

“Las emisiones de gases de efecto invernadero siguen creciendo, las temperaturas globales siguen aumentando y nuestro planeta se acerca rápidamente a puntos de inflexión que harán irreversible el caos climático. Estamos en una autopista hacia el infierno climático con el pie en el acelerador”.

António Guterres

Secretario General de las Naciones Unidas

Noviembre 2022

DIRECTORIO

Lorena Cuéllar Cisneros
Gobernadora del Estado de Tlaxcala

COMISIÓN INTERSECRETARIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO DEL ESTADO DE TLAXCALA (CICC) RESPONSABLE DE LA APROBACIÓN DEL DOCUMENTO

Lorena Cuéllar Cisneros
Gobernadora del Estado de Tlaxcala

Pedro Aquino Alvarado
Secretario de Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala

Luis Antonio Ramírez Hernández
Secretario de Gobierno del Estado de Tlaxcala

Rigoberto Zamudio Meneses
Secretario de Salud del Estado de Tlaxcala

David Álvarez Ochoa
Secretario de Finanzas del Estado de Tlaxcala

Marco Túlio Munive Temoltzin
Secretario de Movilidad y Transporte del Estado de
Tlaxcala

José de Jesús Rafael de la Peña Bernal
Secretario de Impulso Agropecuario del Estado de
Tlaxcala

Homero Meneses Hernández
Secretario de Educación Pública del Estado de
Tlaxcala

Alberto Martín Perea Marrufo
Secretario de Seguridad Ciudadana del Estado de
Tlaxcala

Josefina Rodríguez Zamora
Secretaria de Turismo del Estado de Tlaxcala

María Estela Álvarez Corona
Secretaria de Bienestar del Estado de Tlaxcala

David Guerrero Tapia
Secretario de Ordenamiento Territorial y Vivienda del
Estado de Tlaxcala

Javier Israel Tobón Solano
Comisionado Estatal del Agua y Saneamiento del
Estado de Tlaxcala

INVITADOS ESPECIALES Y PERMANENTES DE LA CICC

María Fernanda Espinosa de los Monteros Cuéllar
Presidenta Honorífica del Comité Consultivo de
Bienestar y Desarrollo Social del Estado de Tlaxcala

Diego Corona Cremean

Secretario de Infraestructura del Estado de Tlaxcala

Javier Marroquín Calderón
Secretario de Desarrollo Económico del Estado de
Tlaxcala

Iván García Juárez
Procurador de Protección al Ambiente del Estado de
Tlaxcala

Gimena Lara Pérez
Coordinadora General de Planeación Inversión del
Estado de Tlaxcala

Marcela González Castillo
Presidenta de la Comisión de Medio Ambiente y
Recursos Naturales del Congreso del Estado de
Tlaxcala

**SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE DEL ESTADO DE TLAXCALA RESPONSABLE DE LA
ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO**

Juan Pablo García Apango
Director de Desarrollo Sostenible

Alma Griselda Pinillo Flores
Jefa de Departamento de Cambio Climático

Manuel Alejandro Ayala Villanueva
Jefe de Oficina de Políticas de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático

Bárbara Carmona Sánchez
Auxiliar del Departamento de Cambio Climático

Programa de Bienestar para el Medio Ambiente
Ana Dianel Hernández Ceballos
Erick Iván Jiménez Tejeda

COORDINACIÓN TÉCNICA DEL DOCUMENTO

María de la Cruz Martínez Portugal
ICR Ambiental S.A. de C.V.

COLABORADORES

Saul Rafael Castañeda Contreras
Francisco Reina Sáenz
Rene Lobato Sánchez
Miguel Ángel Altamirano del Carmen
José Luis Cortes Penedo
Estefanía Gavito Nava
Marcela Lima Villegas
Marco Antonio Herrera García
Sandra Rosalía Espinoza Morales
Raúl Calixto Andriano
José Roberto Chacón Suriano
Dulce Jimena Moreno Pérez
Luis Miguel Munguía Ojeda
Herlinda Velázquez Jiménez
Javier Cobos Fernández
Angélica Gutiérrez del Valle
Everit Ignacio Mora Guzmán
Erick Leonardo Nieva López

Agradecimiento especial a las instituciones que facilitaron sus instalaciones para el desarrollo de los talleres de consulta pública

Universidad Autónoma de Tlaxcala

Universidad Tecnológica de Tlaxcala

Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162

Agradecimiento especial a las personas que formaron parte del proceso de consulta pública

Pedro Albornoz Góngora, CONAGUA

Hugo Galindo Sepúlveda, CONAGUA

José Héctor Osorio Chumacero, CONAGUA

Leopoldo E. Mora Rivera, CONAGUA

Carlos Meléndez Montes, CONAGUA

Eduardo Juárez Texis, CONAGUA

Sara Vázquez Ramírez, UBBJ

Goretti Cansino Juárez, UBBJ

Heriberto Cruz Mejía, UBBJ

Erika Gabriela Flores Delgado, UPTx

María Fernanda Amador Tepetzi, UPTx

Eliseo Castillo Huerta, UPTx

Liliana Merlo Hernández

Adriana Blanquel Gómez

Andrés María Ramírez

Bianca Ávila Ramírez

Guillermo Alejandro Pérez Flores

Itzel Arias Del Razo

Javier Rodríguez Zamora

Jorge Vázquez Pérez

Juan José Vázquez López

Juan Juárez Corona

María Chanel Juárez Ramírez

Mónica Alcázar Romano

Oscar Zarate Marroquín

Yeraldine Pérez Terán

Zuñy Jeye Pérez Carreto

Héctor Delgadillo Cabrera, CONAFOR

José Paulo Moreno Romero, CONAFOR

Wendolyne Velázquez Muñoz, CONAFOR

Daniel Sánchez Velázquez, CONANP

Mario Hernández Gutiérrez, PROFEPA

Mario Lozano Gutiérrez, PROFEPA

Pedro Guevara Díaz, PROFEPA

Tiberio Rigoberto Paredes Arroyo, PROFEPA

Jacqueline Ledesma Gómez, SEMARNAT

Rocío del Carmen Ortega Gutiérrez, SEMARNAT

Rogelio Lara Eliosa, SEMARNAT

Alfredo Delgado Rodríguez, UATx

María de Lourdes Hernández Rodríguez, COLTLAX

Laura Pérez Meléndez, COLTLAX

Serafín Ríos Elorza, COLTLAX

Juan José Castellón Gómez, I.T. Altiplano Tlaxcala

Juan José Saldaña Castillo, UNAM

Ramiro Ríos Gómez, UNAM

Tomás Morales Acoltzi, UNAM

Lorena Alicia Torres Reyes, Universidad Metropolitana de Tlaxcala

Luis Cortés Coronel, Universidad Santander

Julio Rafael Hernández Lucido, UTT

Abimael Cuatianquiz Ávila, UTT

Adolfo Aquino Degante, UTT

Alan Hernández Amador, UTT

Anahí Cote Báez, UTT

Ángel Eduardo Muñoz Bernal, UTT

Aura Karen Maldonado Rojano, UTT

Christopher González Avendaño, UTT

Cristhian Guadalupe Reyes Antonio, UTT

Cristina Ramírez Macías, UTT

Diana Karla Casado Corona, UTT

Edgar Palafox Leal, UTT

Eduardo Díaz Ramírez, UTT

Eleanor Valeria Pérez Meneses, UTT

Itzel Sánchez Flores, UTT

Iván Juncos Flores, UTT

Jazmín Esmeralda Corona Pérez, UTT

Jocelyn Gutiérrez García, UTT

José Emmanuel Hernández Fernández, UTT

José Gabriel Fragoso Lima, UTT

José Gustavo Pastén Pérez, UTT

Juan Francisco López Méndez, UTT

Karla Itzel De Rodrigo Bravo, UTT

Karla Yazmín Hernández Ramírez, UTT

Katherine Mabel Serrano Galaviz, UTT

María Degante Taneco, UTT

Leslie Romero Romero, UTT

Maricarmen Valencia López, UTT

Mitzi Hernández Gutiérrez, UTT

Adolfo Cuevas Sánchez, UATx
Andrea Vera Reyes, UATx
José Antonio Ortiz Zamora , UATx
Lizbeth Tetlacuilo, UATx
Maricela Hernández Vázquez, UATx
Silvia Herrera Cortés, UATx
María de los Ángeles Velasco Hernández, BUAP
Carlos Manuel Ortiz Lima, TEC Tlaxco
Adriana Rodríguez Jiménez, TEC Tlaxco
Alfonso López J., TEC Tlaxco
Ángeles Evelin Palomino Hernández, TEC Tlaxco
Axel Hernández López, TEC Tlaxco
Claudia Praxedis Montiel, TEC Tlaxco
Consuelo Zempoalteca S., TEC Tlaxco
Diana Morales Portilla, TEC Tlaxco
Diego Aridael Vázquez Méndez, TEC Tlaxco
Eduardo López Vázquez, TEC Tlaxco
Elvia Sánchez López, TEC Tlaxco
Fatima Wendoline Hernández, TEC Tlaxco
Fernanda Millán, TEC Tlaxco
Guadalupe Hernández R., TEC Tlaxco
Irvin Ortega Flores, TEC Tlaxco
Janet Islas Sosa, TEC Tlaxco
Javier Lozano González, TEC Tlaxco
Javier Rodríguez Zamora, TEC Tlaxco
Jocelyne González López, TEC Tlaxco
José Luis Cabrera Pérez, TEC Tlaxco
José Miguel Ortiz Saldaña, TEC Tlaxco
Linda Anahí Arroyo H., TEC Tlaxco
Lorena Méndez Bautista, TEC Tlaxco
Meritzel Pérez Mauricio, TEC Tlaxco
Mitzi Manoatl Perez, TEC Tlaxco
Mónica Alcázar Romano, TEC Tlaxco
N. Azucena Juárez Carrillo, TEC Tlaxco
Omar Arenas Galicia, TEC Tlaxco
Patricia García Morenos, TEC Tlaxco
Rubí Moreno Bonilla, TEC Tlaxco
Ruth Sarai Avalos C., TEC Tlaxco
Yesica Vázquez Fernández, TEC Tlaxco
José Vega Jiménez, CBTIS
Pastor Flores Cuamatzi, CECyTES
Adrián Hernández Diaz, COBAT
José Carlos Atriano Arenas, COBAT
Mauro Elías Yautentzi Gómez, COBAT
Ramón Arturo Espinosa Mendoza, COBAT
Víctor M. Xicohténcatl, COBAT
Leticia Atempa Díaz, CONALEP
Mayra Daniela López Custodio, CONALEP
Samantha Hernández, ECOFEMINISTLAX
Nancy Hernández Morales, UTT
Nori Analí Pérez Gutiérrez, UTT
Paola Hernández Castillo, UTT
Pilar de Fermín Moreno, UTT
Wendolyne Islas Méndez, UTT
Shunashi Alejandra Cocoletzi Hernández, UTT
Paola Ramírez Islas, CEAS
Aidé Antonia Barba Salas, CEAS
J. Gerardo Alonso G., CEAS
María Inés Cabrera Hernández, SEPE-USET
Modesta Sánchez Morales, SEPE-USET
Sergio Enrique Reséndiz Flores, SEPE-USET
Lizbeth Dávila Rojas, SEPE-USET
Alejandro Reyes Angulo, Secretaría de Salud
Manuel Carro Poblano, COEPRIST
Francisco Méndez García, COEPRIST
Adriana Cabrera Pérez, Comisión Estatal de Derechos Humanos (CEDHT)
Armando Ramírez Tlapale, CEDHT
Citlalli López Flores, CEDHT
María Martina Dímas Bolaños, CEDHT
Vanessa Suárez Lobatón, CEDHT
Juan de Jesús Ramos Olvera, Coordinación General de Planeación e Inversión
Lucy Córdova Cedeño, SEDECO
Elizabeth Munive Martínez, PROPAET
Carlos Ernesto Echavarría Juárez, PROPAET
José García Macías, Secretaría de Bienestar
Rubén Minor Pineda, Secretaría de Bienestar
Marco Venchierutti, Secretaría de Cultura
María Elena Díaz, Secretaría de Cultura
Maurilio Osorno Muñoz, Secretaría de Impulso agropecuario (SIA)
Etzigueri Cortés Sánchez, SIA
Ignacio Pérez Rodríguez, SIA
Carolina del Carmen Aquiahuatl Ramírez, SIA
Emanuel Muñoz de la Vega, SIA
Israel Hernández Carrillo, Sistema Estatal DIF (SEDEF)
Alejandro De la Rosa Hernández, SEDIF-Departamento de Atención a Población en Situación de Vulnerabilidad
Elva Alarcón González, SEDIF-Departamento de Atención a Población en Situación de Vulnerabilidad
Isaac Jaime Morán Zarate, SEDIF-Dirección de Atención a Migrantes (DAM)
Laura Xicohténcatl, SEDIF-DAM
Jesús Ruiz Ramírez, SEDIF-Procuraduría de Protección a las Niñas, Niños y Adolescentes
Rosario Velasco Arenas, SOTyV
Ana Teresa Zuñiga, Secretaría de Infraestructura

Erick Daniel Trujillo Castillo, Libélula Viajera
Juan Carlos Hernández López, Movimiento Solidario Tlaxcalteca y de radio Ehecatlahtol
Raymundo Serrano González, Patos Verdes al Rescate A.C.
Carlos Gilberto Pacheco Montiel, Pobladores Unidos por la Matlalcueyetl
Hilda Margarita Castro Cuamatzi, Toktli educación ambiental
Laura A. Mondragón Sánchez, Toktli educación ambiental
Roberto Luna Pichón, Acuamanala
Carlos Gutiérrez Flores, Apetatitlán Fernando Zarate T., Apizaco
Esteban Aguilar Hernández, Atlangatepec Jhonny Mendieta Robles, Axocomanitla Brenda Capuleño Vega, Calpulalpan
Carlos Javier Hernández Carmona, Calpulalpan José Andrés Sánchez Palacios, Chiautempan Estrella Valencia Salgado, Cuapiaxtla Carlos Leal Palestina, Cuapiaxtla Celso Águila Cuahtlapantzi, Cuapiaxtla Sol Fátima Jiménez Cervantes, Cuaxomulco
José Néstor Huerta Morales, El Carmen Tequexquitla Celeste Elizalde Gutiérrez, España
Oscar Pintor Juárez, Huactzinco Artenio Degante E., Huamantla Diana Jimena Enrique Rosales, Huamantla Alison Hatziri Oliveros González, Huamantla Humberto Morales, Hueyotlipan
María Eugenia Espinoza, Ixtacuixtla de Mariano Matamoros Teresa Yanet Rodríguez, Lázaro Cárdenas Antolin Rodríguez, Lázaro Cárdenas Maximiliano Sánchez Berruecos, Mazatecochco Rosa Isela Sandoval Caloch, Mazatecochco Yarely Rojas Berruecos, Mazatecochco Leandra Xicohténcatl Muñoz, Mazatecochco Rubén Escobar Plascencia, Panotla Eroán García Sandoval, Panotla Liborio Cuéllar Ávila, Panotla
José Ángel Flores Meneses, San Lorenzo Axocomanitla Brien Luna Cervantes, Sanctorum de Lázaro Cárdenas

José Carlos Méndez Ramírez, Secretaría de Infraestructura
Mireille Macareno Martínez, Secretaría de Infraestructura Alejandro Carreto, SEGOB
Luz María Vazquez Avila, SEGOB Pablo Flores Kochitemo, SEGOB
Rubén Ruíz González, Secretaría de Seguridad Ciudadana Magdalena Xochihua Muñoz, Secretaría de Finanzas Juan Rodríguez Pérez, Coordinación General de Protección Civil
Florisel Galán Netzahualcoyotl, Secretaría de Turismo César Acosta Ortega, Papalotla de Xicohténcatl Trinidad Guzman F., San Juan Huactzinco Ismael Perez Nohpal, San Juan Zacualpan Enrique Ortega C. Santa Apolonia, Teacalco
José Luis Tenopala Hernández, Sanctorum de Lázaro Cárdenas Nicolás Onofre Escobar, Santa Isabel Xiloxoxtla Eustolia Saucedo Ramón, Tenancingo Miriam Ortega Alvarado, Tepetitla de Lardizábal José Camilo Sosa, Tepetitla de Lardizábal
María Silva Hernández Huerta, Tetla de la Solidaridad Cesar Guerra Ruelas, Tlaxcala Rosa María Rugerio, Tlaxcala Xicotencatl Fragoso, Tlaxcala Xicohténcatl Tonix Fragoso, Tlaxcala Omar Carrillo Jiménez, Totolac
Sara Elvira Guarneros Enriquez, Tzompantepéc Carlos Vázquez Ortiz, Xaloztoc Dulce Beatriz López Santillán, Xaltocan Constantino Ortiz Xilotl, Xicohtzinco Raymundo García Mendoza, Xicohtzinco Rodolfo Lobatón Rodríguez, Yauhquemehcan Javier Ángel González C., Apizaco Consultoría Ambiental Valeria Momox Thomé, Kimberly Clark Felipe Saldaña Chavarria, Ecolimpio Alicia Tepatzi Rubio, Ecolimpio

MENSAJE DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE TLAXCALA

Lorena Cuéllar Cisneros

**Gobernadora del Estado de Tlaxcala
2021 - 2027**

El cambio climático está ocurriendo por todas partes, la variabilidad y anomalía del clima ya es un hecho que atenta contra la vida misma del ser humano, por lo que las y los tomadores de decisiones no podemos ni debemos estar ajenos a esta realidad. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas, declara que a mayor calentamiento se acrecentarán los daños, y lo más grave es que si no actuamos oportunamente, nuestra capacidad de adaptación se verá sobrepasada.

Una de las mayores prioridades del Estado de Tlaxcala es garantizar en un escenario futuro, la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, el acceso al agua en calidad y cantidad, así como el salvaguardar los bienes naturales que otorgan servicios ecosistémicos y medios de vida a la población. El cambio climático es una amenaza innegable que ya está ocasionando daños irreparables para nuestro bienestar y calidad de vida, somos testigos de los fenómenos meteorológicos extremos, mismos que se han vuelto cada vez más frecuentes e intensos, acarreando daños irreversibles y que provocará consecuencias cada vez más riesgosas.

La atención al Cambio Climático es una de las prioridades del Gobierno del Estado de Tlaxcala, por ello se atiende desde una visión sostenible. Sabemos que el ambiente y su equilibrio dependen de la oportuna aplicación de políticas de protección y preservación de los recursos naturales como un bien común al que todas las personas tenemos derecho. Por lo anterior, en el PLAN ESTATAL DE DESARROLLO 2021-2027 se establece el enfoque de Cambio Climático como un elemento transversal de las políticas de Gobierno, muestra de ello, es la presentación y publicación de este importante documento, que busca asegurar que el desarrollo del Estado se consolide con una base de sostenibilidad, en el cual exista un equilibrio entre la sociedad y el medio natural.

