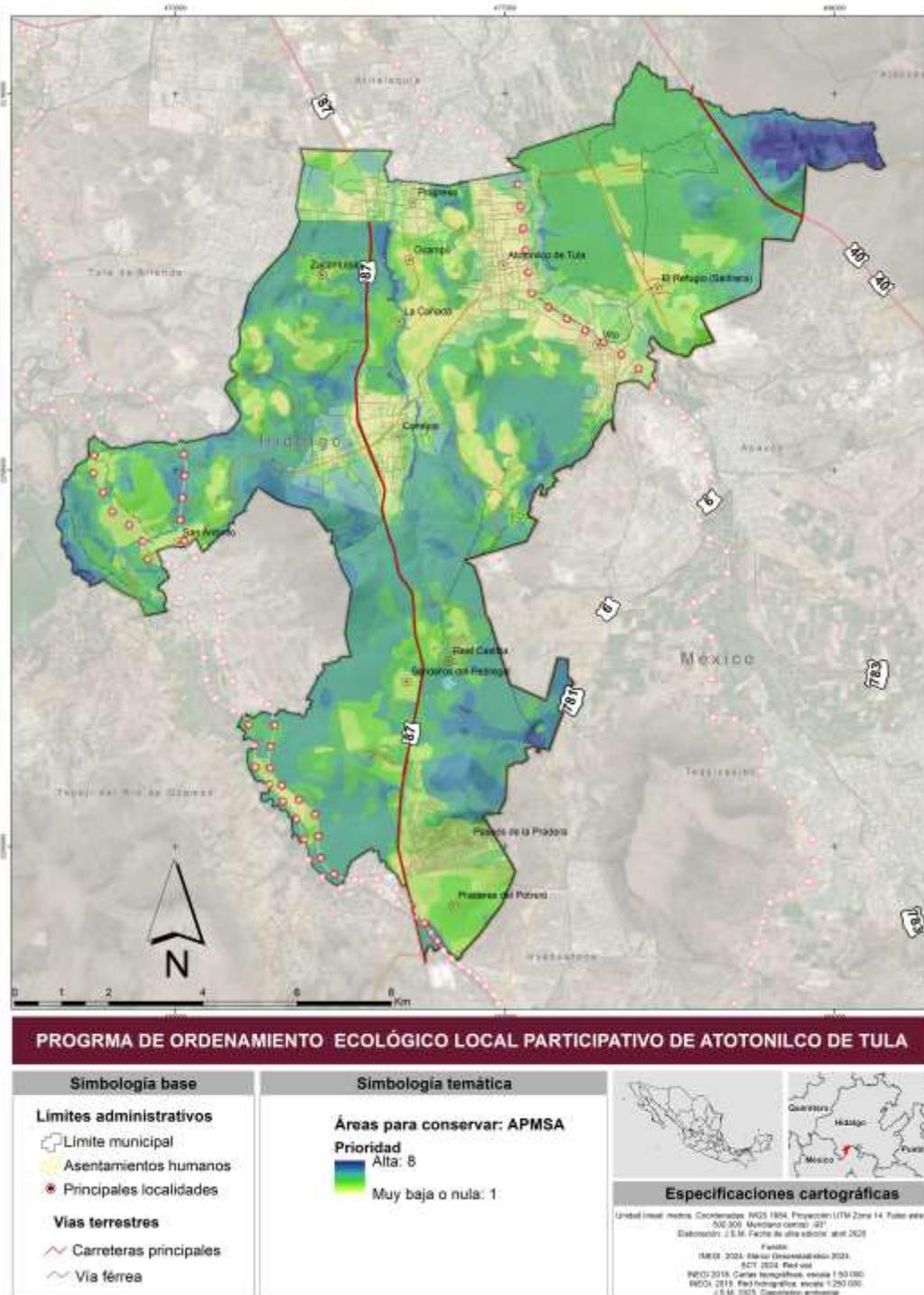
Para la generación de la capa final de prioridad, se utilizaron mapas temáticos de cada servicio presentado anteriormente, los cuales fueron normalizados en una escala de 0 a 10, donde 0 representa prioridad nula y 10 prioridad máxima. Posteriormente, las capas fueron combinadas obteniendo el promedio.

Los resultados muestran una heterogeneidad espacial significativa en la distribución de la prioridad para la conservación. Es importante destacar que derivado de las actividades económicas desarrolladas en el municipio y la alta tasa de cambio de uso de suelo y vegetación, los valores más altos fueron de ocho, es decir, como categoría alta sin llegar a los valores muy altos.

Las áreas con mayor prioridad (valores de 7 a 8) se localizan principalmente en el centro-sur del municipio, incluyendo zonas cercanas a las localidades de Conejos, Real Castilla, Paseos de la Pradera y Praderas del Potrero, Cerro de Minas, así como en el extremo suroeste y algunas zonas al noreste, en algunos cerros como Las Palmas, Coyotillos, Chiquihuttillo y en colindancia con el municipio de Ajacuba en el cerro Grande. Estas áreas presentan una importante combinación de servicios, particularmente en zonas con vegetación natural remanente o función hidrológica relevante.

Por otro lado, las zonas con prioridad muy baja o nula (valores de 1 a 2) se concentran en los entornos urbanos más densamente poblados como Zacamulpa, Progreso, Ocampo, Atotonilco de Tula centro y El Refugio (Salitrera), donde el cambio de uso de suelo ha degradado los servicios ambientales presentes.

Mapa 13. Sitios para conservar: Áreas Prioritarias para el Mantenimiento de los Bienes y Servicios Ambientales



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.2 Sitios para proteger: Áreas Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad (APCEB)

3.3.2.1 Riqueza potencial de especies en riesgo de extinción

El presente análisis parte del **Mapa Potencial de Especies en Riesgo de Extinción en México** (CONABIO, 2021), el cual integra la distribución estimada de 947 especies de flora y fauna categorizadas bajo la NOM-059-SEMARNAT-2010 en tres grupos: probablemente extintas en el medio silvestre (E), en peligro de extinción (P) y amenazadas (A). Si bien este insumo representa un valioso esfuerzo de síntesis nacional, su resolución espacial original de 925.92 metros por píxel (equivalente a 857,331 m² por celda) resultaba insuficiente para los fines de planeación a escala municipal requeridos por el POELP.

Para superar esta limitación, se implementó un proceso de refinamiento espacial que permitió aumentar la resolución a 20 metros por píxel (400 m² por celda). Este ajuste fue fundamental para alcanzar tres objetivos clave:

1. Identificar con mayor precisión las áreas de concentración de especies en riesgo.
2. Facilitar la integración con otras capas de información estratégica, como uso de suelo, vegetación e integridad ecosistémica.
3. Apoyar la toma de decisiones en la delimitación de zonas prioritarias de conservación.

El proceso técnico se basó en el método de interpolación Natural Neighbor, seleccionado por sus ventajas para análisis ecológicos. A diferencia de métodos como el IDW (Inverse Distance Weighting), Natural Neighbor permite preservar mejor los patrones naturales de distribución, al evitar la creación de bordes artificiales y la sobreestimación de valores en zonas densas.

La metodología se estructuró en tres etapas principales:

- Extracción sistemática de los valores de riqueza potencial de especies en cada celda de la capa original.
- Aplicación del algoritmo de interpolación para generar una nueva capa con mayor resolución.
- Proceso de validación rigurosa, que incluyó revisiones visuales y análisis estadísticos, cruzando los resultados con información complementaria como coberturas vegetales actuales y registros puntuales del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB, 2024).

Durante el análisis se identificaron zonas urbanizadas, áreas de agricultura intensiva y regiones industriales donde, debido al alto grado de transformación del hábitat, la presencia real de especies en riesgo es improbable. En estos casos, se optó por reducir los valores interpolados a cero.

El ejercicio espacial permitió identificar una significativa riqueza biológica en términos de especies amenazadas conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010. Se estimó un valor máximo de hasta 58 especies en riesgo dentro del territorio municipal, distribuidas de manera desigual en función del estado de conservación de los ecosistemas.

El análisis territorial evidencia que las zonas completamente transformadas por actividades humanas (como asentamientos urbanos, polígonos industriales y áreas de extracción intensiva de materiales) no presentan probabilidad de albergar especies en riesgo. Esta ausencia se explica por la pérdida total de hábitat y la fragmentación ecológica, factores que eliminan las condiciones necesarias para que dichas especies puedan habitar o desplazarse por estas áreas.

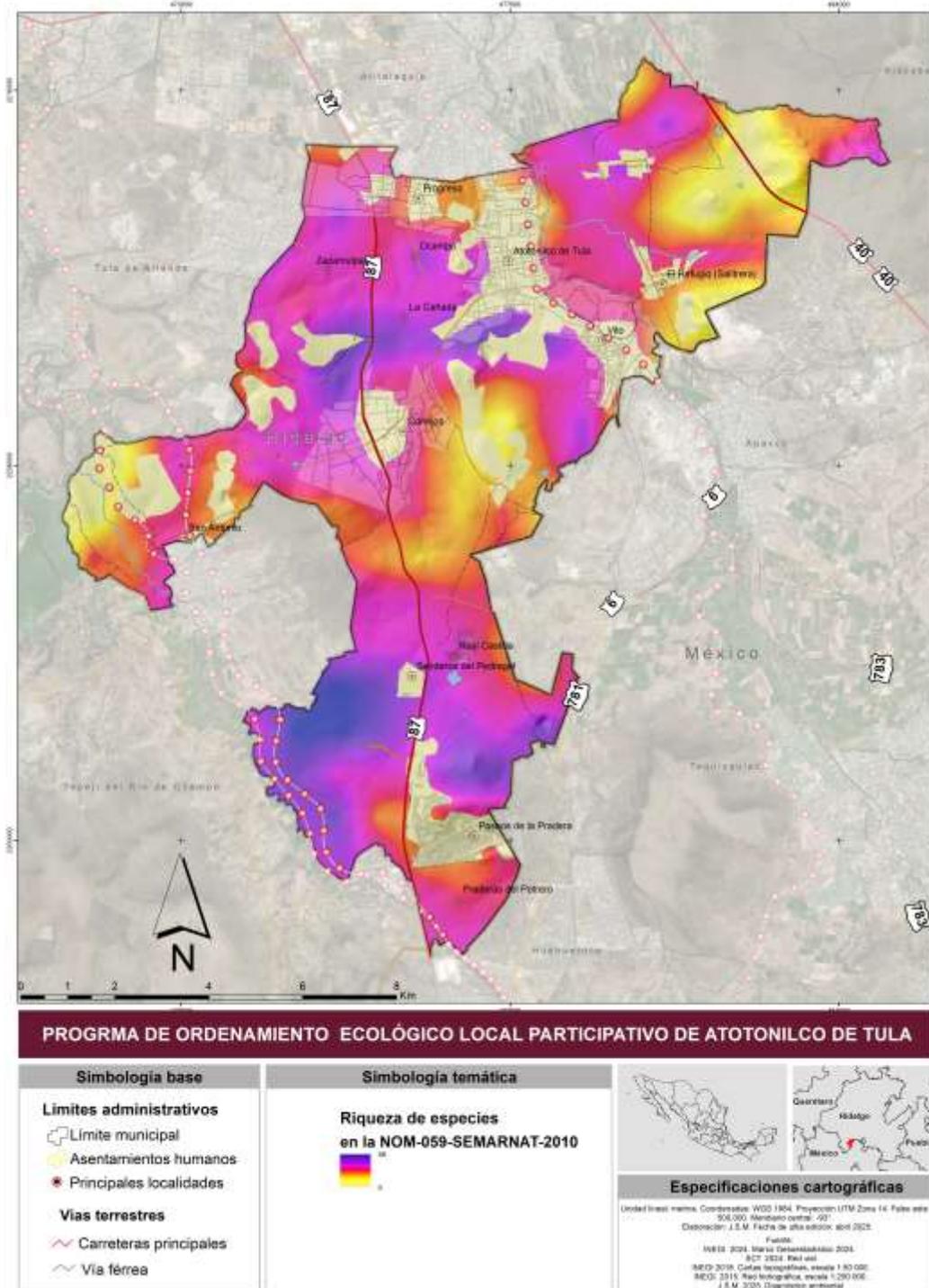
En contraste, las regiones del norte y noreste del municipio, donde predominan ecosistemas fuertemente alterados, muestran una probabilidad muy baja, prácticamente nula, de presencia de especies en riesgo. Aunque persisten algunos parches de vegetación secundaria, como matorral crasicaule secundario, su elevado grado de degradación limita severamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. La fragmentación del hábitat, la erosión del suelo y la contaminación ambiental (especialmente asociada a actividades mineras e industriales) son factores que agravan la pérdida de biodiversidad en estas zonas.

En cambio, las áreas donde la vegetación natural se conserva en buen estado, como en el Cerro del Estudiante, concentran la mayor probabilidad de presencia de especies amenazadas, alcanzando el valor máximo estimado de 58 especies. Este sitio destaca por albergar remanentes bien conservados de bosque de encino y matorral crasicaule, los cuales constituyen hábitats clave para especies de flora y fauna bajo alguna categoría de riesgo. La altitud, las condiciones topográficas y la baja intervención humana favorecen la persistencia de especies sensibles, muchas de ellas endémicas o catalogadas como en peligro de extinción.

Este patrón de distribución demuestra una relación directa entre el grado de alteración del paisaje y la riqueza de especies en riesgo. Por ello, los esfuerzos de conservación en el municipio deben centrarse en proteger y restaurar aquellas áreas que aún mantienen vegetación natural, ya que representan no solo refugios críticos para la biodiversidad, sino también elementos clave para la sostenibilidad ecológica y la provisión de servicios ambientales esenciales en el territorio.



Mapa 14. Especies en riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana 059 SEMARNAT



Fuente: modificado del Mapa potencial de especies en riesgo de extinción en México

3.3.2.2 Ecosistemas prioritarios

Los ecosistemas prioritarios representan áreas naturales de alto valor ecológico, su conservación requiere de un enfoque estratégico que permita optimizar los recursos disponibles, focalizando los esfuerzos en aquellos sistemas que, por sus características únicas o estado de vulnerabilidad, demandan acciones inmediatas. Para ello, se ha desarrollado una metodología integral que combina análisis espaciales multiescalares con criterios ecológicos cuantitativos, permitiendo establecer prioridades de conservación con base en la información generada en la etapa de caracterización.

