



Pronóstico

MODIFICACIÓN DEL PROGRAMA
DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO,
LOCAL PARTICIPATIVO
PACHUCA DE SOTO, HIDALGO.

CONTENIDO.

I. Pronóstico.....	3
A. Introducción.	3
B. Objetivos.	4
B.1. Objetivo General.	4
B.2. Objetivos específicos.	5
C. Delimitación del área de estudio.....	5
D. Modelo Conceptual.	8
E. Imagen objetivo.....	14
F. Escenario tendencial.	16
F.1. Dinámica poblacional.	16
F.1.1. Crecimiento poblacional.....	16
F.1.2. Demanda de vivienda.....	17
F.1.3. Demanda de bienes y servicios.	18
F.1.4. Crecimiento del sector agrícola.	21
F.1.5. Crecimiento del sector pecuario.....	23
F.1.6. Crecimiento del sector industrial.	26
F.1.7. Población económicamente activa (PEA).	27
F.2. Cambio climático.....	31
F.2.1. Escenario SSP 126.....	32
F.2.2. Escenario SSP 245.....	34
F.2.3. Escenario SSP 370.....	36
F.2.4. Escenario SSP 585.....	38
F.3. Dinámica de uso de suelo.	40

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla V.1. Identificación y valoración de los impactos ambientales por sector	10
Tabla V.2 Proyección de población quinquenal al 2050.	16
Tabla V.3. Tasa de crecimiento de las viviendas de 1990 al 2020.	17
Tabla V.4. Proyección de crecimiento de viviendas quinquenal al 2050.....	17
Tabla V.5. Crecimiento de demanda de servicios.....	19
Tabla V.6. Superficie sembrada y volumen de producción agrícola.....	21
Tabla V.7. Superficies sembradas por tipo de cultivo.	22
Tabla V.8. Crecimiento del volumen de producción pecuaria por tipo de producto (toneladas).	24
Tabla V.9. Población económicamente activa e inactiva.....	27
Tabla V.10. Crecimiento esperado de la población económica mente activa e inactiva al 2050.	28
Tabla V.11. Personas ocupadas y desocupadas de 2000 al 2020.....	29
Tabla V.12. Tendencia de crecimiento esperado de la PEA.	29

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura I.1. Proceso de Ordenamiento Ecológico.....	4
Figura I.2. Mapa base municipal.....	7
Figura I.3. Modelo Conceptual.....	9
Figura I.4. Crecimiento Poblacional 2020 - 20250.....	17
Figura I.5. Crecimiento tendencial de las viviendas 2020 - 2050.....	18
Figura I.6. Incremento en la demanda de agua al 2050.....	19
Figura I.7. Incremento en la generación de aguas residuales al 2050.....	20
Figura I.8. Incremento en la generación de residuos sólidos urbanos al 2050.....	20
Figura I.9. Superficies de cultivo sembradas y volumen de producción.....	22
Figura I.10. Variación de las superficies de siembra por tipo de cultivo.....	23
Figura I.11. Crecimiento de producción apícola (toneladas).....	25
Figura I.12. Crecimiento de producción de aves (toneladas).....	25
Figura I.13. Crecimiento de producción de ganado bovino (toneladas).....	25
Figura I.14. Crecimiento de producción de ganado caprino (toneladas).....	25
Figura I.15. Crecimiento de producción de guajolotes (toneladas).....	25
Figura I.16. Crecimiento de producción de ganado ovino (toneladas).....	25
Figura I.17. Crecimiento de producción de ganado porcino (toneladas).....	26
Figura I.18. Comercio internacional neto del municipio (Millones de dólares).....	27
Figura I.19. Población Económicamente Activa e Inactiva del 2000 al 2020.....	28
Figura I.20. Crecimiento esperado de la población económicamente activa e inactiva al 2050.....	28
Figura I.21. Tendencia de la PEA del 2000 al 2020.....	30
Figura I.22. Tendencia de crecimiento de la PEA al 2050.....	30
Figura I.23. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.....	33
Figura I.24. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.....	35
Figura I.25. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.....	37
Figura I.26. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.....	39
Figura I.27. Áreas con probabilidad de cambio para el año 2030.....	41
Figura I.28. Uso de suelo en el municipio en año 2024.....	42
Figura I.29. Predicción de los cambios de uso de suelo para el año 2030.....	43

I. PRONÓSTICO.

A. Introducción.

El ordenamiento ecológico territorial es un instrumento de la política ambiental, el cual es un proceso de planeación continuo, participativo, transparente y metodológicamente riguroso y sistemático; tiene como finalidad regular el uso de suelo y promover el desarrollo sustentable, a partir de identificar un patrón de ocupación del territorio que permita generar un balance entre los sectores, el aprovechamiento y la protección de los recursos naturales, maximizando el consenso y minimizando los conflictos. De esta manera, el ordenamiento ubica las actividades productivas en las zonas con mayor aptitud para su desarrollo y donde generen un menor impacto ambiental.

Por lo cual, es fundamental encontrar un equilibrio entre la protección de los recursos naturales y el impulso de un crecimiento económico sostenible que satisfaga las necesidades actuales y futuras. Para abordar este desafío, es necesario implementar estrategias y políticas que promuevan la eficiencia en el uso de los recursos naturales, fomentando prácticas de producción y consumo sostenibles.

Además, se debe de considerar la valoración económica de los servicios ecosistémicos, reconociendo que los recursos naturales no solo tienen un valor intrínseco, sino que también proporcionan beneficios directos e indirectos a la sociedad. La incorporación de estos valores en los sistemas de toma de decisiones puede ayudar a promover la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.

En definitiva, el reto consiste en desarrollar y aplicar políticas que promuevan la protección y conservación de los recursos naturales de manera eficiente, al mismo tiempo que se fomenta un crecimiento económico sostenible. Esto requiere una transformación hacia una economía verde y baja en carbono, donde la conservación de los recursos naturales sea un componente integral de las estrategias de desarrollo y se considere como una inversión a largo plazo en el bienestar humano y el equilibrio del planeta.

Por lo anterior, es de vital importancia actualizar el programa de ordenamiento ecológico territorial apropiado para el municipio de Pachuca de Soto, teniendo en cuenta sus particularidades físicas, bióticas, sociales y económicas. Este programa no solo nos permitirá detectar, prevenir y revertir los procesos de deterioro ambiental existentes, sino también fomentar un desarrollo económico en armonía con el medio ambiente.

Durante el proceso de formulación del ordenamiento ecológico territorial, se generan, implementan, evalúan y establecen políticas ambientales con el objetivo de lograr un equilibrio entre las actividades productivas y la protección, preservación, restauración y aprovechamiento de los recursos naturales. Este proceso implica la colaboración de los tres órdenes de gobierno, la participación activa de la sociedad y la transparencia en la gestión ambiental.

El programa de ordenamiento ecológico del municipio de Pachuca de Soto se alinea con el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo, ya que busca regular e impulsar el uso del suelo y las actividades productivas para garantizar la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

Este documento se encuentra dividido en cuatro etapas, caracterización, diagnóstico, pronóstico y propuesta, de acuerdo a como lo establece el artículo 41 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Ordenamiento Ecológico.

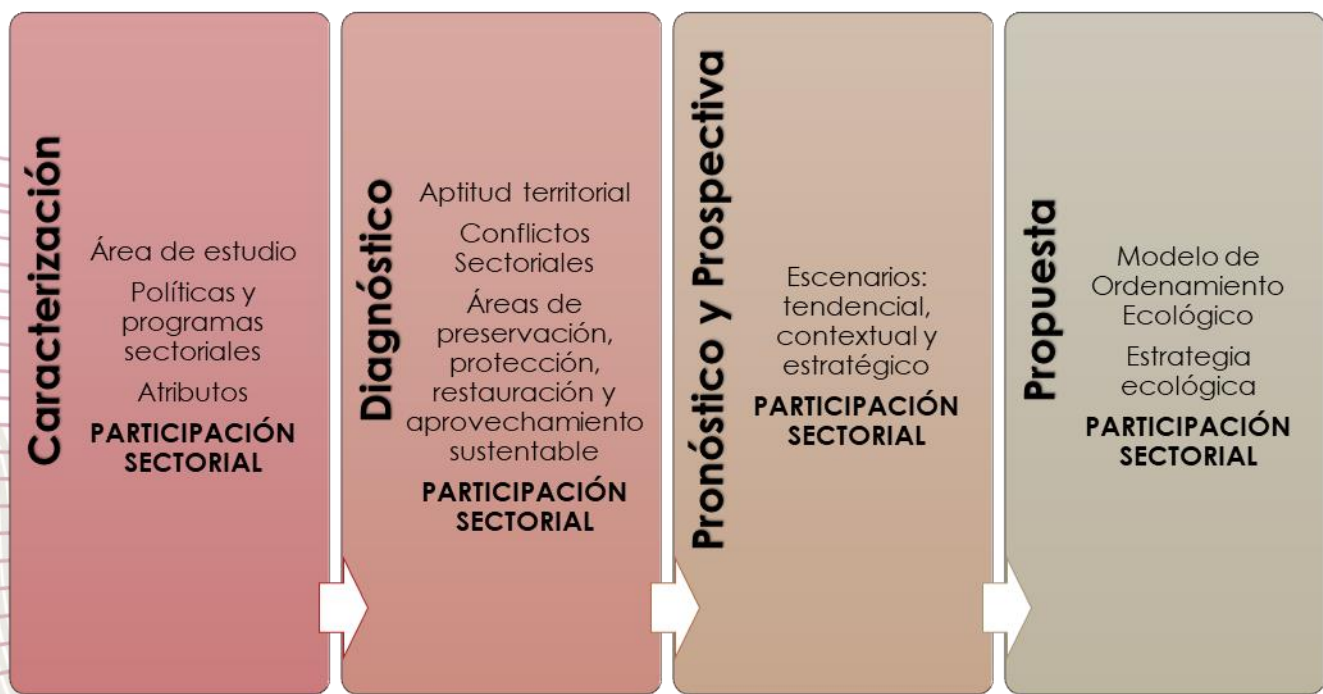


Figura I.1. Proceso de Ordenamiento Ecológico.

B. Objetivos.

B.1. Objetivo General.

Desarrollar el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo; para establecer un marco de planificación y gestión del territorio que promueva el desarrollo sostenible y la conservación de los recursos naturales, con el fin de conciliar el crecimiento urbano y las actividades humanas en conjunto con la protección y preservación del medio ambiente.

B.2. Objetivos específicos.

- Obtener y recopilar la información detallada y precisa sobre las características ecológicas, socioeconómicas y culturales del municipio de Pachuca de Soto, Hidalgo; para comprender la dinámica del territorio y los recursos naturales, lo cual es fundamental para tomar decisiones informadas y diseñar estrategias adecuadas de gestión y conservación.
- Realizar talleres participativos para caracterizar a los sectores sus intereses para el uso y conservación de los recursos naturales inherentes a la realización de las actividades productivas.
- Analizar y evaluar la información de las características del municipio de Pachuca de Soto, para comprender la situación actual, obteniendo un panorama completo que permita identificar los desafíos, necesidades y potencialidades del municipio.
- Realizar talleres sectoriales para identificar y priorizar los principales problemas ambientales, así como las interacciones entre sectores que se presentan en la zona de estudio.
- Desarrollar una propuesta de modelo de ordenamiento territorial para el municipio de Pachuca de Soto, la cual consistirá en la definición de zonas de uso específico del territorio, teniendo en cuenta su vocación y capacidad de carga ambiental, con el propósito principal de fomentar un desarrollo equilibrado y evitar conflictos derivados de actividades incompatibles.
- Establecer lineamientos y criterios para la conservación, restauración y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, con el fin de garantizar su protección y uso racional.
- Fomentar la participación ciudadana y la consulta pública en el proceso de ordenamiento ecológico territorial, involucrando a diferentes actores sociales, instituciones y comunidades locales.
- Integrar el programa de ordenamiento ecológico territorial municipal con el programa de desarrollo urbano; el atlas de riesgos y peligros municipales; y el Programa de Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Hidalgo.

C. Delimitación del área de estudio.

El municipio de Pachuca de Soto se localiza geográficamente entre las coordenadas 20°7'18" de latitud norte y 98°44'9" de longitud oeste, con una altitud entre 2,400 y 3,000 metros sobre el nivel del mar, ubicado en la región oriente de México y al sureste del estado de Hidalgo, perteneciente a la región geográfica denominada como Comarca Minera (Figura I.2).

Pachuca de Soto colindan con los municipios de Mineral del Chico y Mineral del Monte; al sur con Zempoala y Zapotlán de Juárez; al este con Mineral de la Reforma y Epazoyucan, y al oeste con San Agustín Tlaxiaca. El municipio cuenta con 106.3 km de carreteras estatales que cruzan su territorio, entre las que se encuentran las carreteras estatales: carretera Pachuca-Huejutla-Tamazunchale, la autopista México-Pachuca, y vías metropolitanas que conectan con Mineral de la Reforma, Mineral del Monte y San Agustín Tlaxiaca.

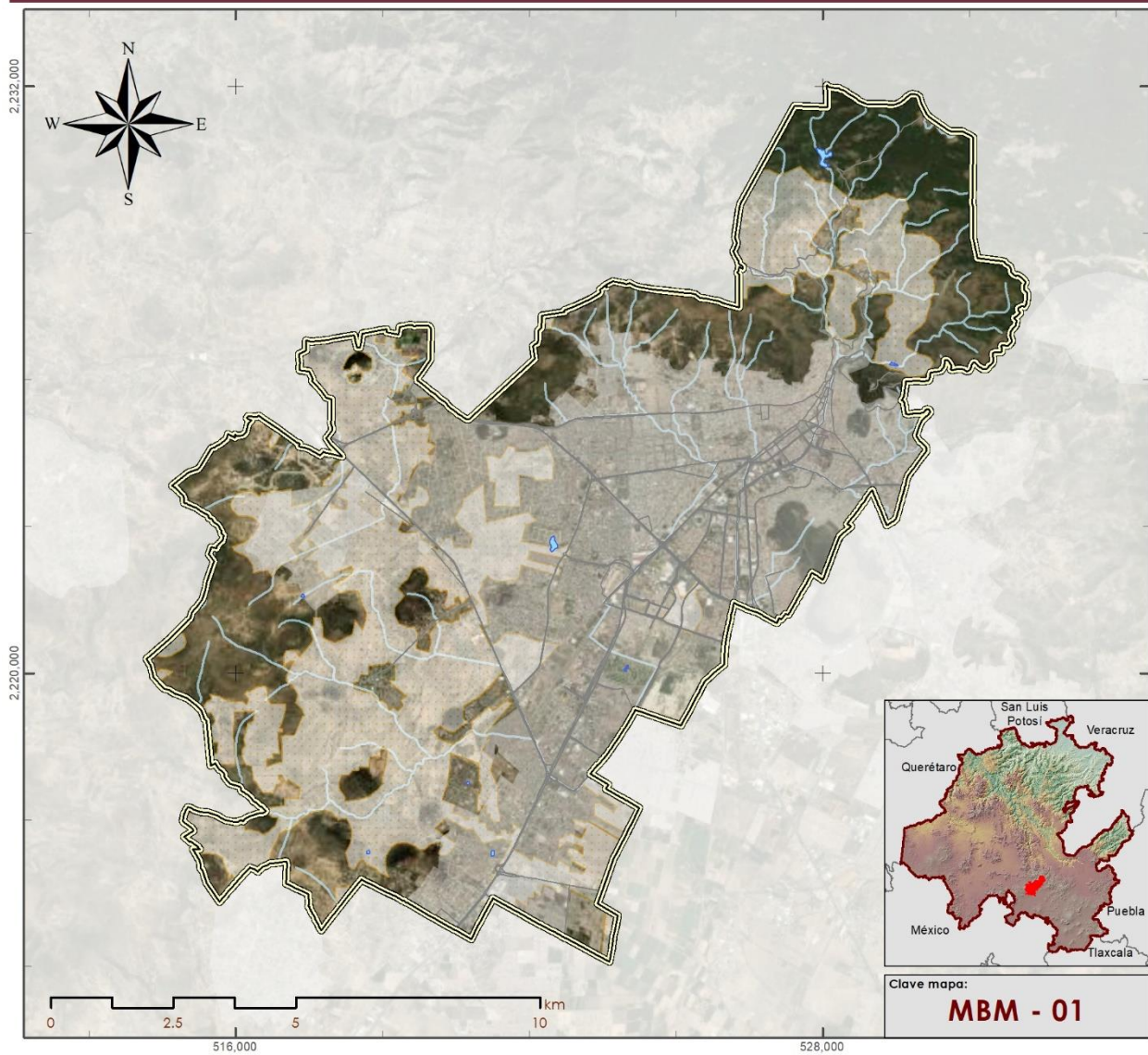
La cartográfica es la base para la representación de la información espacial del proyecto que comprende el diseño y elaboración de mapas temáticos. Sobre estos se definen los niveles de información y se construyen de acuerdo al tipo de elementos gráficos requeridos, así como a los datos vectoriales o ráster de diversos niveles de información, utilizando el formato "shapefile" (.shp) para los datos vectoriales y GeoTIFF (.tiff) para la información en formato ráster.