En este documento se identifican las acciones pertinentes en materia de mitigación y adaptación ante el Cambio Climático, en el que se propicia el fortalecimiento de la resiliencia natural y humana, identificando las medidas y líneas de acción específicas. Es importante señalar que el éxito de esta imprescindible tarea requiere del compromiso de todos los sectores y actores involucrados. En este sentido, se hace una extensiva invitación a todas y todos los tlaxcaltecas para trabajar y colaborar desde la esfera personal, lo que permitirá afrontar con éxito este reto de la humanidad, desde nuestro ámbito local.

Contenido

Introducción.....	14
1. Generalidades y contexto de la zona de estudio.....	17
1.1 Generalidades del Estado de Tlaxcala.....	17
1.1.1 Localización territorial.....	17
1.1.2 Orografía del Estado de Tlaxcala.....	17
1.1.3 Geología del Estado de Tlaxcala.....	19
1.1.4 Edafología del Estado de Tlaxcala.....	20
1.1.5 Clima del Estado de Tlaxcala.....	23
1.1.6 Hidrología del Estado de Tlaxcala.....	26
1.1.7 Uso de suelo del Estado de Tlaxcala.....	29
1.1.8 Vegetación del Estado de Tlaxcala.....	30
1.1.9 Flora y fauna silvestre del Estado de Tlaxcala.....	31
1.1.10 Áreas Naturales Protegidas (ANP) del Estado de Tlaxcala.....	31
1.1.11 Uso potencial agrícola del Estado de Tlaxcala.....	32
1.1.12 Uso potencial pecuario del Estado de Tlaxcala.....	33
1.1.13 Uso potencial forestal del Estado de Tlaxcala.....	33
1.2 Situación actual del entorno ambiental.....	34
1.3 Distribución socioeconómica y productiva del Estado de Tlaxcala.....	36
1.3.1 Demografía y distribución poblacional por edad y sexo.....	36
1.3.2 Nivel de escolaridad.....	37
1.3.4 Tasa de analfabetismo.....	38
1.3.5 Calidad de vida.....	39
1.3.6 Población económicamente activa (PEA) y tasa de desocupación.....	39
1.3.7 Población ocupada y salarios según ocupación.....	40
1.3.8 Indicadores económicos del Estado de Tlaxcala.....	41
1.4 Unidades Territoriales Estratégicas (UTE) del Estado de Tlaxcala.....	42
1.4.1 Región Metropolitana Sur-Zacatelco.....	43
1.4.2 Región Metropolitana Tlaxcala-Apizaco.....	44
1.4.3 Región Poniente-Calpulalpan.....	44
1.4.4 Región Norte-Tlaxco.....	45

1.4.5 Región Oriente-Huamantla.....	46
1.5 Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT).....	46
1.5.1 Crecimiento poblacional de la ZMPT.....	46
1.5.2 Modelo de Ordenamiento Metropolitano para la ZMPT.....	48
2. Vinculación del marco jurídico, instrumentos de planeación y capacidades institucionales en los tres órdenes de Gobierno.....	52
2.1 Instrumentos internacionales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030.....	52
2.2 Ordenamientos legales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030.....	57
2.3 Instrumentos de planeación vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030.....	77
3. Agenda climática del Estado de Tlaxcala.....	92
4. Análisis histórico del clima, escenarios e índices de cambio climático para el Estado de Tlaxcala.....	104
4.1 Diagnóstico Histórico del Clima.....	104
4.1.1 Temperatura.....	107
4.1.2 Precipitación.....	114
4.2 Análisis y cálculos línea de tendencia.....	117
4.3 Elaboración de escenarios de cambio climático.....	121
4.3.1 Período 2021-2040.....	125
4.3.2 Período 2041-2060.....	126
4.3.3 Tendencias decadales.....	132
4.4 Índices climáticos.....	133
5. Elementos de presión que exacerbaban el cambio climático.....	136
5.1 Balance energético del Estado de Tlaxcala.....	136
5.1.1 Estructura.....	137
5.1.2 Resultados y análisis.....	145
5.2 Inventario Estatal de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI).....	150
5.2.1 Industria de la manufactura y construcción.....	158
5.2.2 Transporte.....	167
5.2.3 Generación Eléctrica.....	172
5.2.4 Residencial y Comercial.....	172

5.2.5 Petróleo y Gas.....	179
5.2.6 Industria y Uso de productos.....	179
5.2.7 Agricultura y Ganadería.....	179
5.2.8 Residuos.....	181
5.2.9 Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.....	183
5.2.10 Inventario de Carbono negro.....	184
5.3 Análisis de fuentes clave y proyección de escenarios de emisiones GyCEI.....	188
6. Vulnerabilidad, riesgo y resiliencia de los sectores clave del Estado de Tlaxcala ante el Cambio Climático.....	193
6.1 Incidencia del cambio climático sobre el sector biodiversidad.....	193
6.1.1 Riqueza de especies.....	193
6.1.2 Cambio en la idoneidad climática de las especies.....	199
6.1.3 Vulnerabilidad.....	210
6.2 Incidencia del cambio climático sobre el sector hídrico.....	232
6.2.1 Recursos hídricos y cambio climático.....	232
6.2.2 Recursos hídricos en el Estado de Tlaxcala.....	235
6.2.3 Regionalización hidrológica.....	241
6.2.4 Aprovechamiento y uso del agua.....	244
6.2.5 Requerimientos de agua futuros.....	246
6.2.6 Disponibilidad futura de agua de acuerdo con escenarios de cambio climático.....	248
6.3 Incidencia del cambio climático sobre el sector forestal.....	255
6.3.1 Importancia de los recursos genéticos y forestales en el Estado de Tlaxcala.....	257
6.3.2 Principales actividades forestales en el Estado de Tlaxcala.....	258
6.3.3 Plantaciones Forestales Comerciales.....	259
6.3.4 Problemática actual.....	262
6.3.5 Vulnerabilidad del sector forestal al cambio climático.....	268
6.4 Incidencia del cambio climático sobre el Sector agrícola al cambio climático.....	275
6.4.1 Tipos de siembra.....	276
6.4.2 Eventos climatológicos extremos que afectan a la agricultura.....	278
6.4.3 Superficie siniestrada por año.....	280
6.4.4 La agricultura y el cambio climático.....	281
6.4.5 Requerimiento Óptimos de los cultivos.....	288

6.4.6 Estrategias y líneas de acción para la adaptación en el Sector Agrícola.....	290
6.5 Sector socioeconómico.....	291
6.5.1 Economía del Estado de Tlaxcala.....	292
6.5.2 Población y Actividad Económica por Municipio.....	294
6.5.3 Comercio Exterior.....	295
6.5.4 Niveles de Pobreza Nacionales y su Comparativo con el Estado de Tlaxcala: CONEVAL.....	295
6.5.5 Impacto del cambio climático sobre el sector socioeconómico en el Estado de Tlaxcala.....	300
6.6 Índice de vulnerabilidad por municipio del Estado de Tlaxcala.....	300
7. Diseño de políticas, estrategia, líneas de acción y metas de atención al cambio climático.....	308
7.1 Metodología.....	308
7.2 Políticas y estrategia en materia de cambio climático.....	308
7.3 Establecimiento de la estrategia, ejes medidas de mitigación y adaptación ante el cambio Climático.....	308
Eje 1. Regulación, control y reducción como criterios de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala.....	314
Eje 2. Gestión de la energía (Generación y consumo).....	347
Eje 3. Preservación de los sumideros naturales de carbono.....	358
Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad.....	365
Eje 5. Gestión sostenible del agua.....	380
Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.....	392
Eje 7. Socialización del PACCET.....	400
7.4 Priorización de medidas.....	403
7.5 Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV).....	410
8. Conclusiones.....	420
Glosario.....	426
Acrónimos.....	428
Listado de figuras.....	431
Listado de gráficas.....	432
Listado de mapas.....	436
Listado de tablas.....	440
Listado de imágenes.....	445
Bibliografía.....	445

Introducción

El cambio climático es un reto global y local que exige dar respuesta pronta a todas las demandas para hacerle frente y contener a tiempo sus efectos, por lo que resulta necesario que se tomen las acciones pertinentes. Tlaxcala asume su compromiso y responsabilidad local ante este desafío, que amenaza el capital natural y humano.

El ambiente y su equilibrio dependen de la oportuna protección y preservación de los recursos naturales, destacando el cuidado de las condiciones ambientales como un bien común al que todas las personas tenemos derecho. Nuestras actividades diarias aportan emisiones que afectan los ecosistemas e inciden en la salud de la población, además de contribuir a la problemática del calentamiento global.

Por ello, se debe garantizar la irrestricta observancia al cumplimiento de la legislación nacional en materia de mitigación y adaptación, asimismo, establecer las políticas públicas correspondientes. En este sentido, en la última cumbre climática COP28 (Conferencia de las Partes) realizada en Dubái del 30 de noviembre al 12 de diciembre de 2023, el mundo logró un acuerdo central, haciendo un llamado sin precedentes a la transición para abandonar los combustibles fósiles, convocando a los países a contribuir a los esfuerzos globales para reducir la contaminación por carbono, a través de distintas acciones. Una de las cuales es “la transición para abandonar los combustibles fósiles en los sistemas energéticos... acelerando la acción en esta década crítica”, con el fin de lograr cero emisiones netas para 2050”. Debemos saber que somos vulnerables a los efectos del cambio climático, requerimos la acción corresponsable de la ciudadanía y las autoridades a fin de alentar prácticas más sustentables y amigables con el medio ambiente.

Es necesario consolidar alianzas entre sociedad y los diferentes niveles de gobierno, con el objetivo de crear un frente común contra el cambio climático, debemos identificar formas más eficaces de frenar el cambio climático, impulsando el crecimiento sostenido y sustentable de nuestra economía y sociedad.

La humanidad está viviendo momentos críticos atribuidos directamente a aquellas actividades antropogénicas, el IPCC afirma que existe una amenaza apremiante con efectos potencialmente irreversibles para las sociedades humanas. Con base en ello, este documento presenta los escenarios climáticos que pueden presentarse en el Estado de Tlaxcala, así como los grados de vulnerabilidad en los diferentes sectores, derivando en la construcción de las medidas necesarias de mitigación y de adaptación.

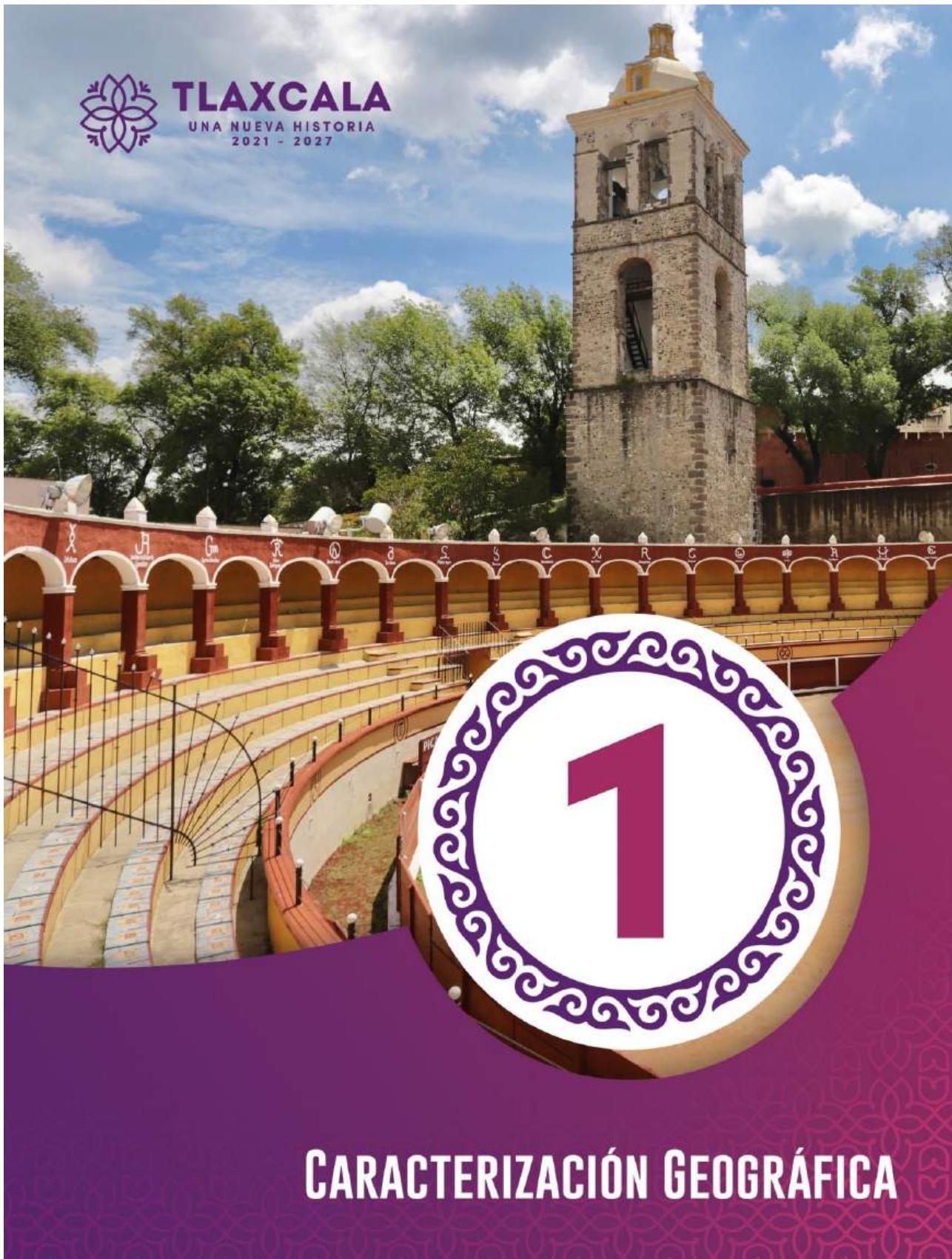
Objetivos del programa: General y específicos.

Objetivo General:

Realizar el diagnóstico de condiciones de cambio climático en el Estado de Tlaxcala, con base en los escenarios del clima, los horizontes de tiempo establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), para identificar la vulnerabilidad en los sectores prioritarios de la entidad, que permitan construir las estrategias de mitigación y adaptación pertinentes para garantizar la conservación y desarrollo sostenible del capital natural y humano.

Objetivos específicos:

- Analizar la tendencia histórica del clima en Tlaxcala y elaborar los escenarios climáticos en las ventanas futuras establecidas por el IPCC y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Conocer la incidencia de los escenarios climáticos en los sectores (hídrico, forestal, agrícola, biodiversidad y socioeconómico).
- Identificar el grado de Vulnerabilidad en los diferentes sectores humanos y naturales.
- Elaborar el inventario de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI) del Estado.
- Conocer los potenciales riesgos asociados al cambio climático y criterios para aumentar la resiliencia.
- Construir las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático para la entidad.



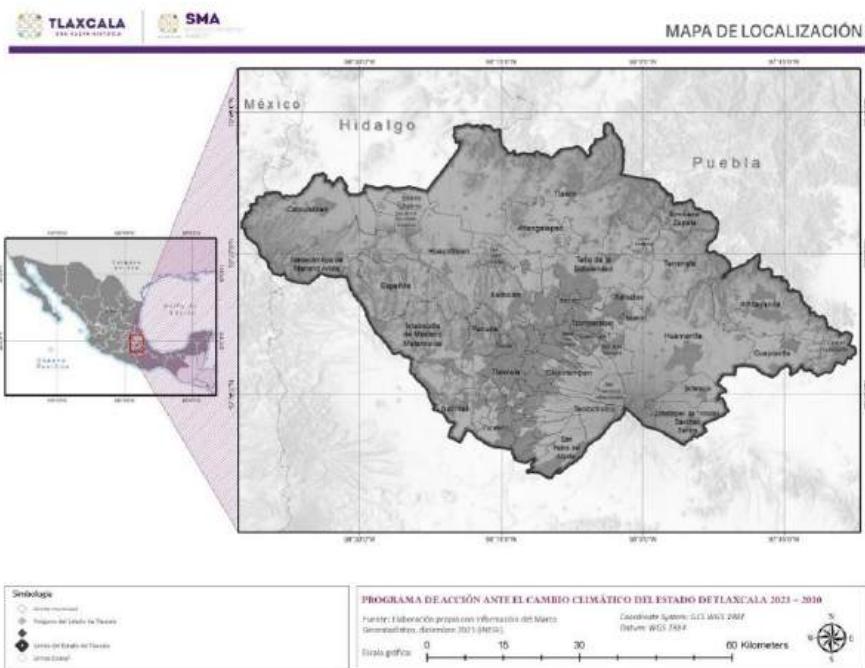
1. Generalidades y contexto de la zona de estudio.

1.1 Generalidades del Estado de Tlaxcala

1.1.1 Localización territorial

El estado de Tlaxcala se encuentra en la región central de México, con coordenadas que van desde $19^{\circ}43'44''$ a $19^{\circ}06'18''$ de latitud norte y desde $97^{\circ}37'31''$ a $98^{\circ}42'30''$ de longitud oeste. Limita al norte con Hidalgo y Puebla, al este y sur con Puebla, y al oeste con Puebla, México e Hidalgo. Su altitud varía entre 2,200 y 4,420 m s.n.m., y su superficie abarca 3,996km², lo que representa el 0.2% del territorio nacional (**Mapa 1**).

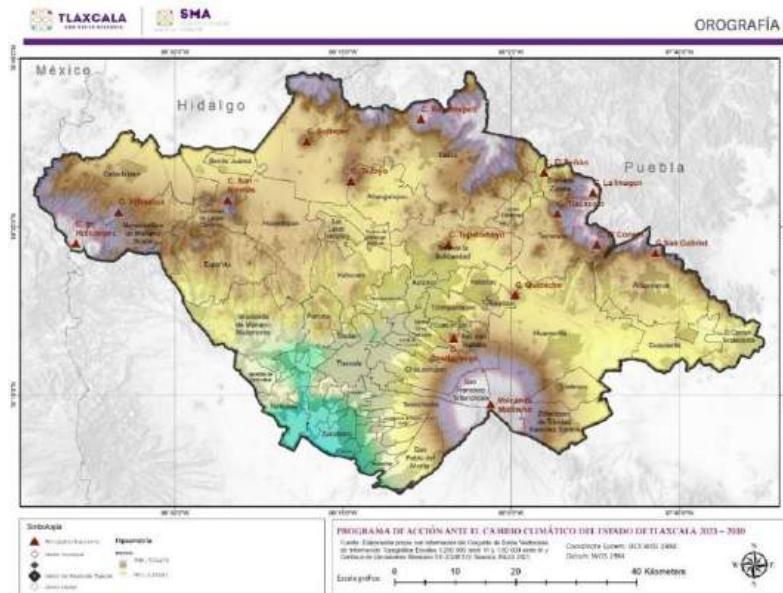
Mapa 1. Localización del Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con información del Marco Geoestadístico, INEGI diciembre 2023.