La metodología empleada se sustenta en dos ejes fundamentales: primero, un análisis de la distribución y representatividad de los tipos de vegetación a nivel estatal y municipal, utilizando sistemas de información geográfica para evaluar su extensión (Tabla 17); y segundo, la evaluación del estado de conservación mediante índices de integridad ecológica presentado en el apartado de Índice de Integridad Ecosistémica.

Aplicando este enfoque, se identificaron cuatro ecosistemas críticos en el municipio.

- Bosque de encino, que aunque cubre 174,439 hectáreas a nivel estatal, muestra un preocupante estado de conservación con apenas 33.6% de su superficie en condiciones naturales, situación que se agrava a escala municipal donde solo persisten 558 hectáreas, de las cuales únicamente 35.9 mantienen sus características ecológicas intactas. Estos bosques, localizados principalmente en las zonas serranas del noroeste, desempeñan funciones vitales como el mantenimiento de la biodiversidad, la regulación del ciclo hidrológico y la protección de suelos, lo que justifica su alta prioridad de conservación (valor 8).
- Cuerpos de agua con 9,604 hectáreas a nivel estatal y 124 a escala municipal, destacan por su importancia desproporcionada respecto a su extensión. Sistemas como el río Salado no solo albergan una rica biodiversidad acuática, sino que funcionan como corredores ecológicos y proveen servicios esenciales para las comunidades humanas, desde suministro de agua hasta regulación de inundaciones. Su extrema vulnerabilidad a la contaminación y alteración de caudales les otorga una prioridad de conservación de 9, la segunda más alta en la escala.
- Matorral crasicaule domina el paisaje municipal con 1,869 hectáreas (70.1% del territorio), mostrando un estado de conservación intermedio (36.6% de cobertura natural). Este ecosistema, característico de zonas áridas, cumple funciones clave en la retención de suelos y la infiltración de agua, además de

albergar especies únicas adaptadas a condiciones extremas. Aunque su extensión parece garantizar cierta resiliencia, presiones como el sobrepastoreo, el avance urbano y las actividades mineras justifican su calificación como prioritario (valor 8).

- La vegetación riparia, con apenas 112 hectáreas (4.2% del municipio), recibe la máxima prioridad (valor 10) por su papel irremplazable en la conectividad ecológica, la protección de márgenes fluviales y el mantenimiento de la calidad del agua. Estos estrechos corredores verdes actúan como refugio para numerosas especies y como amortiguadores frente a los efectos del cambio climático, particularmente en lo que respecta a la regulación de temperaturas y la mitigación de sequías.

Los resultados del análisis evidencian la necesidad de implementar estrategias diferenciadas de conservación que consideren tanto las particularidades de cada ecosistema como sus interconexiones. Para los bosques de encino, las acciones deben enfocarse en la restauración de áreas degradadas y el control estricto de la tala. Los cuerpos de agua requieren medidas de protección de sus riberas y la implementación de esquemas de uso sostenible. El matorral crasicaule, por su parte, necesita planes de manejo que compatibilicen su uso pastoril con la conservación, mientras que la vegetación riparia demanda la creación de zonas de amortiguamiento y la rehabilitación de sus funciones ecológicas.

Tabla 17. Superficie estatal por ecosistema y valoración de su prioridad.

Usos de suelo y vegetación	Estatal				Municipal				Proporción de la superficie Estatal vs. Municipal	Valor de prioridad
	Conservado	Perturbado	Total	% Estatal	Conservado	Perturbado	Total	% Municipal		
Bosque de encino	58,616.0	115,823.0	174,439.1	48.2	35.9	522.8	558.7	21.0	0.3	8
Cuerpo de agua/rio	9,604.9		9,604.9	2.7	124.2		124.2	4.7	1.3	9
Matorral crasicaule	78,315.4	99,790.2	178,105.6	49.2	683.9	1,185.4	1,869.3	70.1	1.0	8
Vegetación riparia			0.0		112.8		112.8	4.2	N/A	10

Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.2.3 Áreas Prioritarias para la Conservación de las Especies y la Biodiversidad (APCEB)

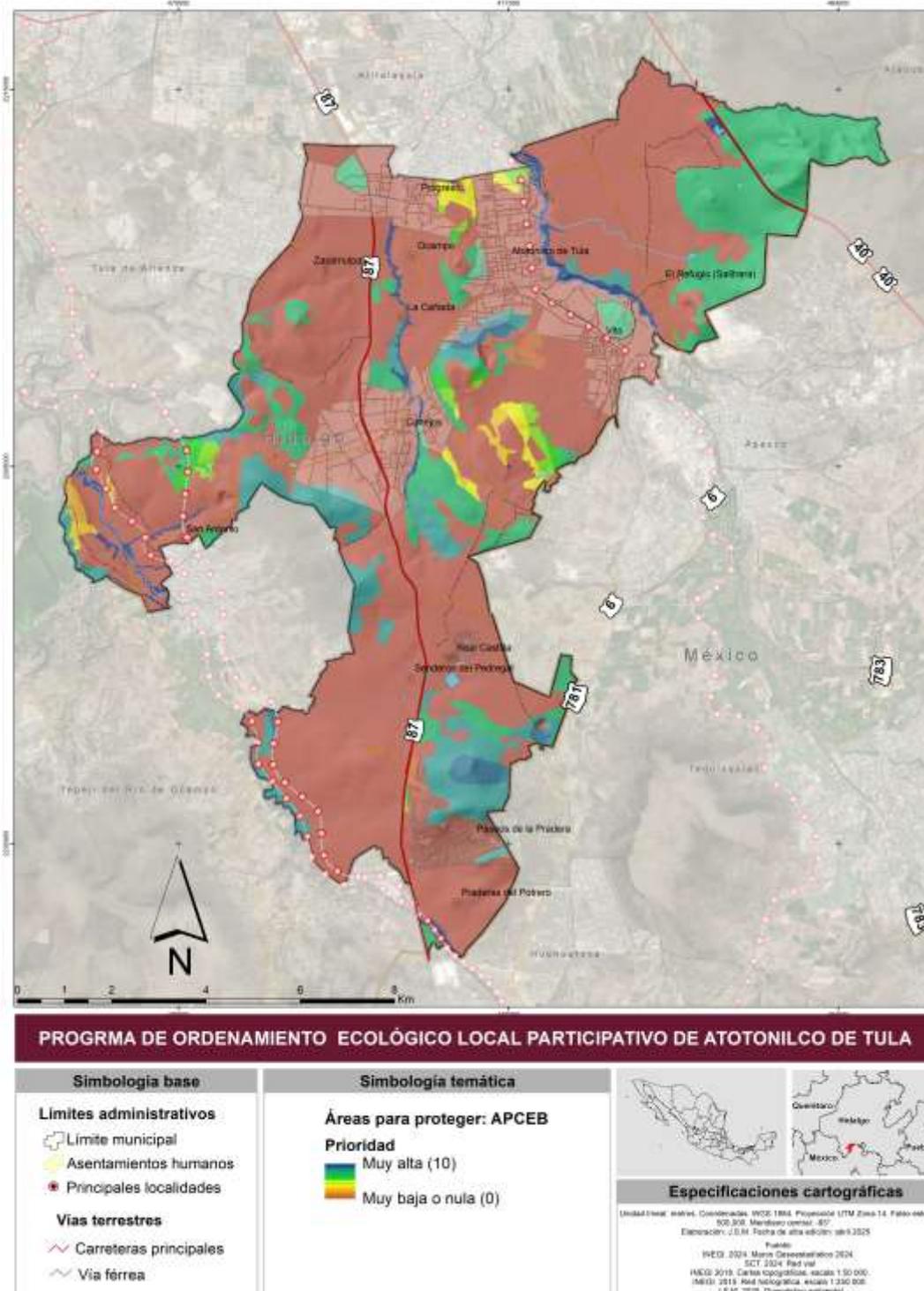
El proceso de identificación de las Áreas Prioritarias para la Conservación de las Especies y la Biodiversidad (APCEB) se fundamenta en un análisis espacial integrado que articula criterios ecológicos, biogeográficos y de conservación, con el objetivo de establecer estrategias efectivas para la protección de la biodiversidad. Este enfoque metodológico combina técnicas cuantitativas y cualitativas para garantizar una selección objetiva y científicamente robusta de las zonas críticas, integrando desde el análisis de distribución de especies hasta la evaluación integral de ecosistemas.

Cada una de estas variables es sometida a un proceso de normalización y valoración mediante la asignación de valores en una escala de 0 a 10, donde el extremo inferior representa prioridad nula -correspondiente a zonas altamente transformadas o carentes de valor de conservación- y el extremo superior indica prioridad máxima, aplicable a áreas con alta concentración de especies endémicas o amenazadas, o que albergan ecosistemas críticos.

La integración espacial de estos componentes se realiza mediante análisis multicriterio apoyado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), donde se superponen las capas normalizadas y se calcula el valor máximo por píxel. Este enfoque conservativo asegura que ninguna área con alta relevancia -ya sea por su valor en especies o ecosistemas- sea subestimada, al tiempo que permite identificar zonas de sinergia donde coinciden biodiversidad única y hábitats particularmente vulnerables. Posteriormente, el modelo aplica un proceso de depuración espacial mediante máscaras de exclusión que eliminan áreas artificiales como zonas urbanas o agrícolas intensivas.

El producto final de este proceso es un mapa jerarquizado de prioridades de conservación que clasifica las áreas en tres niveles fundamentales: las de muy alta prioridad (valores 8-10) y alta, correspondientes a "hotspots" de biodiversidad que albergan ecosistemas irremplazables o en alto riesgo de colapso, ubicado principalmente a afluentes y la vegetación riparia que pasan en el municipio como es el Río salado, al oeste de la cabecera municipal y arroyos intermitentes, así como en la parte sureste en el cerro cercano a la localidad de Paseos de la Padradera; en la mediana prioridad, que incluyen áreas con biodiversidad importante pero menor urgencia de intervención o con potencial como corredores ecológicos, ubicado principalmente en las zonas cerriles, como Las Palmas y Cerro Grande; y las de baja o muy baja prioridad (valores 1-4), constituidas por zonas con valores residuales de conservación.

Mapa 16. Sitios para proteger: Áreas Prioritarias para la Conservación de las Especies y la Biodiversidad (APCEB)



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.3 Áreas de restauración

3.3.3.1 Presencia de vegetación natural perturbada y deforestación

3.3.3.1.1 Presencia de vegetación perturbada

El análisis de la cobertura vegetal revela un paisaje significativamente transformado por actividades antropogénicas, donde los diferentes tipos de vegetación presentan diversos grados de perturbación que oscilan entre 6 y 10 (fuerte perturbado) en la escala de valoración (tomando en cuenta el capítulo de ecosistemas preentado en la etapa de caracterización). Los ecosistemas menos alterados corresponden al matorral crasicaule primario (valor 6), mientras que las situaciones más críticas (valor 10) se concentran en la vegetación riparia perturbada, zonas sin cobertura aparente y áreas con vegetación secundaria arbustiva y herbácea.

Los matorrales, representados tanto en su forma primaria como secundaria (valores 6 y 7 respectivamente), muestran una moderada resiliencia, particularmente aquellos asociados a corrientes de agua. Sin embargo, los bosques de encino y las zonas mixtas de pastizal inducido con bosque templado (valor 8) presentan un avanzado estado de sucesión secundaria, indicando procesos de fragmentación y cambio de uso de suelo. Los casos más alarmantes corresponden a la selva mediana subcaducifolia perturbada y la vegetación riparia alterada (ambas con valor 10), donde se observa pérdida casi total de la estructura vegetal original y grave compromiso de sus funciones ecosistémicas.

La distribución espacial de estas unidades vegetales perturbadas sigue un patrón claramente asociado a las presiones antrópicas predominantes en el municipio. Las áreas con valoración 10 se concentran en zonas ribereñas y áreas adyacentes a los principales polos de desarrollo industrial y minero, mientras que los ecosistemas menos alterados (valores 6-7) se localizan en áreas con menor accesibilidad o interés económico inmediato. Este patrón se ve reforzado por la presencia significativa de vegetación secundaria arbustiva en prácticamente todos los ecosistemas forestales, incluyendo el matorral crasicaule y los bosques de pino-encino.

Los procesos de degradación identificados responden a dinámicas complejas donde interactúan factores como la extracción de materiales pétreos, el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias, la expansión de la mancha urbana y la contaminación de cuerpos de agua.

Frente a este diagnóstico, se propone una estrategia de intervención diferenciada que priorice: (1) la restauración ecológica inmediata de corredores riparios y áreas sin cobertura vegetal, (2) el manejo sustentable de la vegetación secundaria para

3.3.3.1.2 Deforestación

Tomando en cuenta el análisis de cambio de uso de suelo correspondiente a la etapa de caracterización, se aprecia que durante el periodo comprendido entre 2013 y 2025, el municipio ha experimentado un proceso de deforestación acumulada de 593.55 hectáreas, lo que equivale al 5% de su superficie total. Esta transformación responde a un modelo territorial en el que confluyen la urbanización acelerada, la actividad minera intensiva, el uso agropecuario del suelo y una gestión ambiental insuficiente frente a la presión de los sectores productivos, que han provocado alteraciones profundas en la estructura y funcionalidad de los ecosistemas locales, comprometiendo la integridad ecológica del territorio.

La deforestación derivada del crecimiento de los asentamientos humanos representa una pérdida de 28.46 hectáreas (0.2% del municipio). Este fenómeno se ha concentrado principalmente en localidades del norte del municipio, como la cabecera municipal Atotonilco de Tula, Progreso, Ocampo, La Cañada, Vito y Zacamulpa. En algunas de estas áreas, el crecimiento urbano ha invadido las faldas de cerros con pendientes medias, como Las Palmas y Soyatla, e incluso ha afectado zonas de cima, como es el caso del fraccionamiento Paseos de la Pradera, al sur del municipio.