Para el presente estudio se toma como base la cartografía topográfica nacional de INEGI, a escala 1:50,000, carta topográfica F14D81, adicionalmente se utilizó una ortofoto de la ciudad de Pachuca con tomada en diciembre del año 2024 con una escala menor a 1:2,000.

La proyección cartográfica utilizada es el Sistema Geodésico Nacional ITRF2008 época 2010 asociado al elipsoide de referencia definido en el GRS80, de acuerdo a lo establecido por el INEGI en la Norma Técnica para el Sistema Geodésico Nacional.

Las escalas de representación cartográfica utilizadas para este trabajo se encuentran definidas por la superficie del municipio, para el caso del nivel municipal la escala que se maneja es de 1:134,000. Con lo que respecta al nivel estatal la escala que se emplea es 1:1,435,000. Cada una de estas escalas se utiliza en función al análisis.

**PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO
DE PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO**



Mapa Base Municipal

Simbología	
Marco Geostadístico.	Simbología temática
Límite Municipal	Hidrología
	Cuerpos de agua
	Corriente de agua
	Infraestructura
	Vías de comunicación
	Uso de Suelo
	Zona Urbana
	Zona agrícola



Fuentes:
Marco Geostadístico del INEGI, 2022.
Carta Topográfica FI4D81, INEGI, 2019.

México ITRF 2008 UTM Zona 14N.
Datum: México ITRF 2008.
Escala: 1: 133,000

Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community
Año de elaboración: 2026.

Figura I.2. Mapa base municipal.

La etapa de pronóstico en el proceso de ordenamiento ecológico territorial implica evaluar cómo se comportará el sistema ambiental en el futuro, basándose en un análisis del pasado. Esto implica examinar cómo evolucionarán los conflictos ambientales a partir de la predicción del comportamiento de las variables naturales, sociales y económicas que puedan influir en el patrón de ocupación del territorio por parte de los distintos sectores involucrados en el ordenamiento ecológico.

De acuerdo con el Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Ordenamiento Ecológico, en su artículo 43 menciona que la etapa de pronóstico tiene por objetivo examinar la evolución de los conflictos ambientales, a partir de la previsión de las variables naturales, sociales y económicas. En esta etapa se consideran las siguientes actividades:

1. El deterioro de los bienes y servicios ambientales;
2. Los procesos de pérdida de cobertura vegetal, degradación de ecosistemas y de especies sujetas a protección;
3. Los efectos del cambio climático;
4. Las tendencias de crecimiento poblacional y las demandas de infraestructura urbana, equipamiento y servicios urbanos;
5. Los impactos ambientales acumulativos considerando sus causas y efectos en tiempo y lugar; y
6. Las tendencias de degradación de los recursos naturales y de cambio de los atributos ambientales que determinan la aptitud del territorio para el desarrollo de las actividades sectoriales.

D. Modelo Conceptual.

El modelo conceptual es la base de partida para realizar los escenarios tendenciales, contextual y estratégico, analiza el comportamiento actual de las variables naturales, sociales y económicas, para así poder pronosticar su comportamiento a futuro.

En el municipio de Pachuca de Soto se desarrollan las actividades de diez sectores principales, que son: Agropecuario, Urbano, Turismo, Comercio y transporte, Minería, Forestal, Conservación e Industria; las actividades de estos sectores convergen entre sí y el medio ambiente, sin embargo, también generan procesos que alteran y modifican el ambiente y que además se pueden ver amplificadas por los fenómenos naturales, como son el cambio climático y el crecimiento poblacional. Esta dinámica altera los tres principales recursos (agua, aire y suelo). En la Figura I.3, se muestra un diagrama del modelo conceptual del municipio.

Este modelo conceptual provee una visión global de la problemática ambiental en el municipio, además provee de un marco que facilita el desarrollo del modelo cuantitativo, ya que en muchos casos las ecuaciones que ayudan a explicar algunos de los procesos que se generan de manera particular o específica.

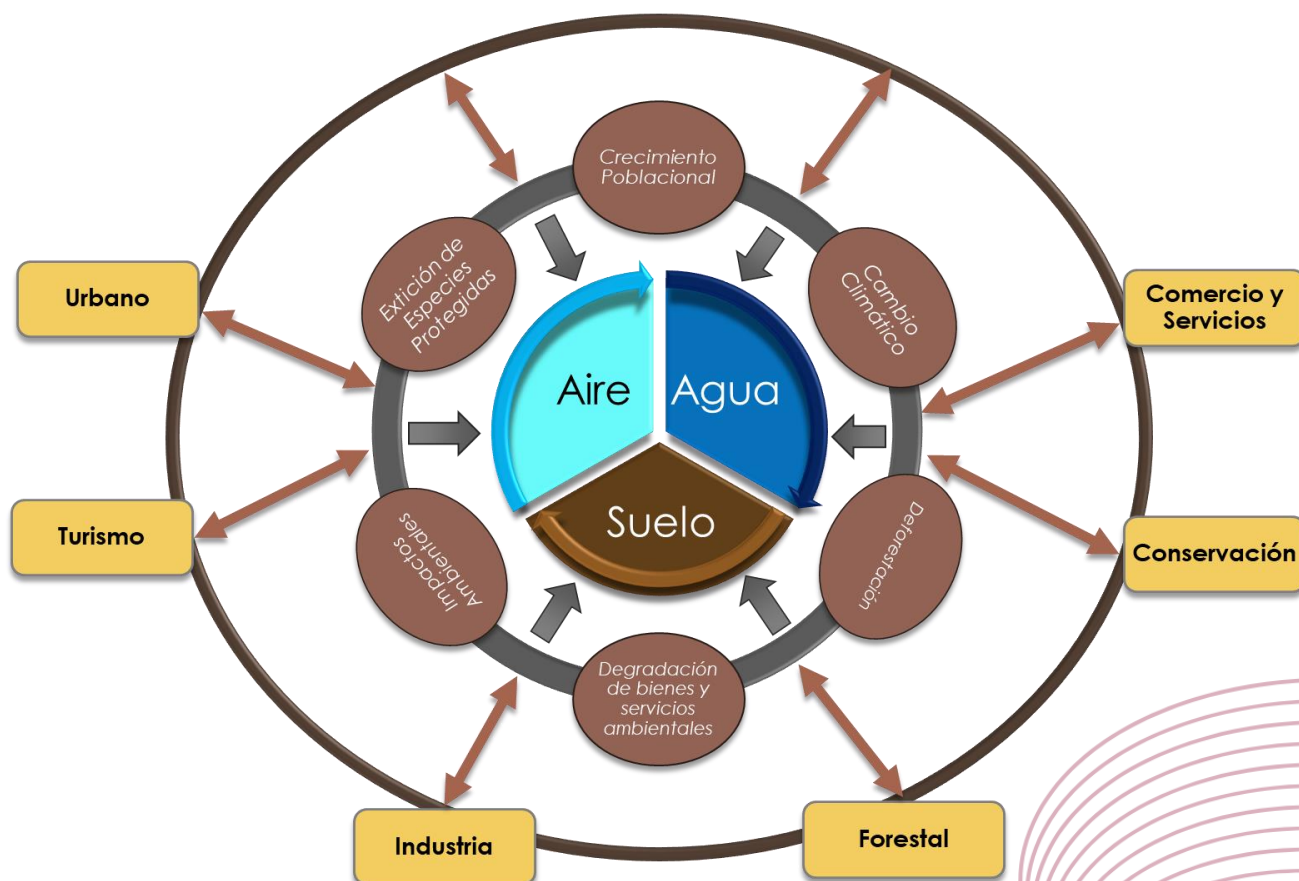


Figura I.3. Modelo Conceptual.

Con base en el modelo conceptual y a la participación ciudadana se identificaron los impactos ambientales que presenta cada uno de los sectores económicos que tienen injerencia en el territorio municipal (Tabla I.1).

Siendo los sectores de industria, minería no metálica y desarrollo urbano los que presentan los impactos con una mayor intensidad.

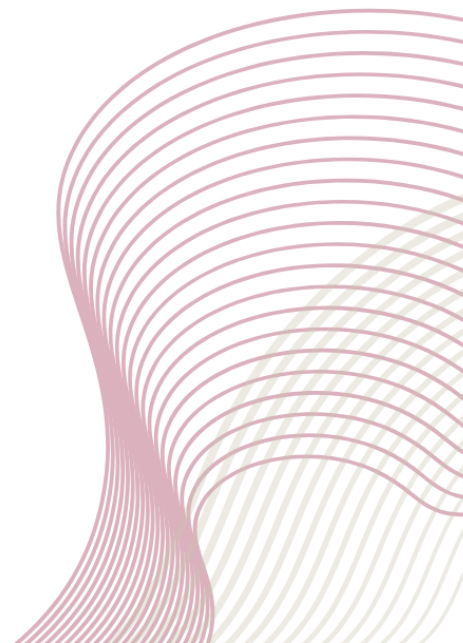
Tabla I.1. Identificación y valoración de los impactos ambientales por sector

Sectores	Actividades	Principales impactos ambientales	Atributo ambiental impactado	Tipo de Impacto	Factor Afectado	Extensión	Intensidad
Agricultura	Incremento del área de cultivo	Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo y Sinérgico	Suelo	Puntual	Media
		Pérdida del hábitat	Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Puntual	Media
	Uso de agroquímicos	Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
		Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Media
	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Media
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
Pecuario	Incremento de áreas de pastoreo	Cambio de uso de suelo	Suelo	Acumulativo y Sinérgico	Suelo	Parcial	Media
		Pérdida del hábitat	Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Puntual	Media
	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Media
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Parcial	Media
Forestal	Aprovechamiento clandestino	Perdida de cobertura de la vegetación	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Baja
		Afectación a la biodiversidad	Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Puntual	Baja
		Cambio climático	Global	Acumulativo y Sinérgico	Global	Total	Baja
Turismo	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Media
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media

Sectores	Actividades	Principales impactos ambientales	Atributo ambiental impactado	Tipo de Impacto	Factor Afectado	Extensión	Intensidad
	Generación de aguas residuales	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Baja
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
Industria	Apertura de zonas industriales	Perdida de cobertura de la vegetación	Suelo	Acumulativo y Sinérgico	Suelo	Parcial	Media
		Afectación a la biodiversidad	Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Parcial	Media
		Cambio climático	Global	Acumulativo y Sinérgico	Global	Total	Baja
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire	Aire	Simple	Aire	Parcial	Alta
		Afectaciones a la salud de la población	Población	Acumulativo	Población	Extenso	Media
	Generación de aguas residuales	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Baja
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Alta
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Alta
	Minería	Apertura de bancos de materiales	Perdida de cobertura de la vegetación	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual
Afectación a la biodiversidad			Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Puntual	Baja
Cambio climático			Global	Acumulativo y Sinérgico	Global	Total	Baja

Sectores	Actividades	Principales impactos ambientales	Atributo ambiental impactado	Tipo de Impacto	Factor Afectado	Extensión	Intensidad
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire	Aire	Simple	Aire	Parcial	Alta
		Afectaciones a la salud de la población	Población	Acumulativo	Población	Extenso	Media
	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Alta
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Alta
Desarrollo Urbano	Ampliación de los centros de población	Perdida de cobertura de la vegetación	Suelo	Acumulativo y Sinérgico	Suelo	Parcial	Media
		Afectación a la biodiversidad	Biodiversidad	Acumulativo	Biodiversidad	Parcial	Media
		Cambio climático	Global	Acumulativo y Sinérgico	Global	Total	Baja
	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Alta
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Alta
	Generación de aguas residuales	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Baja
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire	Aire	Simple	Aire	Parcial	Alta
		Afectaciones a la salud de la población	Población	Acumulativo	Población	Extenso	Media
	Comercio y transporte	Generación de residuos	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual

Sectores	Actividades	Principales impactos ambientales	Atributo ambiental impactado	Tipo de Impacto	Factor Afectado	Extensión	Intensidad
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Alta
	Generación de aguas residuales	Contaminación de agua	Agua	Acumulativo y Sinérgico	Agua	Puntual	Baja
		Contaminación de suelo	Suelo	Acumulativo	Suelo	Puntual	Media
	Emisiones a la atmósfera	Contaminación de aire	Aire	Simple	Aire	Parcial	Alta
		Afectaciones a la salud de la población	Población	Acumulativo	Población	Extenso	Media



E. Imagen objetivo.

La imagen objetivo es una parte fundamental del ordenamiento ecológico territorial, ya que es la visión general y colectiva del municipio, donde se establecen las aspiraciones de los sectores, el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y los servicios ambientales, misma que fue generada en consenso a partir de los talleres participativos y la participación de los actores de los sectores productivos y económicos.

En este sentido, la imagen objetivo establece el escenario futuro al cual se desea alcanzar. Dentro de los talleres de participativos realizados en el municipio de Pachuca de Soto se mencionaron varios puntos a considerar para la conformación de esta imagen objetivo, como son:

- Equilibrar el desarrollo urbano, ecológico, turístico y cultural para crear un municipio sustentable que garantice la preservación del capital cultural, natural y económico.
- Conservar al menos la vegetación actual, limitando el crecimiento urbano y previniendo la invasión y pérdida de las áreas verdes existentes.
- Incrementar y preservar la superficie forestal, previniendo cambios en el uso del suelo, y fomentando la conservación y el aumento de las especies forestales dentro del municipio de acuerdo con la paleta vegetal.
- Promover la diversificación de la minería hacia actividades turísticas, mediante la creación de rutas y circuitos que destaquen la historia y la cultura minera de la región.
- Establecer un sector agropecuario sustentable, rentable y altamente productivo, en el cual la comunidad tenga conocimientos y pueda participar activamente en el trabajo del campo.
- Convertirse en un destino turístico sostenible que ofrezca experiencias de valor, al tiempo que respeta el entorno natural y preserva la identidad y la cultura de la comunidad local.

De acuerdo con lo anterior se generó la imagen objetivo para el programa:

El municipio de Pachuca de Soto se proyecta como un modelo de desarrollo económico integral, promoviendo de manera equilibrada los sectores agropecuarios y turísticos. Aspirando a proteger y conservar nuestras áreas naturales, con especial atención a las áreas de conservación con las que se cuenta, así como a salvaguardar nuestros espacios históricos y culturales. Comprometido a expandir las áreas verdes en los centros de población y a realizar acciones de reforestación con especies nativas de la región. Todas las actividades desarrolladas en el municipio se llevarán a cabo en armonía con el medio ambiente, asegurando un uso sostenible

de los recursos naturales, conforme a las políticas de aprovechamiento y los usos de suelo permitidos, con el fin de lograr un desarrollo ordenado y sustentable.