1.1.2 Orografía del Estado de Tlaxcala

Según los datos del Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica de INEGI, Tlaxcala está situada en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico. En el noroeste y sureste predominan las llanuras, mientras que hacia el oeste se encuentran sierras volcánicas como el volcán Malinche, con una altitud de 4,420 m s.n.m. Estas sierras están intercaladas con llanuras y colinas. Hacia el norte, una sierra da lugar a colinas, mientras que hacia el este hay colinas, sierras y una meseta con altitudes de más de 3,200 metros sobre el nivel del mar. La altitud más baja, de 2,200 m s.n.m., se encuentra en el suroeste del estado.

Mapa 2. Orografía del Estado de Tlaxcala.

Fuente: Elaboración propia con información del Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica Escalas 1:250 000 serie VI y 1:50 000 serie III y Continuo de Elevaciones Mexicano 3.0 (CEM 3.0) Tlaxcala, INEGI 2021.

El Atlas de Riesgo del Estado de Tlaxcala de 2006 indica que la amenaza de fallas y fracturas se localiza en áreas elevadas como sierras y elementos volcánicos en el norte y sur del estado. Las rocas más susceptibles al fracturamiento son las andesitas y dacitas, predominantes en el norte, formando un relieve montañoso. Las fracturas siguen una orientación Norte-Este y Sur-Oeste, asociadas a un sistema de fallas ligadas a conos volcánicos. Sin embargo, estas fracturas no representan un riesgo significativo para las comunidades cercanas debido a su discontinuidad y grietas cerradas, afectando principalmente a rocas andesíticas, basálticas y dacíticas. La **Tabla 1** resume los principales riesgos presentes en el Estado de Tlaxcala.

Tabla 1. Principales riesgos del Estado de Tlaxcala

Categorías	Descripción
Fracturas	Presenta un alto riesgo debido a la caída de bloques por fracturamiento, lo que afecta la infraestructura, especialmente los caminos, aunque no impacta directamente áreas habitadas. Se destaca como zona peligrosa un tramo de la carretera federal Apizaco-Huauchinango entre San Antonio Acopinalco y Acopinalco del Peñón. La intensificación de las lluvias extraordinarias aumenta el riesgo de caída de bloques, especialmente en áreas con fracturamiento intenso.
Fallas	Se identificaron fallas que representan un peligro, especialmente para las vías de comunicación, como la carretera Tlaxco-Tejocotal en Tlaxco y la carretera hacia Querétaro en Ixtacuixtla. Estas áreas están expuestas a tobas fácilmente erosionables y desprendibles. Durante la temporada de lluvias, aumenta el riesgo, con la constante caída de bloques.
Caída de bloques	El peligro más significativo proviene de la caída de bloques en áreas montañosas compuestas principalmente por tobas, andesitas y basalto. Estos desprendimientos son causados por cambios bruscos de temperatura, que fracturan la roca, junto con la erosión pluvial. Las casas ubicadas en las partes bajas de los cerros están especialmente en riesgo, al igual que las vías de comunicación trazadas en áreas con abundante roca fracturada.

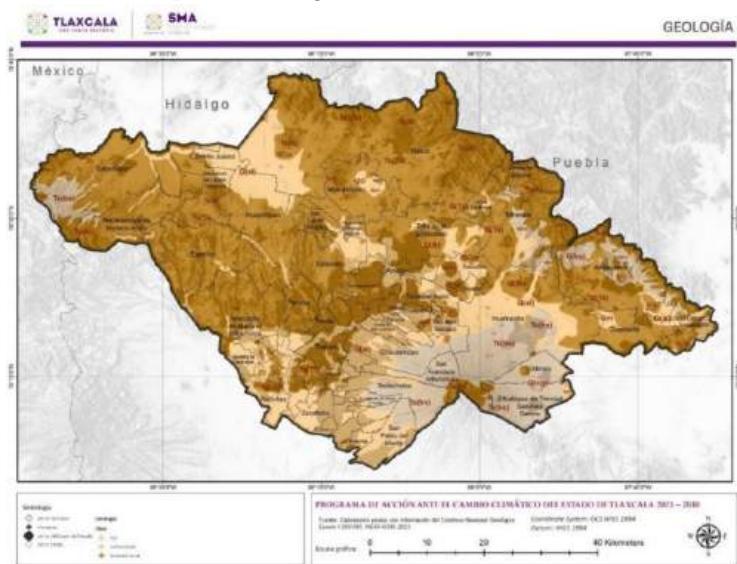
Categorías	Descripción
Inestabilidad de laderas (Deslizamientos)	La construcción de viviendas y colonias en los cauces de arroyos y en las riberas representa un riesgo considerable. Estas áreas suelen tener paredes de toba, un material fácilmente erosionable que puede desprenderse debido a la acción del agua de lluvia y de los arroyos.
Vulcanismo	El principal riesgo volcánico en Tlaxcala proviene del Volcán La Malinche, que se considera potencialmente activo ya que su último evento eruptivo ocurrió hace 3000 años, dentro del límite de 10,000 años que define la inactividad. Además, en Carmen Tequexquitla y Tzompantepec hay extensas áreas de arena gris poco compactada de origen volcánico, que podría contener altas cantidades de sílice.
Lahares	Existen riesgos de lahardebido a flujos de lodo en las barrancas que rodean el volcán La Malinche. Estas áreas tienen viviendas en sus orillas y dentro de las barrancas, lo que hace recomendable la reubicación de las personas que viven en esas zonas.
Erosión	La mayor parte de los suelos se encuentran en los valles y son el resultado de la erosión de las rocas de las montañas por el agua fluvial. Estos suelos son poco espesos y están formados por rocas fácilmente erosionables, lo que conduce a la presencia de extensas y profundas cañadas en la región. El agua es fundamental en la distribución y erosión de estos suelos.
Inundación	Los manantiales son indicativos de flujos de agua subterránea, y las cañadas se forman en las laderas del Volcán La Malinche. Tenancingo se encuentra en las cercanías de estas cañadas, donde la presa ubicada en San Miguel Canoa, Puebla, controla el cauce que desciende, pero un fallo en la cortina de la presa podría representar un peligro para los pueblos río abajo en Tlaxcala. En San Pablo del Monte, Tenancingo y Mazatecochco, el crecimiento urbano sobre las cañadas ha causado obstrucción, desvío de cauces y erosión, lo que resulta en deslizamientos de rocas y daños a viviendas y escuelas.
Sismicidad	Los terremotos son poco frecuentes y actualmente no representan un riesgo significativo, aunque existe la posibilidad de que ocurran. Los movimientos sísmicos suelen originarse en epicentros en el Estado de Puebla y también pueden ser causados por la actividad del Volcán Popocatépetl. Las localidades cercanas a Puebla y México, como Calpulalpan, podrían verse afectadas por estos eventos.

Fuente: Elaboración propia con información del Atlas de Riesgo del Estado de Tlaxcala, 2006.

1.1.3 Geología del Estado de Tlaxcala

De acuerdo con el Programa Estatal de Desarrollo 2021-2027, la geología de Tlaxcala está caracterizada por la presencia predominante de rocas volcánicas como andesitas, riolitas, basaltos, tobas y brechas volcánicas, además de depósitos lacustres, fluviales y fluvio-glaciares. El estado se sitúa en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, lo que implica que su relieve ha sido influenciado por la actividad volcánica.

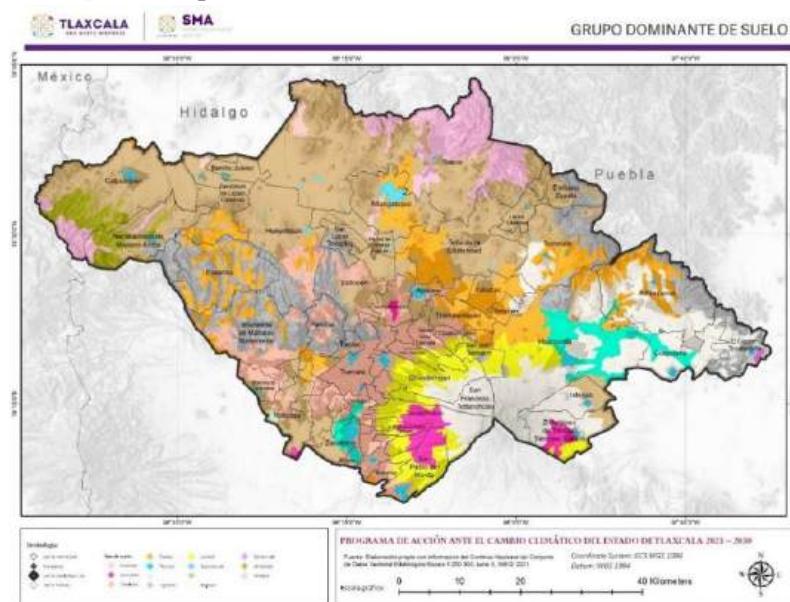
Las rocas más antiguas son de naturaleza sedimentaria, posiblemente del Terciario Inferior, y están cubiertas por depósitos de andesitas y tobas del Terciario Superior. Las riolitas y tobas ácidas se formaron en el Terciario Superior y se encuentran en áreas limitadas. La actividad volcánica basáltica inició en el Terciario Superior y alcanzó su apogeo en el Cuaternario, dando lugar a la formación de numerosas estructuras volcánicas de pequeño tamaño. Destaca el volcán Malinche, uno de los seis estratovolcanes más grandes del país. Además de los volcanes, se observan fallas y fracturas que han modelado el relieve, algunas de las cuales están cubiertas por materiales volcánicos y detritales (**Mapa 3**).

Mapa 3. Geología del Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional Geológico Escala 1:250 000, INEGI-SGM, 2021.

1.1.4 Edafología del Estado de Tlaxcala

Las condiciones climáticas en Tlaxcala limitan la diversidad de sus suelos. Principalmente, estos suelos se forman a partir de cenizas volcánicas y rocas ígneas como andesitas, basaltos, brechas volcánicas, brechas sedimentarias, depósitos aluviales y limotitas-areniscas. La clasificación de estos suelos se basa en su morfología, así como en sus propiedades físicas y químicas. El **Mapa 4** y la **Tabla 2** muestran los diferentes tipos de suelo agrupados según sus características.

Mapa 4. Grupo dominante de suelo en el Estado de Tlaxcala.

Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Vectorial Edafológico Escala 1:250 000, serie II, INEGI 2021.

Tabla 2. Tipos de suelo en Tlaxcala, México.

Tipo de suelo	Región	Porcentaje de superficie	Características
Andosol	Tlaxco Apizaco	4.06	Los suelos de origen volcánico en Tlaxcala, cubiertos por vegetación de pino, encino y abeto, tienen usos limitados en la agricultura debido a sus rendimientos bajos. Son utilizados principalmente para pastoreo, con la cría de ganado ovino y el cultivo de pastos naturales o inducidos, siendo el uso forestal el que menos impacta el suelo.
Arenosol	Apizaco Tlaxcala Huamantla Zacatelco	1.60	Estos suelos se encuentran principalmente en áreas tropicales o templadas, a veces en zonas áridas, con una vegetación escasa como selvas, bosques o matorrales. Son susceptibles a la erosión, con un nivel que varía de medio a alto, y tienen una textura arenosa. No se utilizan para ninguna actividad productiva.
Cambisol	Apizaco Tlaxcala Calpulalpan Zacatelco	8.48	Estos suelos son jóvenes y poco desarrollados, presentes en diversos climas excepto en zonas áridas. Pueden albergar diferentes tipos de vegetación y se distinguen por tener una capa de roca en el subsuelo, conocida como tepetate.
Durisol	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	10.29	Estos suelos, conocidos como durisoles, se forman a partir de depósitos aluviales o coluviales en áreas con clima árido o semiárido y terrenos llanos o ligeramente ondulados. Mayormente, se emplean para pastizales extensivos, pero en áreas con posibilidad de riego pueden destinarse también a cultivos.
Fluvisol	Huamantla Zacatelco	2.07	Estos suelos, llamados fluvisoles, se originan a partir de materiales transportados por el agua, siendo poco desarrollados. Se sitúan cerca de lagos, en las vertientes de montañas donde el agua fluye hacia los llanos y en los lechos de ríos. Su vegetación varía desde selvas hasta matorrales y pastizales.
Gleysol	Zacatelco	0.06	Este tipo de suelo se encuentra en áreas donde el agua se acumula, especialmente durante la temporada de lluvias. Su vegetación típica suele ser de pastizales. Se utiliza principalmente en la ganadería de bovinos, con rendimientos que van desde moderados hasta altos.
Leptosol	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	9.94	Estos suelos son delgados y se forman tanto en rocas como en material no consolidado. Son poco atractivos o incluso inadecuados para la agricultura, con un potencial muy limitado para el crecimiento de árboles o pastos.

Tipo de suelo	Región	Porcentaje de superficie	Características
Luvisol	Tlaxcala Huamantla Calpulalpan	4.59	Estos suelos se hallan en regiones templadas o tropicales con abundante lluvia, a veces en climas más secos. Suelen estar cubiertos de bosques o selvas y se utilizan para la agricultura, con rendimientos moderados.
Phaeozem	Tlaxco Apizaco Tlaxcala Huamantla Calpulalpan Zacatelco	29.49	Los phaeozems se encuentran en áreas semidesérticas hasta tropicales muy lluviosas, tanto en terrenos planos como montañosos. Su capa superficial es oscura y rica en materia orgánica y nutrientes. En terrenos planos, se utilizan para cultivos de riego y temporal de granos, legumbres y hortalizas, con rendimientos elevados.
Regosol	Apizaco Tlaxcala Huamantla Zacatelco	11.15	Los suelos vertisoles se encuentran en una variedad de climas y pueden ser utilizados para la agricultura, siempre y cuando no presenten pedregosidad y tengan una profundidad adecuada. En el centro del país, se cultivan principalmente granos con rendimientos moderados o bajos. También son aptos para pastizales cultivados o inducidos que pueden ser beneficiosos para la ganadería, y su uso forestal es destacado, con rendimientos sobresalientes.
Solonchak	Huamantla	0.06	Son suelos ricos en sales solubles que se forman por la acumulación de sedimentos arrastrados por ríos o por deslizamientos de laderas. Pueden tener una textura que varía desde arenosa hasta arcillosa. Estos suelos son propensos a inundaciones durante la temporada de lluvias, lo que limita su uso agrícola. Sin embargo, en épocas de sequía pueden ofrecer rendimientos aceptables para el pastoreo.
Vertisol	Tlaxco Calpulalpan Zacatelco	0.48	Los suelos vertisoles se encuentran en climas cálidos con estaciones secas y lluviosas bien definidas. Su vegetación natural consiste en pastizales y matorrales. Estos suelos son aptos para la agricultura, ofreciendo altos rendimientos debido a su fertilidad. Sin embargo, presentan desafíos en su manejo debido a problemas de labranza, inundación y drenaje.
Umbrisol	Calpulalpan	1.74	Los suelos andosoles son comunes en regiones montañosas con climas fríos y húmedos, donde la disponibilidad de agua no es un problema. Suelen estar cubiertos por bosques o pastizales extensivos. Con un manejo adecuado, pueden utilizarse para el cultivo de cereales, raíces, té y café.
Zona urbana	Zona urbana	1.35	Las zonas urbanas se distinguen por albergar una gran cantidad de población y contar con una infraestructura típica de ciudades, como calles, edificios y comercios. A

Tipo de suelo	Región	Porcentaje de superficie	Características
			diferencia de las zonas rurales, donde predominan las actividades agrícolas y ganaderas, en las áreas urbanas las actividades económicas están principalmente relacionadas con los sectores secundario y terciario. Además, las zonas urbanas suelen tener una alta densidad de población, con miles o incluso millones de habitantes.

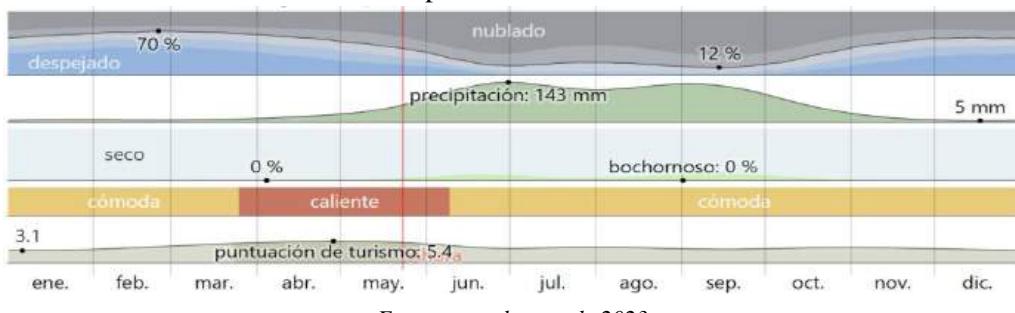
Fuente: Elaboración propia con información obtenida del Plan Estatal de Desarrollo 2021 -2027.

1.1.5 Clima del Estado de Tlaxcala

La ubicación geográfica de Tlaxcala la expone a fenómenos meteorológicos tanto de latitudes medias en invierno como de sistemas tropicales en verano. Los frentes fríos, conocidos como "Nortes", que afectan al norte de México, se desplazan hacia el sur sobre el Golfo de México y el sureste mexicano, causando descensos de temperatura y, a veces, lluvias desde Veracruz hasta la península de Yucatán.

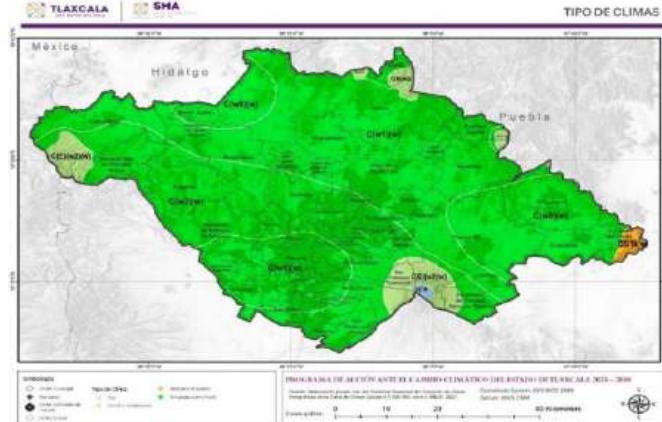
Además, la canícula estival y los huracanes también tienen impacto en el patrón de lluvias en la región. El **Mapa 5** proporciona una representación visual de los diferentes climas presentes en el Estado.

Gráfica 1. Clima promedio del Estado de Tlaxcala.



Fuente: weatherspark, 2023.