Estas zonas estaban originalmente cubiertas por matorral crasicaule o vegetación secundaria, y en su mayoría se localizan sobre suelos tipo Phaeozem, considerados altamente fértiles y aptos para la producción agrícola. La urbanización no planificada ha generado pérdida de suelos, fragmentación del hábitat, impermeabilización del terreno y concentración de contaminantes atmosféricos. Esta situación ha contribuido a la transformación completa de los ecosistemas locales, implicando la pérdida casi total de las funciones ecológicas en dichas áreas.

La deforestación provocada por la explotación de bancos de materiales alcanza un total de 19.87 hectáreas, lo que representa el 0.2% del territorio municipal. Esta actividad tiene un impacto desproporcionado en el paisaje, ya que implica la remoción completa del suelo y de la vegetación, alterando drásticamente la topografía local.

En el municipio se han identificado al menos 38 bancos de material, tanto activos como históricos, localizados principalmente en zonas con geología caliza y basáltica. Es común encontrar agrupaciones de minas muy cercanas entre sí, lo cual ha generado un proceso de desertificación y fragmentación de hábitats. Estas explotaciones se ubican principalmente sobre suelos tipo Leptosol, caracterizados por su alta pendiente y escasa profundidad, condiciones que dificultan la recuperación natural del ecosistema y aumentan el riesgo de erosión.

En cuanto al crecimiento de las zonas agrícolas, este proceso ha resultado en la deforestación de 43.53 hectáreas, lo que equivale al 0.4% del área municipal. Aunque el municipio aún conserva una importante vocación agrícola, especialmente en zonas con suelos tipo Phaeozem y Vertisol, la expansión de la frontera agrícola ha desplazado fragmentos de matorral crasicaule y ha ejercido presión sobre zonas con pendientes ligeras a moderadas.

En las partes norte, noreste, oeste y sur del municipio, se han habilitado nuevas parcelas para agricultura de temporal, incluso en zonas marginales, particularmente en cerros con pendiente ondulada, donde predominan suelos de bajo potencial agrícola. Esta expansión ha contribuido al deterioro del suelo, provocando su compactación y pérdida de fertilidad, además de la eliminación de vegetación nativa, lo cual afecta negativamente la conectividad ecológica del paisaje.

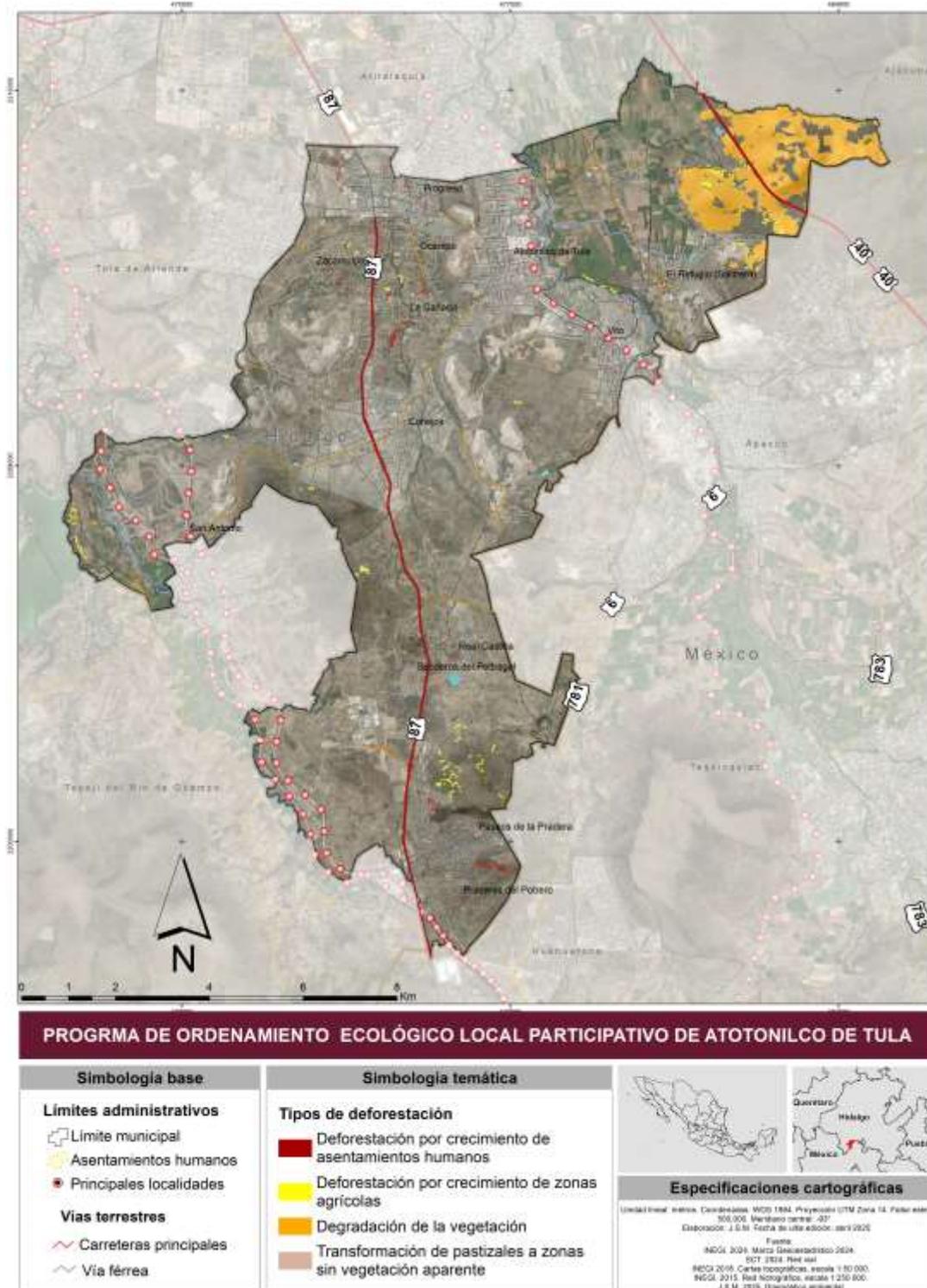
La degradación de la vegetación, aunque no implica una deforestación total, representa la categoría más extensa, con una afectación de 501.69 hectáreas, lo que equivale al 4% del territorio municipal. Esta degradación se manifiesta en el adelgazamiento del matorral crasicaule, la pérdida de cobertura vegetal, la erosión de suelos y la disminución de la biodiversidad.

Entre las principales causas se encuentran el pastoreo extensivo, el uso intensivo de agroquímicos, la agricultura mecanizada “particularmente en suelos marginales”, y la proliferación de basureros clandestinos.

En particular, las laderas de los cerros ubicados al noreste del municipio aún conservan relictos de bosque de encino, los cuales, a pesar de encontrarse en buen estado de conservación, enfrentan presión directa por parte de actividades extractivas, ganaderas, agrícolas y por procesos de urbanización irregular.

A continuación, se presenta el Mapa 18, correspondiente a la transformación de la vegetación natral ocurrida en el municipio de Atotonilco de Tula durante el período comprendido entre 2013 y 2025.

Mapa 18. Deforestación comprendida en el período de 2013 a 2025



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.3.2 Prioridad media de Áreas Prioritarias para la Conservación de las Especies y la Biodiversidad (APCEB)

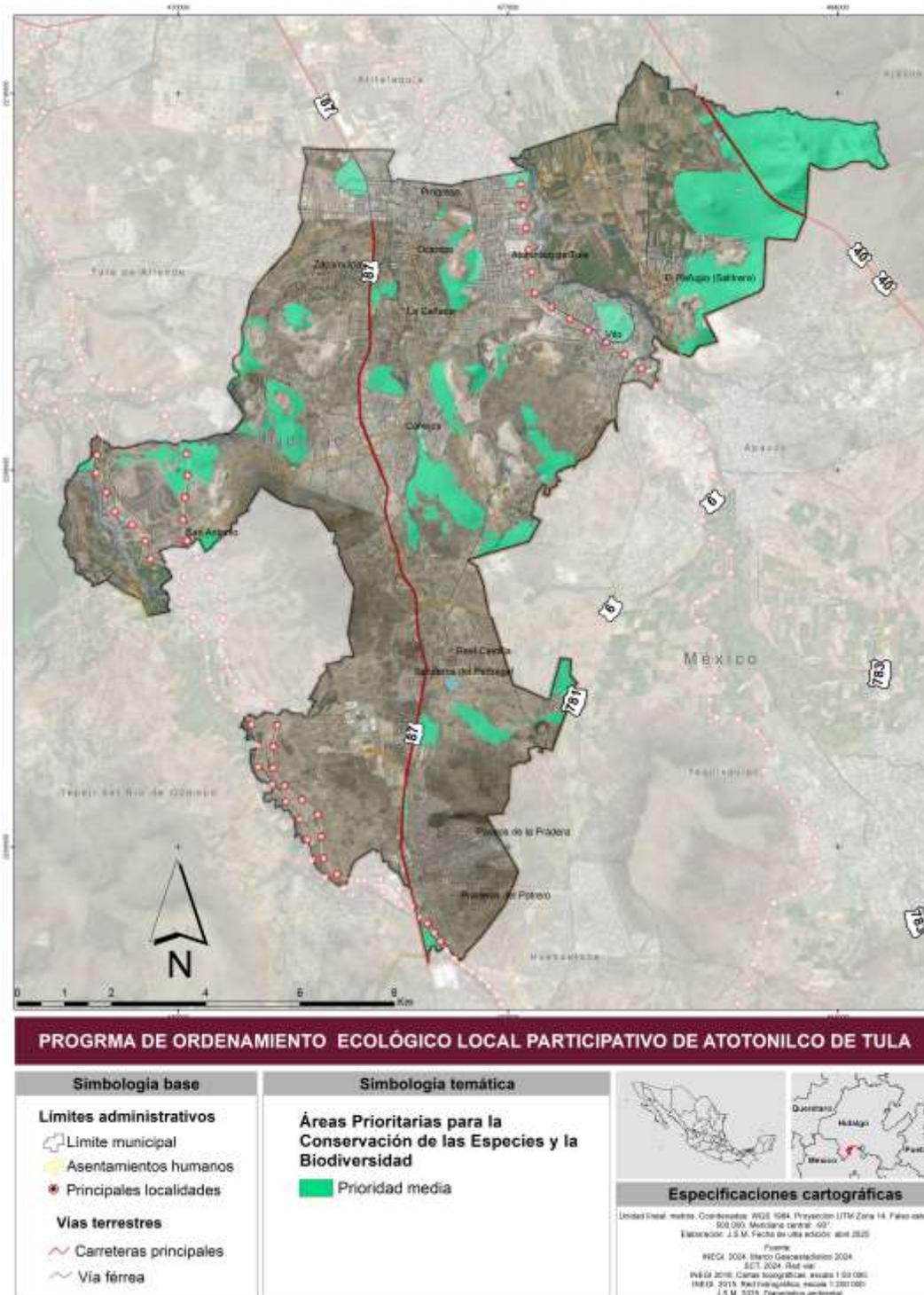
Las zonas identificadas con prioridad media, aunque no se encuentran en una situación crítica, poseen un valor estratégico para la estabilidad ecológica del municipio, ya que actúan como conectores biológicos, amortiguadores frente al crecimiento urbano y reservorios de diversidad biológica en un entorno marcado por la presión antrópica.

Se encuentran distribuidas en diferentes puntos del municipio, estas zonas coinciden con áreas de vegetación secundaria, matorrales, pastizales naturales y corredores ribereños. Algunos se localizan en la periferia de los centros de población, como es el caso de las regiones cercanas a Praderas del Potrero, Paseos de la Pradera, Conejos o El Refugio (Salitrera), lo que acentúa su vulnerabilidad frente a los procesos de expansión urbana, fragmentación del hábitat, cambio de uso de suelo y contaminación. No obstante, estas áreas también representan una oportunidad para implementar de restauración ecológica y manejo sustentable que contribuyan a fortalecer la calidad ambiental y el bienestar social.

Conservar y restaurar estos territorios no solo es una medida ambiental, sino una acción preventiva que permita asegurar la resiliencia ecológica del municipio ante fenómenos como la pérdida de biodiversidad, la erosión del suelo, la escasez de agua y el aumento de la temperatura local. Integrar estos espacios a los procesos de planeación urbana y territorial, mediante su protección jurídica, su incorporación a corredores ecológicos y su manejo participativo con las comunidades, es esencial para lograr un desarrollo armónico entre lo urbano y lo ambiental.

En este sentido, el fortalecimiento de capacidades locales para la restauración, la educación ambiental y el monitoreo comunitario se vuelve una estrategia clave para preservar estos entornos. Al impulsar el aprovechamiento responsable de los recursos naturales y fomentar el sentido de pertenencia hacia los ecosistemas locales, se puede avanzar hacia un modelo de gestión territorial más justo, equilibrado y sustentable para Atotonilco de Tula.

Mapa 19. Prioridad media de Áreas Prioritarias para la Conservación de las Especies y la Biodiversidad



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.3.3 Zonas con procesos de contaminación

3.3.3.3.1 Contaminación hídrica

De acuerdo con Carrasco, en su artículo La disputa por el agua residual en México como conflicto ecológico-distributivo paradójico (2021) , esta región ha recibido aguas residuales provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), comprometiendo la calidad de sus cuerpos de agua y acuíferos . Actualmente , el volumen anual de aguas residuales sin tratamiento asciende a 1.576,8 hm³ , utilizado en su mayoría para el riego de aproximadamente 85.000 hectáreas de cultivos (2021), esta región ha recibido aguas residuales provenientes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), comprometiendo la calidad de sus cuerpos de agua y acuíferos. Actualmente, el volumen anual de aguas residuales sin tratamiento asciende a 1.576,8 hm³, utilizado en su mayoría para el riego de aproximadamente 85.000 hectáreas de cultivos, principalmente maíz y alfalfa.

Las principales fuentes de contaminación hídrica en la región incluyen las descargas de aguas residuales urbanas provenientes del sistema de drenaje profundo de la Ciudad de México, las cuales contienen coliformes fecales, materia orgánica y contaminantes emergentes. A ello se suma la contaminación industrial derivada de cementeras, refinerías y termoeléctricas ubicadas en municipios cercanos, como Tula de Allende, lo que ha incrementado la presencia de metales pesados como plomo, arsénico, mercurio y cadmio, así como de cloruros, sulfatos y otros compuestos tóxicos. Asimismo, la actividad minera y cementera ha contribuido a la degradación de los cuerpos de agua locales, debido a la liberación de residuos sólidos y químicos que se dispersan mediante escurrimiento superficial y filtración al subsuelo.