F. Escenario tendencial.

Para este escenario, se analizaron las tasas de cambio a partir de un estudio histórico del comportamiento de las variables que influyen en la configuración del sistema ambiental. Lo anterior, con el fin de identificar los posibles conflictos ambientales futuros en función del comportamiento típico de los aspectos ambientales de cada sector. Los factores que se tendrán en cuenta para definir el escenario que se proyecta para los próximos 25 años incluirán los siguientes aspectos:

- Tendencias de crecimiento poblacional y expansión de los sectores, teniendo en cuenta el aumento en la demanda de infraestructura, equipamiento y servicios.
- Escenarios de cambio climático determinados por el IPCC a nivel municipal.
- El deterioro de los bienes y servicios ambientales, así como los atributos ambientales que influyen en la idoneidad del territorio para el desarrollo de actividades sectoriales.
- La identificación de los principales impactos ambientales acumulativos y sinérgicos.

F.1. Dinámica poblacional.

F.1.1. Crecimiento poblacional.

La población del municipio de Pachuca de Soto ha experimentado una tasa de crecimiento anual del 1.87% desde el año 2020 hasta el 2020. Sin embargo, según las proyecciones de crecimiento poblacional realizadas por CONAPO, se espera que la tasa de crecimiento anual del municipio sea del 1.81%. Esta última cifra se ha empleado para estimar el crecimiento poblacional hasta el año 2050.

Los resultados de esta proyección indican un aumento promedio de 1,446 habitantes por año. Para el año 2050, se estima que la población municipal alcance los 376,227 habitantes, como se muestra en la Tabla I.2 y la gráfica de la Figura I.4.

Tabla I.2 Proyección de población quinquenal al 2050.

Descripción	Año						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Población	314,331	344,616	376,227	410,120	447,066	487,341	531,244
Incremento		30,285	31,611	33,893	36,946	40,275	43,903
Acumulado		30,285	61,896	95,789	132,735	173,010	216,913

Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO.

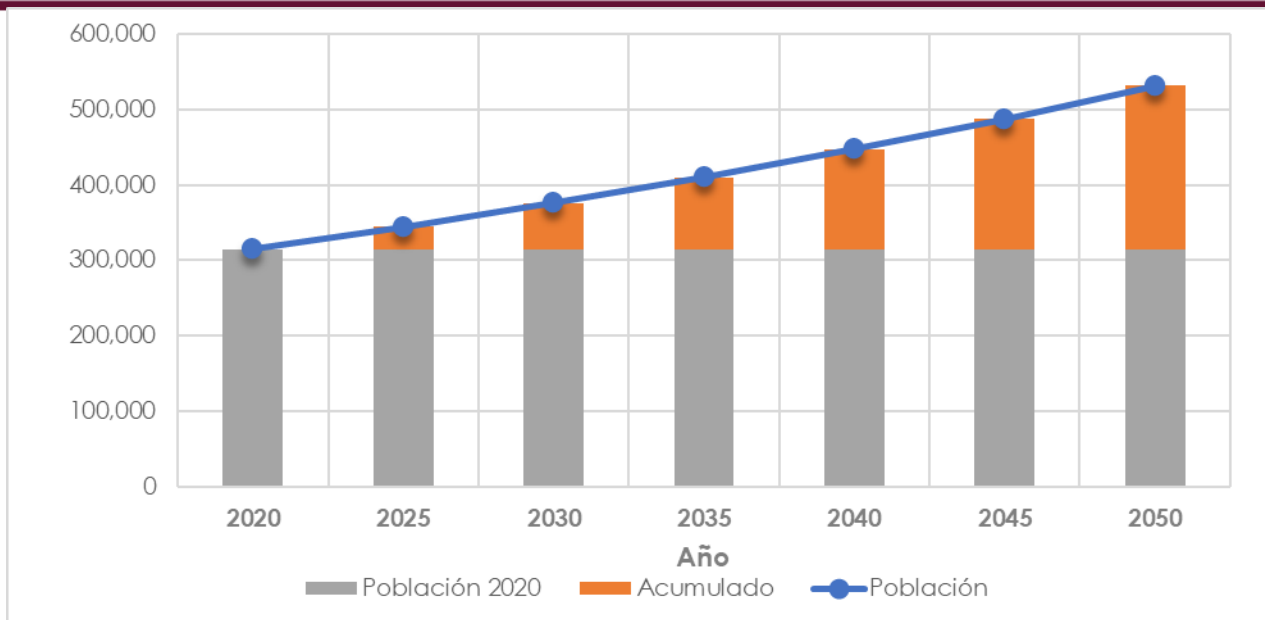


Figura I.4. Crecimiento Poblacional 2020 - 20250.

F.1.2. Demanda de vivienda.

A medida que la población aumenta, también se observa un incremento en la demanda de viviendas en el municipio. Los datos obtenidos de los censos realizados por INEGI en los años 1990, 1995, 2000, 2005, 2010 y 2020 muestran que durante este período se construyeron un total de 54,413 viviendas adicionales. El mayor crecimiento en la construcción de viviendas tuvo lugar entre 2010 y 2020 (Tabla I.3).

Para el escenario tendencial, se ha tomado en consideración una tasa anual de crecimiento promedio del 2%, ya que refleja la tasa de crecimiento de los últimos 10 años. En consecuencia, se proyecta que para el año 2050, el número de viviendas aumentará en 51,053 unidades, con un incremento promedio de 1,702 viviendas por año (Figura I.5).

Tabla I.3. Tasa de crecimiento de las viviendas de 1990 al 2020.

Viviendas	Año					
	1990	1995	2000	2005	2010	2020
Cantidad de viviendas	38,864	50,777	59,813	71,341	72,920	93,277
Tasa de crecimiento		5.49%	3.33%	3.59%	0.44%	2.49%

Fuente: Elaboración propia con información de INEGI (1990, 1995, 2000, 2005, 2010 y 2020).

Tabla I.4. Proyección de crecimiento de viviendas quinquenal al 2050.

Descripción	Año						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Viviendas	93,277	100,316	107,887	116,029	124,785	134,202	144,330
Incremento		7,039	7,571	8,142	8,756	9,417	10,128

Descripción	Año						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Acumulado		7,039	14,610	22,752	31,508	40,925	51,053

Fuente: Elaboración propia.

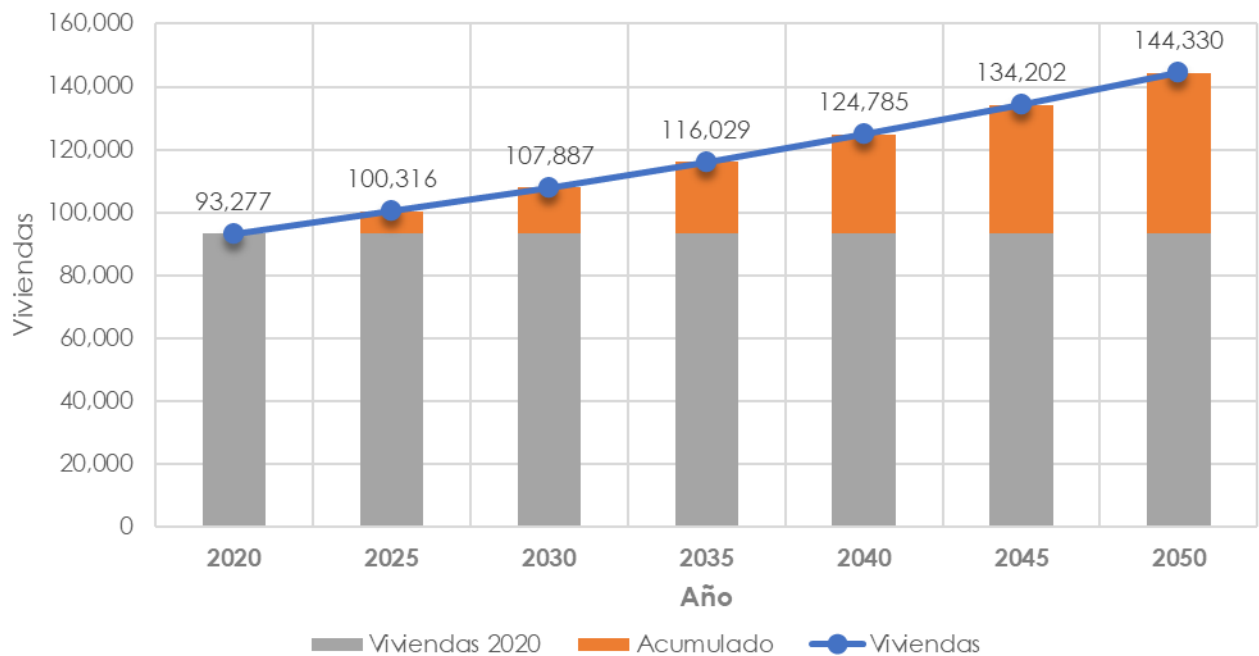


Figura I.5. Crecimiento tendencial de las viviendas 2020 - 2050.

F.1.3. Demanda de bienes y servicios.

Asimismo, el aumento en la población conlleva un aumento en la demanda de servicios. Para proyectar esta demanda de servicios a futuro, hemos utilizado como punto de partida el crecimiento poblacional del municipio.

En el caso de la demanda de agua urbana, se ha considerado una asignación de 175 litros por habitante al día. En cuanto a la generación de aguas residuales municipales, se ha calculado a partir de un consumo de agua que equivale al 80% del uso total, lo que significa que la población generará en promedio 140 litros de aguas residuales al día.

Por último, se ha estimado la generación de residuos sólidos urbanos, utilizando una generación de 0.78 kilogramos por habitante al día.

Tabla I.5. Crecimiento de demanda de servicios.

Descripción	Año						
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Demanda de Agua Potable (Mm3)	20.08	22.01	24.03	26.20	28.56	31.13	33.93
Descarga de Agua Residual (Mm3)	16.06	17.61	19.23	20.96	22.85	24.90	27.15
Generación de Residuos Sólidos (ton)	89,490	98,112	107,112	116,761	127,280	138,746	151,245

Fuente: Elaboración propia.

Se estima un aumento en la demanda de agua de 461,843.93 m³/año para el año 2050. Esto implica que se requerirán 14.64 litros por segundo adicionales a la cantidad de agua actualmente extraída de los acuíferos. Este incremento en la demanda tendrá un impacto directo en la disponibilidad de agua en la región.

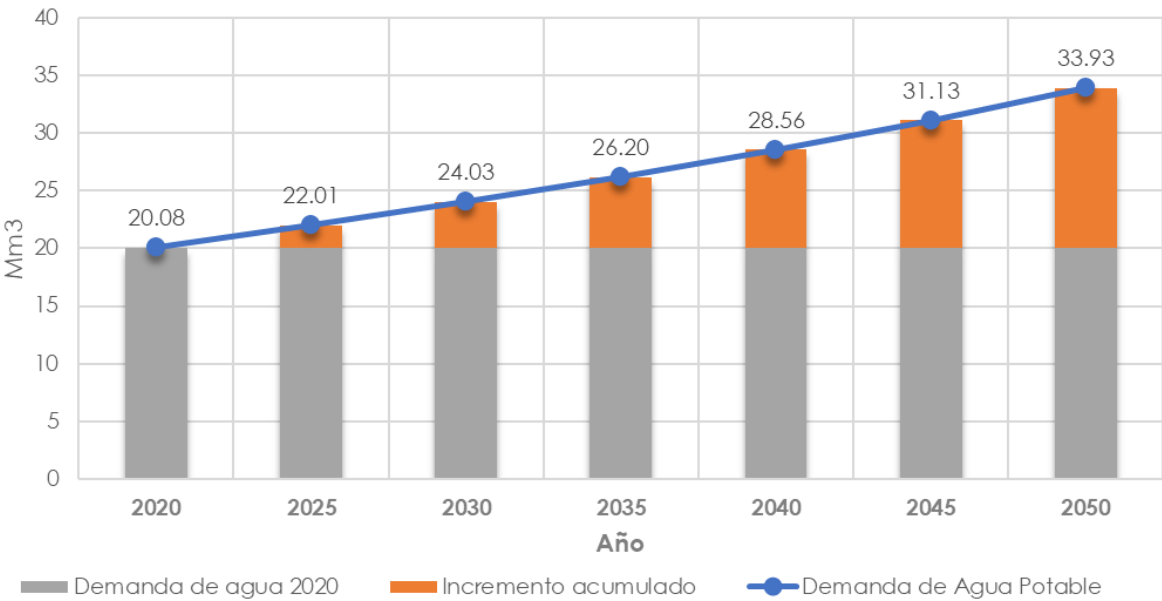


Figura I.6. Incremento en la demanda de agua al 2050.

En lo que respecta a las aguas residuales municipales generadas por la población, se prevé que se producirán 369,475.14 m³ anuales adicionales, elevando la generación total de agua residual municipal a 27,146,568.4 m³ para el año 2050. La generación de agua residual sin tratamiento agrava la problemática ambiental en el municipio.

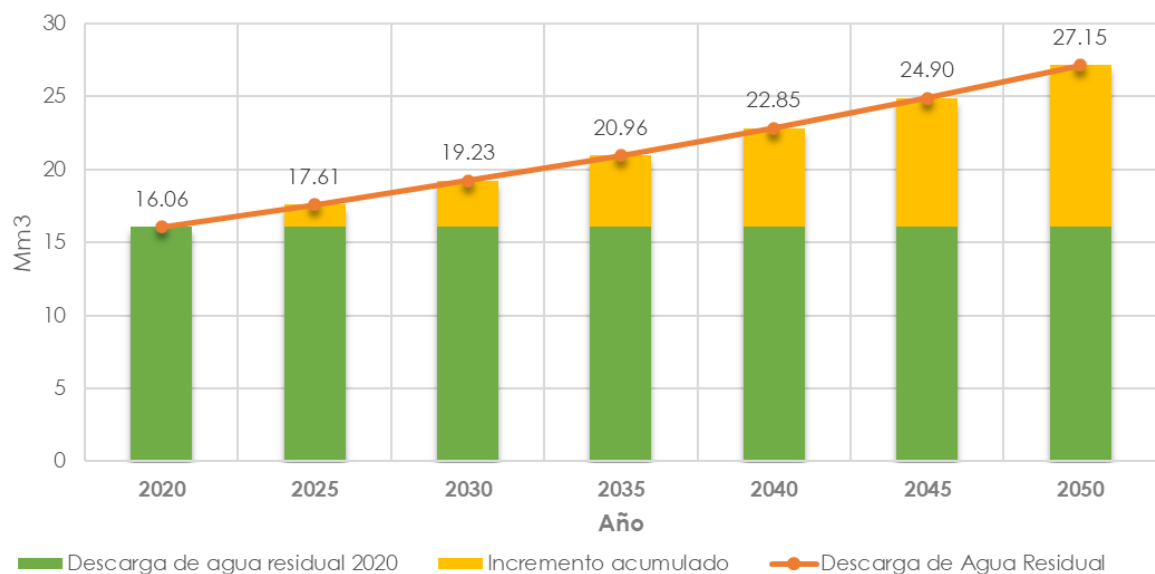


Figura I.7. Incremento en la generación de aguas residuales al 2050.

La generación de residuos sólidos urbanos municipales está estrechamente ligada a la cantidad de población, lo que significa que el aumento de población se traduce en un aumento proporcional en la generación de residuos sólidos urbanos. Se ha calculado que la generación de residuos por habitante es de 0.78 kg al día. Para el año 2050, se prevé un aumento de 61,755 toneladas en la generación de residuos para el año 2050, alcanzando un total de 2,059 toneladas al año.