Mapa 5. Climas del Estado de Tlaxcala

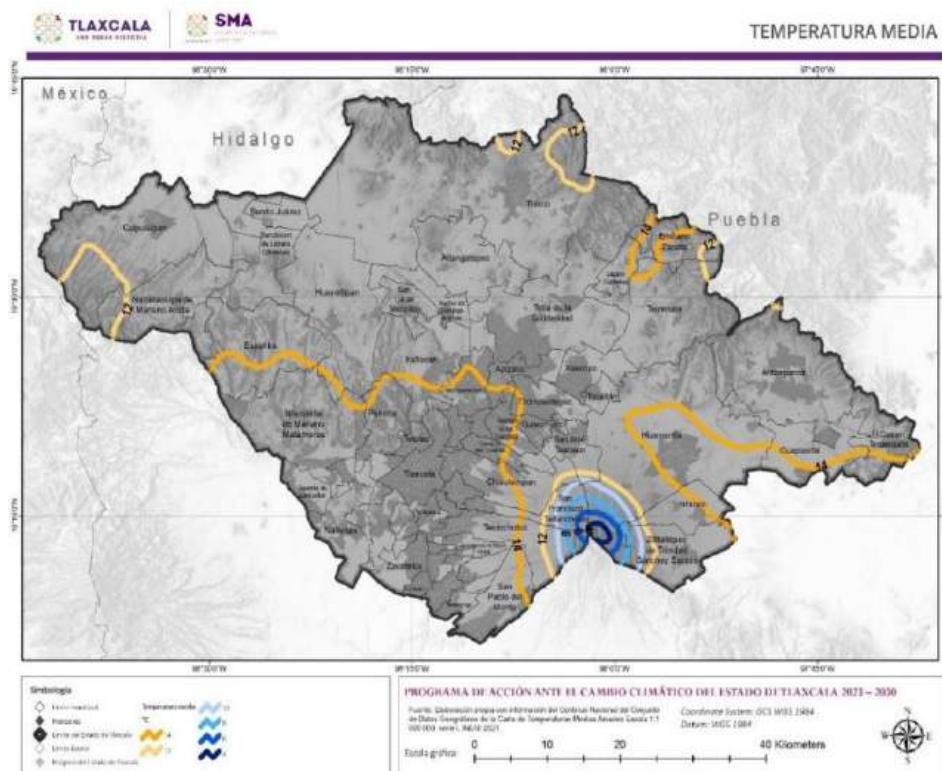


Fuente: Elaboración propia con del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas Escala 1: 1 000 000, serie I, INEGI, 2021.

Temperatura

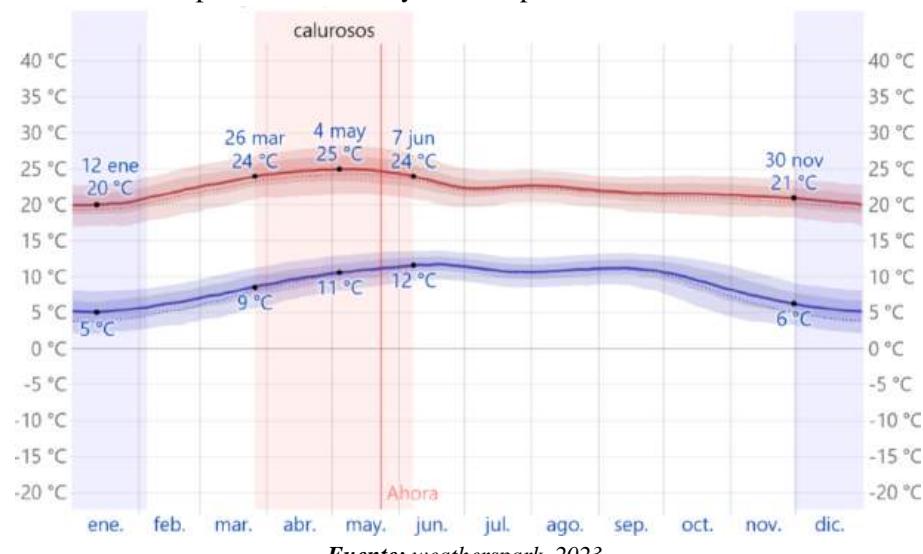
Según los datos INEGI 2021, la temporada cálida en Tlaxcala tiene una duración aproximada de 2.4 meses, con una temperatura máxima diaria promedio que supera los 24°C. Mayo destaca como el mes más caluroso, con una temperatura máxima promedio de 25°C y mínima de 11°C. Por otro lado, la temporada fresca abarca alrededor de 2.2 meses, desde noviembre hasta febrero, con una temperatura máxima diaria promedio por debajo de los 21°C. Enero se destaca como el mes más frío, con una temperatura mínima promedio de 5°C y máxima de 20°C (**Mapa 6**).

Mapa 6. Temperatura media del Estado de Tlaxcala

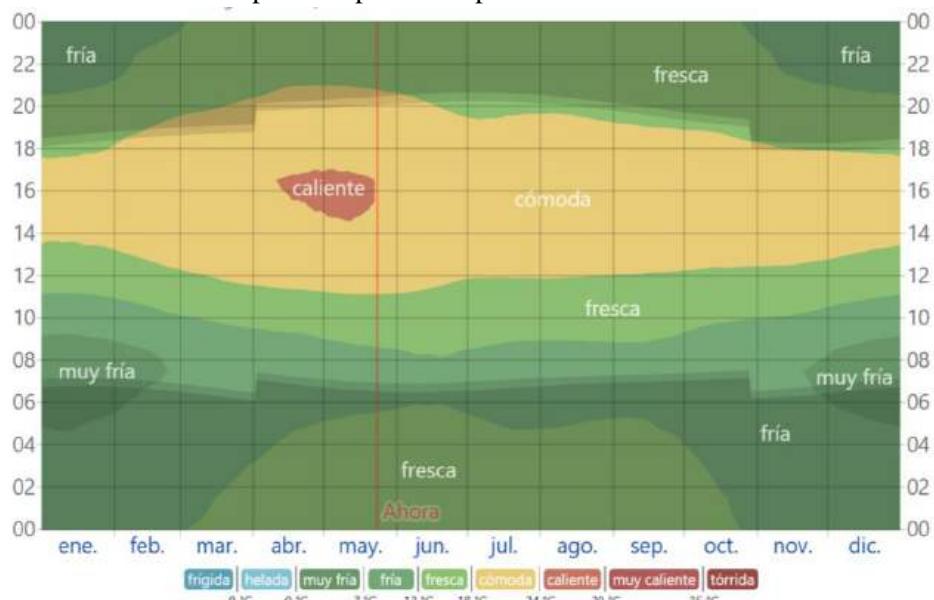


Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Temperaturas Medias Anuales Escala 1:1 000 000, serie I, INEGI 2021.

La **Gráfica 2** presenta dos colores: una línea roja para la temperatura máxima y una azul para la mínima diaria promedio. También se muestran bandas correspondientes a los percentiles 25° a 75° y 10° a 90°, junto con las temperaturas promedio percibidas. En cuanto a la Gráfica 3, representa las temperaturas promedio por hora durante todo el año, utilizando el día del año en el eje horizontal, la hora del día en el vertical, y el color para indicar la temperatura promedio. Las áreas sombreadas representan la noche y el crepúsculo civil.

Gráfica 2. Temperatura máxima y mínima promedio en el Estado de Tlaxcala

Fuente: weatherspark, 2023.

Gráfica 3. Temperatura promedio por hora en el Estado de Tlaxcala.

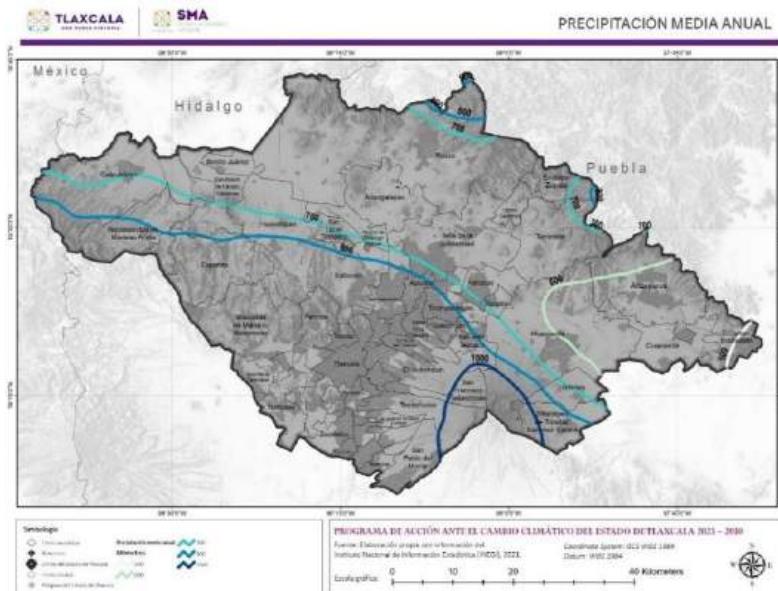
Fuente: weatherspark, 2023.

Precipitación

La estación de lluvias más extensa en Tlaxcala abarca aproximadamente 4.7 meses, desde el 22 de mayo hasta el 12 de octubre, con una probabilidad de más del 40% de lluvia en un día dado. Julio registra la mayor cantidad de días lluviosos, con un promedio de 22.4 días con al menos 1 mm de precipitación. Por otro lado, la estación seca cubre alrededor de 7.3 meses, desde el 12 de octubre hasta el 22 de mayo. En diciembre, se registra el

menor número de días lluviosos, con un promedio de 1.3 días con al menos 1 mm de precipitación. En resumen, la mayor parte de la lluvia en Tlaxcala se concentra entre mayo y septiembre, representando aproximadamente el 80% del total mensual, mientras que el resto del año es relativamente seco (**Mapa 7** y **Gráfica 4**).

Mapa 7. Precipitación media anual para el Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Precipitación Total Anual Escala 1:1 000 000, serie I, INEGI 2021.

Gráfica 4. Probabilidad diaria de precipitación en el Estado de Tlaxcala

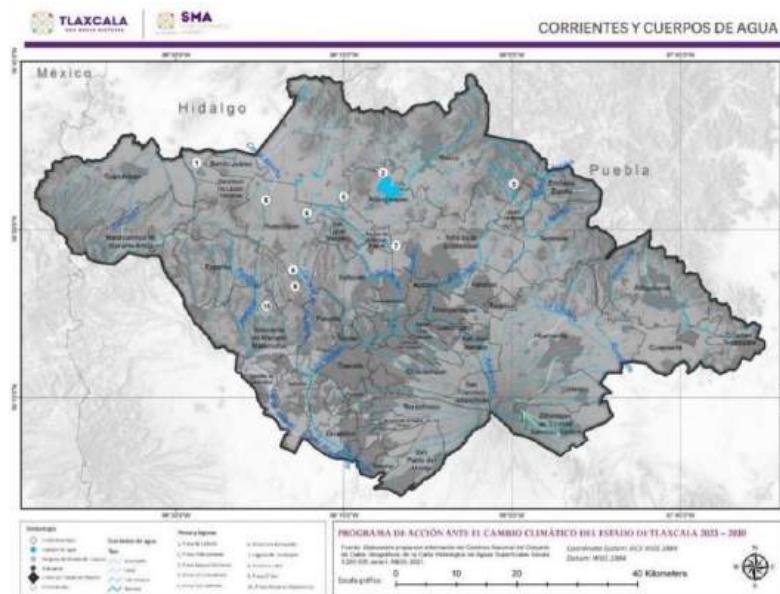


Fuente: weatherspark, 2023.

1.1.6 Hidrología del Estado de Tlaxcala

Una gran parte del territorio de Tlaxcala, especialmente en sus áreas centrales y del sur, se encuentra dentro de la región hidrológica del Río Balsas (No. 18). Una zona de 750.092 km², ubicada al noroeste del estado, forma parte de la región Alto Pánuco (No. 26), mientras que la región Tuxpan-Nautla (No. 27) abarca 259.461 km² en el noreste de Tlaxcala (**Mapa 8**).

Mapa 8. Corrientes y cuerpos de agua del Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Escala 1:250 000, serie I, INEGI, 2021.

Región Hidrológica Río Balsas (No. 18)

El río Atoyac, conocido también como río Zahuapan en su nacimiento, es uno de los principales ríos de México, ubicándose entre los paralelos 17° 00' y 20° 00' de latitud norte y los meridianos 97° 27' y 103° 15' de longitud oeste. Tiene su origen cerca de la ciudad de Tlaxcala, en la frontera entre Tlaxcala y Puebla. Después de unirse con el río Atoyac al norte de Puebla, toma este último nombre. Luego, se une al río Mixteco y forma el río Poblano, que atraviesa los estados de Morelos y Guerrero antes de desembocar en el Océano Pacífico. En esta región hidrológica se encuentran la mayoría de los embalses de agua de Tlaxcala, siendo la presa de San José Atlanga la más significativa, con una capacidad de 54,430,000 m³, utilizada para irrigar 1,600 ha y beneficiar a 1,200 familias. Otras presas importantes son Mariano Matamoros, Cárdenas y San Fernando, con capacidades de 5,380,000 m³, 3,200,000 m³ y 2,700,000 m³, respectivamente.

Río Atoyac (18 A)

El río Atoyac, que nace en la vertiente norte del Iztaccíhuatl a una altitud de 4,000 m.s.n.m., en los límites entre los Estados de México y Puebla, es el origen del río Balsas. En Tlaxcala, abarca una superficie de 3,051.370 km² y recibe el nombre de Atoyac al confluir con los ríos Tlahuapan y Turín. Esta cuenca, que incluye las ciudades de Puebla, Atlixco y Tlaxcala, presenta un importante desarrollo industrial, especialmente en el sector textil, y una agricultura destacada, que incluye el distrito de riego de Valsequillo y Atoyac-Zahuapan. Sus afluentes secundarios son el río Atoyac, el lago Totolzingo y el río Zahuapan, este último siendo la corriente principal en Tlaxcala, con su origen en la Sierra de Puebla. El curso del río Zahuapan en Tlaxcala es irregular hasta su unión con el río Atoyac.

Región Hidrológica Alto Pánuco (No. 26)

Esta región hidrológica es reconocida como una de las más relevantes del país debido al gran volumen de sus corrientes superficiales, situándola entre las cinco más extensas, y por su amplia cobertura territorial. En el Estado de Tlaxcala, solo abarca una pequeña parte en el noroeste, en los límites con Hidalgo. Entre sus embalses más destacados se encuentran tres: la presa Pozuelos, con una capacidad de 945,000 m³, que irriga 136 ha; la presa San Felipe Hidalgo, con 350,000 m³; y la presa Mazapa, con 242,100 m³, cada una irrigando alrededor de 20 ha.

Río Moctezuma (26 D)

La cuenca hidrológica mencionada abarca una extensión de 750.092 km² dentro del estado. Su principal curso de agua es el principal afluente del Río Pánuco. Su origen se encuentra en los Ríos San Juan y Tula, en el Estado de México, y adopta varios nombres, incluyendo Río Moctezuma en la región entre los Ríos San Juan del Río y Tampaón. En Tlaxcala, esta cuenca contribuye mínimamente al abastecimiento de agua, ya que la mayoría de los escurrimientos fluyen hacia el Estado de México, en dirección al Río Moctezuma. Parte de esta cuenca incluye una subcuenca intermedia: Lago Tochac y Tecocomulco.

Región Hidrológica Tuxpan-Nautla (No. 27)

La zona se sitúa en el centro del Golfo de México y está delimitada al norte por la región 26, al oeste por la 18 y al sur por la 28. Su red hidrográfica incluye ríos como el Tuxpan, Cazones, Tecolutla, Nautla, Misantla y Calipa, además de lagunas importantes como Tamiahua, Laguna Chica, Laguna Grande y San Agustín. También hay arroyos pequeños que alimentan estas lagunas y esteros. Todas estas corrientes pertenecen a la cuenca del Golfo de México y se encuentran entre los 18° 57' y 22° 10' de latitud norte y los 96° 25' y 98° 30' de longitud oeste. Aunque la mayor parte de esta región se encuentra en Veracruz, también cubre áreas importantes de Puebla, y en menor medida, de Hidalgo y Tlaxcala, aunque en este último estado no hay embalses significativos debido a su mínima participación en la región hidrológica.

Río Tecolutla (27 B)

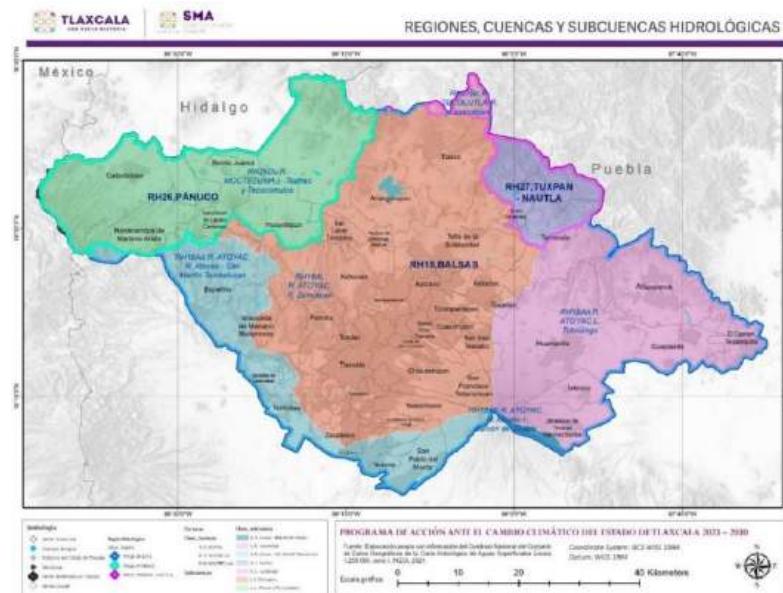
La región hidrológica abarca un área de 259.461 km² dentro del estado. Sus arroyos tienen su origen en la sierra de Puebla, específicamente en los distritos de Huachinango, Zacatlán, Acatlán y Teziutlán. La corriente principal recibe diferentes denominaciones a lo largo de su recorrido, como arroyo Zapata, río Coyuca, río Apulco y finalmente Río Tecolutla. El principal cauce se origina en el arroyo Zapata, a una altitud de 3,500 m.s.n.m. y a 20 km al norte de Huamantla de Juárez, Tlaxcala. Durante su curso, recibe varios afluentes importantes, siendo el Río Apulco (27 BE) el único dentro del Estado de Tlaxcala.

Acuíferos

Los acuíferos constituyen la principal fuente de suministro para diversas necesidades, ya que el único curso fluvial relevante en la región es el río Zahuapan. (**Mapa 9**). En la Región Hidrológica Río Balsas, los valles como el de Tlaxcala están formados por sedimentos terciarios y aluviones, los cuales conforman un acuífero recargado por los ríos Atoyac y Zahuapan. En Huamantla-Cuapiaxtla, se encuentra otro acuífero en sedimentos terciarios y aluviones, con niveles estáticos favorables en Huamantla, pero más profundos en Cuapiaxtla. En

Apizaco, los acuíferos se encuentran en basaltos terciarios y cuaternarios, siendo productivos pero profundos. Por otro lado, en Zacatelco, el agua subterránea se emplea principalmente en la agricultura. La parte oriental del estado está ubicada en la cuenca oriental, compartida con Veracruz y Puebla.