El mismo artículo también señala que esta contaminación ha generado graves consecuencias para la salud de la población. Se han reportado enfermedades infecciosas gastrointestinales, afecciones dermatológicas y, en casos de exposición prolongada a metales pesados, enfermedades renales, neurológicas e incluso ciertos tipos de cáncer. El contacto directo con aguas residuales utilizadas en la agricultura exponen además a los habitantes a riesgos sanitarios adicionales. En el ecosistema acuático, la presencia de contaminantes ha reducido la biodiversidad y deteriorado la calidad del agua disponible para consumo humano y uso agrícola. La bioacumulación de metales pesados en el suelo y en los productos agrícolas representa un riesgo significativo para la salud pública, ya que estos elementos pueden incorporarse a la cadena alimentaria.

Según Vega Ortiz, en su estudio Análisis numérico de la infiltración de contaminantes en la cuenca del río Tula (2024), y Arellano, en su investigación Percepción social del riesgo por contaminación ambiental a causa de las cementeras y caleras, en Atotonilco de Tula, Hidalgo y Apaxco, Estado de México (2020), el gobierno federal impulsó la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) Atotonilco, ubicada en la localidad de Conejos. Esta planta, una de las más grandes del mundo, tiene una capacidad de tratamiento de 35.000 litros por segundo y busca incrementar la cobertura de tratamiento de aguas residuales del 6 % al 60 %. Entre los beneficios esperados se incluyen la reducción de enfermedades relacionadas con el contacto con aguas contaminadas, la mitigación de la sobreexplotación de acuíferos y la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, la operación de la PTAR Atotonilco ha generado controversias entre los agricultores de la región. Algunos productores han señalado que el tratamiento del agua disminuye la cantidad de nutrientes disponibles para los cultivos, lo que los obliga a invertir en fertilizantes adicionales, encareciendo así la producción agrícola. Asimismo, existe preocupación por un posible incremento en el costo del agua industrial, lo que podría afectar la viabilidad económica de la agricultura local.

Otras estrategias de mitigación propuestas incluyen la regulación estricta de las descargas industriales, la mejora de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y la implementación de tecnologías de filtración más eficientes. No obstante, la falta de infraestructura adecuada y la resistencia de ciertos sectores industriales a adoptar estas medidas han dificultado su implementación efectiva.

A pesar de los esfuerzos realizados, la problemática persiste debido a deficiencias en la infraestructura, la ausencia de una regulación eficaz y la limitación entre autoridades. La población local enfrenta una situación compleja, en la que el uso de aguas residuales sigue siendo una necesidad económica, a pesar de los evidentes riesgos para la salud y el medio ambiente. Superar esta crisis exige un enfoque integral que combine tecnologías avanzadas de tratamiento, regulaciones más estrictas y una mayor inversión en infraestructura hídrica sostenible, garantizando así la seguridad ambiental y sanitaria de la región.

Tabla 18 Tipos de contaminantes

Tipo de Contaminante	Fuente de Contaminación	Cantidad / Impacto Estimado
Aguas residuales sin tratamiento	Descargas de la ZMVM	1,576.8 hm ³ anuales

Tipo de Contaminante	Fuente de Contaminación	Cantidad / Impacto Estimado
Coliformes fecales	Aguas residuales urbanas	Elevada presencia en cuerpos de agua
Materia orgánica	Aguas residuales urbanas	Alta demanda bioquímica de oxígeno
Metales pesados (Plomo, Arsénico, Mercurio, Cadmio)	Industria (cementeras, refinerías, termoeléctricas)	Niveles por encima de normativas ambientales
Cloruros y Sulfatos	Descargas industriales	Concentraciones elevadas en cuerpos de agua
Residuos sólidos y químicos	Minería y producción de cemento	Contaminación por escurrimiento y filtración
Contaminantes emergentes	Aguas residuales urbanas e industriales	Presencia no regulada en el agua

Fuente: elaboración propia con información documental

Por su parte, el sector industrial presenta descargas variables y una diversidad de métodos de transferencia. En un caso se reporta una descarga de 7.646,4 m³ mediante forma libre, aunque conducida por tubería, con destino al Río Salado. Asimismo, se registran descargas industriales de hasta 73,000 m³ canalizadas hacia el Río Tula a través de canales. Destaca también un punto específico en el que se documenta una descarga masiva de 120.000 m³ directamente al suelo, lo cual representa un posible riesgo ambiental considerable.

El sector de servicios también realiza aportaciones relevantes, caracterizadas por una mayor diversidad en los métodos de descarga. Se registraron volúmenes de 2,740 m³ mediante descarga libre con tubería, 900 m³ por canaleta, y en un caso, un volumen significativo de 126,144 m³ utilizando el mismo método. Asimismo, algunos registros reportan volúmenes de 0 m³, lo cual podría corresponder a estaciones inactivas o sin descargas en el momento del monitoreo.

En cuanto a los cuerpos receptores, el Río Tula destaca como el principal destino de las descargas, recibiendo volúmenes constantes y elevados, principalmente de los sectores Público Urbano e Industrial. El Río Salado también se ve afectado, especialmente por descargas provenientes de los sectores Industrial y de Servicios. Finalmente, la descarga directa al suelo representa un aspecto crítico, ya que su

impacto dependerá de la composición del líquido vertido y de las condiciones del sitio receptor.

Tabla 19 Sitios de descarga de aguas residuales en el municipio de Atotonilco de Tula

Punto	Longitud	Latitud	Volumen de Descarga (m ³)	Tipo	Forma de Descarga	Cuerpo Receptor
0	-99.238056	19.927778	24791	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
1	-99.232222	19.932778	24791	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
2	-99.301111	19.955556	32806.2	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
3	-99.305833	19.966944	7574	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
4	-99.304167	19.97	6490	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
5	-99.304167	19.971667	7574	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
6	-99.275833	19.984444	2740	Servicios	Libre Con Tuberia	Rio Salado
7	-99.238889	19.9875	876	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
8	-99.190833	19.988889	7646.4	Industrial	Libre Con Tuberia	Rio Salado
9	-99.205278	19.99	149796	Publico Urbano	Canaleta	Rio Tula
10	-99.241389	19.990556	50720.4	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
11	-99.196667	19.991111	73000	Industrial	Canal	Rio Tula
12	-99.238889	19.991944	121107	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
13	-99.207778	19.996667	73000	Industrial	Canal	Rio Tula
14	-99.192222	19.996667	876	Publico Urbano	Con Tuberia	Rio Tula
15	-99.218611	19.997222	350	Servicios	Con Tuberia	Rio Tula
16	-99.219167	19.998056	600	Industrial	Tuberia	Rio Salado
17	-99.218611	19.998056	900	Servicios	Canaleta	Rio Salado

Punto	Longitud	Latitud	Volumen de Descarga (m ³)	Tipo	Forma de Descarga	Cuerpo Receptor
18	-99.194444	19.998611	0	Servicios	Libre	Río Salado
19	-99.194444	19.998611	0	Servicios	Libre Con Tubería	Río Salado
20	-99.194444	19.998611	0	Servicios	Libre Con Tubería	Río Salado
21	-99.194444	19.999861	126144	Servicios	Canaleta	Río Tula
22	-99.201083	20.002278	31295.1	Servicios	Tubería	Río Tula
23	-99.202417	20.003	269242.9	Servicios	Tubería	Río Tula
24	-99.251667	20.005278	36266	Publico Urbano	Con Tubería	Río Salado
25	-99.180556	20.006111	32149.2	Publico Urbano	Con Tubería	Río Salado
26	-99.210278	20.006389	143423	Publico Urbano	Con Tubería	Río Tula
27	-99.211111	20.008056	143423	Publico Urbano	Con Tubería	Río Tula
28	-99.180556	20.008333	32149.2	Publico Urbano	Con Tubería	Río Salado
29	-99.181222	20.010694	120000	Industrial	Tubería	Suelo
Total			1519730.4			

Fuente: elaboración propia con datos del REPDA

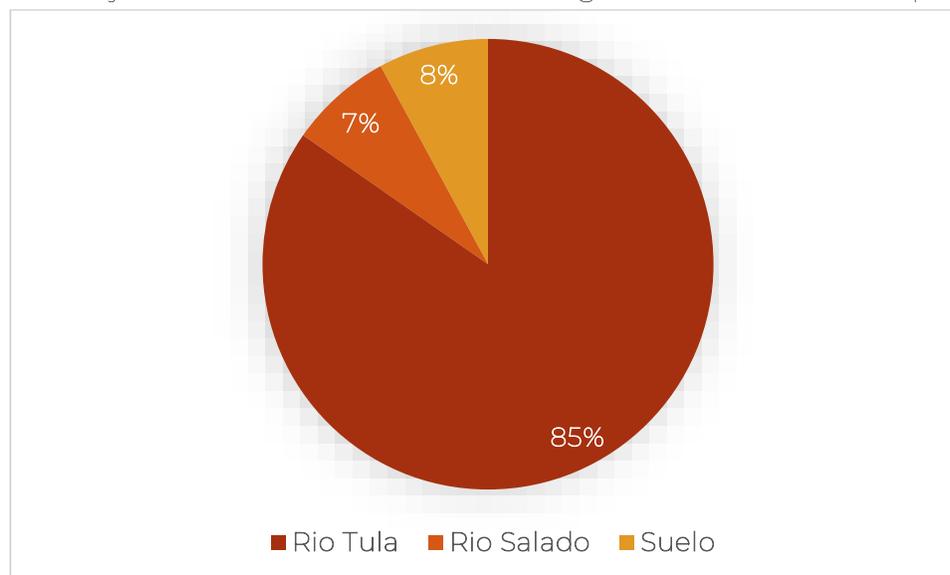
El análisis de los volúmenes de descarga según el cuerpo receptor evidencia una concentración significativa en el Río Tula, que recibe un total de 1.287.279,6 m³, consolidándose como el principal destino de los vertimientos. Esta cifra indica que la mayoría de las descargas, provenientes de los sectores público urbano, industrial y de servicios, se dirigen a este cuerpo de agua, lo que implica un impacto ambiental considerable en términos de calidad hídrica. Este riesgo se acentúa en zonas urbanas en expansión, como la localidad de Res Tlamaco y el Barrio Texas, donde ya se observan procesos de lotificación. Asimismo, la contaminación puede intensificarse por el arrastre de residuos desde comunidades ubicadas más al norte, como Atitalaquia.

En cambio, el Río Salado recibe un volumen total de 112.450,8 m³, lo que representa una proporción menor respecto al Río Tula, aunque continúa siendo un receptor

relevante, particularmente de descargas del sector industrial y de servicios. Estos se caracterizan por una diversidad de métodos de vertido, incluyendo tuberías, canales y descargas libres.

Finalmente, se registra una descarga directa al suelo por un volumen de 120.000 m³, lo cual constituye un aspecto crítico desde el punto de vista ambiental, debido al riesgo potencial de infiltración de contaminantes al subsuelo ya los acuíferos.

Grafica 1. Porcentaje del volumen total de descarga de acuerdo al cuerpo del receptor



Fuente: elaboración propia con datos del REPDA

3.3.3.2 Contaminación aérea

De acuerdo a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo en inventario estatal de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero del 2016–2024 y al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático en el documento de Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula del 2023, presenta mayores niveles de emisión de contaminantes, superado solo por Tula de Allende, y contribuye de forma significativa a las emisiones de contaminación.

Se reflejan una carga considerable de contaminantes como PM10 (1.403 t/año), PM2.5 (602 t/año), SO₂ (1.213 t/año), NO_x (4.716 t/año) y CO (4.352 t/año) y CO (4.352 t/año), los cuales provienen principalmente de fuentes fijas industriales, especialmente de la industria cementera.

De este análisis se desprende que Atotonilco incumplió de forma sistemática los límites normados en las Normas Oficiales Mexicanas para partículas suspendidas (PM10 y PM2.5), ozono (O₃) y dióxido de azufre (SO₂). El año 2021 fue el más crítico, registrando 153 días con al menos un contaminante fuera de norma, lo que equivale al 44% del año. Además, durante ese año se presentó 33 días con dos contaminantes simultáneamente rebasando límites normados y 7 días con tres contaminantes fuera de norma.

Para el caso de las partículas suspendidas PM10 entre 2016 y 2021 se observó una tendencia al alza en el número de días con rebase del límite diario, pasando del 25% al 48%. Esto implica que en casi la mitad del año 2021, la población estuvo expuesta a concentraciones dañinas de partículas gruesas. En contraste, las PM2.5, aunque también representaban un riesgo considerable al inicio del período (74% de días fuera de norma en 2013), mostraron una mejora notable, alcanzando solo el 5% de días con rebase en 2021.

El ozono (O₃) y el dióxido de azufre (SO₂) también fueron contaminantes problemáticos: en 2021, el 8% y 9% de los días respectivamente superaron los límites de protección a la salud. Estas cifras indican que los niveles de contaminación en el municipio no solo son elevados sino constantes y multifactoriales, involucrando tanto emisiones vehiculares como industriales. Además generó 1,022,117 toneladas de CO₂ equivalente (tCO₂e) en 2019, lo que lo convierte en el segundo mayor emisor de GEI del estado, después de Tula de Allende. Esta cifra evidencia no solo el problema local de contaminación, sino su contribución al cambio climático a escala regional y nacional.