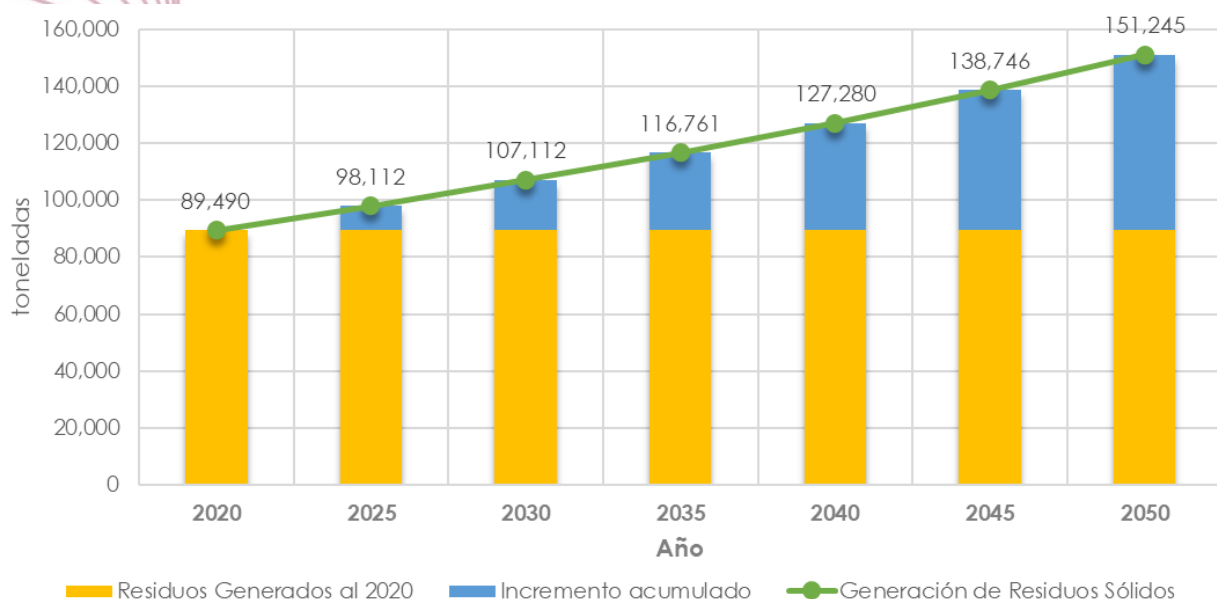


Figura I.8. Incremento en la generación de residuos sólidos urbanos al 2050.

F.1.4. Crecimiento del sector agrícola.

El sector agrícola en su conjunto ha experimentado un decrecimiento heterogéneo en diferentes periodos. De 2005 a 2015, las hectáreas sembradas registraron un decrecimiento discreto con una tasa del -0.7%. Mientras que en el periodo 2015 a 2020 se registró un decrecimiento de -5.3%, siendo este periodo el que presentó una mayor reducción ya que en los últimos años (2020 - 2024), se ha mantenido la superficie sembrada con una reducción mínima de 6.51 ha.

Es importante destacar que existe una marcada diferencia entre las superficies dedicadas a la agricultura de riego y las destinadas a la agricultura de temporal. Predominando la agricultura de temporal con más del 98% de la superficie total sembrada. La agricultura de riego ha mostrado una tendencia a desaparecer en el municipio debido a que en 2005 se contaba con 45 ha y en 2020 se sembró apenas media hectárea, aunque para el año 2024 se aumentó la siembra a 2.55 ha, no es representativo en relación con el primer año evaluado (2005). Por otra parte, la agricultura de temporal ha mostrado un decrecimiento, sin embargo, ha sido discreto en el periodo 2005-2015, con reducciones de 100 a 120 ha cada 5 años. El mayor decrecimiento de la superficie de temporal sembrada fue en el periodo 2015-2020 con una tasa de -5.2% en contraste a la reducción reportada para el periodo 2020-2024 donde la superficie sembrada se redujo 6.5 ha (Tabla I.6 y Figura I.9).

A pesar de las fluctuaciones mencionadas anteriormente, la producción agrícola temporal experimento un crecimiento positivo en los periodos de 2005 -2010 y 2010 a 2015, exhibiendo una tasa promedio de crecimiento de 6.4% y del 20.5% respectivamente. Este indicador sugiere una notable eficiencia en la producción agrícola, logrando obtener una mayor producción con una menor extensión de tierra cultivada. Los años posteriores al 2015 mostraron un decrecimiento del volumen de producción alcanzando casi el valor de producción del año 2005 (7,690.18 toneladas). Respecto al rendimiento de la agricultura de riego ha mostrado una reducción en el volumen de producción de forma continua hasta el año 2024 (Tabla I.6 y Figura I.9).

Tabla I.6. Superficie sembrada y volumen de producción agrícola.

Año	Superficie Sembrada (ha)		Volumen de Producción (ton)	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal
2005	45.00	4,023.00	2,350.05	5,369.50
2010	30.50	3,923.00	1,238.35	7,339.07
2015	12.80	3,803.00	591.60	18,669.95
2020	0.55	2,907.66	101.50	10,232.95

2024	2.55	2,901.15	196.46	7,690.18
------	------	----------	--------	----------

Fuente: Sistema de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

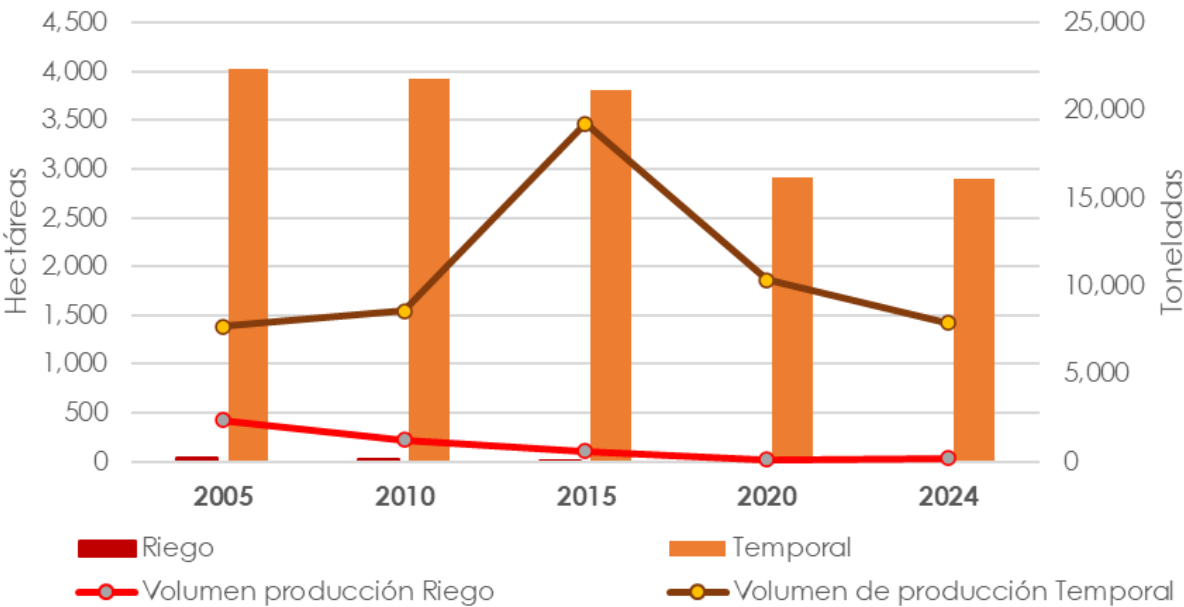


Figura I.9. Superficies de cultivo sembradas y volumen de producción.

En cuanto a los tipos de cultivos, durante el período evaluado desde 2005 hasta 2024 mostraron una tendencia a la baja, siendo la cebada en grano el cultivo con mayor superficie sembrada y el cultivo que mayor reducción ha presentado, aproximadamente 1,500 ha en el periodo evaluado. De igual forma los cultivos de maíz en grano, frijol y otros cultivos mostraron un decrecimiento importante, reportando una superficie sembrada de apenas tres ha en el caso del frijol. En contraste, la avena forrajera mostró un incremento en su superficie sembrada, con una tasa de crecimiento promedio de 16.10% lo cual indica una tendencia al cambio en los tipos de cultivos sembrados en el municipio de Pachuca (Tabla I.7 y Figura I.10).

Tabla I.7. Superficies sembradas por tipo de cultivo.

Cultivo	2005	2010	2015	2020	2024	Tasa de crecimiento
Cebada grano	3,450	2,980	2,340	1,972	1,866	-3.09%
Maíz grano	285	566	60	38	43	-6.82%
Frijol	127	185	5	9	3	-14.28%
Avena forrajera en verde	110	80	1,369	868	970	16.10%
Otros cultivos	96	143	242	21	23	-4.35%

Fuente: Sistema de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

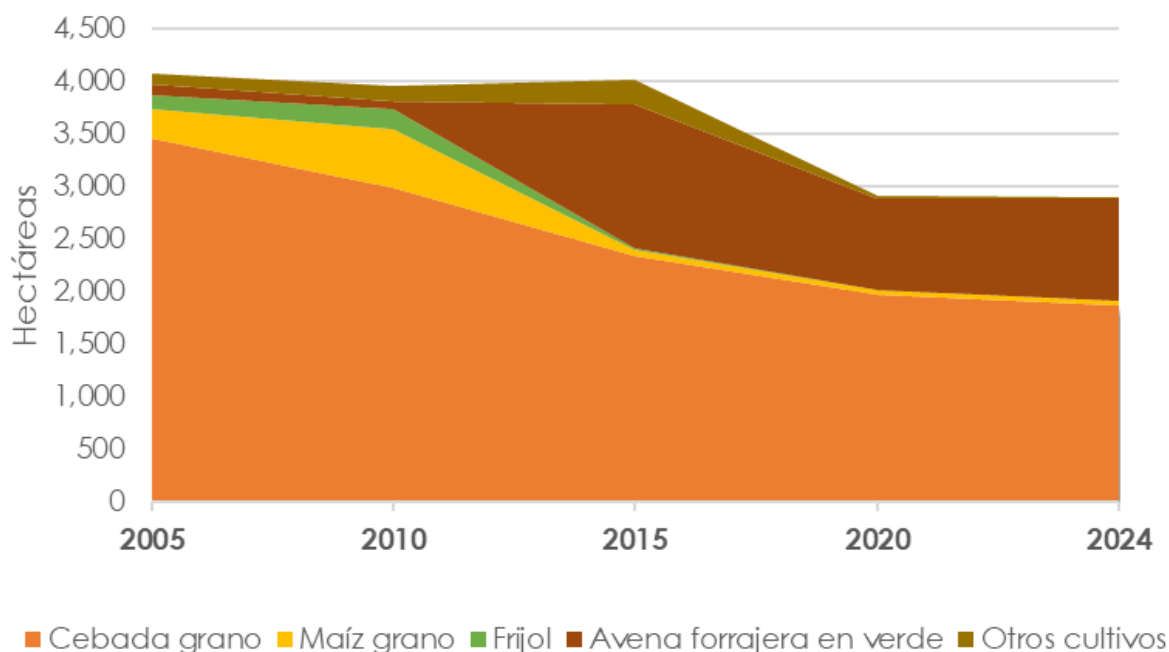


Figura I.10. Variación de las superficies de siembra por tipo de cultivo.

F.1.5. Crecimiento del sector pecuario.

En el sector pecuario, se observan diversos patrones de crecimiento que dependen tanto del producto como de la especie de ganado. En el municipio de Pachuca de Soto, destaca la producción de aves para la obtención de huevo, la producción de bovino, ya sea carne, leche o el ganado en pie y producción de ovinos, principalmente para la venta de ganado en pie carne, siendo lo más representativo para la producción pecuaria en el periodo de 2006 a 2024.

En cuanto a la tasa de crecimiento de los productos pecuarios, la miel ha presentado la mayor tasa de crecimiento con 17.70%, teniendo su mayor alce en el periodo 2006 – 2010, seguido de los productos avícolas, como lo es la carne (8.98%) y la venta de aves en pie (8.86%), finalmente, la producción de cera con una tasa de crecimiento de 3.58%.

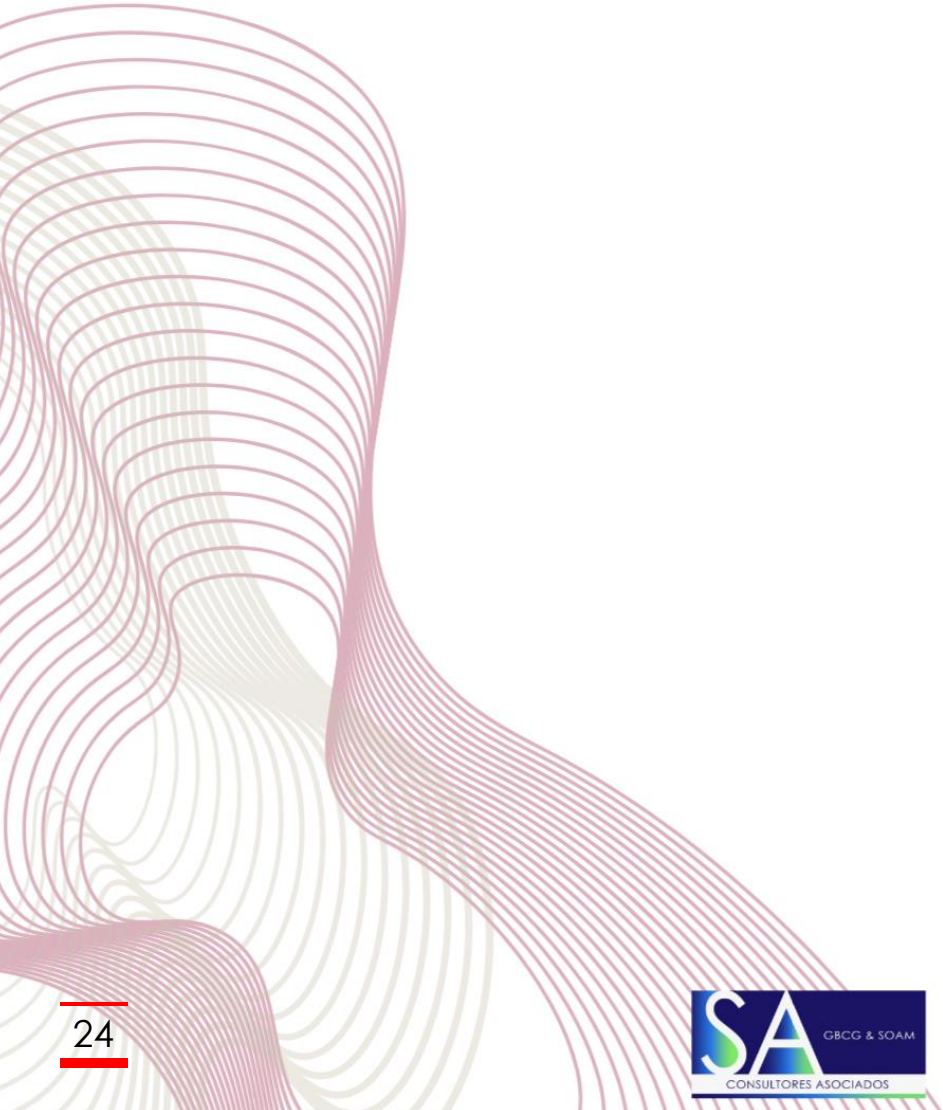
En cuanto a los demás productos pecuarios presentan una tasa negativa, es decir, se han dejado de producir o se ha reducido de manera significativa, siendo el huevo en plato el producto que más se ha dejado de producir (tasa promedio de -7.33%), seguido de los productos porcinos, ganado en pie (-6.18%) y producción de carne (-6.06%) (Tabla I.8).

Lo anterior indica una tendencia al aumento de la producción apícola y avícola y a la reducción de productos porcinos en el municipio.

Tabla I.8. Crecimiento del volumen de producción pecuaria por tipo de producto (toneladas).