Mapa 9. Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas



Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Hidrológica de Aguas Superficiales Escala 1:250 000, serie I, INEGI, 2021.

En la Región Hidrológica Alto Pánuco, los acuíferos se encuentran en sedimentos y piroclásticos terciarios, siendo profundos pero adecuados en el valle de Soltepec. En contraste, en la Región Hidrológica Tuxpan-Nautla, que cubre una pequeña parte del norte del estado, no existen condiciones favorables debido a la presencia de rocas aflorantes no permeables. Los diferentes tipos de roca y suelos en Tlaxcala se categorizan según su permeabilidad en cuatro grupos, determinando así la disponibilidad de agua subterránea en diversas áreas del estado.

1.1.7 Uso de suelo del Estado de Tlaxcala

El Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala de 2013, categoriza el uso del suelo según la actividad económica y su relevancia para los residentes y otros sectores. Se reconocen diversos tipos de uso, que abarcan la agricultura, los bosques cultivados y las áreas urbanizadas. La clasificación del uso agrícola se fundamenta en el tipo de práctica agrícola (de temporal o de riego) y su duración en el tiempo (anual, permanente o semipermanente), como se especifica en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Distribución porcentual del uso de suelo en el Estado de Tlaxcala.

Clave	Tipo de uso	%
TA	Agricultura de temporal anual	40.53
TAP	Agricultura de temporal anual permanente	16.38
ZU	Zona urbana	14.27
RAS	Agricultura de riego anual semipermanente	3.17

Clave	Tipo de uso	%
RA	Agricultura de riego anual	1.17
H2O	Cuerpo de agua	0.36
RS	Agricultura de riego semipermanente	0.18
TP	Agricultura de temporal permanente	0.03
TAS	Agricultura de temporal anual semipermanente	0.02
BC	Bosque cultivado	0.02
AH	Asentamientos humanos	0.00
RP	Agricultura de riego permanente	0.00

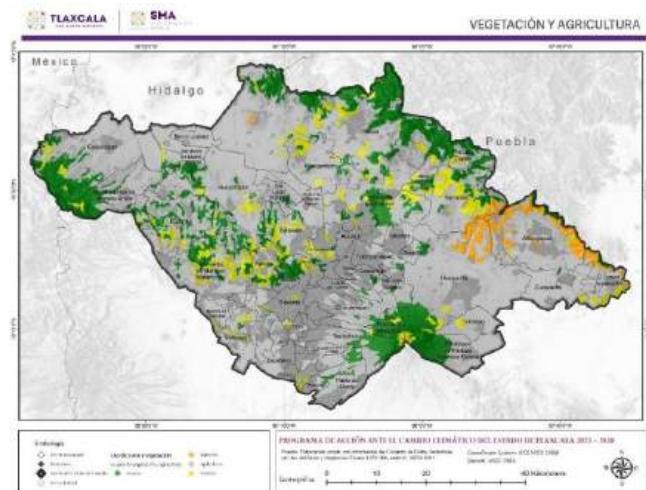
Fuente: Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala, 2013.

1.1.8 Vegetación del Estado de Tlaxcala

El Estado de Tlaxcala exhibe una diversidad vegetal influenciada por varios factores como el clima, el suelo y la topografía. Se destacan bosques de pino en municipios como Tlaxco y Calpulalpan, donde existe una amplia gama de especies arbóreas y arbustivas, incluyendo la zona de Nanacamilpa. Hacia el sur, alrededor del volcán Malinche, se extienden vastas áreas de bosque de pino. El sabino es una especie característica que abarca grandes extensiones en la llanura central entre Tlaxco, Apizaco y El Rosario.

El bosque de encino se distribuye en cinco de las seis regiones de Tlaxcala, siendo más denso en Calpulalpan y Tlaxcala. Por otro lado, el bosque de oyamel se encuentra en la zona de Nanacamilpa y áreas cercanas a la cima de la Malinche. Por último, el bosque de táscate se halla en diversas regiones, aunque su presencia es limitada en Huamantla. Aunque aún existen extensiones considerables de bosques con vegetación primaria, se observa una transición hacia vegetación secundaria debido a cambios en la vegetación actual y el uso del suelo (**Mapa 10**).

Mapa 10. Vegetación y agricultura en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con información del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación
Escala 1:250 000, serie VI, INEGI 2021.

1.1.9 Flora y fauna silvestre del Estado de Tlaxcala

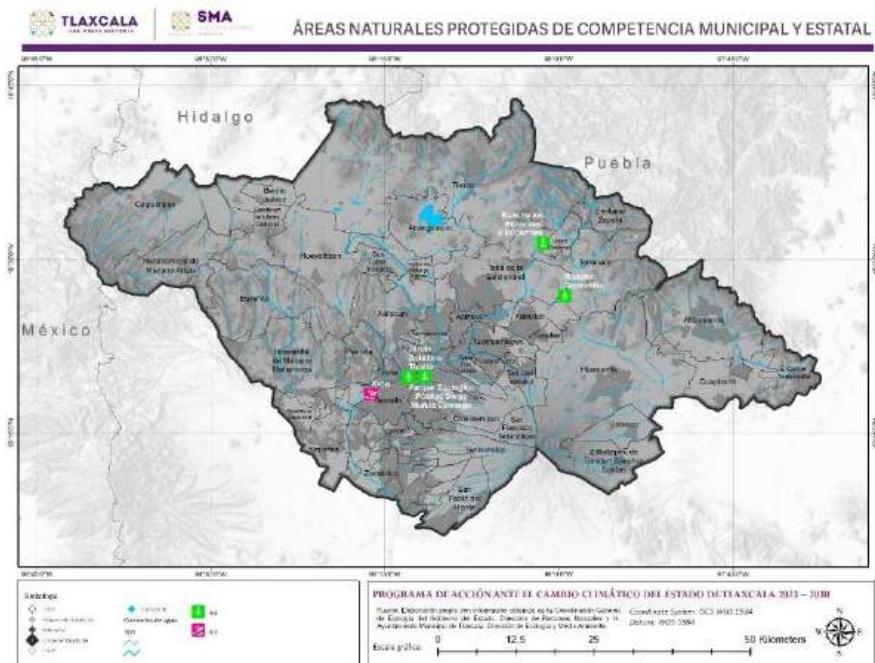
Según los datos de INEGI 2021, la región de Tlaxcala alberga una amplia variedad de fauna silvestre, que abarca especies como ardillas, armadillos, cacomixtles, conejos, coyotes, liebres, murciélagos, onzas, ratas, ratones, tejones, tlacuaches, tuzas, zorros, zorrillos, lechuzas, lagartijas, víboras de cascabel, cenzontles, zopilotes, mapaches y gatos monteses.

En las áreas montañosas, se pueden encontrar especies como codornices, liebres de cola negra, águilas, halcones, ardillas y coyotes, mientras que en los valles y llanuras habitan palomas, conejos, cacomixtles, tejones y zorrillos. Los animales domésticos presentes incluyen ganado vacuno, porcino, ovino, equino, asnal, caprino, aves de corral, perros y gatos. Las zonas con mayor diversidad de vida silvestre se localizan en el Parque Nacional La Malinche y en el norte de Tlaxco.

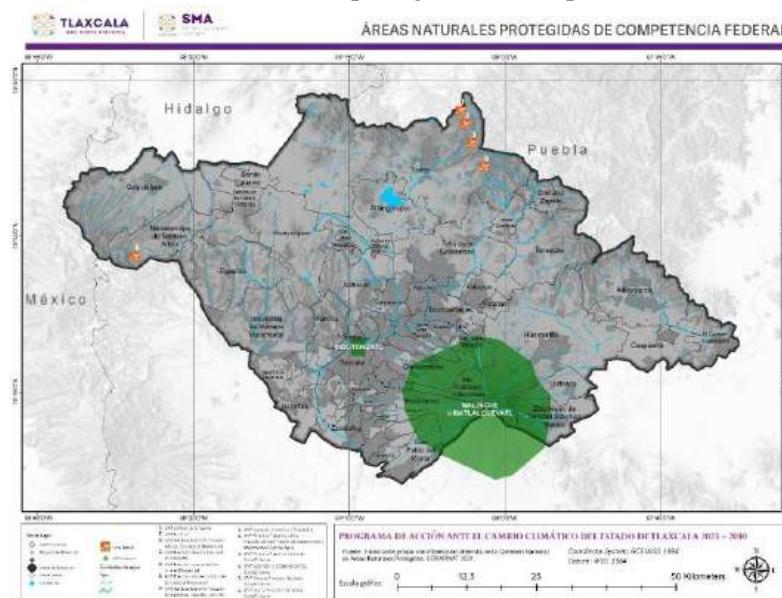
1.1.10 Áreas Naturales Protegidas (ANP) del Estado de Tlaxcala

El Estado de Tlaxcala alberga dos reservas naturales federales de gran importancia. El Parque Nacional Malinche, que abarca una extensión de 45,494 hectáreas, se encuentra distribuido en las regiones Centro Norte, Centro Sur, Oriente y Sur del estado. Además de estas, existen cuatro Áreas Naturales Protegidas (ANP) a nivel estatal, como reservas ecológicas: La Ciénega, el Parque Ecológico Público Diego Muñoz Camargo, Rancho Teometitla y la reserva ecológica Rancho Los Pitzocales o El Carmen (**Mapa 11 y 12**)

Mapa 11. Áreas naturales protegidas de competencia municipal y Estatal.



Fuente: Coordinación General de Ecología del Gobierno del Estado, Dirección de Recursos Naturales y H. Ayuntamiento Municipal de Tlaxcala. Dirección de Ecología y Medio Ambiente.

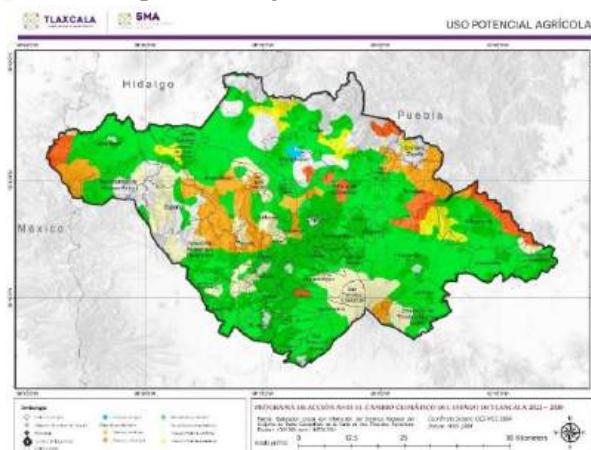
Mapa 12. Áreas naturales protegidas de competencia Federal.

Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT 2021.

1.1.11 Uso potencial agrícola del Estado de Tlaxcala

Los datos proporcionados por el INEGI en 2020 indican que alrededor del 50% del suelo en el Estado de Tlaxcala, que equivale a 200,281.87 hectáreas, se destina a usos potenciales relacionados con actividades agrícolas. Este uso está mayormente asociado con la agricultura mecanizada continua, abarcando tanto la agricultura de riego como la agricultura anual en áreas húmedas.

Estos datos señalan la relevancia significativa de la agricultura mecanizada continua en todo el territorio estatal, lo que sugiere la presencia de áreas permanentemente irrigadas y resalta su importancia como un centro potencial de desarrollo, especialmente para las zonas urbanas (**Mapa 13**).

Mapa 13. Uso potencial agrícola en el Estado de Tlaxcala

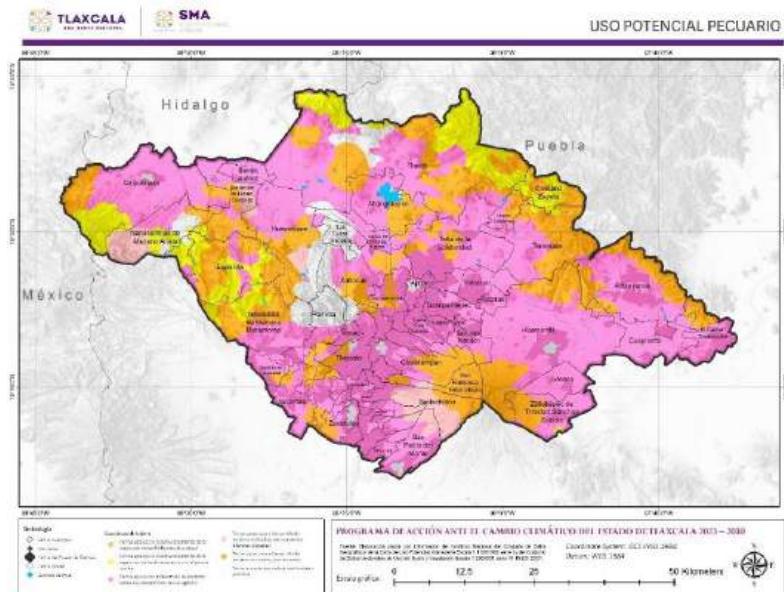
Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Uso Potencial, Agricultura Escala 1:1 000 000, serie I, INEGI 2021.

1.1.12 Uso potencial pecuario del Estado de Tlaxcala

Así mismo, INEGI indica que las áreas consideradas idóneas para pastizales representan el 0.3%, lo que equivale a 1,238.19 hectáreas, mientras que las áreas aptas para vegetación natural que no sean pastizales abarcan el 15.4%, totalizando 61,401.42 hectáreas. Los terrenos adecuados específicamente para la vegetación natural destinada exclusivamente al ganado caprino comprenden el 6% del total, que son 24,081.01 hectáreas, mientras que los que no son aptos para la actividad ganadera constituyen el 0.5%, es decir, 2,151.57 hectáreas.

Es relevante mencionar el uso predominante de los terrenos, que son los aptos para praderas cultivadas con maquinaria agrícola, representando el 50.1% del total (equivalente a 200,281.87 hectáreas), lo que constituye aproximadamente la mitad del potencial de uso pecuario en el estado (**Mapa 14**).

Mapa 14. Uso potencial pecuario en el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con información del Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Uso Potencial, Ganadería Escala 1:1 000 000, serie I y del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Escala 1:250 000, serie VI, INEGI 2021.

1.1.13 Uso potencial forestal del Estado de Tlaxcala

El potencial forestal en el Estado de Tlaxcala se divide en diversas categorías. La mayoría, aproximadamente el 72% de la superficie total, lo que equivale a 286,012.95 hectáreas, se considera inadecuado para la actividad forestal. No obstante, existen áreas aptas para la explotación forestal, ya sea con propósitos comerciales o domésticos. Estas áreas comprenden alrededor del 1% y 2% de la superficie, lo que representa 2,723.6 hectáreas y 8,066.5 hectáreas respectivamente. Estos datos se subdividen en cinco regiones fundamentales dentro del estado, enfocándose en áreas como el volcán La Malinche, que requieren una gestión más cuidadosa. Otras categorías significativas incluyen aproximadamente el 6% y 5% de la superficie para uso maderable, tanto con propósitos comerciales como domésticos, abarcando 23,213.3 hectáreas y 18,167.18 hectáreas respectivamente.

1.2 Situación actual del entorno ambiental

De acuerdo con el Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala de 2013, la erosión en la región presenta una situación variada. Alrededor del 59% del territorio experimenta niveles altos y medios de erosión, principalmente debido a actividades humanas como la agricultura y la ganadería, que resultan en una explotación excesiva de la vegetación y cambios en el uso del suelo sin prácticas adecuadas de conservación. Este proceso reduce la capacidad de sustentación del suelo, lo que exige una rápida transición hacia usos industriales o residenciales.

Se han notado cambios y deterioros en la vegetación y el uso del suelo en Tlaxcala con el paso del tiempo. La agricultura de temporal es la actividad más común, seguida de las áreas boscosas. A pesar de la pérdida de masa forestal, aún persisten algunas áreas boscosas que son cruciales para el estado.

Se han visto mejorías en lugares como el suroeste de Tlaxco y el norte de Emiliano Zapata, principalmente gracias a programas de reforestación. Sin embargo, en zonas boscosas de municipios como Tlaxco, Emiliano Zapata y Terrenate, se han observado deterioros debido a la pérdida de vegetación primaria y el cambio hacia vegetación secundaria. Esto se atribuye a actividades como la plantación de árboles para la venta, la tala de madera y la deforestación ilegal, lo que ha perturbado el equilibrio ambiental.

La agricultura, especialmente la de temporal, ha sido la actividad más frecuente en las últimas décadas, especialmente visible en las faldas del volcán Malinche y en áreas periféricas de los municipios. Los cultivos principales incluyen maíz, frijol, cebada y haba. La agricultura de riego ha mostrado una presencia constante e incluso un aumento, con alrededor de 17,875 hectáreas en el Estado de Tlaxcala. Se han observado cambios de la agricultura de riego a temporal anual en municipios como Benito Juárez, mientras que en Huamantla y otros lugares se ha visto lo contrario. Sin embargo, la expansión de nuevos desarrollos urbanos en las periferias de algunos municipios ha llevado a una disminución de áreas boscosas. El pastizal inducido ha surgido en toda la entidad, especialmente en regiones como Tlaxcala, Huamantla y Tlaxco, debido al abandono de tierras agrícolas cerca de áreas urbanas. Las praderas de alta montaña se encuentran principalmente en el volcán Malinche. A pesar de la importancia de los cuerpos de agua para diversas actividades, solo abarcan el 0.36% del territorio estatal. El crecimiento urbano ha sido notable, con un aumento significativo en la superficie ocupada por áreas urbanas, principalmente en la zona central del Estado. Este crecimiento ha afectado principalmente a áreas de agricultura de temporal y pastizales.

En cuanto a la contaminación, el desarrollo industrial ha generado problemas, especialmente en la región hidrológica Río Balsas. Municipios como Santa Ana Chiautempan concentran industrias textiles que afectan la ecología, mientras que en Apizaco se encuentran sectores de celulosa y papel. Calpulalpan también alberga asentamientos industriales con emisiones contaminantes que afectan al Estado de Hidalgo.

La generación promedio per cápita en Tlaxcala fue de 0.50 kg/hab/día, con una generación estatal de 1,123 toneladas por día (Atlas Nacional de Residuos Urbanos, 2018) (**Figura 1**).