Tabla 20 Niveles de emisiones por contaminante (toneladas por año)

Contaminante	Emisión (t/año)
PM10	1.403
PM2.5	602
SO ₂	1.213
CO	4.352
NO _x	4.716
COV	852
NH ₃	175

Fuente: elaboración propia con datos del Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo (ProAire), (SEMARNATH, 2026-2024) y del documento de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula, Hidalgo (INECC, 2023)

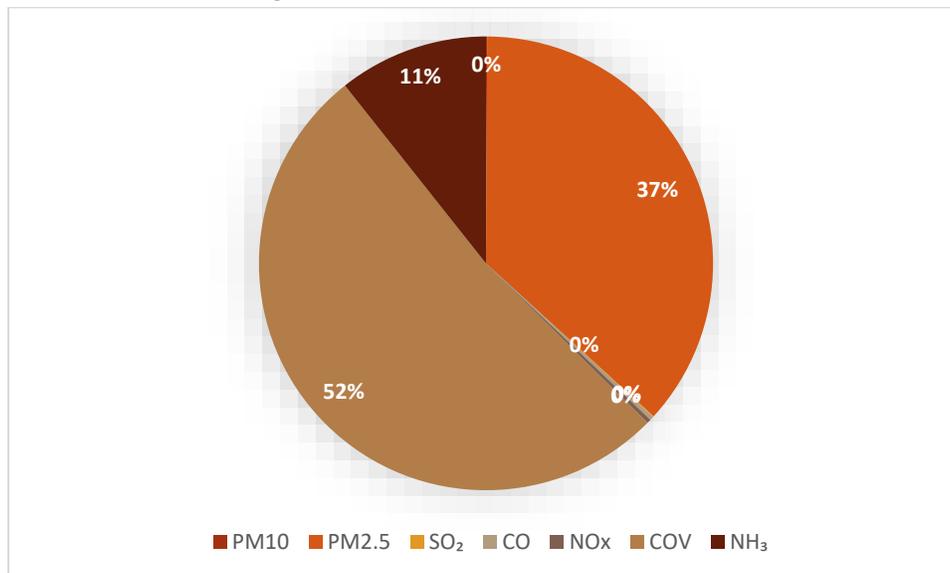
Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) son el contaminante dominante, con 52%, lo que indica una fuerte presencia de emisiones provenientes de solventes, pinturas, combustibles o procesos industriales.

Le sigue el PM2.5 con 37%, lo que representa un riesgo importante para la salud, ya que estas partículas finas pueden penetrar profundamente en los pulmones.

El amoníaco (NH₃) representa un 11%, posiblemente vinculado a actividades agrícolas o descomposición de materia orgánica.

Los demás contaminantes (PM10, SO₂, CO y NO_x) tienen una presencia muy baja (menos del 1% cada uno), lo que indica que en esta muestra específica, su aporte a la contaminación total es poco significativo.

Grafica 2 Porcentajes de emisiones anuales en Atotonilco de Tula



Fuente: elaboración propia con datos del Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo (ProAire), (SEMARNATH, 2016-2024) y del documento de la Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula, Hidalgo (INECC, 2023)

3.3.3.4 Zonas de amortiguamiento a bancos de materiales

La actividad minera no metálica representa un pilar económico fundamental. Sin embargo, esta actividad genera impactos ambientales significativos que requieren medidas de mitigación basadas en un análisis técnico-legal integral. La implementación de una zona de amortiguamiento de 30 metros alrededor de los bancos de materiales se justifica plenamente al considerar tres dimensiones clave: la protección de biodiversidad, el cumplimiento normativo y la sostenibilidad operativa.

Desde la perspectiva ecológica, los bancos de materiales coinciden en áreas adyacentes con hábitats críticos para especies endémicas catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, particularmente la lagartija espinosa del mezquite (*Sceloporus grammicus*), especie sujeta a protección especial que muestra alta sensibilidad a la fragmentación de su hábitat rocoso. Estudios técnicos demuestran que barreras de 30 metros pueden reducir en un 60% la pérdida de poblaciones de esta especie, al tiempo que protegen otras especies clave como la palma de sombra (*Brahea dulcis*) y diversas biznagas (*Mammillaria spp.*), todas ellas esenciales para la estabilización de suelos en estas zonas áridas (ver tema de flora y fauna de la etapa de caracterización). Esta medida adquiere mayor relevancia al considerar que aproximadamente el 70% de las concesiones mineras del municipio se ubican en áreas con pendientes superiores al 15%.

El marco legal vigente, particularmente la NOM-120-SEMARNAT-2020, establece en su sección 6.3.2 la obligatoriedad de implementar barreras perimetrales mínimas de 20 metros en bancos de materiales. La propuesta de 30 metros para Atotonilco de Tula constituye una adaptación basada en condiciones locales específicas, incluyendo las características geomorfológicas del territorio y la presencia de especies protegidas. Esta medida encuentra además sustento en el artículo 46 BIS de la LGEEPA, que establece el principio precautorio para actividades que puedan afectar la biodiversidad, incluso fuera de Áreas Naturales Protegidas.

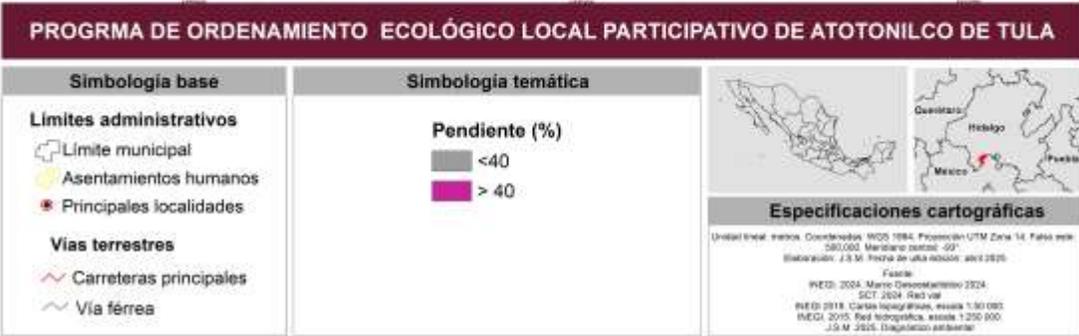
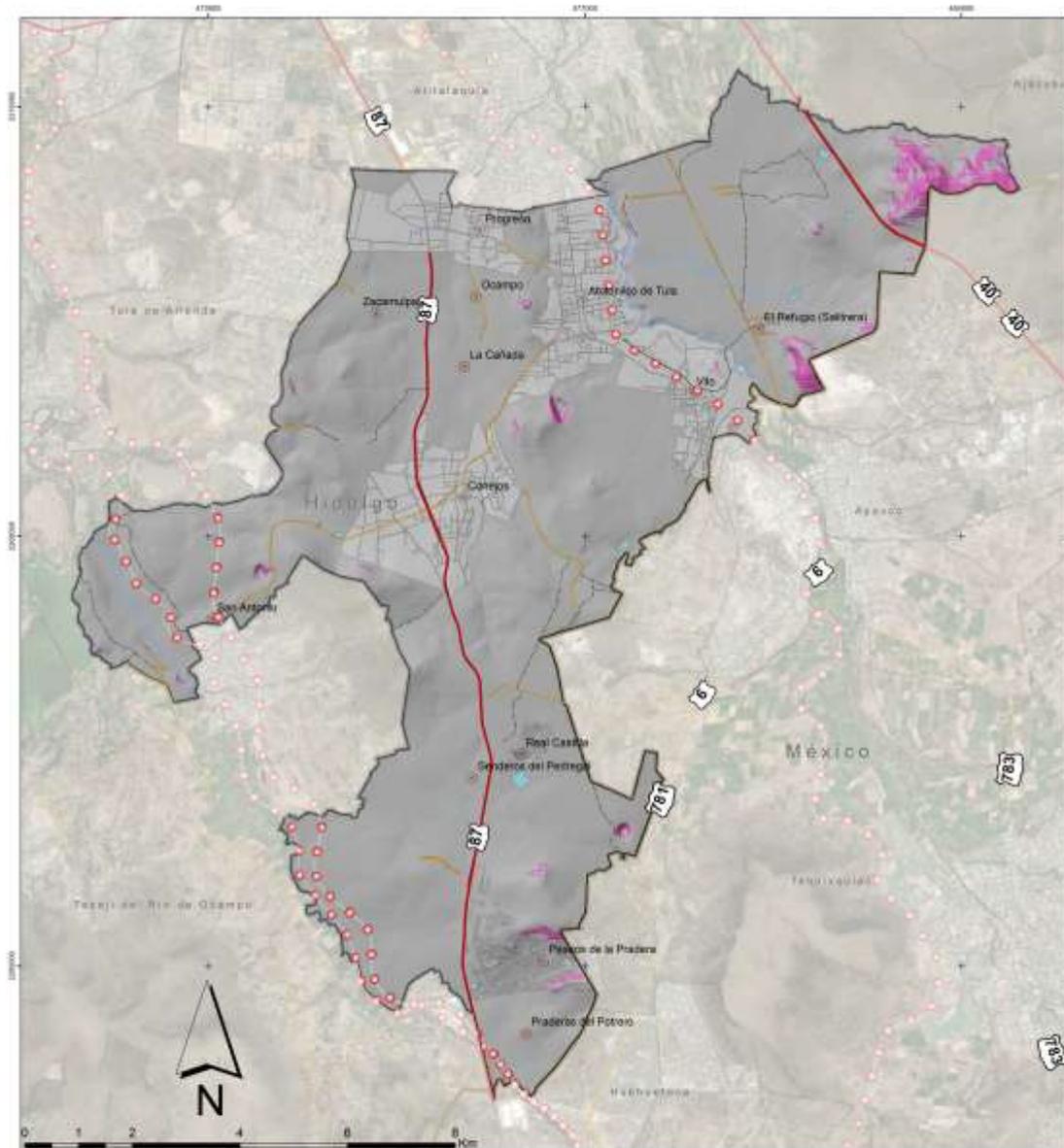
Los beneficios operativos de esta medida son igualmente significativos. Datos de la PROFEPA (2023) revelan que el 78% de las quejas ambientales registradas en el municipio están relacionadas con emisiones de partículas (PM₁₀) y vibraciones, problemática que puede reducirse en un 40% mediante la implementación de barreras vegetales de 30 metros con especies adecuadas como *Opuntia streptacantha* y *Bursera simaruba*. Estas especies, seleccionadas por su resistencia a condiciones áridas y capacidad de fijación de nitrógeno.

La implementación de esta zonificación debe acompañarse de un programa de monitoreo que incluya análisis semestrales de calidad de aire y evaluaciones anuales de cobertura vegetal, con el objetivo de garantizar un mínimo del 70% de cobertura a tres años de implementadas las medidas. Este enfoque integral no solo mitiga los riesgos ecológicos en el municipio que alberga al menos 8 especies endémicas, sino que también establece las bases para una operación minera sostenible, reduciendo potenciales conflictos sociales y garantizando la continuidad de las actividades productivas en el largo plazo.

3.3.3.5 Pendientes mayores al 40%

Las pendientes con inclinaciones superiores al 40% representan uno de los sistemas más vulnerables y a la vez más críticos para el equilibrio ambiental. Estas zonas, caracterizadas por su alta susceptibilidad a procesos erosivos, requieren intervenciones urgentes de restauración que integren aspectos ecológicos, hidrológicos y socioeconómicos.

Mapa 20. Pendientes mayores al 40%



Fuente: elaboración propia, 2025

3.3.3.6 Áreas de restauración

El municipio evidencia una compleja dinámica territorial caracterizada por la interacción entre actividades industriales, mineras y ecosistémicas, generando presiones ambientales que demandan estrategias de restauración ecológica basadas en criterios científicos. Para identificar las áreas prioritarias de intervención, se desarrolló una metodología que integra las variables anteriores descritas mediante análisis espacial.

Cada variable fue estandarizada mediante un proceso de normalización cuantitativa en una escala de 0 a 10, donde 0 indica ausencia de necesidad de intervención y 10 representa máxima prioridad de restauración. Esta valoración considera umbrales específicos para cada parámetro, por ejemplo para el caso de pendientes >40% se asignó prioridad máxima debido a su alta susceptibilidad a procesos erosivos.

La integración espacial se realizó mediante análisis multicriterio en Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando álgebra de mapas para superponer las capas normalizadas, aplicando la siguiente fórmula para la suma ponderada:

$$\text{Áreas de restauración: } (Pvt*23.65) + (APCEB*36.82) + (Zch*11.94) + (Zbm*23.17) + (Ps*4.42)$$

Donde:

Pvt: presencia de vegetación natural perturbada

APCEB: prioridad media de Áreas Prioritarias para la Conservación de Especies y Biodiversidad

Zch: zonas con procesos de contaminación hídrica

Zbm: zonas de amortiguamiento a bancos de materiales

Ps: pendientes superiores al 40%.

Como etapa final del procesamiento, se aplicó un filtro espacial mediante máscaras de exclusión que eliminaron áreas urbanas consolidadas e infraestructura permanente, manteniendo:



1. ecosistemas naturales y seminaturales con distintos grados de perturbación,
2. zonas agrícolas marginales con potencial de reconversión ecológica, y
3. áreas periurbanas con funciones ambientales estratégicas.

Este proceso aseguró que la identificación de áreas prioritarias se enfoque exclusivamente en espacios donde la restauración es técnicamente viable y ecológicamente significativa.

4 COMPATIBILIDAD E INCOMPATIBILIDAD (IMPACTO) DE PLANES, PROGRAMAS Y ACCIONES EJECUTADOS O CON POTENCIAL DE EJECUTARSE EN EL TERRITORIO POR LOS DIFERENTES ÓRDENES DE GOBIERNO.

El análisis de compatibilidad e incompatibilidad de los programas y acciones ejecutados por distintas dependencias gubernamentales muestra una amplia diversidad de impactos en los sectores estratégicos del territorio: agricultura, ganadería/pesca, minería, asentamientos humanos, forestal, conservación y turismo.

La mayoría de los programas revisados tienen como objetivo fortalecer capacidades institucionales, mejorar infraestructura básica, fomentar el desarrollo social o productivo, y conservar recursos naturales. No obstante, su impacto no siempre es positivo en todos los sectores. Algunos programas muestran claras incompatibilidades ambientales o funcionales, lo que resalta la necesidad de mayor coordinación interinstitucional y planeación territorial integral.

Por ejemplo, se identificaron programas con alta compatibilidad como el Programa de Capacitación del Banco de Proyectos Municipales (BPM) el cual muestra compatibilidad con todos los sectores analizados, al fortalecer la gestión pública sin generar impactos negativos. Mientras que los Programas como PROAGUA, PROMAGUA y el Programa de Derechos Indígenas también muestran impactos positivos en términos de acceso a servicios básicos o bienestar comunitario.

Mientras que los programas con impactos mixtos o negativos son el Programa de Residuos Sólidos Municipales (PRORESOL) y algunos créditos para infraestructura pueden afectar sectores como la agricultura, conservación y turismo, al promover obras sin una clara orientación sustentable.