Especie	Producto	Año					Tasa de crecimiento
		2006	2010	2015	2020	2024	
Abeja	Cera	0.03	0.06	0.08	0.08	0.05	3.58%
	Miel	0.35	3.80	2.64	2.44	2.24	17.70%
Ave	Carne	6.90	11.89	17.65	19.78	29.84	8.98%
	Ganado en pie	10.10	17.25	25.35	28.39	42.85	8.86%
	Huevo plato	79.30	9.96	18.31	15.05	16.32	-7.33%
Bovino	Carne	77.92	79.46	82.26	50.74	51.57	-1.90%
	Ganado en pie	147.92	148.75	154.56	95.49	95.87	-2.04%
	Leche	145.68	129.62	145.77	116.64	116.86	-1.20%
Caprino	Carne	4.98	4.73	2.70	1.76	1.72	-5.18%
	Ganado en pie	10.12	9.69	5.56	3.59	3.44	-5.27%
Guajolote	Carne	1.90	1.01	1.00	0.68	0.71	-5.26%
	Ganado en pie	2.84	1.49	1.51	1.00	1.05	-5.36%
Ovino	Carne	115.14	124.38	129.06	95.64	98.49	-0.60%
	Ganado en pie	226.51	249.19	260.01	192.06	195.51	-0.54%
	Lana	33.00	22.29	26.06	18.88	19.51	-2.90%
Porcino	Carne	40.97	17.54	17.68	13.09	13.37	-6.06%
	Ganado en pie	56.67	23.90	23.96	17.64	18.07	-6.18%

Fuente: Sistema de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).



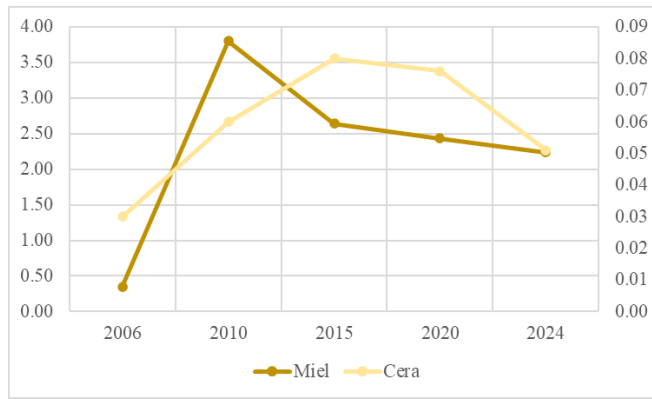


Figura I.11. Crecimiento de producción apícola (toneladas).

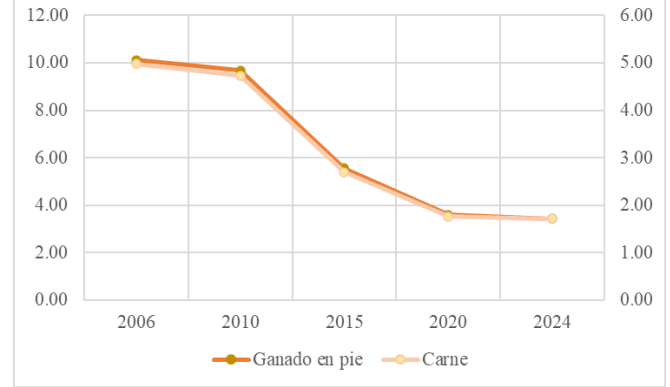


Figura I.14. Crecimiento de producción de ganado caprino (toneladas).

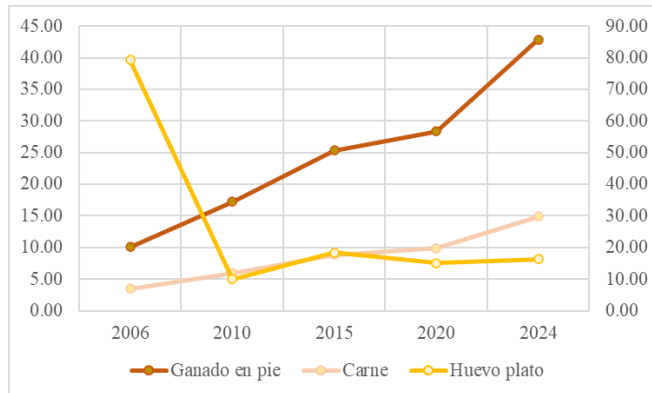


Figura I.12. Crecimiento de producción de aves (toneladas).

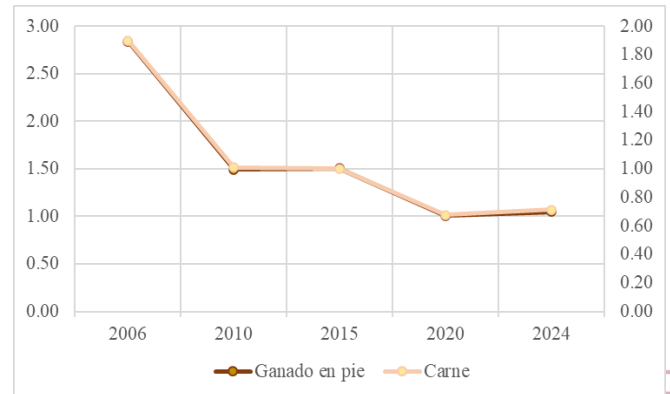


Figura I.15. Crecimiento de producción de guajolotes (toneladas).

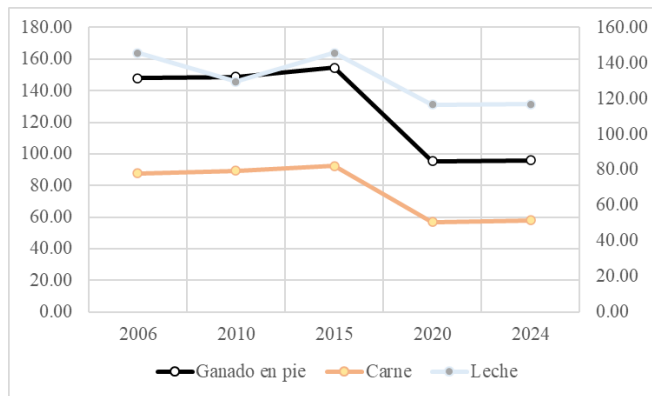


Figura I.13. Crecimiento de producción de ganado bovino (toneladas).

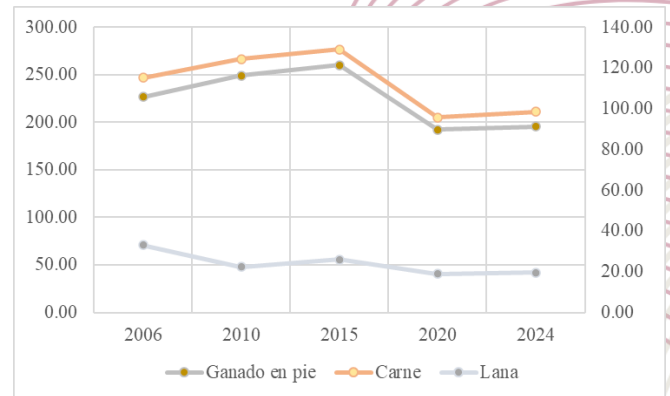


Figura I.16. Crecimiento de producción de ganado ovino (toneladas).

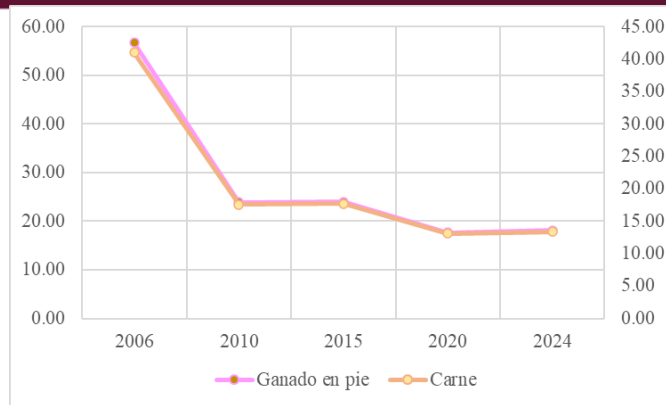


Figura I.17. Crecimiento de producción de ganado porcino (toneladas).

F.1.6. Crecimiento del sector industrial.

En lo que respecta al sector industrial en el municipio, se presenta la información correspondiente a las importaciones/exportaciones que son realizadas por personas morales como físicas que tienen domicilio fiscal dentro del municipio (periodo 2006 - 2024) en millones de dólares (MDD), con base en diversas fuentes que información en materia de comercio exterior que tienen como fuente primaria la Blanza Comercial de Mercancías en México.

Los resultados muestran la marcada diferencia entre las exportaciones y las importaciones en el municipio, partiendo de un año donde los valores importación /exportación eran similares (entre 40 y 44 MDD). Sin embargo, después de este año hubo una tasa negativa de crecimiento de las exportaciones de -79% manteniéndose por debajo de los 20 MDD hasta el periodo 2013-2014 con un tope de 25.3 MDD, para un posterior decaimiento hasta 2.12 MDD para el año 2016 y manteniendo un valor de exportación anual por debajo de los 10 MDD hasta el año 2024. En contraste, con las importaciones que presentan un crecimiento anual promedio del 12.6%, a pesar de mostrar importantes decaimientos en los periodos 2008-2009 y 2015-2016 con tasas negativas de crecimiento de -54.9% y 39.1% respectivamente, los valores de importación han mostrado ser superiores en relación con las importaciones en todo el periodo evaluado, con una diferencia de casi 50 MDD para el año 2024 (Figura I.18).

Lo anterior evidencia la tendencia del comercio en Pachuca de Soto a reducir las ganancias por exportaciones y aumentar las salidas económicas a través de la adquisición legal de bienes o servicios extranjeros.

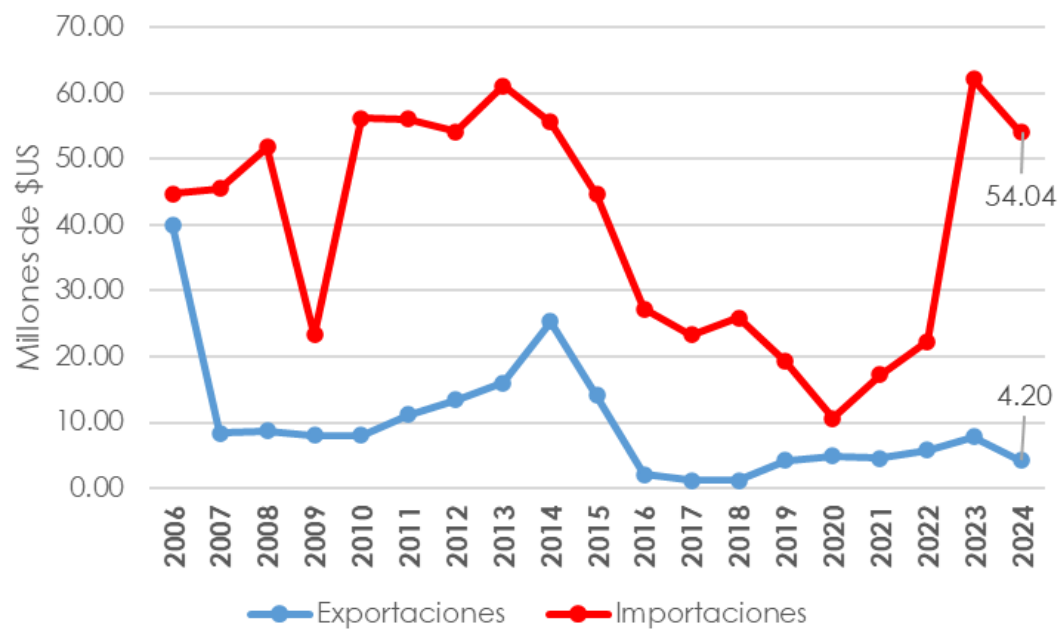


Figura I.18. Comercio internacional neto del municipio (Millones de dólares).

F.1.7. Población económicamente activa (PEA).

Para realizar la predicción de la población económicamente activa (PEA), se utilizó la información de los censos del INEGI correspondientes a los años 2000, 2010 y 2020. A lo largo de las dos últimas décadas, la población de 12 años y más en el municipio ha experimentado un crecimiento del 1.72%. De esta población total, en promedio, el 58% corresponde a la PEA, mientras que el resto se considera población económicamente inactiva (PEI).

Siguiendo esta tendencia de crecimiento de la PEA, se estimó que para el año 2050, la PEA aumentaría en 189,636 personas adicionales, mientras que la población económicamente inactiva aumentaría en 16,150 personas.

Tabla I.9. Población económicamente activa e inactiva.

Año	Población de 12 años y más	PEA	PEI
2000	185,677	100,399	84,793
2010	210,661	120,029	89,981
2020	261,324	166,559	94,224
Tasa de crecimiento	1.72%	2.57%	0.53%

Fuente: Censos de Población y Vivienda, INEGI, 2020, 2010 y 2000.

Tabla I.10. Crecimiento esperado de la población económicamente activa e inactiva al 2050.

Descripción	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Población de 12 años y más	261,324	284,647	310,051	337,723	367,864	400,695	436,456
PEA	166,559	189,055	214,589	243,572	276,470	313,811	356,195
PEI	94,224	96,741	99,326	101,980	104,704	107,502	110,374

Fuente: Censos de Población y Vivienda, INEGI, 2020, 2010 y 2000.

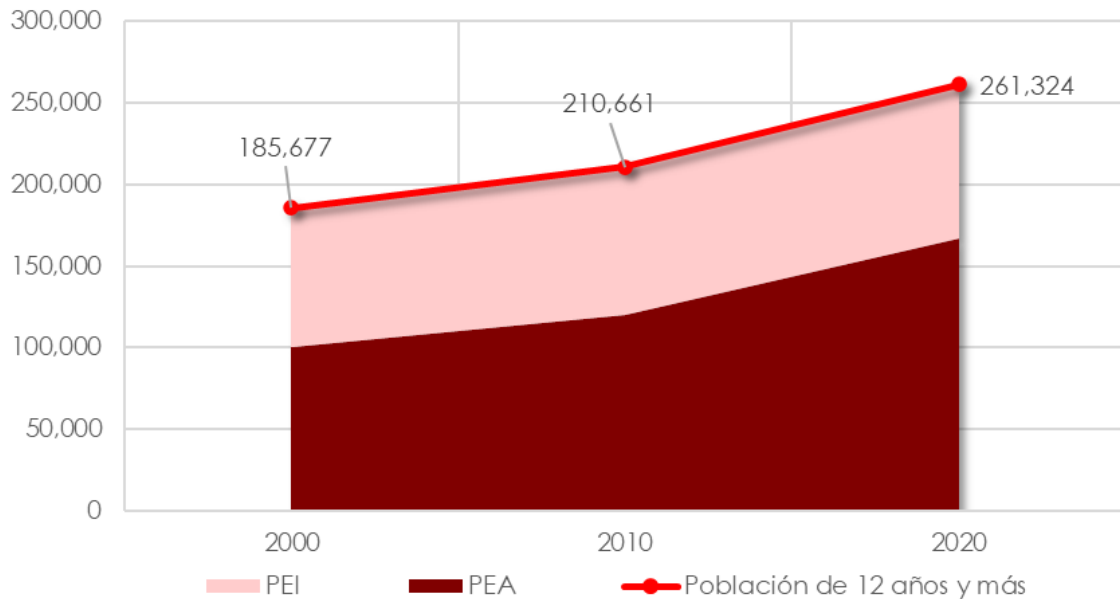


Figura I.19. Población Económicamente Activa e Inactiva del 2000 al 2020.