Figura 1. Generación de residuos sólidos urbanos en el Estado de Tlaxcala

4.29. TLAXCALA

Capital: Tlaxcala de Xicohténcatl^f

Número de localidades mayores a 2,500 habitantes: 125^f

Población: 1,342,977 hab^f

Número de municipios: 60^f

Generación

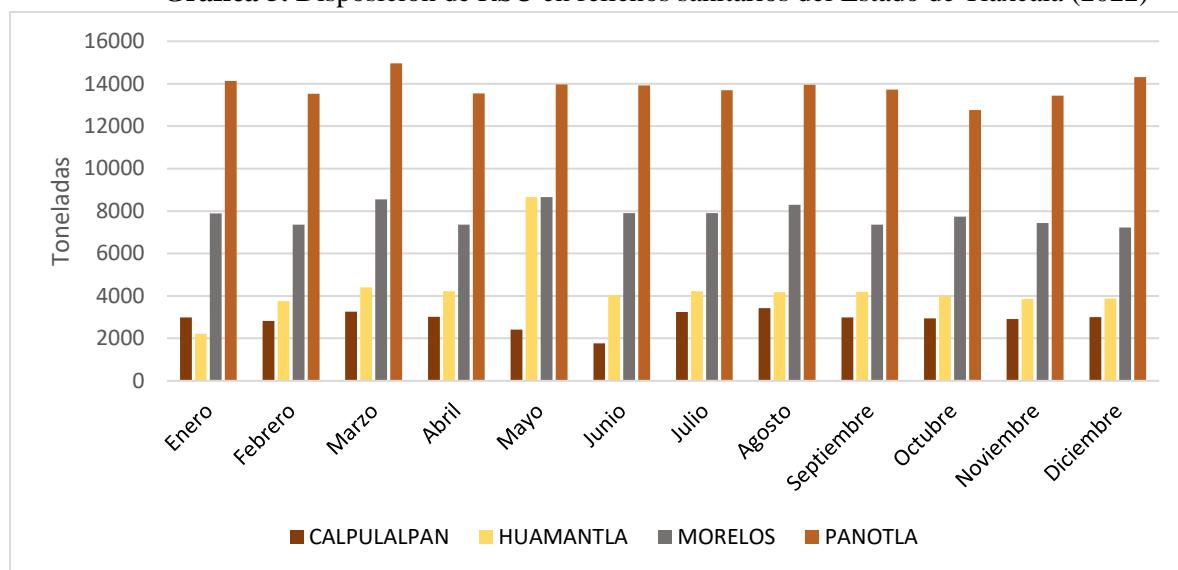
Generación per cápita promedio: 0.50 kg/hab/d (valor promedio de los municipios de Apizaco, Huamantla, Santa Ana Chiautempan, Tlaxcala y Zactelco)^h

Generación estatal 2018: 1,123 t/d^h

Composición promedio (valores promedio del estado)^h

Fuente: Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Diciembre 2021.

La cantidad de RSU depositados en rellenos sanitarios para el año 2022 fue de 345,931.13 toneladas. (**Gráfica 5**).

Gráfica 5. Disposición de RSU en rellenos sanitarios del Estado de Tlaxcala (2022)

Fuente: Elaboración propia con información de la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala, 2023.

Según el Atlas de Residuos Sólidos Urbanos de 2018, se estima que en el Estado de Tlaxcala se generaron alrededor de 409,895 toneladas de residuos sólidos urbanos (RSU) durante todo el año. Al comparar este dato con la cantidad de residuos depositados en vertederos sanitarios en 2022, se estima que aproximadamente el 84.39% de los RSU generados en el Estado fueron eliminados adecuadamente.

El análisis del Índice de Deterioro Ambiental del Programa de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano para Tlaxcala indica que la calidad ecológica del estado se divide en las siguientes categorías: muy alta (9%), alta (12%), media (25%), baja (43%) y muy baja (11%). La categoría predominante es la de baja calidad ecológica, que comprende áreas con problemas de deterioro como erosión severa, contaminación de aguas superficiales y presencia de residuos sólidos urbanos. Esta calidad baja se observa principalmente en áreas

destinadas a agricultura de temporal y de riego en la parte central del estado, especialmente en zonas cercanas a áreas urbanas y donde se registran fuertes deterioros ambientales.

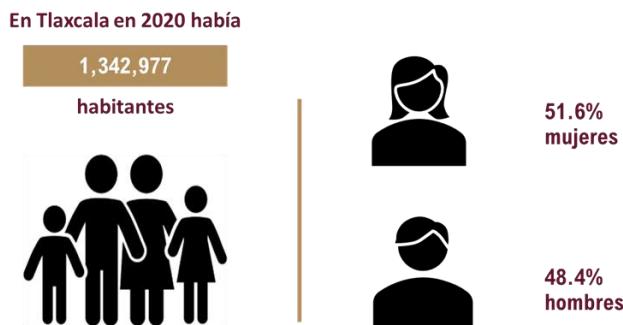
1.3 Distribución socioeconómica y productiva del Estado de Tlaxcala

Las particularidades de cualquier lugar específico surgen de una interacción compleja y continua de varios elementos, como aspectos políticos, económicos, sociales y culturales, que se combinan de manera sinérgica para dar forma a su estructura y características.

1.3.1 Demografía y distribución poblacional por edad y sexo

Las características de cualquier lugar se deben a una serie de procesos complejos de reorganización, donde interactúan diversos elementos como lo político, económico, social y cultural. En Tlaxcala, la población ha experimentado cambios significativos en las últimas décadas, como se refleja en el Censo de Población y Vivienda del INEGI 2020.

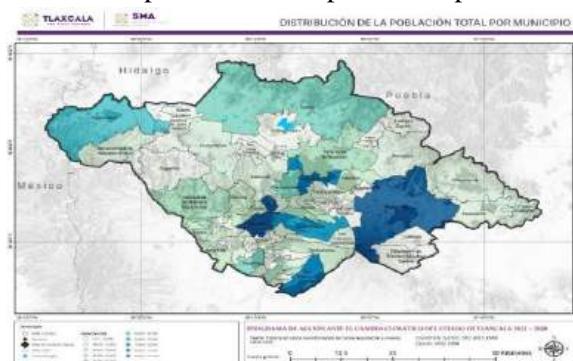
Figura 2. Población del Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con información del censo de población y vivienda, INEGI 2020.

La población de Tlaxcala constituye el 1.1% del total de habitantes del país, de los cuales el 80% reside en zonas urbanas y el 20% en zonas rurales. Los municipios más habitados de Tlaxcala son Tlaxcala, con una población de 99,896 personas, seguido por Huamantla, con 98,764 habitantes, y San Pablo del Monte, con 82,688 habitantes. (**Mapa 15**).

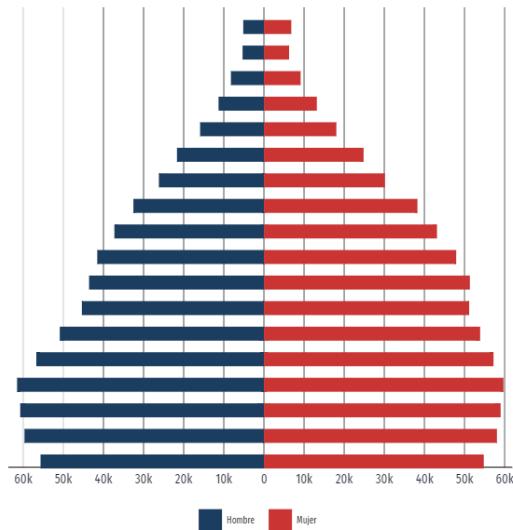
Mapa 15. Distribución de la población total por municipio en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con información del Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

La mayoría de la población se encuentra en los grupos de edades entre 15 y 19 años, con una cantidad de 121,207 habitantes, seguido por el grupo de 10 a 14 años, con 119,718 habitantes, y el grupo de 5 a 9 años, con 117,738 habitantes. Juntos, estos grupos de edad constituyen el 26.7% de la población total (**Gráfica 6**).

Gráfica 6. Pirámide poblacional total en el Estado de Tlaxcala

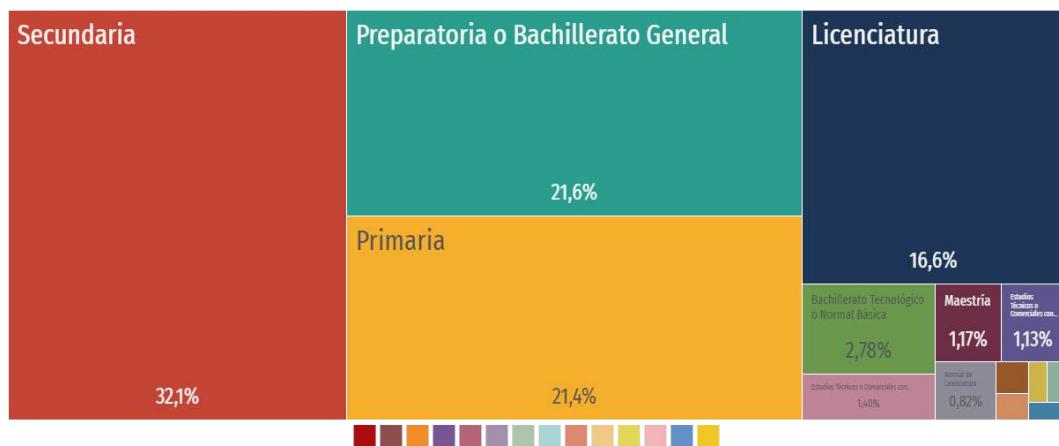


Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

1.3.2 Nivel de escolaridad

La **gráfica 7** indica la proporción de la población de 15 años en adelante en Tlaxcala según su nivel educativo alcanzado. En 2020, los niveles educativos predominantes en la población de Tlaxcala fueron Secundaria, con 302 mil personas, lo que representa el 32.1% del total; seguido por Preparatoria o Bachillerato General, con 203 mil personas, que constituyen el 21.6% del total; y, en tercer lugar, Primaria, con 202 mil personas, representando el 21.4% del total.

Gráfica 7. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en el Estado de Tlaxcala.



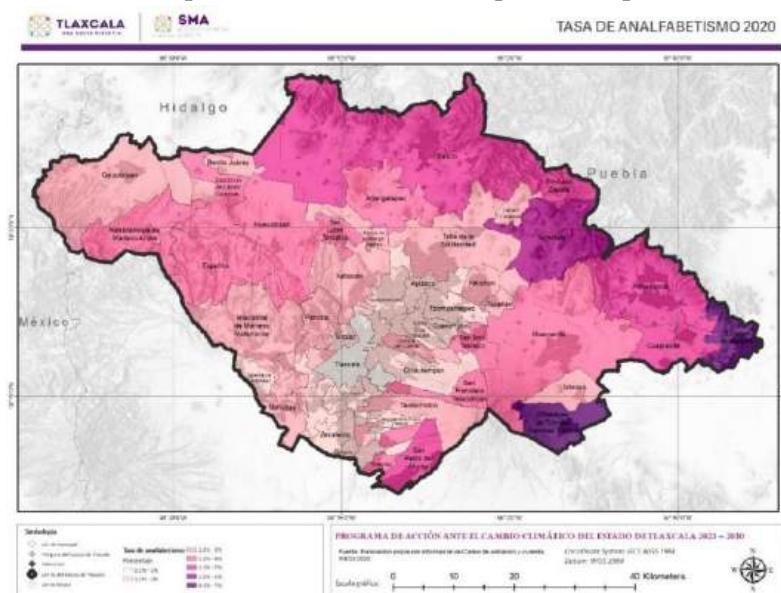
Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

La calidad educativa de la población de Tlaxcala supera la media nacional, que es de 8.6, al tener un promedio de 8.8. Esto indica que la mayoría de la población de 15 años en adelante en Tlaxcala ha completado la educación secundaria.

1.3.4 Tasa de analfabetismo

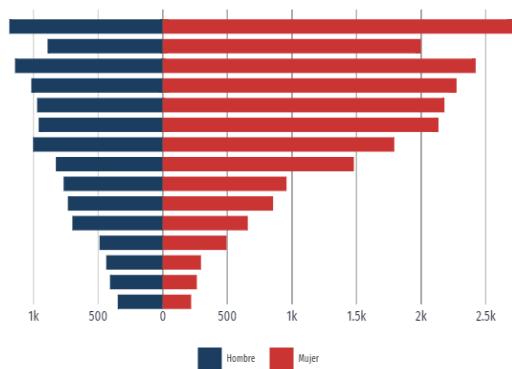
El analfabetismo, un factor crucial que impacta en el nivel de marginación y el desarrollo humano, tiene un papel significativo en la evaluación de las condiciones sociales. En 2020, la tasa de analfabetismo en Tlaxcala fue del 3.28%. De la población que no sabe leer ni escribir, el 36.4% eran hombres y el 63.6% mujeres. El **Mapa 16** ilustra cómo esta tasa se distribuye en los municipios de Tlaxcala, mientras que la **Gráfica 8** proporciona detalles sobre la distribución por género de la población analfabeta en la región.

Mapa 16. Distribución de la población total analfabeta por municipio en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con el Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

Gráfica 8. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

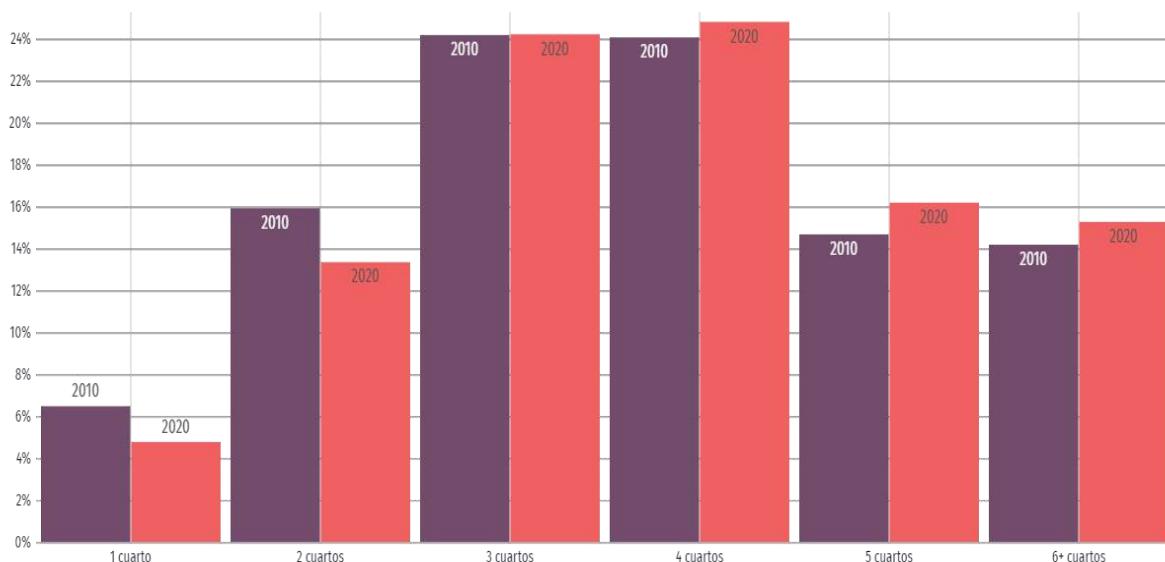
En líneas generales, las circunstancias del Estado son prometedoras, ya que, aunque se pueden encontrar situaciones de atraso e incluso analfabetismo, esto no es una situación permanente. Más bien, con el transcurso del tiempo, se observa una mejoría en estas condiciones.

1.3.5 Calidad de vida

Cuando se examinan las condiciones de vida en Tlaxcala, se busca evaluar la capacidad del estado para mejorar el bienestar de sus habitantes, lo que implica asegurar la satisfacción de necesidades básicas. Se utiliza el índice de desarrollo humano, el cual se basa en nueve indicadores vinculados con la salud, educación y nivel de vida, para obtener una visión de las condiciones sociales en la región.

En el año 2020, la mayoría de las viviendas ocupadas en Tlaxcala contaban con 4 y 3 habitaciones, representando el 24.8% y el 24.2%, respectivamente. Además, el 39.8% y el 27.1% de las viviendas ocupadas tenían 2 y 1 dormitorios, respectivamente (**Gráfica 9**).

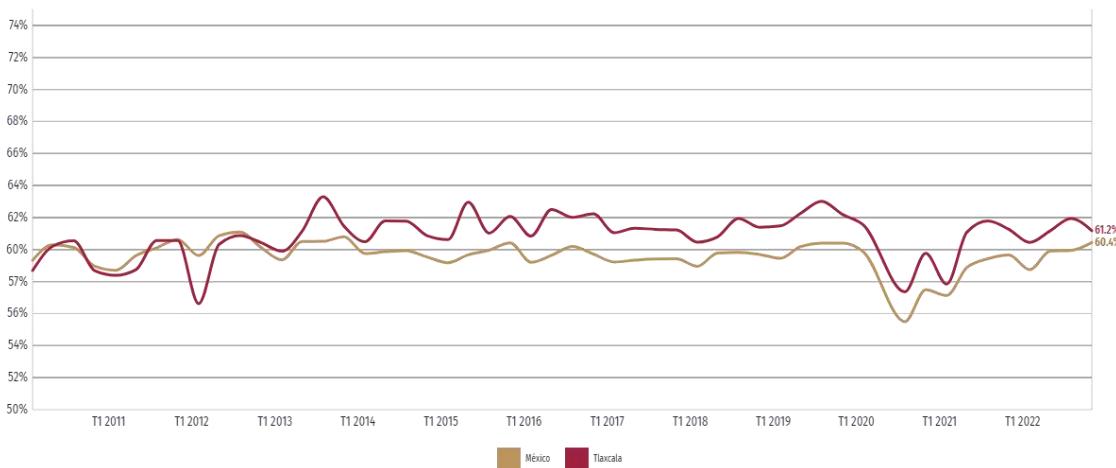
Gráfica 9. Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020 del Estado de Tlaxcala.



Fuente: Censo de población y vivienda, INEGI 2020.

1.3.6 Población económicamente activa (PEA) y tasa de desocupación

Los datos de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE), en el último trimestre de 2022, muestran que la tasa de participación laboral en Tlaxcala se situó en el 61.2%, reflejando una reducción de 0.76 puntos porcentuales en comparación con el trimestre previo (61.9%). (**Gráfica 10**).

Gráfica 10. Población económicamente activa en el Estado de Tlaxcala.

Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2022.

La tasa de desempleo se situó en el 3.33% (equivalente a 21.6 mil personas), mostrando una caída de 0.45 puntos porcentuales en comparación con el trimestre anterior (3.78%). (**Gráfica 11**).

Gráfica 11. Tasa de desempleo en el Estado de Tlaxcala.

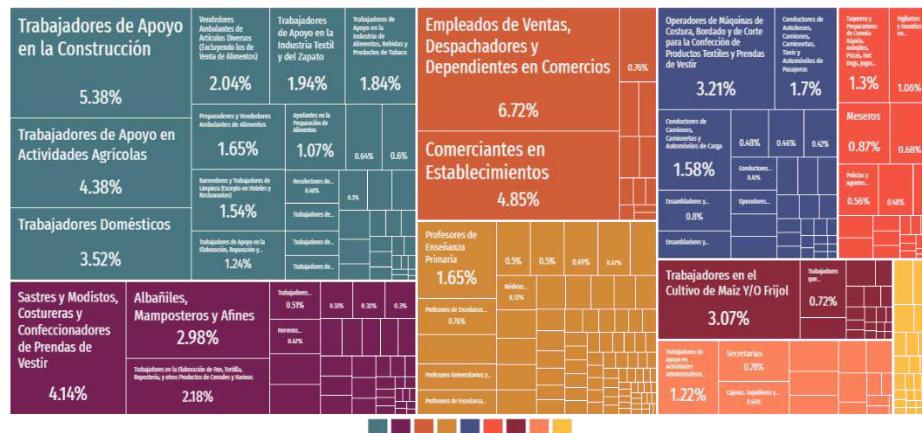
Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2022.