En el sector forestal, los programas de la CONAFOR tienen un enfoque positivo en conservación y manejo sustentable de recursos, aunque pueden entrar en conflicto con la expansión urbana, la agricultura intensiva o la minería, si no se regulan adecuadamente.

Respecto al uso del suelo, los programas de regularización de asentamientos y consolidación de reservas urbanas son fundamentales para ordenar el crecimiento urbano, pero también pueden fomentar la expansión sobre áreas productivas o de conservación si no se acompaña de criterios ecológicos.

Tabla 21. Análisis de compatibilidad e incompatibilidad de planes, programas y acciones.
1 beneficia el desarrollo del sustentable del sector y -1 afecta el desarrollo sustentable del sector

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
BANCO DE PROYECTOS MUNICIPALES (BPM)	Programa de capacitación	Fortalecer las habilidades y capacidades técnicas de los funcionarios en aspectos de gestión, planeación y finanzas		1	1	1	1	1	1	1
BANCO DE PROYECTOS MUNICIPALES (BPM)	Programa de modernización catastral	Brindar mayor certeza jurídica a las familias mexicanas mediante la unificación de la información de los catastros y registros públicos de la propiedad de todos los predios del país.	1	1	1	1	1	1	-1	-1
BANCO DE PROYECTOS MUNICIPALES (BPM)	Programa de modernización de las áreas comerciales de los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento	Fortalecer los ingresos propios de los organismos operadores a través de incrementar la recaudación de los derechos por consumo de agua, mediante la actualización del padrón de contribuyentes y mejoramiento de la eficiencia del Área Comercial de los Organismos Operadores de Agua.					1		-1	
BANCO DE PROYECTOS	Programa de residuos sólidos	Identificación y promoción más ágil	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
MUNICIPALES (BPM)	municipales (PRORESOL)	de proyectos de residuos sólidos.								
BANCO DE PROYECTOS MUNICIPALES (BPM)	Programa para la modernización de organismos operadores de agua (PROMAGUA)	Apoyar a los prestadores de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que atienden a localidades mayores a los 50 mil habitantes o a localidades atendidas por organismos operadores intermunicipales, en la mejora de eficiencias, e incremento de la cobertura y calidad de los servicios, con la participación del capital privado como complemento a los recursos no recuperables federales.					1			
BANCO NACIONAL DE OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS	Programas de crédito BANOBRAS	Es un esquema financiero multianual que permite la anticipación de recursos del Fondo de Aportaciones para la Infraestructura Social (FAIS), para apoyar el desarrollo de infraestructura social en las zonas con mayor grado de marginación	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	
BANCO NACIONAL DE	Proyecto nacional de	Busca apoyar a los municipios del país		-1	-1	-1	1	-1	-1	1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
OBRAS Y SERVICIOS PÚBLICOS	eficiencia energética para el alumbrado público municipal	en la ejecución de proyectos de sustitución de sistemas ineficientes de alumbrado público								
CDI	Programa de Apoyo a la Educación Indígena	Apoyar la permanencia en la educación de niños y jóvenes indígenas, inscritos en escuelas públicas, a través de diferentes modalidades de atención, priorizando aquellos que no tienen opciones educativas en su comunidad.					1			
CDI	Programa de infraestructura indígena	Contribuir a que la población de las localidades indígenas elegibles supere el aislamiento y disponga de bienes y servicios básicos, mediante la construcción de obras de infraestructura básica y vivienda.	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS	Programa de Derechos Indígenas	Identifica la necesidad de fomentar el bienestar de los pueblos y comunidades indígenas a través de una revisión a fondo del diseño e instrumentación de los programas enfocados a su	Social				1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		beneficio, y de la operación de los fondos destinados a su desarrollo, en un marco de respeto a su autonomía, identidades, voces y prioridades, y establece como estrategia el "Fomentar el bienestar de los pueblos y comunidades indígenas, fortaleciendo su proceso de desarrollo social y económico, respetando las manifestaciones de su cultura y el ejercicio de sus derechos".								
COMISIÓN NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE LOS PUEBLOS INDÍGENAS	Programa para el Mejoramiento de la Producción y Productividad Indígena	Consolidar proyectos productivos de la población indígena, organizada en grupos y sociedades para contribuir a mejorar sus ingresos.					1			
COMISIÓN PARA LA REGULARIZACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA	Programa de consolidación de reservas urbanas	Contribuye a un adecuado desarrollo de las ciudades, promoviendo proyectos de vivienda social digna y sustentable, construida en suelo apto intraurbano					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		libre de riesgos naturales.								
COMISIÓN PARA LA REGULARIZACIÓN DE LA TENENCIA DE LA TIERRA	Programa para regularizar asentamientos humanos irregulares (PASPROAH)	Instrumento de apoyo a aquellos hogares que no han podido llevar a cabo los procesos de regularización que les permitan acceder a la formalidad, y a la seguridad jurídica de sus lotes, con el fin de propiciar un desarrollo urbano ordenado.	1	-1	-1		1	-1	-1	
CONADE	Programa Nacional de Cultura Física y Deporte 2014-2018.	Aumentar la práctica del "deporte social" para mejorar el bienestar de la población. El primer objetivo pretende promover, fomentar y estimular el que todas las personas, sin distinción de género, edad, discapacidad, condición social, religión, opiniones, preferencias o estado civil participen en actividades deportivas con finalidades recreativas, educativas, o de salud.					1			
CONAFOR	Programa Apoyos para el Desarrollo	Contribuir a que la superficie forestal y preferentemente forestal de México	-1	1	1	1	1	-1	-1	

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
	Forestal Sustentable	cuente con condiciones habilitadoras desarrolladas para su protección, conservación, restauración y aprovechamiento forestal sustentable.								
CONAFOR	Programa De Fomento a la Organización Social, Planeación y Desarrollo Regional Forestal (PROFOS)	Promover y consolidar las organizaciones de productores(as) forestales y/o silvicultores(as) a través de la asignación de apoyos económicos que incentiven la planeación, la mejora de sus instrumentos internos y la elaboración y ejecución de proyectos de alcance regional como un medio para asegurar la efectiva incorporación de los propietarios(as) forestales y sus organizaciones en la protección, conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
CONAFOR	Programa nacional forestal	Mejorar la calidad de vida de los dueños y poseedores de terrenos forestales.	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		Contribuir a la conservación de los ecosistemas. Impulsar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales. Contribuir a mantener la provisión de bienes y servicios ambientales.								
CONAFOR	PROGRAMA APOYOS PARA EL DESARROLLO FORESTAL SUSTENTABLE	Contribuir a que la superficie forestal y preferentemente forestal de México cuente con condiciones habilitadoras desarrolladas para su protección, conservación, restauración y aprovechamiento forestal sustentable	-1	-1	-1	-1	1	1	1	-1
CONAGUA	Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento (PROAGUA)	Apoyar a los gobiernos estatales y municipales a través de la dependencia que determinen o a el organismo operador, para que incrementen la cobertura o fortalezcan los servicios de agua potable y alcantarillado, en beneficio de la población del país con deficiencia o carencias en los servicios, a través del apoyo financiero y técnico	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		a las entidades federativas, municipios y sus organismos operadores.								
CONAGUA	Programa de Agua Potable, Drenaje y Tratamiento a cargo de la Comisión Nacional del Agua	Contribuir a disminuir la falta de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento que son factores relacionados con la pobreza, a través de fortalecer e incrementar la cobertura de estos servicios en las entidades federativas, mediante el apoyo a las instancias estatales y municipales responsables de la prestación de los servicios	1	-1	-1	-1	1	-1	-1	
CONAGUA	Programa de Apoyo a la Infraestructura Hidroagrícola	Promover un uso eficiente del agua, así como aumentar la producción y productividad en la agricultura de riego y de temporal tecnificado, además de ampliar la frontera agrícola en áreas de riego y de temporal. La infraestructura hidroagrícola constituye un elemento esencial para alcanzar los objetivos nacionales en	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		materia alimentaria, de generación de empleos, de incremento del ingreso y de mejoramiento del nivel de vida de los productores y habitantes en el medio rural.								
CONAGUA	Programa de tratamiento de aguas residuales. Tratamiento de Aguas Residuales (PROSAN)	Incrementar el acceso y calidad de los servicios de saneamiento para la población de las zonas urbanas y rurales. Hacer frente a la creciente demanda de servicios de saneamiento, buscando elevar la eficiencia en el uso del agua					1			
DIF	Programa de Desarrollo Comunitario "Comunidad DIFerente"	Promover que las poblaciones en situación de marginación se articulen y mejoren sus condiciones sociales de vida.					1			
FIDEICOMISO FONDO NACIONAL DE HABITACIONES POPULARES	Programa de acceso al financiamiento para soluciones habitacionales	Ofrece a la población de bajos ingresos diversos esquemas que les facilite adquirir una vivienda o contar con una solución habitacional para mejorar su calidad de vida otorgándoles para ello un apoyo económico que les sirva para	1				1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		completar el costo de la vivienda o solución habitacional.								
FIDEICOMISO FONDO NACIONAL DE HABITACIONES POPULARES	Programa de apoyo a la vivienda	Mejorar las condiciones habitacionales de los hogares mexicanos con ingresos por debajo de la línea de bienestar y con carencia por calidad y espacios de la vivienda urbana y rural, con la finalidad de reducir el rezago habitacional de las familias mexicanas.					1			
FONART	Programas del Fondo Nacional de Fomento a las Artesanías (FONART)	Contribuir a mejorar el ingreso de las personas artesanas en situación de pobreza mediante el apoyo y desarrollo de proyectos productivos mediante acciones dirigidas a la consolidación de los proyectos artesanales.					1			1
IHM	Becas para el Fomento Educativo de las Mujeres Hidalguenses	Contribuir a mejorar la condición educativa a nivel medio superior y superior de las Mujeres con escasos recursos.					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
IHM	Capacitación para el Autoempleo	Contribuir a que las mujeres del estado de Hidalgo participen en actividades para el desarrollo de sus habilidades					1			
IMSS	Programa IMSS-PROSPERA	Contribuir a cerrar brechas existentes en salud entre diferentes grupos sociales y regiones del país, con población sin seguridad social, mediante un Modelo de Atención Integral a la Salud que vincula los servicios de salud y la acción comunitaria, en las entidades donde el Programa tiene cobertura. El Programa desarrollará estos objetivos mediante los componentes de: Salud Pública, Atención a la Salud, Acciones Comunitarias, Salud de PROSPERA y de Contraloría Social y Ciudadanía en Salud. Lo anterior, en un marco de respeto a los derechos humanos, con perspectiva de género y con la implementación, desarrollo y puesta en práctica del	Social				1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		Enfoque Intercultural en Salud a la población usuaria.								
INDESOL	Programa de Apoyo a las Instancias de Mujeres en las Entidades Federativas (PAIMEF)	Contribuir a la construcción de una sociedad igualitaria mediante acciones de prevención y atención en materia de violencia contra las mujeres, así como empoderar a todas aquellas mujeres que solicitan servicios de atención especializada en las unidades apoyadas por el PAIMEF					1			
INIFED	Programa de infraestructura física educativa	Con el objetivo de fortalecer la infraestructura educativa en el país, el INIFED emite normas y especificaciones técnicas, participa en la elaboración de normas mexicanas, y elabora guías operativas para la administración de los recursos destinados a la infraestructura educativa.					1			
INSTITUTO MEXICANO DE LA JUVENTUD	Centros de poder joven	Fomentar en la población joven la participación para su desarrollo personal mediante la promoción de conocimiento y la					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		generación de habilidades a través de alternativas de desarrollo humano, comunitario, inclusión social y empleabilidad; propiciando el uso adecuado de su tiempo libre y la atención oportuna de sus necesidades.								
INSTITUTO MEXICANO DE LA JUVENTUD	Proyectos locales juveniles	Fomentar el desarrollo y fortalecer a las Instancias Estatales y Municipales de Juventud, así como impulsar la creación de políticas públicas y acciones específicas para la juventud, considerando las condiciones particulares de cada estado y municipio para lograr un mayor impacto de las mismas.		-1	-1	-1	1	-1	-1	-1
INSTITUTO NACIONAL DE LAS MUJERES	Programa de fortalecimiento a la transversalidad de la perspectiva de género (PFTPG)	Contribuir a que los mecanismos para el adelanto de las mujeres (MAM) promuevan la incorporación de la perspectiva de género en el marco normativo, en los instrumentos de planeación, programáticos, así como en las acciones	Social				1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		gubernamentales para implementar dicha política en las entidades federativas, en los municipios y en las delegaciones de la Ciudad de México, mediante su fortalecimiento institucional.								
SAGARPA	Componente de energías renovables 2017	Fomentar la utilización de energías renovables que contribuyan a mitigar el impacto al medio ambiente, promover la sustentabilidad e incrementar la rentabilidad.							1	
SAGARPA	Componente de mejoramiento productivo de suelo y agua 2017	Optimizar los costos de producción y mitigar el impacto al medio ambiente a partir del mejoramiento productivo del suelo y agua, así como contribuir al uso eficiente y aprovechamiento de los recursos naturales asociados a la agricultura	1	1	1	-1	-1	-1	1	-1
SAGARPA	Programa de Apoyos a la Comercialización	Es fortalecer el ordenamiento y desarrollo de mercados y la cadena agroalimentaria productiva y comercial mediante el		1	1	-1	1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		otorgamiento de Incentivos y servicios para la comercialización de cosechas nacionales; la administración de riesgos de mercado, la promoción comercial, la red de enlaces comerciales y el fomento a las exportaciones de productos agropecuarios, acuícolas y pesqueros.								
SAGARPA	Programa de apoyos a pequeños productores	Incrementar la disponibilidad de alimentos en las Unidades Económicas Rurales conformadas por pequeños(as) productores(as)	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa de concurrencia con las entidades federativas	Incrementar la productividad de las unidades de producción primaria del sector agropecuario, pesquero y acuícola en las entidades federativas	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa de Fomento a la Agricultura	Incrementar la productividad de las Unidades Económicas Rurales Agrícolas (UERA) mediante incentivos económicos focalizados		1	1	-1	1	-1	-1	-1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		preferentemente en zonas con potencial productivo medio y alto, en cultivos prioritarios y con potencial de mercado.								
SAGARPA	Programa de Fomento a la Productividad Pesquera y Acuícola	Lograr que las Unidades Económicas Pesqueras y Acuícolas incrementen su productividad, en un marco de sustentabilidad.		-1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa de Fomento Ganadero	Contribuir a aumentar la productividad de las Unidades Económicas Pecuarias mediante la inversión en el sector pecuario	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa de productividad rural (PPR)	Que los agricultores y ganaderos de las zonas rurales y periurbanas del país incrementen su producción de alimentos tanto para autoconsumo como para comercialización local.	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa de Productividad y Competitividad Agroalimentaria	Contribuir a impulsar la productividad en el sector agroalimentario, mediante inversión en capital físico, humano y	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		tecnológico que garantice la seguridad alimentaria mediante la inversión en las "UER".								
SAGARPA	Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria	Mantener y mejorar el patrimonio fitozoosanitario y de inocuidad agroalimentaria, acuícola y pesquera en las zonas y regiones de los Estados Unidos Mexicanos.	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1
SAGARPA	Programa integral de desarrollo rural	Contribuir a reducir la inseguridad alimentaria prioritariamente de la población en pobreza extrema de zonas rurales marginadas y periurbanas		1	1		1			
SCT	Programa México conectado	Se ofrece conectividad gratuita a Internet en sitios públicos como escuelas y universidades; centros de investigación; clínicas y hospitales; ayuntamientos; oficinas de gobierno; bibliotecas; parques y plazas.					1			
SCT	Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes	Desarrollar una infraestructura de transporte y logística multimodal que	1				1		-1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		genere costos competitivos, mejore la seguridad e impulse el desarrollo económico y social.								
SDS	Comedores Comunitarios	Contribuir a fortalecer el cumplimiento efectivo de los derechos sociales que potencien las capacidades de las personas en situación de pobreza, a través de acciones que incidan positivamente en la alimentación mediante la instalación y operación de Comedores Comunitarios.					1			
SDS	Pensión para Adultos Mayores	Contribuir a dotar de esquemas de seguridad social que protejan el bienestar socioeconómico de la población en situación de carencia o pobreza, mediante el aseguramiento de un ingreso mínimo, así como la entrega de apoyos de protección social a personas de 65 años de edad en adelante que no reciban una pensión o jubilación de tipo					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		contributivo superior a la línea de bienestar mínimo.								
SDS	Programa Nacional para el Desarrollo y la Inclusión de las Personas con Discapacidad	Transitar hacia una sociedad equitativa e incluyente					1			
SDS	PROSPERA Programa de Inclusión Social	Contribuir a fortalecer el cumplimiento efectivo de los derechos sociales que potencien las capacidades de las personas en situación de pobreza, a través de acciones que amplíen sus capacidades en alimentación, salud y educación, y mejoren su acceso a otras dimensiones del bienestar.					1			
SDS	Seguro de vida para jefas de familia	Contribuir a dotar de esquemas de seguridad social que protejan el bienestar socioeconómico de la población en situación de carencia o pobreza, mediante la incorporación de familias con jefatura femenina, en condición de pobreza, vulnerabilidad por carencias sociales o vulnerabilidad por					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		ingresos a un seguro de vida.								
SE	Programa de apoyo para la mejora tecnológica de la industria de alta tecnología (PROIAT)	Contribuir a que las industrias de alta tecnología incrementen sus capacidades para adoptar nuevas tecnologías, e impulsar la participación de las empresas en actividades de mayor valor agregado, mediante la especialización del capital humano, la certificación de capacidades productivas y humanas, la generación de información especializada y la transferencia y/o desarrollo tecnológico.					1			
Secretaría de Cultura	Programa de Apoyos a la Cultura	Contribuir a promover y difundir el arte y la cultura como recursos formativos privilegiados para impulsar la educación integral mediante el otorgamiento de financiamiento de proyectos de apoyo a la cultura para: conservar las expresiones culturales del patrimonio cultural inmaterial;					1			1