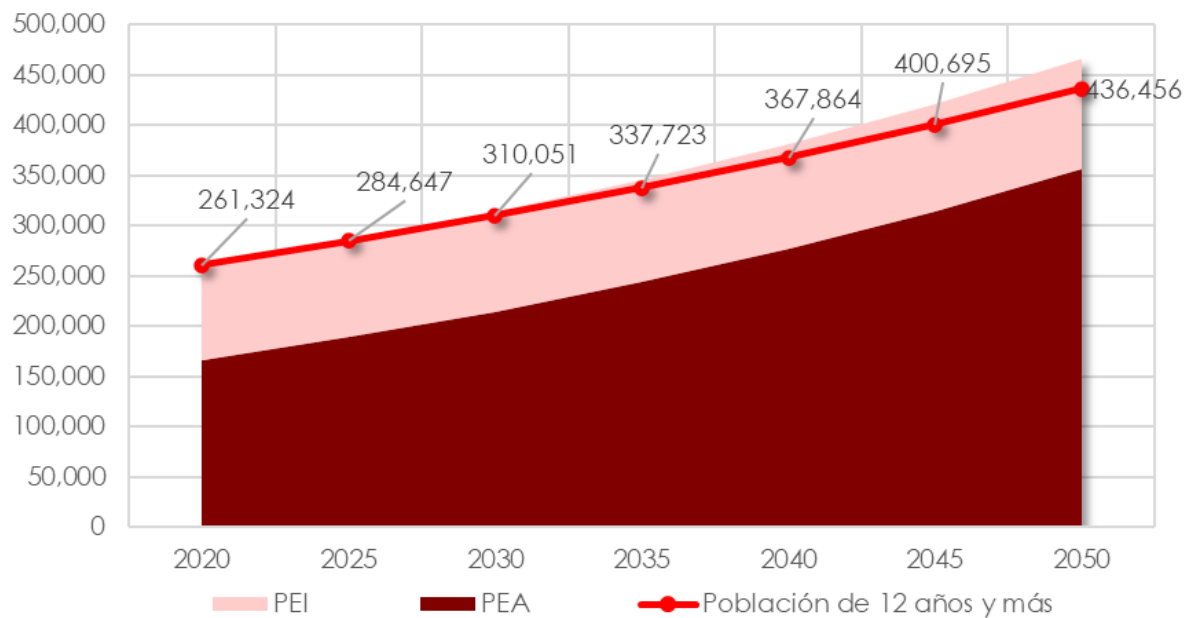


Figura I.20. Crecimiento esperado de la población económicamente activa e inactiva al 2050.

En relación a la PEA, es relevante observar los porcentajes de población ocupada a lo largo de los años. En el año 2000, el porcentaje de población ocupada era del 98.6%, el cual disminuyó para el 2010, situándose en un 95.5%. Sin embargo, en el año 2020, se observó una recuperación en este indicador, alcanzando un 97.9%.

Basándose en esta tendencia, se proyecta que para el año 2050, el porcentaje de población ocupada sería del 79%. Es importante destacar que en comparación con el año 2020, se espera que el número de personas ocupadas aumente en 181,884, mientras que el número de personas desocupadas sería de 12,817.

Tabla I.11. Personas ocupadas y desocupadas de 2000 al 2020.

Año	PEA		
	Total	Ocupada	Desocupada
2000	100,399	99,013	1,386
2010	120,029	114,638	5,391
2020	166,559	163,010	3,549
Tasa de crecimiento	2.57%	2.53%	5.23%

Fuente: Censos de Población y Vivienda, INEGI, 2020, 2010 y 2000.

Tabla I.12. Tendencia de crecimiento esperado de la PEA.

Descripción	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
PEA	166,559	189,055	214,589	243,572	276,470	313,811	356,195
Ocupada	163,010	184,697	209,269	237,110	268,655	304,397	344,894
Desocupada	3,549	4,579	5,907	7,621	9,833	12,685	16,366

Fuente: Elaboración propia.

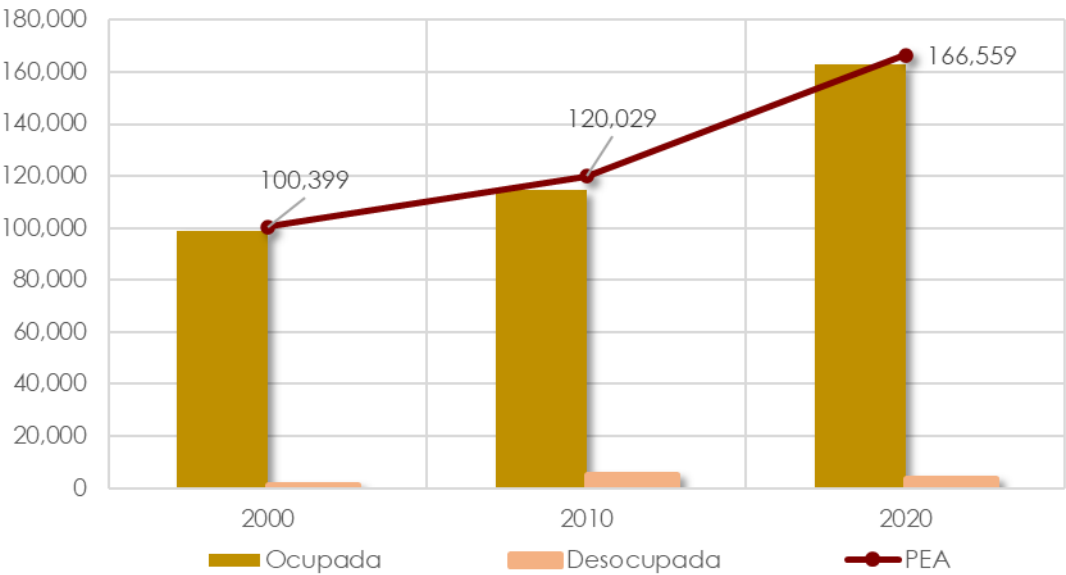


Figura I.21. Tendencia de la PEA del 2000 al 2020.

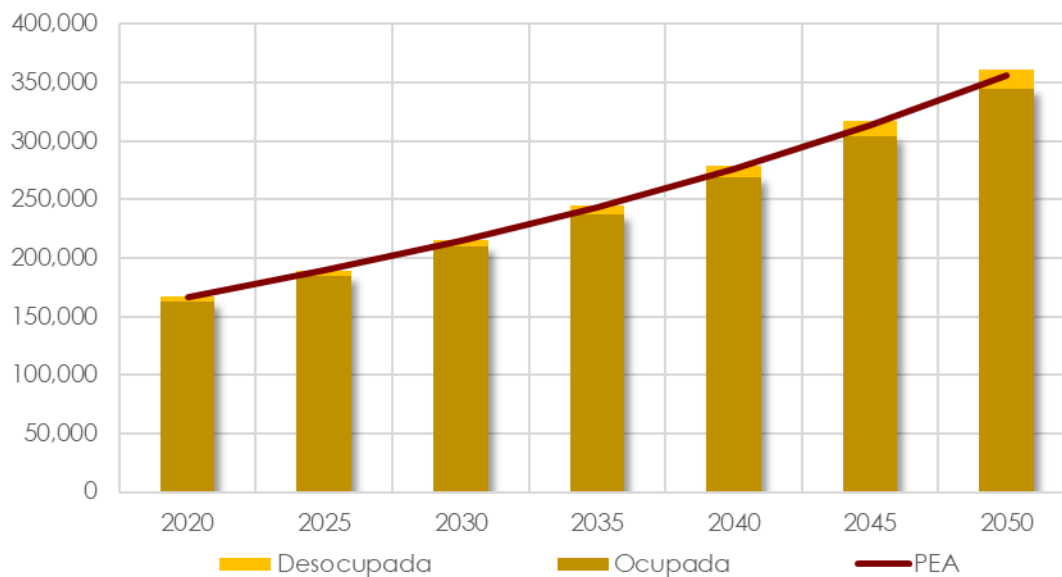


Figura I.22. Tendencia de crecimiento de la PEA al 2050.

F.2. Cambio climático.

Los escenarios de cambio climático son representaciones que exploran posibles futuros en relación con diferentes aspectos y consecuencias del cambio climático causado por la actividad humana. Estos escenarios se construyen teniendo en cuenta diversas fuerzas impulsoras, que incluyen procesos, impactos en términos físicos, ecológicos y socioeconómicos, así como las posibles respuestas que podrían ser relevantes en el contexto de la política de cambio climático. La utilización de escenarios es esencial para comprender y abordar los desafíos asociados con el cambio climático, ya que permiten explorar diferentes combinaciones de variables y ofrecen información valiosa.

Entre los escenarios ampliamente utilizados se encuentran los denominados Trayectorias de Concentración Representativas (RCPs). Estos RCPs son conjuntos coherentes de proyecciones relacionadas con el forzamiento radiativo, que se emplean como insumos fundamentales en la modelación climática. Los RCPs proporcionan una descripción plausible de cómo podría desarrollarse el futuro en función de diferentes variables.

Estos escenarios RCPs se basan en proyecciones socioeconómicas que consideran factores como el crecimiento y desarrollo de la sociedad, así como las elecciones relacionadas con el uso de fuentes de energía. Los RCPs se nombran según el nivel de forzamiento radiativo que se proyecta hasta el año 2100. El forzamiento radiativo se calcula teniendo en cuenta factores como las emisiones de gases de efecto invernadero y otros elementos que influyen en el balance energético de la Tierra (Database, 2009; van Vuuren, y otros, 2011).

Dentro de la base de datos de Worldclim, se han combinado cuatro trayectorias socioeconómicas compartidas (SSPs por sus siglas en inglés) con cuatro escenarios de "Representative Concentration Pathways" (RCPs), que consideran diferentes niveles de forzamiento radiativo, específicamente de 2.6, 4.5, 7.0 y 8.5 W/m². Dando lugar a los escenarios SSP 126, SSP 245, SSP 370 y SSP 585.

Estos escenarios se han analizado en tres períodos temporales: corto plazo (2021-2040), mediano plazo (2041-2060) y largo plazo (2081-2100). Para el caso de este apartado se utilizó únicamente el periodo 2021-2040 (corto plazo) ya que el instrumento requiere actualizaciones constantes.

Para el presente trabajo se procesaron los datos disponibles en la plataforma WorldClim (2024), siendo proyecciones climáticas futuras a escala reducida (30 segundos). La reducción de escala y la calibración (corrección de sesgo) se ha realizado por WorldClim v2.1 como clima de referencia.

El análisis se centra en los valores mensuales de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación para 10 modelos climáticos globales (GCM). A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios para cada GCM.

F.2.1. Escenario SSP 126.

Este escenario, con 2,6 W/m² para el año 2100, es una reelaboración del escenario optimista RCP2.6 y fue diseñado con el objetivo de simular un desarrollo compatible con la meta de 2 °C. Este escenario también presupone la adopción de medidas de protección climática.

Las proyecciones muestran cómo se modificará la precipitación en el municipio bajo el escenario SSP 126, resaltando que el GCM BBC CSM2 mostró un aumento de las precipitaciones de más de 50 mm para el mes de junio, sin embargo, los demás GCM mostraron disminuciones de la precipitación, principalmente en temporada de lluvias, con valores que van de -10 a - 34 mm en meses de lluvias, sin embargo, se aprecia esa tendencia para casi todo el año, en relación con los datos base (Pachuca de Soto) (Figura I.23, **A**).

En relación a la temperatura, se proyecta de manera general bajo este escenario que las temperaturas máximas se mantendrán oscilando entre menos un grado y más un grado, las reducciones de la temperatura máxima se centran principalmente en los meses de abril y octubre, mientras que, en los demás meses, se proyecta un aumento de la temperatura máxima, con un aumento máximo de 1.38° C en el mes de febrero (Figura I.23, **B**). Por otra parte, los GCM mostraron un aumento promedio de entre 0.1 y 0.7° C de la temperatura mínima para todos los meses evaluados (Figura I.23, **C**).

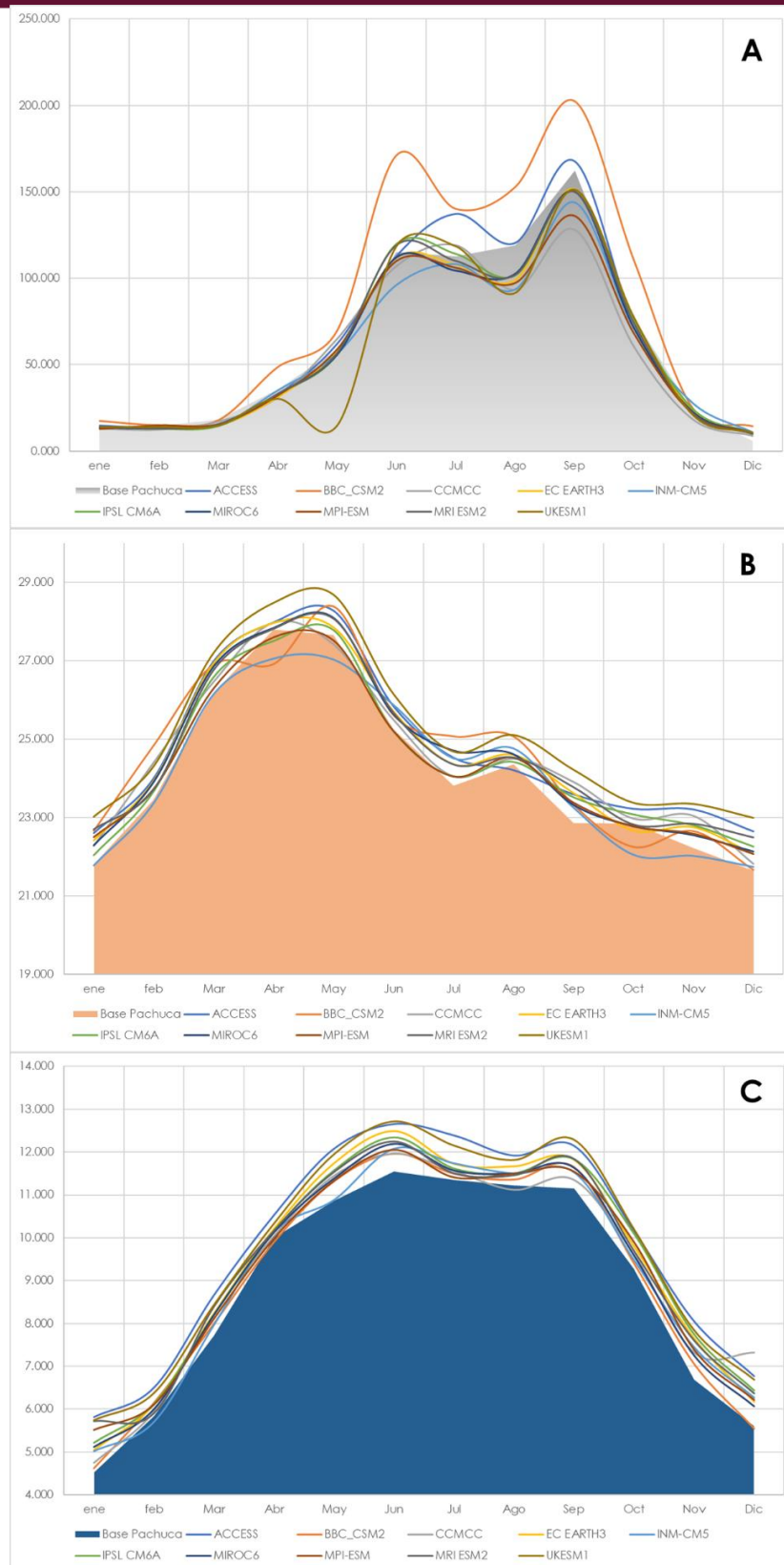


Figura I.23. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.

F.2.2. Escenario SSP 245.

Como actualización del escenario RCP4.5, el SSP245 con un forzamiento radiativo adicional de $4,5 \text{ W/m}^2$ para el año 2100 representa la trayectoria media de futuras emisiones de gases de efecto invernadero. Este escenario supone que se están tomando medidas de protección climática.