1.3.7 Población ocupada y salarios según ocupación

Los cambios recientes han agravado las disparidades sociales, especialmente en términos salariales, que están influenciados por factores como el crecimiento poblacional, la falta de calificación laboral y la escasez de empleos decentes, reflejo de tendencias globales. Dadas estas circunstancias, la población de Tlaxcala está buscando incrementar sus ingresos a través de la obtención de múltiples empleos y la mayor participación de las mujeres en la fuerza laboral. Además, es común encontrar ingresos no regulares provenientes de la venta de diversos productos, aunque estos están poco documentados. Según la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE) del cuarto trimestre de 2022, en Tlaxcala había un total de 626,938 personas empleadas.

Durante ese período, las ocupaciones más comunes fueron Empleados de Ventas, Despachadores y Dependientes en Comercios (41.8%), Trabajadores de Apoyo en la Construcción (33.4%) y Comerciantes en Establecimientos (30.1%) (**Gráfica 12**).

Gráfica 12. Distribución de la fuerza laboral total por ocupaciones en el Estado de Tlaxcala



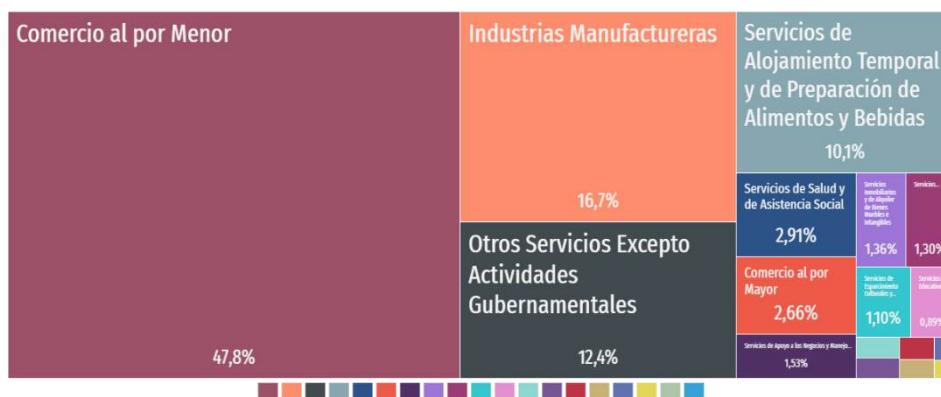
Fuente: Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo, 2022.

En la gráfica previa, se observa que la mayoría de las personas perciben entre dos y tres salarios mínimos, lo cual es notablemente similar a quienes reciben solo un salario mínimo. Este hallazgo es relevante, especialmente al considerar los altos niveles de calidad de vida reportados por las estadísticas en Tlaxcala.

1.3.8 Indicadores económicos del Estado de Tlaxcala

El Censo Económico 2019, muestra que los sectores económicos que concentraron más unidades económicas en Tlaxcala fueron Comercio al por Menor (33,326 unidades), Industrias Manufactureras (11,671 unidades) y otros servicios excepto actividades gubernamentales (8,674 unidades) (**Gráfica 13**).

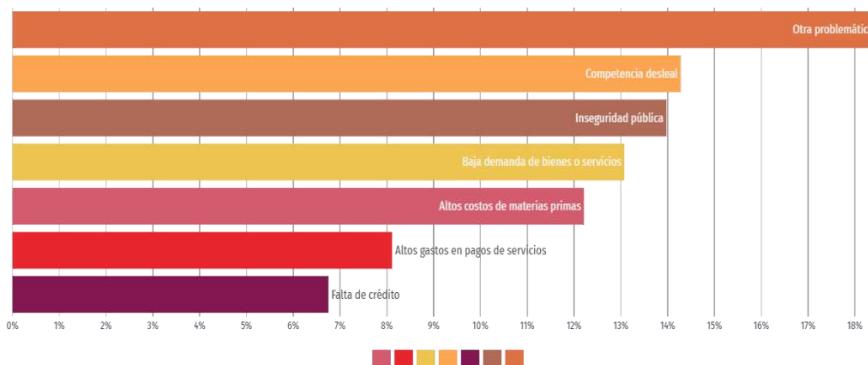
Gráfica 13. Unidades económicas por sector económico en el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Censo económico, 2019.

En este mismo tenor, las principales problemáticas que enfrentan las unidades económicas con hasta 10 trabajadores en Tlaxcala son otra problemática (18.5%), competencia desleal (14.3%), inseguridad pública (14%) y baja demanda de bienes o servicios (13.1%) (**Gráfica 14**).

Gráfica 14. Problemáticas que enfrentan las unidades económicas por sector económico en el Estado de Tlaxcala.

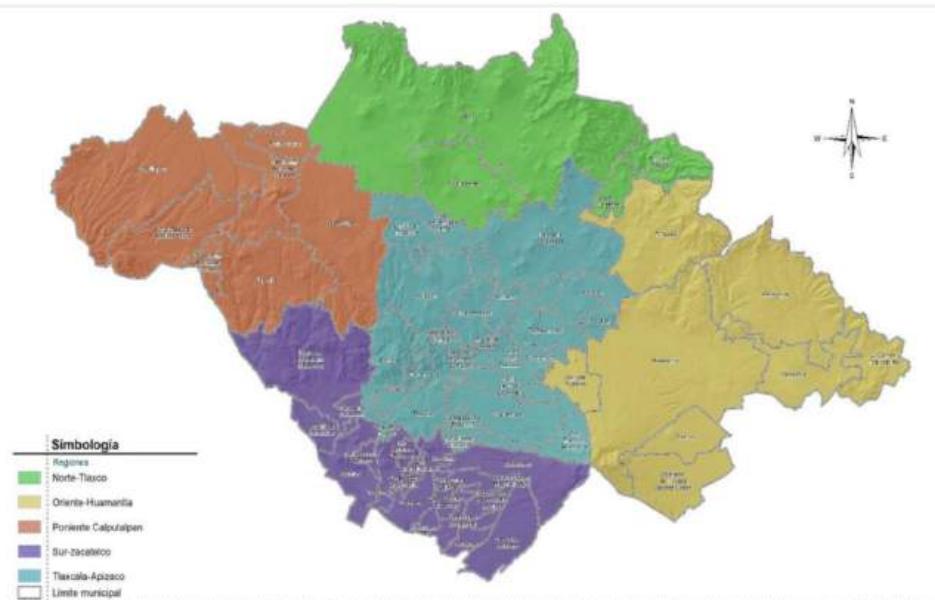


Fuente: Censo económico, 2019.

1.4 Unidades Territoriales Estratégicas (UTE) del Estado de Tlaxcala

De acuerdo con el Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala 2013, se consideran cinco Unidades Territoriales Estratégicas (UTE) (**Mapa 17** y **Tabla 4**).

Mapa 17. Regiones del Estado de Tlaxcala de acuerdo con las Unidades Territoriales Estratégicas (UTE).



Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

Tabla 4. Unidades Territoriales Estratégicas (UTE) del Estado de Tlaxcala.

No.	Región	Conformación
1	Metropolitana Sur-Zacatelco	20 municipios, con cabecera en Zacatelco y San Pablo del Monte.
2	Metropolitana Tlaxcala-Apizaco	22 municipios, donde Tlaxcala y Apizaco son la cabecera.
3	Poniente-Calpulalpan	6 municipios, con cabecera en Calpulalpan
4	Norte-Tlaxco	4 municipios, con cabecera en Tlaxco.
5	Oriente-Huamantla	8 municipios con cabecera en Huamantla.

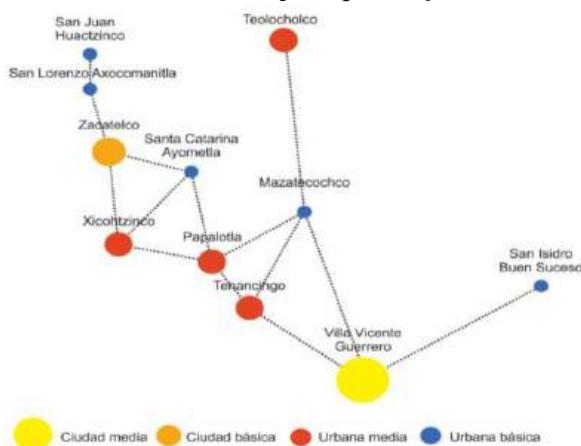
Fuente: Elaboración propia con información del Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

El sistema de ciudades en Tlaxcala se basa en varios centros urbanos de diferentes categorías:

- Dos zonas metropolitanas: una es interestatal, como la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala, y la otra es intermunicipal, como la Zona Metropolitana Tlaxcala-Apizaco.
- Tres centros urbanos individuales: Calpulalpan en el Norponiente, Huamantla en el oriente, y un tercer centro urbano, la ciudad de Tlaxco, que encabeza la región Norte.

1.4.1 Región Metropolitana Sur-Zacatelco

El Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala en 2013 identifica 20 municipios en la región que forman parte de la zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala. En la región sur-Zacatelco, se destacan dos ciudades principales: Villa Vicente Guerrero, que tiene una jerarquía mayor, y Zacatelco, que se considera de categoría básica. Les siguen ciudades como Papalotla, Tenancingo, Teolocholco y Xicohtzinco, consideradas ciudades urbanas de tamaño medio, mientras que Mazatecochco, Santa Catarina Ayometla, San Isidro Buen Suceso, San Lorenzo Axocomanitla y San Juan Huactzinco son clasificadas como ciudades urbanas básicas. Cada una de estas ciudades cumple un papel dinámico en diferentes niveles, desde lo regional hasta lo local. (**Figura 3**).

Figura 3. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Sur-Zacatelco.

Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013

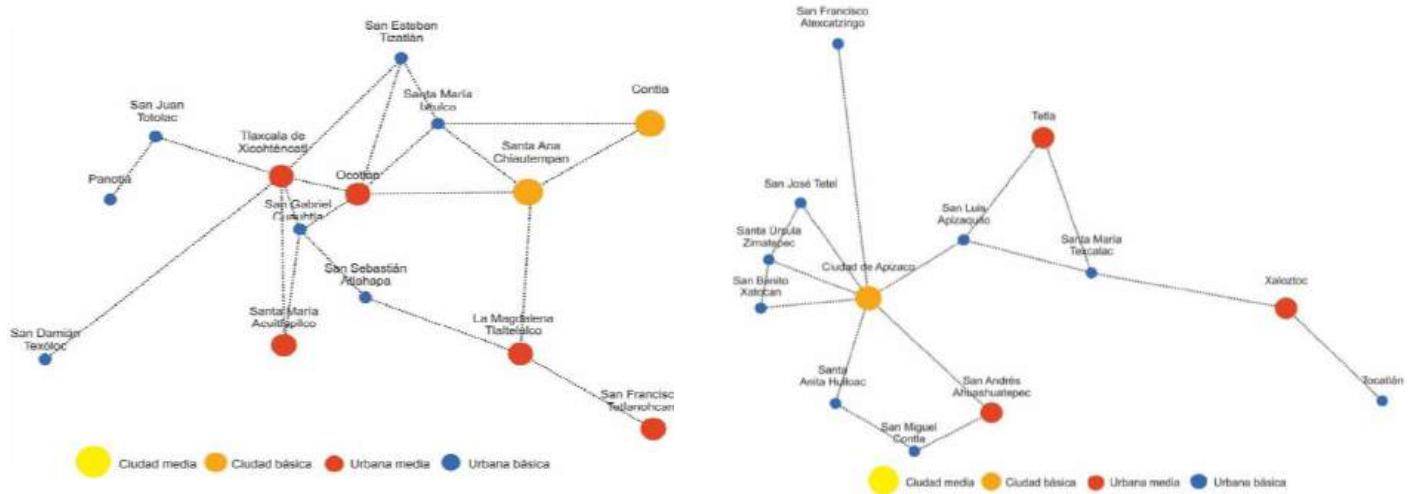
La relación entre estas ciudades se ve impulsada principalmente por la conectividad vial proporcionada por dos importantes vías: la vía Corta a Santa Ana, que conecta a Villa Vicente Guerrero, Mazatecochco y Teolocholco, y la carretera federal Puebla-Tlaxcala, que atraviesa el estado desde Villa Vicente Guerrero hasta San Juan Huactzingo. Estas carreteras regionales han contribuido al crecimiento urbano de estas localidades y han facilitado el transporte de bienes y personas no solo dentro de Tlaxcala, sino también hacia el municipio de Puebla.

1.4.2 Región Metropolitana Tlaxcala-Apizaco

La región Metropolitana Tlaxcala-Apizaco abarca 22 municipios centrales que están altamente conectados espacialmente a nivel local, regional y nacional. Tlaxcala, la capital estatal, y Apizaco, un destacado centro comercial y de servicios, son los puntos neurálgicos. Ambas ciudades, con servicios estatales de nivel medio, ejercen influencia sobre localidades como Chiautempan, Totolac, Panotla y Apetatitlán de Antonio Carvajal, así como Yauhquemehcan-Xaloztoc-Tetla de la Solidaridad.

Estos centros urbanos desempeñan un papel significativo en la región, junto con Contla de Juan Cuamatzi, La Magdalena Tlaltelulco, Santa Cruz Tlaxcala y Tocatlán (**Figura 4**).

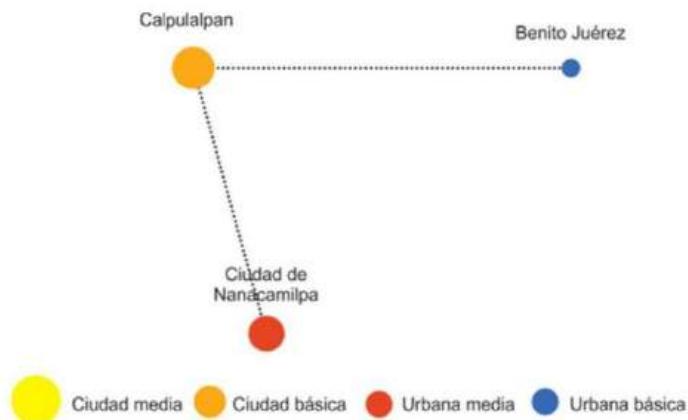
Figura 4. Sistema de ciudades que conforman la zona de Tlaxcala (izquierda) y Apizaco (derecha).



Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

1.4.3 Región Poniente-Calpulalpan

La región de Oriente-Calpulalpan, conformada por seis municipios, tiene una ubicación estratégica con conexiones hacia el Estado de México al oeste, Hidalgo al norte y Tlaxcala al sur y este. Estas vías de comunicación facilitan el transporte de carga y de vehículos hacia la Ciudad de México a través de Texcoco, y hacia Pachuca pasando por Apan. Asimismo, mantiene conexiones regionales con otros estados y a nivel local con ciudades como Nanacamilpa, Benito Juárez, Hueyotlipan, Espanita, Apizaco y Tlaxcala. En esta región, se destacan ciudades de tamaño medio como Calpulalpan, Nanacamilpa y Benito Juárez, con estos últimos más estrechamente vinculados a Calpulalpan, que actúa como centro impulsor de la región occidental (**Figura 5**).

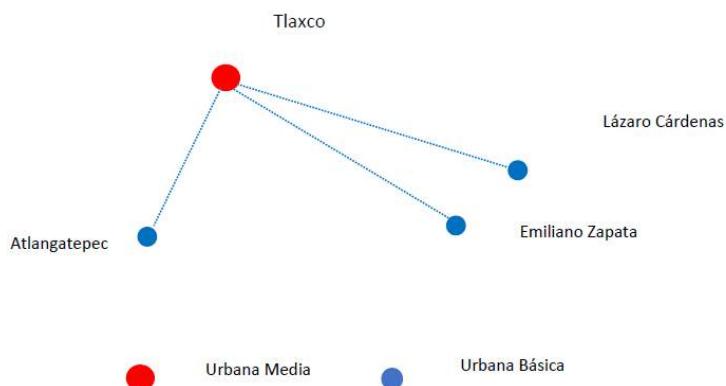
Figura 5. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Poniente-Calpulalpan.

Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

Se enfatiza la importancia del Arco Norte como la vía principal para el movimiento de norte a sur y de este a oeste, aliviando el tráfico hacia la Ciudad de México. Esto ha promovido el desarrollo urbano de múltiples localidades en la zona al facilitar el transporte de mercancías y pasajeros, tanto dentro del estado de Tlaxcala como desde otras entidades federativas.

1.4.4 Región Norte-Tlaxco

La zona norte de Tlaxcala, compuesta por cuatro municipios ubicados en los límites con Puebla, muestra una capacidad infraestructural limitada en términos de vialidades, lo que obstaculiza su integración territorial y su progreso. Su principal conexión es una carretera que la vincula con Apizaco. Tlaxco se destaca como la ciudad principal en esta área, ofreciendo servicios intermedios a las localidades de Atlangatepec, Lázaro Cárdenas y Emiliano Zapata. Según datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del Estado en 2020, esta región representa el 15.4% de las vías totales del estado en términos de longitud, con una presencia significativa de vialidades de concreto, asfalto y caminos de tierra (**Figura 6**).

Figura 6. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Norte-Tlaxco.

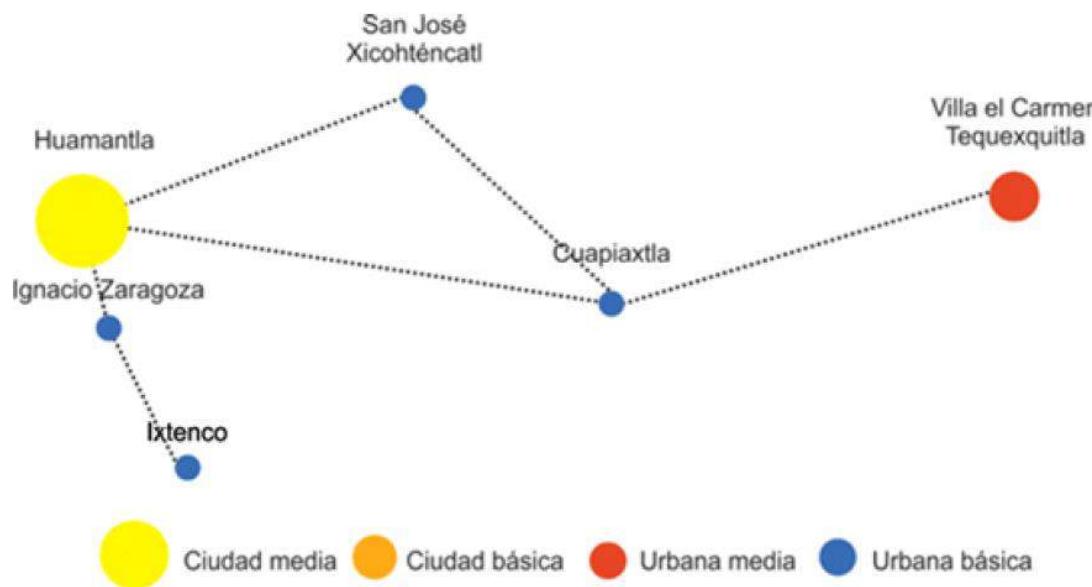
Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

1.4.5 Región Oriente-Huamantla

La zona está conformada por ocho municipios, donde Huamantla actúa como la ciudad central, estableciendo conexiones con centros urbanos de mayor importancia y extensión territorial, como Tlaxcala, Puebla, Ciudad de México, Xalapa, Veracruz y Acapulco. Su ubicación estratégica ha estimulado un crecimiento demográfico y económico significativo, atrayendo la presencia de empresas multinacionales y proveedoras. Esta área se visualiza como un candidato potencial para la integración a nivel regional y nacional.