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		preservar los bienes que integran el patrimonio cultural material; acrecentar y conservar la infraestructura cultural disponible y para fomentar la cultura.								
Secretaría de Desarrollo Agropecuario	Agricultura y Ganadería Periurbana	Apoyar a las familias con la producción de alimentos y generación de recursos económicos, a través de la implementación de proyectos productivos familiares operados, en la periferia de zonas con alta densidad de población		1	1	-1	1			
Secretaría de Desarrollo Económico	Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT)	Crear las condiciones necesarias para que México cuente con una industria de software competitiva internacionalmente y asegurar su crecimiento en el largo plazo								
Secretaría de Desarrollo Social	Programa Beneficio Alimentario (PROBEA)	Contribuir a mejorar la seguridad alimentaria de la población vulnerable en situación de pobreza extrema y moderada del					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		Estado de Hidalgo, que presenta carencia por acceso a la alimentación.								
SECRETARÍA DE ECONOMÍA	Fondo nacional emprendedor	Incentivar el crecimiento económico nacional, regional y sectorial, mediante el fomento a la productividad e innovación en las micro, pequeñas y medianas empresas ubicadas en sectores estratégicos, que impulse el fortalecimiento ordenado, planificado y sistemático del emprendimiento y del desarrollo empresarial en todo el territorio nacional, así como la consolidación de una economía innovadora, dinámica y competitiva.	Económico				1			
SECRETARÍA DE ECONOMÍA	Programa nacional de financiamiento a la microempresa	Incubación de Actividades Productivas y el Desarrollo de Capacidades Financieras y Empresariales de los y las microempresarias.					1			
SECRETARÍA DE ECONOMÍA	Programa nacional de financiamiento al microempresari	Su fin es impulsar las iniciativas productivas y los emprendimientos de mujeres y					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
	o y a la mujer rural (PRONAFIM)	hombres para que contribuyan a mejorar sus condiciones de vida en las poblaciones rurales y urbanas del país.								
Secretaría de Educación	Programa Nacional de Becas para la Educación Superior PRONABES-Estado de Hidalgo-BECALOS	Contribuir a lograr la equidad educativa en los programas del tipo educativo superior que ofrezcan las IPES, mediante el otorgamiento de becas a jóvenes en condiciones					1			
Secretaría de Educación	Servicio social comunitario	Impulsar la recuperación del sentido de solidaridad comunitaria y contribuir a la solución de problemas concretos de las comunidades, mediante la participación de prestadores de servicio social en actividades comunitarias, que permita desarrollar su sentido humanista, solidario y fortalezca los valores sociales y humanos.					1			
SECRETARÍA DE TURISMO	Programa de Desarrollo Regional Turístico Sustentable y	Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística en los destinos					1			1

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
	Pueblos Mágicos	turísticos y en las regiones turísticas, mediante la ejecución de obras, servicios relacionados y acciones para el desarrollo sustentable del turismo								
SECTUR	Programa de asistencia técnica a estados y municipios	Asesora a gobiernos estatales y municipales para la planeación turística de regiones y sitios con potencial, así como para apoyar destinos turísticos que requieran un nuevo impulso.					1			1
SECTUR	Programa para el desarrollo regional turístico sustentable (PRODERETUS)	Contribuir a fortalecer las ventajas competitivas de la oferta turística nacional, mediante el desarrollo de obras de infraestructura y equipamiento suficiente para el desarrollo turístico sustentable					1			1
SEDATU	Programa de apoyo a jóvenes emprendedores agrarios	Este programa fomenta el relevo generacional en la tenencia de la tierra, apoyando a los jóvenes de núcleos agrarios para adquirir o rentar tierra social. Los beneficiarios reciben asistencia técnica y		1	1	-1	1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		capacitación para instrumentar proyectos productivos								
SEDATU	Programa de apoyo a los vecindados en condiciones de pobreza patrimonial para regularizar asentamientos humanos irregulares (pasprah)	Apoyo para los procesos de regularización que les permita a la población acceder a la formalidad, y a la seguridad jurídica de sus lotes, con el fin de propiciar un desarrollo urbano ordenado.					1		1	
SEDATU	Programa de consolidación de reservas urbanas	Este programa contribuye a un adecuado desarrollo de las ciudades, promoviendo proyectos de vivienda social digna y sustentable, construida en suelo apto intraurbano libre de riesgos naturales					1			
SEDATU	Programa de fomento a la urbanización rural (FUR)	El Programa de Fomento a la Urbanización Rural apoya a las localidades rurales del país (población menor a los 2 mil 500 habitantes) con alto y muy alto grado de rezago social ubicadas en Núcleos Agrarios.					1			
SEDATU	Programa de infraestructura	Contribuir a mejorar las condiciones de habitabilidad de los					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		hogares asentados en las Zonas de Actuación del Programa a través del desarrollo de proyectos de infraestructura básica, complementaria, equipamiento urbano y mejoramiento de la vivienda.								
SEDATU	Programa de Prevención de Riesgos	Contribuir a incentivar el crecimiento ordenado de los asentamientos humanos, los centros de población y las zonas metropolitanas, mediante el apoyo para la elaboración de programas de planeación y la realización de acciones de prevención y mitigación de riesgos.					1			
SEDATU	Programa de reordenamiento y rescate de unidades habitacionales	El programa mejora las condiciones de bienestar de las personas que viven en desarrollos y unidades habitacionales de interés social en las ciudades, mediante la organización social y el rescate de sus áreas comunes.					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
SEDATU	Programa HÁBITAT	Apoya con subsidios federales obras y acciones en zonas urbanas marginadas y en áreas que presentan condiciones de marginación, pobreza, inseguridad o violencia social, para introducir o mejorar infraestructura y equipamiento urbano básicos; mejorar el entorno físico; construir o mejorar centros de desarrollo comunitario, así como apoyar acciones para el desarrollo de capacidades individuales y comunitarias, entre otras.					1			
SEDATU	Programa rescate de espacios públicos (PREP)	Contribuye a mejorar la calidad de vida y la seguridad ciudadana, preferentemente de la población en condición de marginación, mediante el rescate de espacios públicos en las ciudades y zonas metropolitanas					1			
SEDATU	Programa vivienda digna	Se otorga subsidios a los hogares mexicanos en					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		situación de pobreza con ingresos por debajo de la línea de bienestar, con carencia de calidad y espacios de la vivienda para que adquieran, construyan, amplíen o mejoren								
SEDATU	Programa vivienda rural	Gobierno Federal otorga subsidios para que los hogares mexicanos en zonas rurales, en situación de pobreza con ingresos por debajo de la línea de bienestar, con carencia de calidad y espacios de la vivienda, para que adquieran, construyan, amplíen o mejoren sus viviendas.					1			
SEDATU	Promoción para la Regulación de la Tenencia de la Tierra	Crear un comité permanente interinstitucional que conjunte esfuerzos y recursos a fin de resolver la actual problemática de la tenencia de la tierra en el Estado de México, así como coordinar acciones a favor de consolidar y fortalecer la organización interna de ejidos					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
SEDESOL	Programa 3 x 1 para migrantes	Contribuir al desarrollo comunitario de las localidades apoyando el desarrollo de proyectos de infraestructura social comunitaria, equipamiento o servicios comunitarios, así como de proyectos productivos.					1			
SEDESOL	Programa de Abasto Rural a cargo de Diconsa, S.A. de C.V. (DICONSA)	Contribuir a fortalecer el cumplimiento efectivo del derecho social a la alimentación facilitando el acceso físico o económico a los productos alimenticios para la población que habita en las localidades de alta o muy alta marginación.					1			
SEDESOL	Programa de Abasto Social de Leche a cargo de Liconsa, S.A. de C.V.	Contribuir a fortalecer el cumplimiento efectivo de los derechos sociales que potencien las capacidades de las personas en situación de pobreza, a través de acciones que incidan positivamente en la alimentación, la salud y la educación,					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		mediante el acceso a la alimentación								
SEDESOL	Programa de Apoyo a Zonas de Atención Prioritaria (PAZAP)	Contribuir a la reducción de las desigualdades municipales y regionales a través de una política de desarrollo territorial de los municipios y localidades con mayor marginación o rezago social del país, o las zonas que presenten alta concentración de personas en condición de pobreza, buscando la corresponsabilidad de la población y de los tres órdenes de gobierno para lograr un desarrollo integral –social, económico y humano- de su población					1			
SEDESOL	Programa de Atención Jornaleros Agrícolas	El Programa de Atención a Jornaleros Agrícolas (PAJA), ayuda a mejorar las condiciones de vida de la población jornalera agrícola y de los integrantes de sus hogares con acciones que les permiten tener mejor alimentación, salud y educación.		1	1		1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
SEDESOL	Programa de coinversión social (PCS)	El programa busca promover y fortalecer la participación de la Sociedad Civil organizada en acciones de desarrollo social que beneficien a personas en situación de pobreza o vulnerabilidad.					1			
SEDESOL	Programa de estancias infantiles para apoyar a madres trabajadoras	Mejorar las condiciones de acceso y permanencia en el mercado laboral de las madres, padres solos y tutores que trabajan, buscan empleo o estudian, mediante el acceso a los servicios de cuidado y atención infantil, como un esquema de seguridad social.					1			
SEDESOL	Programa empleo temporal (PET)	Contribuye al bienestar de hombres y mujeres que enfrentan una reducción de sus ingresos y de la población afectada por emergencias.					1			
SEGOB	Desarrollo Institucional	Fortalecimiento de las capacidades de las instituciones de gobierno vinculadas al desarrollo forestal sustentable	-1					1	1	
SEMARNAT	Manifestación de Impacto Ambiental	El objetivo de la evaluación del impacto ambiental					1		1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		es la sustentabilidad, pero para que un proyecto sea sustentable debe considerar además de la factibilidad económica y el beneficio social, el aprovechamiento razonable de los recursos naturales								
SEMARNAT	Ordenamiento ecológico territorial	Garantizar la elaboración de OET comunitarios a fin de generar un instrumento de gestión que defina las actividades productivas más adecuadas de los terrenos y asegurar la reconversión de terrenos con vocación forestal	-1	1	1	1	1	1	1	1
SEMARNAT	Programa de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos CUSTF	Proyectos de compensación ambiental para realizar acciones de restauración de suelos, reforestación, mantenimiento y protección, que sean diseñados estrictamente con criterios técnicos y ambientales y realizados por compensadores.	-1					1	1	
SEMARNAT	Programa de Empleo Temporal (PET)	Otorgar apoyos económicos a las personas de 16 años o más que vean disminuidos sus ingresos o su					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		patrimonio a causa de situaciones sociales y económicas adversas, emergencias o desastres, como contraprestación por su participación en proyectos de beneficio social, familiar o comunitario.								
SEMARNAT	Programas de gestión para mejorar la calidad del aire	Para proteger la calidad del aire, es necesario diseñar políticas públicas orientadas a reducir la emisión de contaminantes atmosféricos. Un Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire) integra instrumentos y herramientas de gestión, tales como el desarrollo de normas, convenios, participación de los sectores involucrados, educación ambiental, participación social, divulgación de la información y capacitación, entre otros. Este se considera como el principal instrumento desarrollado para revertir las	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		tendencias de deterioro de la calidad del aire.								
SEMARNAT, CONAFOR, PRONATURA y el Sistema Coca-Cola de México.	Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua	Integrar acciones en favor de la restauración de ecosistemas para facilitar la recarga de acuíferos en sitios estratégicos para el abastecimiento de agua en el país.	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1
SEMARNAT-CONAFOR	Programa de Pago por Servicios Ambientales	Contribuir a la conservación y protección de los recursos forestales por los servicios ambientales que proveen	-1					1	1	
SEMARNAT-CONAFOR	Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos PSAH	Conservar las áreas de bosque que permiten la recarga hídrica, para garantizar el suministro de agua. Lograr que los productores forestales mantengan, conserven o aumenten la cobertura forestal natural o incida. Reducir la carga de sedimentos en las partes bajas de las cuencas, la conservación de los cuerpos de agua y disminuir los riesgos de inundaciones. Retribuir mediante el pago de \$1,500.00 por hectárea anual,	Social					1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		a los dueños, poseedores y usufructuarios de bosques, por el servicio ambiental que ofrecen.								
SEMARNAT- CONAFOR	Programa de Proyectos Especiales de Conservación y Restauración Forestal (PE- CONAFOR)	Realizar actividades técnicas y buenas prácticas para la conservación, restauración, preservación, protección, cuidado, manejo, mantenimiento y rehabilitación de los ecosistemas, los hábitats, las poblaciones y las especies, para que se recuperen y mantengan parcial o totalmente, el suelo, la dinámica hidrológica, la estructura y composición de la vegetación y la biodiversidad, asegurando la productividad de los ecosistemas forestales, de manera que se salvaguarden las condiciones naturales y se garantice su permanencia, promoviendo la recuperación de la cobertura vegetal por medio de la reforestación, restauración y la rehabilitación de	Social					1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		cada uno de los componentes del ecosistema.								
SEMARNAT- CONAFOR	Programa Especial de Áreas de Acción Temprana REDD+	Es un esfuerzo articulado institucionalmente a nivel subnacional (regional y local) que permite atender las causas de la pérdida de bosques y del carbono forestal a través de diferentes instrumentos de política pública que generen oportunidades para el desarrollo para las comunidades.					1	1	1	
SEMARNAT- CONAFOR	Programa para la Restauración Forestal de Áreas Elegibles Complementarias del PRONAFOR	Apoyar la ejecución de acciones para la recuperación forestal, su mantenimiento, así como la conservación y restauración de los suelos ubicados en cuencas con terrenos forestales y preferentemente forestales en proceso de deterioro, con la finalidad de contribuir a la disminución de estas condiciones, restablecer su estructura y las funciones que permitan recuperar de provisión de los servicios ambientales,						1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		prevenir la pérdida de suelos o servicios ambientales de las áreas degradadas.								
SEMARNAT- CONAFOR	Programa para promover mecanismos locales de pago por servicios ambientales a través de fondos concurrentes.	Conjuntar recursos financieros de la Comisión Nacional Forestal y las partes interesadas para incentivar y fortalecer la creación de mecanismos locales de pago por servicios ambientales, promoviendo la participación de instituciones de los tres órdenes de gobierno, organizaciones del sector privado o la sociedad civil y, en general de cualquier persona, física o moral, a través de aportaciones de recursos financieros que éstos realicen, para el otorgamiento de pagos por la implementación de acciones y, en su caso, para el apoyo de asistencia técnica, a los proveedores de servicios ambientales, con el propósito de asegurar y/o mejorar la provisión						1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		de servicios ambientales.								
SEMARNAT-CONAGUA	Programa de agua limpia (PAL)	Fomenta y apoya el desarrollo de acciones para ampliar la cobertura de agua de calidad para el uso y consumo humano, mediante diversos procesos físicos, químicos u otros. Con la instalación, rehabilitación y reposición de equipos o dispositivos; el suministro y distribución de desinfectantes, la aplicación de tecnologías diversas de potabilización y la protección de fuentes de abastecimiento.					1	1	1	
SEMARNAT-CONAGUA	Programa de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas (APAZU)	Fomentar y apoyar a las Entidades Federativas y Municipios en el desarrollo en el desarrollo de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento en centros de población mayores a 2,500 habitantes, mediante acciones de mejoramiento en la eficiencia operativa y uso eficiente del					1			