Las proyecciones muestran cómo se modificará la precipitación en el municipio, resaltando que el GCM BBC CSM2 mostró un aumento de las precipitaciones de más de 60 mm para el mes de septiembre, sin embargo, los demás GCM mostraron disminuciones en la precipitación, siendo el GCM CCMCC el que mostró la mayor disminución (-43 mm) para el mes de septiembre, este fenómeno de disminución de lluvias se presentará en temporada de lluvias, con valores que van de -10 a -43 mm en los meses de junio, agosto, septiembre y en menor medida, en octubre, esto, en relación con los datos base (Pachuca de Soto) (Figura I.24, **A**).

En relación a la temperatura, se proyecta de manera general bajo este escenario que las temperaturas máximas se mantendrán oscilando entre menos un grado y más un grado, las reducciones de la temperatura máxima se centran principalmente en los meses de abril y octubre, mientras que, en los demás meses, se proyecta un aumento de la temperatura máxima, con un aumento máximo de 1.63°C en el mes de julio, bajo el GCM BBC CSM2 (Figura I.24, **B**). Por otra parte, los GCM mostraron de manera general un aumento de la temperatura mínima de entre 0.01 y 1.3°C , siendo el GCM UKESM1 el que mostró los mayores aumentos para gran parte del año (Figura I.24, **C**).

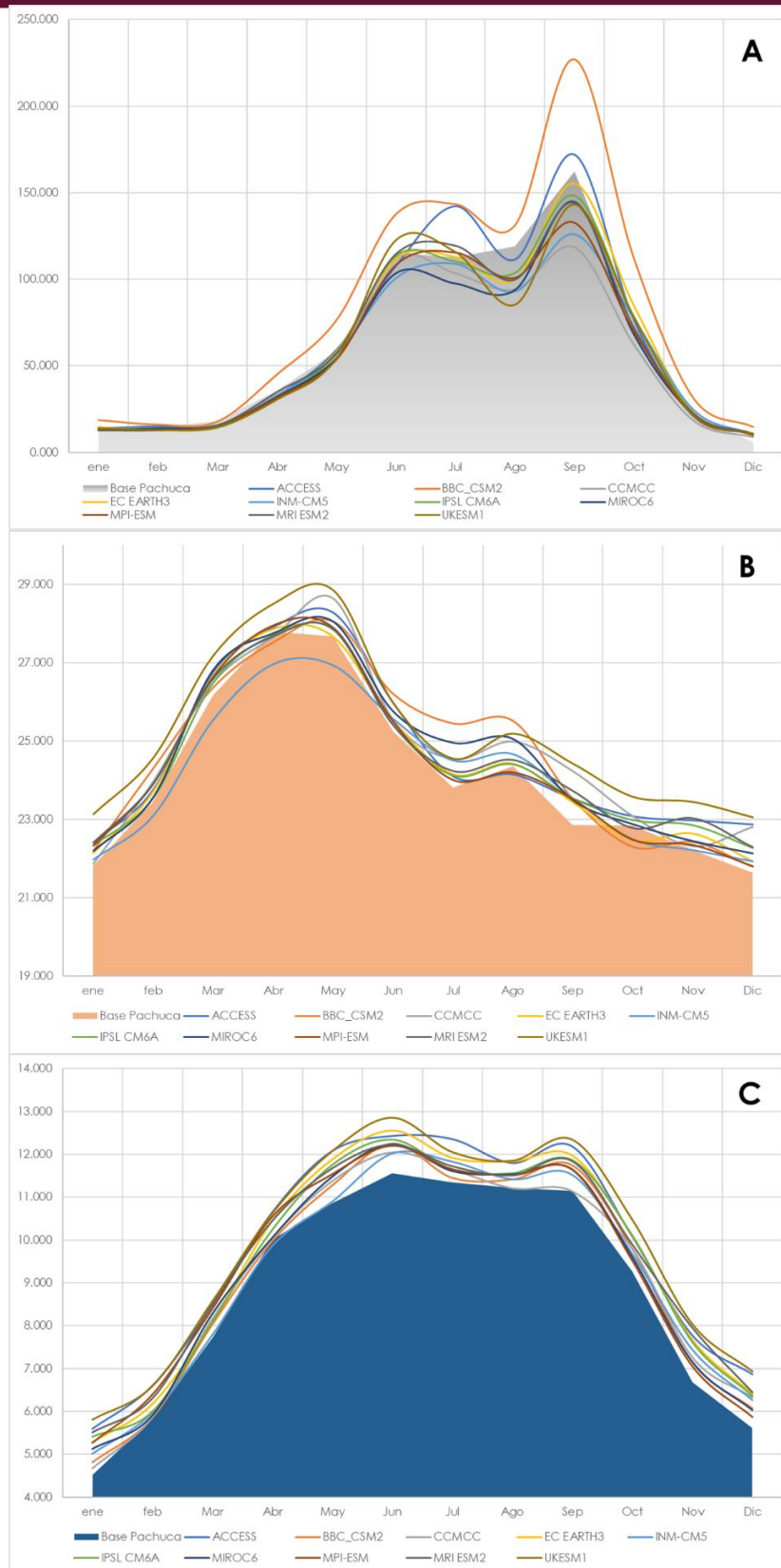


Figura I.24. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.

F.2.3. Escenario SSP 370.

En este escenario, con 7 W/m^2 para el año 2100, este escenario se sitúa en la parte media-alta del rango total de escenarios. Fue introducido recientemente tras los escenarios RCP, cubriendo la brecha entre RCP6.0 y RCP8.5.

Las proyecciones muestran cómo se modificará la precipitación en el municipio, resaltando que los GCM BBC CSM2 y ACCESS mostraron un aumento de las precipitaciones de más de 20 mm para los meses de julio y septiembre, sin embargo, los demás GCM mostraron disminuciones en la precipitación, siendo el GCM UKESM1 el que mostró la mayor disminución (-36 mm) para el mes de agosto, este fenómeno de disminución de lluvias se presentará en temporada de lluvias, con valores que van de -10 a -36 mm en los meses de junio, julio, agosto, septiembre y en menor medida, en octubre, esto, en relación con los datos base (Pachuca de Soto) (Figura I.25, **A**).

En relación a la temperatura, se proyecta de manera general bajo este escenario que las temperaturas máximas se mantendrán oscilando entre menos un grado y más un grado, las reducciones de la temperatura máxima se centran principalmente en los meses de abril y octubre, mientras que, en los demás meses, se proyecta un aumento de la temperatura máxima, con un aumento máximo de 1.75°C en el mes de julio, bajo el GCM BBC CSM2 (Figura I.25, **B**). Por otra parte, los GCM mostraron de manera general un aumento de la temperatura mínima de entre 0.01 y 1.36°C , siendo los GCM UKESM y ACCESS los que mostraron los mayores aumentos para gran parte del año (Figura I.25, **C**).

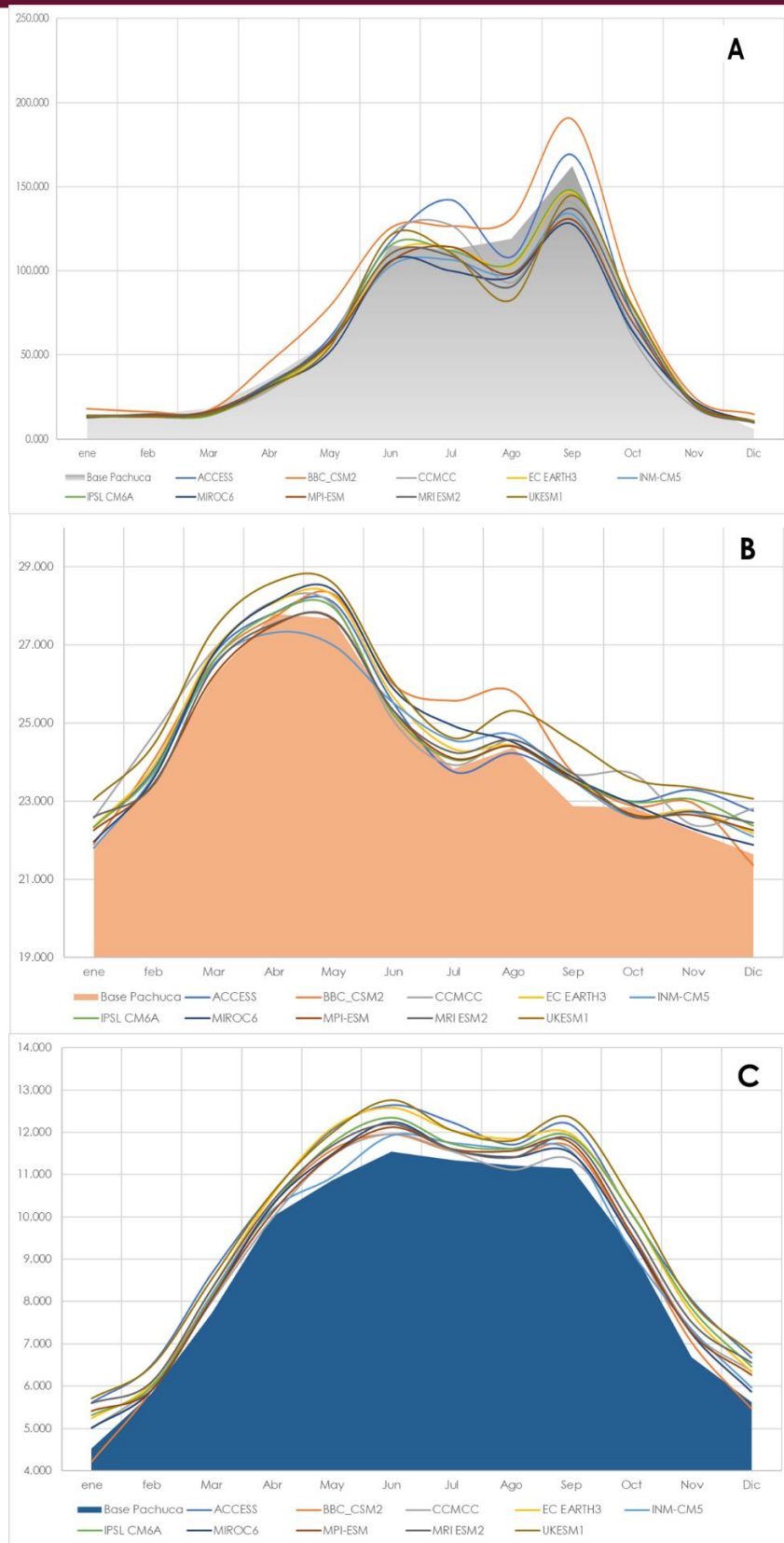


Figura I.25. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.

F.2.4. Escenario SSP 585.

Este escenario, con un forzamiento radiativo adicional de $8,5 \text{ W/m}^2$ para el año 2100, este escenario representa el límite superior del rango de escenarios descritos en la literatura. Puede entenderse como una actualización del escenario RCP8.5 del CMIP5, ahora combinado con razones socioeconómicas.

Las proyecciones muestran cómo se modificará la precipitación en el municipio, resaltando que el GCM BBC CSM2 mostró un aumento de las precipitaciones de más de 70 mm para el mes de septiembre, sin embargo, los demás GCM mostraron disminuciones en la precipitación, siendo el GCM UKESM1 el que mostró la mayor disminución (-39 mm) para el mes de agosto, este fenómeno de disminución de lluvias se presentará en temporada de lluvias, con valores que van de -10 a -39 mm en los meses de julio, agosto, septiembre y en menor medida, en octubre, esto, en relación con los datos base (Pachuca de Soto) (Figura I.26, **A**).

En relación a la temperatura, se proyecta de manera general bajo este escenario que las temperaturas máximas se mantendrán oscilando entre menos un grado y más un grado, las reducciones de la temperatura máxima se centran principalmente en los meses de abril y octubre, mientras que, en los demás meses, se proyecta un aumento de la temperatura máxima, con aumentos máximos de 1.90°C en el mes de julio, bajo el GCM BBC CSM2 y de 1.85°C para el mes de septiembre bajo el GCM UKESM (Figura I.26, **B**). Por otra parte, los GCM mostraron de manera general un aumento de la temperatura mínima de entre 0.01 y 1.59°C , siendo los GCM UKESM, MRI ESM2 y ACCESS los que mostraron los mayores aumentos para gran parte del año, siendo los meses de septiembre, octubre, noviembre, enero, mayo y junio los más afectados en cuestión de aumento de la temperatura mínima bajo todos los GCM, en relación con los datos base (Figura I.26, **C**).

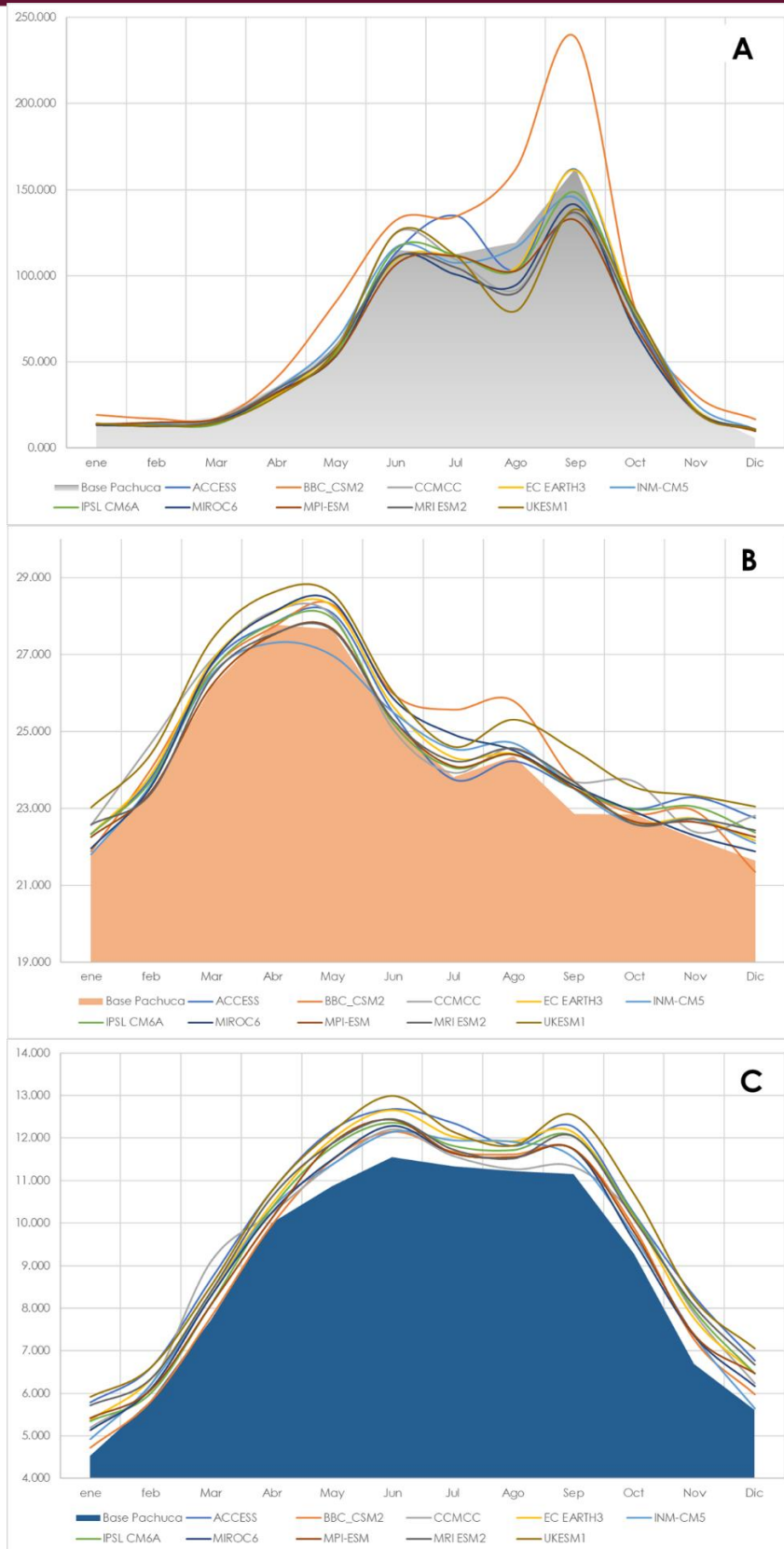


Figura I.26. Proyecciones de los GCM evaluados en relación a los valores reportados para la el municipio de Pachuca a corto plazo (2040). A) Precipitación, B) Temperatura máxima y C) Temperatura mínima.

F.3. Dinámica de uso de suelo.

Para identificar la dinámica de los cambios en el uso del suelo suscitados en el municipio, en los últimos años, se emplearon imágenes satelitales que abarcan la totalidad del municipio. A pesar de que existe cartografía sobre estos cambios proporcionada por el INEGI, su escala no permite un análisis detallado a nivel municipal.

Se realizó una clasificación de los principales usos de suelo en el municipio de Pachuca de Soto, utilizando imágenes satelitales de los años 2013, 2016 y 2020. La superficie municipal se dividió en tres categorías representativas:

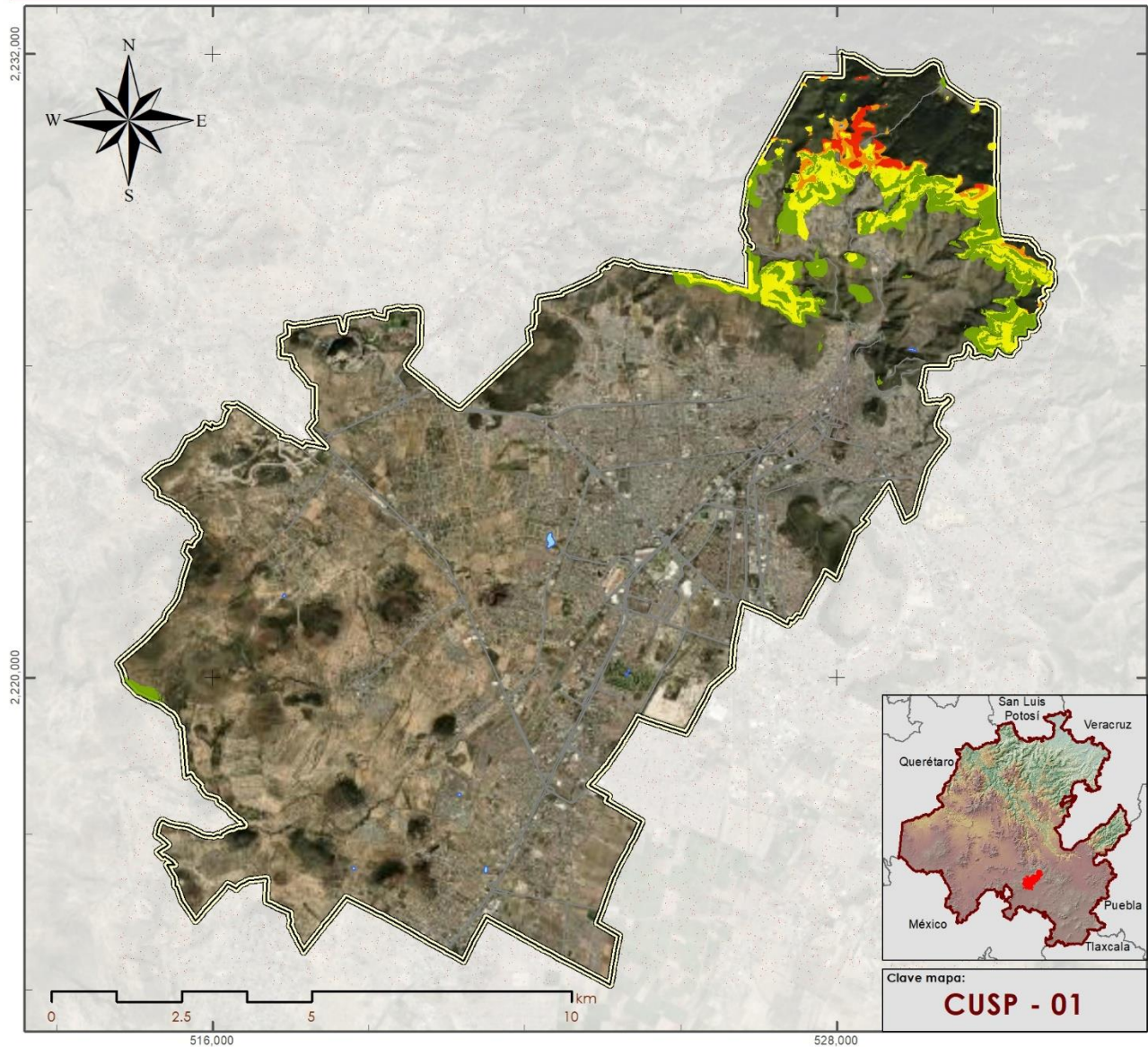
- **Zonas urbanas:** Esta categoría incluye la zona urbana de la cabecera municipal y los centros de población de las localidades del municipio.
- **Zonas agrícolas:** Estas áreas comprenden los usos de suelo destinados a las actividades de agricultura de temporal y agricultura de riesgo.
- **Zonas de vegetación:** Esta categoría abarca las áreas que aún mantienen vegetación, ya sea en forma de vegetación secundaria o primaria.

Con tendencia del proceso de cambio de uso de suelo en el periodo 2018 – 2024, se realiza un análisis de probabilidad de cambios para el año 2030.

Los resultados del análisis mostraron que las áreas con probabilidad de cambios para el año 2030 se presentan principalmente en la parte noroeste del municipio y pequeños manchones en la parte sur, encontrando que las áreas con probabilidad de cambio de 60-70% tienen una superficie de 27.66 ha; del 70-80% tienen una superficie de 39.42 ha; 80-90% tienen una superficie de 39.42 ha. y con una probabilidad de 90-100% presentan una superficie de 6.18 ha (Figura I.27).

Los cambios de uso de suelo proyectados para el municipio se darán, como se mencionó anteriormente en la parte norte del municipio, cambiando pastizales por infraestructura urbana y de árboles a pastizales, como se puede observar al comparar el uso de suelo del año 2024 (Figura I.28) con el uso de suelo proyectado para el año 2030 (Figura I.29).

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO



Áreas con probabilidad de cambio para el año 2030

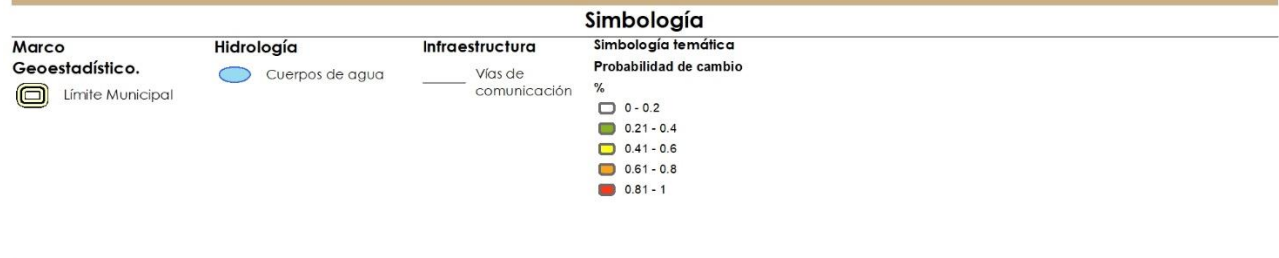
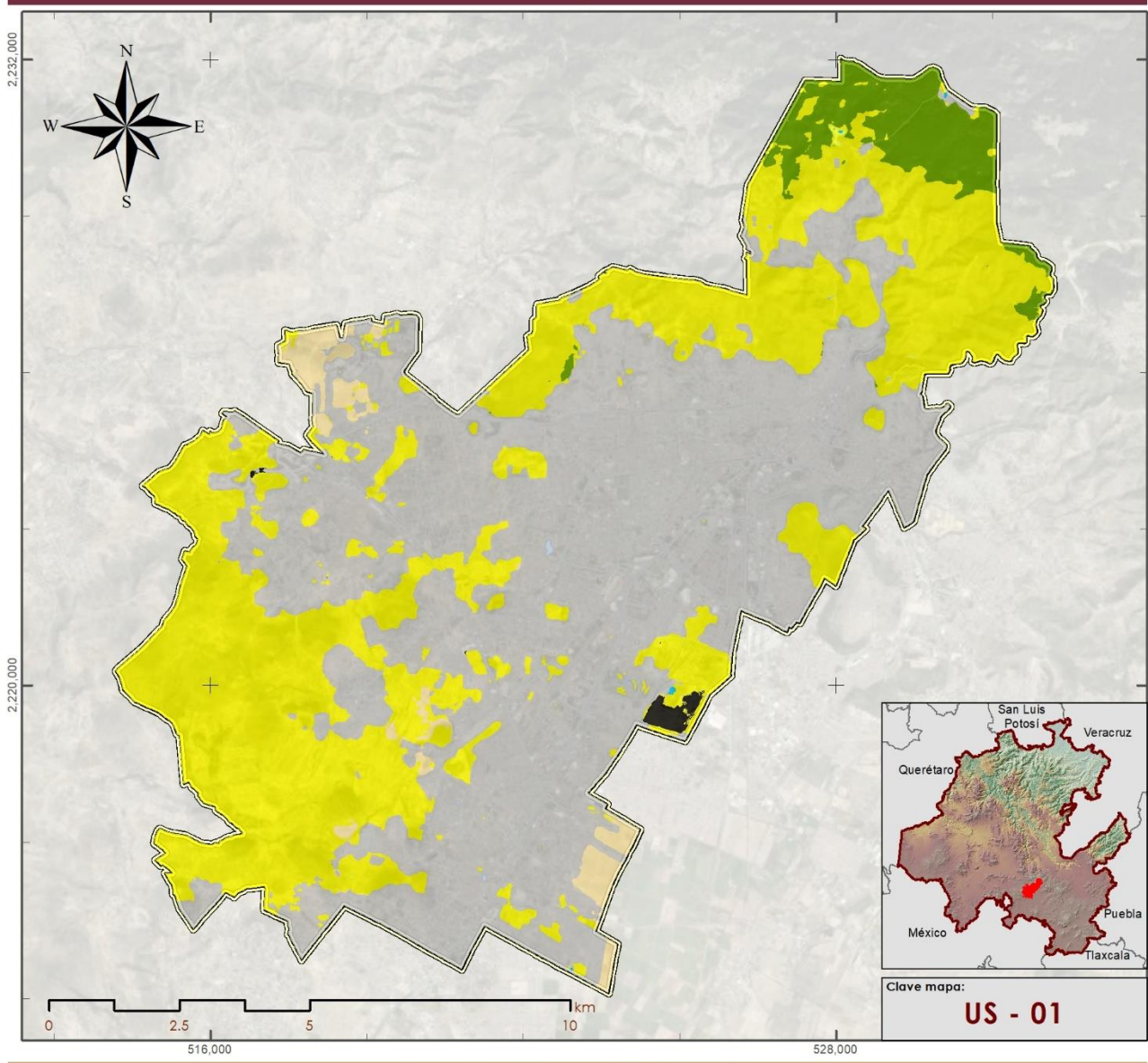


Figura I.27. Áreas con probabilidad de cambio para el año 2030.

**PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO
DE PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO**



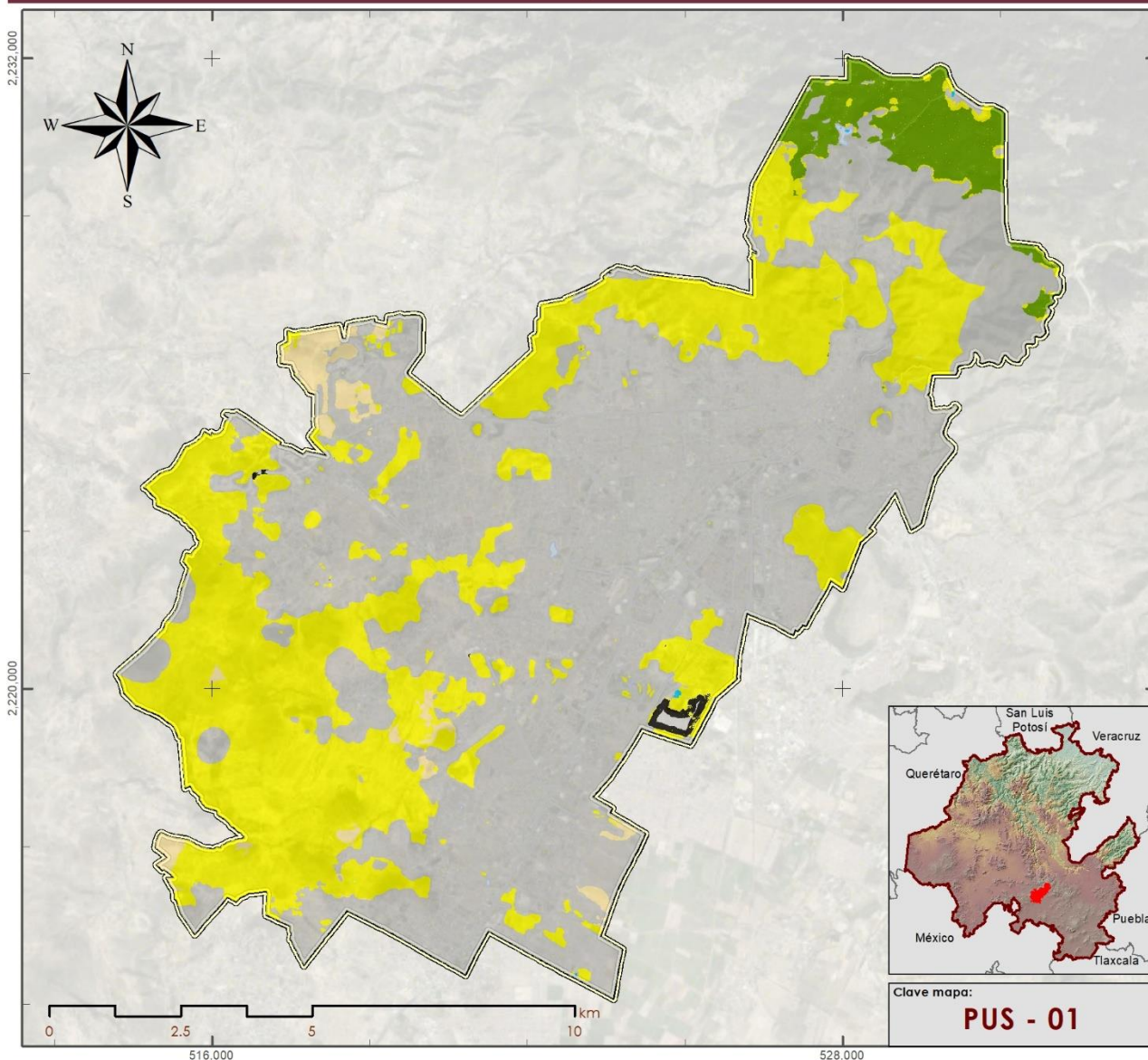
Uso de suelo en el año 2024

Simbología

Marco Geoestadístico. Límite Municipal	Hidrología Cuerpos de agua	Infraestructura Vías de comunicación	Simbología temática Usos de suelo Agua Árboles Cultivos Infraestructura Pastizal Suelo desnudo
--	--------------------------------------	--	---

Figura I.28. Uso de suelo en el municipio en año 2024.

PROGRAMA DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE PACHUCA DE SOTO, ESTADO DE HIDALGO



Predicción de usos de suelo en el municipio para el año 2030



Figura I.29. Predicción de los cambios de uso de suelo para el año 2030.