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		recurso, así como el manejo integral de los servicios para proporcionar agua para los diversos usos y fundamentalmente para el consumo humano.								
SEMARNAT-CONAGUA	Programa de rehabilitación, modernización, tecnificación y equipamiento de distritos de riego y temporal tecnificado.	Utilizar de manera más eficiente el recurso agua, desde la red de conducción y distribución hasta la parcela		1	-1		1		1	
SEMARNAT-CONAGUA	Programa para la construcción y rehabilitación de sistemas de agua potable y saneamiento en zonas rurales. (PROSSAPYS)	Apoyar la creación de infraestructura para abatir el rezago en la dotación y cobertura de los servicios de Agua Potable y Saneamiento en Zonas Rurales, mediante la construcción, mejoramiento y ampliación de infraestructura en localidades rurales igual o menores a 2,500 habitantes de México, con la participación comunitaria organizada.					1			
SEMARNAT-CONANP	Programa de conservación para el desarrollo sostenible (PROCODES)	Promover la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad en las Regiones Prioritarias, mediante el	Social					1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		<p>aprovechamiento sostenible de los mismos, con igualdad de oportunidades para las mujeres y hombres, con énfasis en la población indígena de las localidades, fomentando el desarrollo sostenible de las localidades asentadas en las Regiones Prioritarias, promoviendo la adopción y práctica de actividades productivas alternativas apropiadas a las características ecológicas y económicas de cada región. Así como fortalecer las capacidades locales de gestión, a través de la participación equitativa de mujeres y hombres en la planeación y programación de las acciones institucionales y sociales en torno a objetivos comunes para la conservación y el desarrollo sostenible de las localidades en las Regiones Prioritarias.</p>								

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
SEMARNAT- CONANP	Programa de Pago por Servicios Ambientales en ANP	Apoyar financieramente la conservación de los ecosistemas forestales, agroforestales y recursos naturales en áreas naturales protegidas		1				1	1	
SEMARNAT- CONANP	Programa para el Desarrollo de los Mercados de Servicios Ambientales de Captura de Carbono y los Derivados de la Biodiversidad y para Fomentar el Establecimiento y Mejoramiento de los Sistemas Agroforestales	Impulsar el reconocimiento del valor de los servicios ambientales que proporcionan los ecosistemas forestales, agroforestales y recursos naturales, además de apoyar la creación de mercados de estos servicios. Estos programas apoyan a comunidades, ejidos, Asociaciones Regionales de Silvicultores y a propietarios de terrenos forestales.		1	1	-1	1	1	1	
SEMARNAT- CONANP	Recuperación y repoblación de especies en riesgo (PROCER)	Contribuir a la conservación de las especies en riesgo y su hábitat, promoviendo la colaboración y participación de instituciones de educación superior, de investigación y organizaciones de la sociedad civil, los ejidos y las comunidades, para el desarrollo sustentable en los					1	1	1	



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		Municipios de las regiones prioritarias donde se distribuyen dichas especies.								
SEP	Programa Nacional Convivencia Escolar	Es un programa educativo de carácter preventivo y formativo que se implementa en la Educación Básica, con el objetivo de favorecer el establecimiento de ambientes de convivencia escolar sana y pacífica que coadyuven a prevenir situaciones de acoso escolar en escuelas públicas de educación básica, propiciando condiciones para mejorar el aprovechamiento escolar.					1			
SEP	Programa Nacional inglés	Contribuir a asegurar la calidad de los aprendizajes en la educación básica y la formación integral de todos los grupos de la población, mediante el fortalecimiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje de una lengua extranjera (inglés) en las escuelas públicas.					1			
SEP	Programa para el Desarrollo	Contribuir para que el personal docente					1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
	Profesional Docente	y personal con funciones de dirección, de supervisión, de asesoría técnica pedagógica y cuerpos académicos accedan y/o concluyan programas de formación, actualización académica, capacitación y/o proyectos de investigación para favorecer el perfil idóneo.								
SEP	Programa para la Inclusión y la Equidad Educativa	Tiene como objetivo garantizar la inclusión y equidad de las personas con discapacidad y las personas con aptitudes sobresalientes y/o talentos específicos en todos los ámbitos de su vida, priorizando el educativo					1			
SEP CONACULTA	Programa apoyo a la infraestructura cultural de los estados (PAICE)	La Secretaría de Cultura del Gobierno de la República, con el objetivo de contribuir a la creación y optimización de los bienes inmuebles					1			
SEP CONACULTA	Programa de apoyo a comunidades para	Es integrar a la sociedad en su conjunto para la conservación del	Educación				1			

Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
	restauración de monumentos y bienes artísticos de propiedad federal (FOREMOBA)	patrimonio histórico monumental y artístico de México, a través de la concurrencia de recursos federales, estatales y/o municipales, de las comunidades y de grupos organizados legalmente constituidos.								
SEP CONACULTA	Programa de apoyo a las culturas municipales y comunitarias (PACMYC)	Impulsó este programa como una estrategia orientada a apoyar la recuperación y el desarrollo de la cultura popular, a través del financiamiento a proyectos que permitan estimular las iniciativas culturales de la sociedad.					1			
SEP CONACULTA	Programa de la Reforma Educativa	Contribuir a la disminución del rezago en las condiciones físicas de las escuelas públicas de educación básica y al fortalecimiento de la autonomía de gestión escolar para mejorar la prestación del servicio educativo con calidad y equidad.					1			
FIFOMI-SGM	Programa de Desarrollo Minero 2013-2018.	Plantea cuatro grandes objetivos: promover mayores niveles de inversión	1	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1



Dependencia	Programa	Objetivo	Afecta el territorio	Agricultura	Ganadería /	Minería	Asentamientos	Forestal	Conservación	Turismo
		<p>y competitividad en el sector minero; procurar el aumento del financiamiento en el sector minero y su cadena de valor; fomentar el desarrollo de la pequeña y mediana minería y de la minería social y modernizar la normatividad institucional para el sector y mejorar los procesos de atención a trámites relacionados a las concesiones mineras.</p>								

5 BIBLIOGRAFÍA

- Béjar Pulido, S. J., Cantú Silva, I., González Rodríguez, H., Marmolejo Moncivais, J. G., Yáñez Díaz, M. I., & Luna Roble, E. O. (2020). Efecto del cambio de uso de suelo y manejo agrícola sobre las propiedades físicas e hidrológicas de un Andosol en Uruapan, Michoacán. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 27(2), 323-335.
- Belmonte Jimenez, S. I., Campos-Enríquez, J. O., & Herrera-Barrientos, J. (2003). Determinación de la vulnerabilidad del acuífero del Valle de Etna, Oaxaca, México. *Revista Geofísica*, 20-32.
- Chang, M. (2006). *Forest hydrology: an introduction to water and forests*. CRC press.
- De Vries, J. J., & Simmers, I. (2002). Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology journal*, 10, 5-17.
- Equihua, M. et al. (2015). *Integridad ecológica para la gestión de la sustentabilidad ambiental frente al cambio climático*. México: Instituto de Ecología A.C.
- Foster, S. S., & Chilton, P. J. (2003). Groundwater: the processes and global significance of aquifer degradation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 1957-1972.
- García, P. M., & Agudelo, C. L. (2014). Modelo hidrogeológico conceptual del sistema acuífero potrero-Caimital, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 30(2).
- Gregory, J. H., Dukes, M. D., Jones, P. H., & Miller, G. L. (2006). (2006). Effect of urban soil compaction on infiltration rate. *Journal of soil and water conservation*, 61(3), 117-124.
- INECC. (2023). *Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula, Hidalgo*. Obtenido de Calidad del Aire en la Cuenca Atmosférica de Tula, Hidalgo: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/922359/07_2024_Calidad_del_aire_C
- INECOL-CONABIO. (2023). *Índice de Integridad Ecosistémica 2018 a 250 m*. México: Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Lerner, D. N., Issar, A. S., & Simmers, I. (1990). Lerner, D. N., Issar, A. S., & Simmers, I. (1990). Groundwater recharge. A Guide to Understanding and International Contributions to Hydrogeology. *International Association of Hydrogeologists*, 8.
- Li, T., He, B., Chen, Z., Zhang, Y., Liang, C., & Wang, R. (2016). Effects of gravel on infiltration, runoff, and sediment yield in landslide deposit slope in Wenchuan earthquake area, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 12075-12084.
- Martinez-Santos, P., Aldaya, M. M., & Llamas, M. R. (2014). *Integrated water resources management in the 21st century: revisiting the paradigm*. CRC Press.



- Matus, O., Faustino, J., & Jiménez Otárola, F. (2009). Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. . *Programa FOCUENCAS II.*, 40.
- Montgomery, D. R., & Dietrich, W. E. (1994). A physically based model for the topographic control on shallow landsliding. *Water resources research*, 30(4), 1153-1171.
- Návar, J., & Synnott, T. J. (2000). Soil infiltration and land use in Linares, NL, Mexico. *Terra Latinoamericana*, 18(3), 255-262.
- SEMARNATH. (2016-2024). *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo (ProAire)*. Obtenido de Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo (ProAire): chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/768951/ProAire_Hidalgo-2016-2024.pdf
- Yang, J. L., & Zhang, G. L. (2011). Water infiltration in urban soils and its effects on the quantity and quality of runoff. *Journal of soils and sediments*, 11, 751-761.