La carretera federal 136, particularmente en el trayecto Apizaco-Huamantla, constituye la vía primaria de comunicación, enlazando con municipios en Puebla y facilitando el transporte hacia Puebla y Veracruz. Además, existe una conexión adecuada con centros urbanos de menor relevancia, como San José Xicohténcatl, Cuapixtla, Villa El Carmen Tequexquitla, Ignacio Zaragoza e Ixtenco (**Figura 7**).

Figura 7. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Norte-Tlaxco.



Fuente: Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano de Tlaxcala, 2013.

1.5 Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala (ZMPT)

1.5.1 Crecimiento poblacional de la ZMPT

La Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala representa la segunda área urbana más densamente poblada en la Región Centro de México. Según los datos recabados por el INEGI en el Censo de Población y Vivienda, en 1970 contaba con 918,791 habitantes, cifra que se duplicó para 1990, alcanzando los 1,776,894 residentes, y para 2010 registró una población de 2,269,995 habitantes. Aunque su índice de crecimiento ha mostrado una reducción del 4% entre 1970 y 1980 a un promedio del 1.6% entre 2010 y 2020, sigue siendo considerable en comparación con la tasa nacional del 1.2% durante el mismo período (**Tabla 5**).

Tabla 5. Población total y Tasa de Crecimiento Medio Anual en la ZMPT, 1970-2020.

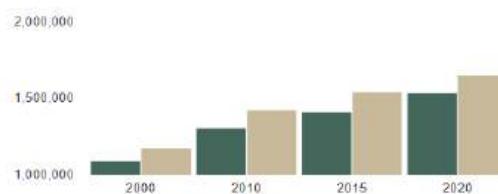
Año	Población total	TMCA %
1970	918,791	0
1980	1,382,799	4.0
1990	1,776,894	2.6
2000	2,269,995	2.5
2010	2,728,790	1.8
2020	3,180,644	1.6

Fuente: Elaboración propia con información del Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala 2023, INEGI, Censos de Población y Vivienda, 1970-2020.

La población de la zona metropolitana Puebla-Tlaxcala alcanza los 3,180,644 habitantes, lo que refleja un notable aumento en un lapso de tiempo relativamente breve (INEGI 2020), como se ilustra en la **Gráfica 15**.

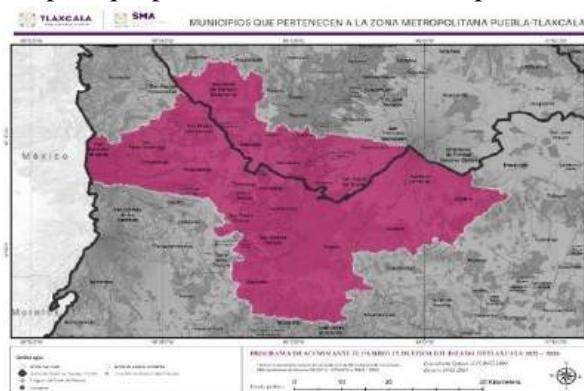
Gráfica 15. Registro histórico de la poblacional desagregada por sexo que reside en la ZMPT.

2000		2010		2015		2020	
Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
1,091,789	1,178,206	1,307,780	1,421,010	1,406,203	1,535,785	1,530,385	1,650,259
TOTAL							
2,269,995		2,728,790		2,941,988		3,180,644	



Fuente: Censo de población y vivienda, del 2000 al 2020 (INEGI).

La Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala es de carácter interestatal y está integrado por 39 municipios: 19 corresponden al estado de Puebla y 20 al Estado de Tlaxcala (**Tabla 6** y **Mapa 18**). Según datos de SEDATU, CONAPO e INEGI de 2015, la extensión territorial suma una superficie de 2,392.4 km².

Mapa 18. Municipios que pertenecen a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México SEDATU, CONAPO e INEGI, 2022.

Tabla 6. Municipios que integran la ZMPT.

Año	Puebla	Tlaxcala
1	Acajete	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros
2	Amozoc	Mazatecochco de José María Morelos
3	Coronango	Tepetitla de Lardizábal
4	Cuautlancingo	Acuamanala de Miguel Hidalgo
5	Chiautzingo	Nativitas
6	Domingo Arenas	San Pablo del Monte
7	Huejotzingo	Tenancingo
8	Juan C. Bonilla	Teolocholco
9	Ocoyucan	Tepeyanco
10	Puebla	Tetlatlahuca
11	San Andrés Cholula	Papalotla de Xicohténcatl
12	San Felipe Teotlalcingo	Xicohtzinco
13	San Gregorio Atzompa	Zacatelco
14	San Martín Texmelucan	San Jerónimo Zacualpan
15	San Miguel Xoxtla	San Juan Huactzinco
16	San Pedro Cholula	San Lorenzo Axocomanitla
17	San Salvador el Verde	Santa Ana Nopalucan
18	Tepatlaxco de Hidalgo	Santa Apolonia Teacalco
19	Tlaltenango	Santa Catarina Ayometla
20		Santa Cruz Quilehtla

Fuente: Elaboración propia con información del Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala 2023, Delimitación de las Zonas Metropolitanas de México, SEDATU, CONAPO e INEGI, 2022.

1.5.2 Modelo de Ordenamiento Metropolitano para la ZMPT

El Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala 2023 (PMPT) es una estrategia de planificación que aborda las diversas dinámicas ambientales, sociales, culturales, económicas y políticas presentes en la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala (ZMPT), reconociendo las interrelaciones entre estados y municipios que participan en la integración de lo urbano y lo rural.

El PMPT de 2023 propone la instauración de un Sistema Urbano-Rural Policéntrico en la ZMPT, que busca conectar ciudades y localidades para reestructurar la configuración urbana y reorganizar las actividades cotidianas de la población.

El objetivo fundamental es integrar todas las localidades metropolitanas en un sistema urbano-rural, implementando estrategias más inclusivas para beneficiar a un mayor número de habitantes.

Se contempla el establecimiento de nuevas áreas centrales para distribuir los servicios de acuerdo con la población y los patrones de asentamiento presentes en las zonas, en consonancia con la visión del PMPT de 2023.

Además, se propone diversificar la oferta de servicios en áreas estratégicas para reducir la frecuencia, distancia y tiempo de desplazamiento de los usuarios, así como para mitigar los problemas de transporte y congestión urbana. **La Figura 8** ilustra los elementos que se consideraron para el nuevo modelo:

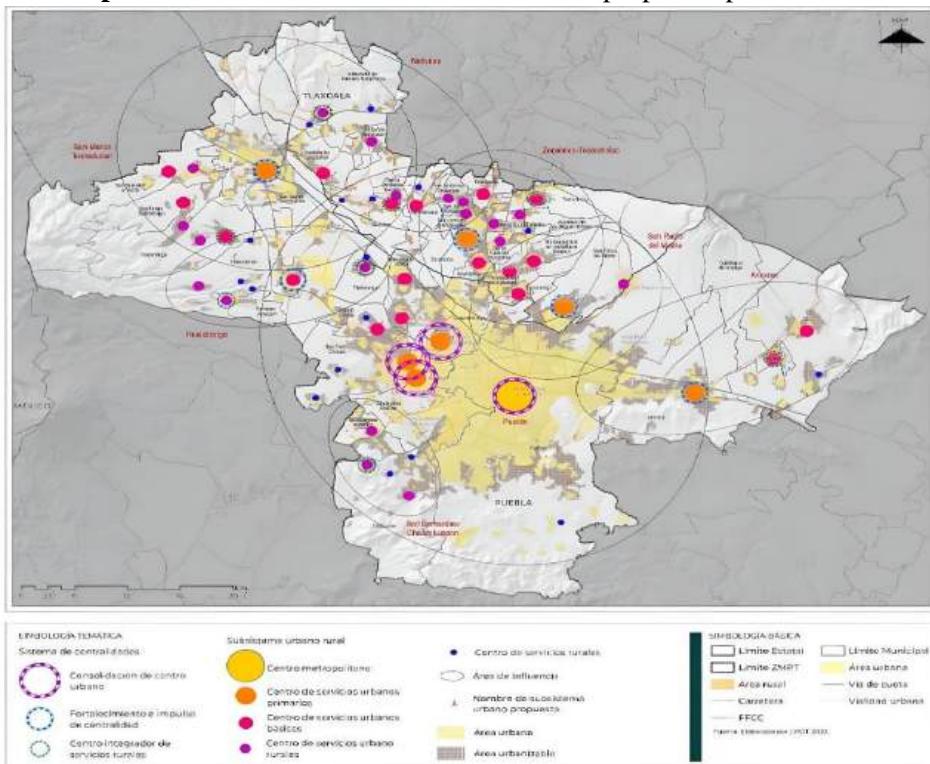
Figura 8. Elementos considerados para el nuevo Sistema Urbano-Rural Policéntrico de la ZMPT.



Fuente: Elaboración propia con información del Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala, 2023.

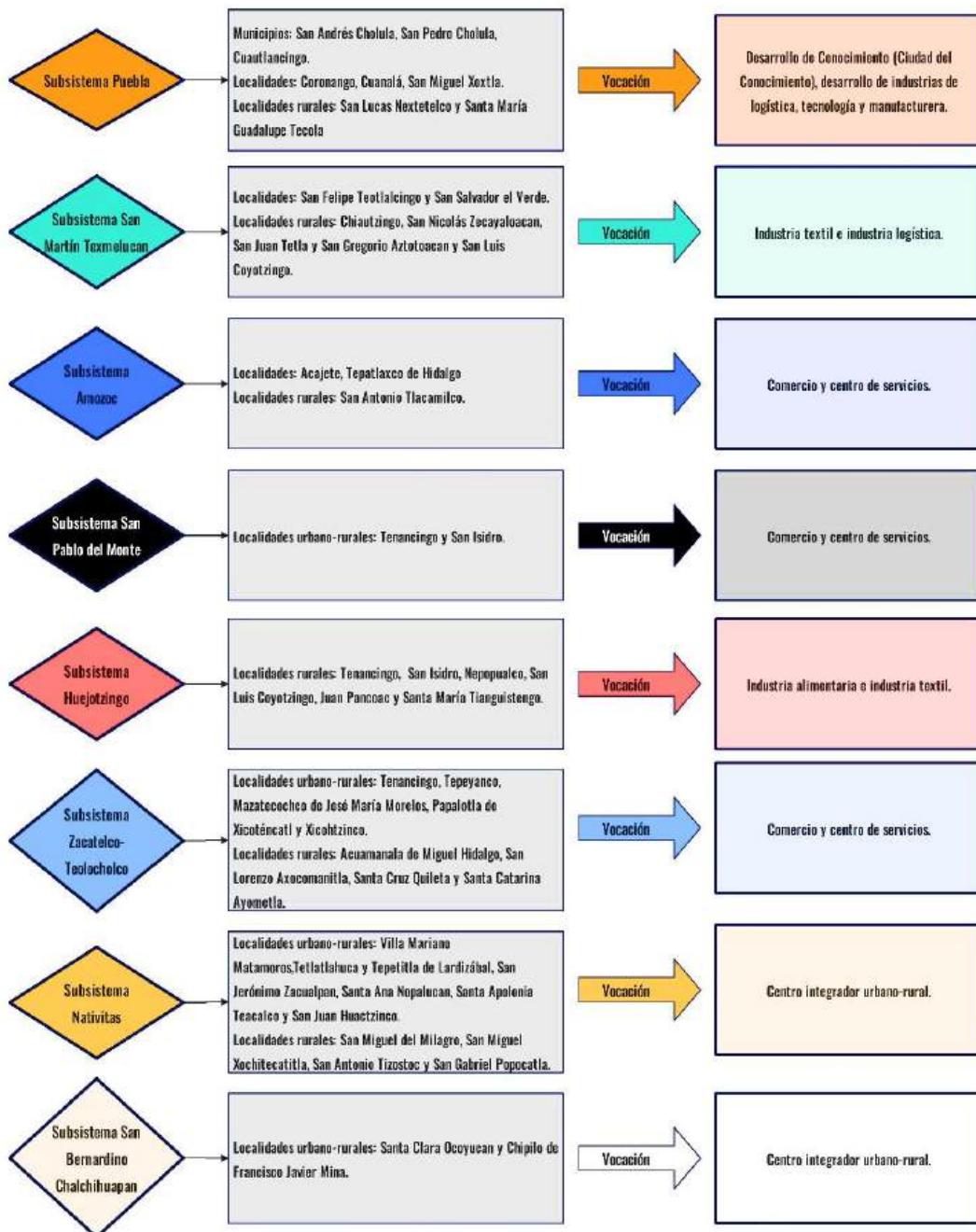
Asimismo, se plantea el fortalecimiento de Centros Integradores de Servicios Rurales en varias localidades para promover un desarrollo territorial equilibrado. El Sistema Urbano-Rural Policéntrico busca establecer subsistemas que fomenten interacciones dinámicas, económicas y funcionales entre las localidades, generando así un equilibrio territorial (**Mapa 19 y Figura 9**).

Mapa 19. Sistema Urbano-Rural Policéntrico propuesto para la ZMPT.



Fuente: Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala, 2023.

Figura 9. Subsistemas pertenecientes al Sistema Urbano-Rural Policéntrico para la ZMPT.



Fuente: Elaboración propia con información del Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala, 2023

En resumen, la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala se presenta como una metrópolis con una distribución territorial de recursos urbanos. Su modelo de ocupación del territorio, policéntrico, facilita la presencia de infraestructuras, servicios públicos, instalaciones y una movilidad de amplia cobertura y calidad. Este enfoque tiene en cuenta las necesidades de diferentes grupos poblacionales en diversos niveles, impulsando el desarrollo para la población de los municipios que integran esta área.

TLAXCALA
UNA NUEVA HISTORIA
2021 - 2027

2

REVISIÓN DEL MARCO JURÍDICO

2. Vinculación del marco jurídico, instrumentos de planeación y capacidades institucionales en los tres órdenes de Gobierno.

La elaboración de un programa de cambio climático implica una cuidadosa consideración y adhesión a un sólido marco jurídico que proporcione la base legal necesaria para su implementación y seguimiento. En este sentido, el diseño y la ejecución de políticas efectivas para abordar el cambio climático requieren una estructura legal robusta que defina claramente las responsabilidades, derechos y obligaciones de los actores involucrados, ya sean entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales o el sector privado. Además, es crucial contar con disposiciones legales que faciliten la participación ciudadana y promuevan la transparencia en todas las fases del programa, asegurando así una gobernanza ambiental equitativa y eficiente.

En el Estado de Tlaxcala la elaboración del programa de cambio climático constituye un imperativo urgente que demanda una cuidadosa consideración de los marcos legales e instrumentos de planeación a nivel internacional, federal y estatal. En este contexto, el Estado de Tlaxcala se encuentra inmerso en el desafío de desarrollar estrategias efectivas que no sólo se alineen con los compromisos internacionales asumidos por el país, sino que también reflejen las particularidades y necesidades específicas de la región.

A nivel global, los acuerdos internacionales existentes en la materia establecen directrices para la mitigación y adaptación al cambio climático. A nivel federal, México cuenta con políticas y leyes que buscan cumplir con estos compromisos y abordar los retos ambientales. En el contexto estatal, las leyes y estrategias de Tlaxcala se orientan a integrarse de manera coherente con los lineamientos nacionales para asegurar una respuesta coordinada y efectiva a los impactos del cambio climático, considerando las características geográficas y socioeconómicas específicas de la región. En esta convergencia de escalas normativas, se forja la base para un programa integral que no sólo aspire a la resiliencia climática, sino que también promueva el desarrollo sostenible y la preservación del entorno para las generaciones futuras.

2.1 Instrumentos internacionales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030

Tabla 7. Instrumentos internacionales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala 2023 - 2030

No.	INSTRUMENTO	FECHA DE ADOPCIÓN Y/O PUBLICACIÓN	ARTÍCULO	RELEVANCIA
1	Declaración Universal de los Derechos Humanos	10-dic-48	<p>Se compone de 30 artículos que establecen los derechos humanos fundamentales reconocidos internacionalmente.</p> <p>El artículo 2 señala que toda persona tiene todos los derechos y libertades proclamados en la declaración sin distinción alguna de raza, color, sexo, idioma, religión, opinión política o de cualquier otra índole, origen nacional o social, posición económica, nacimiento o cualquier otra condición. Además, no se hará distinción alguna fundada en la condición política, jurídica o</p>	<p>Contiene 30 derechos y libertades inherentes a todas las personas y constituye el instrumento que por primera vez establece los derechos humanos fundamentales que deben protegerse en el mundo entero, siendo la base del derecho</p>

No.	INSTRUMENTO	FECHA DE ADOPCIÓN Y/O PUBLICACIÓN	ARTÍCULO	RELEVANCIA
			<p>internacional. Señalando que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure la salud y el bienestar. El artículo 28 establece que todos tenemos derecho al establecimiento de un orden social en el que los derechos y libertades de la Declaración se hagan efectivos. El artículo 29 determina que toda persona tiene deberes respecto a su comunidad ya que en ella podrá desarrollar su personalidad.</p>	internacional en materia de derechos humanos. Entre estos derechos, el de un ambiente saludable y un entorno adecuado de desarrollo para el ser humano, resulta fundamental, de ahí la importancia de la regulación del cambio climático.
2	Pacto Internacional de los Derechos Civiles y Políticos	23-mar-76	<p>Se compone de 53 artículos con arreglo a la Declaración Universal de los Derechos Humanos señalando que deben crearse condiciones que permitan a cada persona gozar de sus derechos civiles y políticos para lograr el ideal del ser humano libre. El artículo 1 señala el derecho de los pueblos a la libre determinación, pudiendo los pueblos disponer libremente de sus riquezas y recursos naturales.</p>	Coadyuva al cumplimiento de la Declaración Universal de los Derechos Humanos. La amplitud del concepto de libre determinación infiere en el cuidado de las riquezas y recursos naturales para un desarrollo adecuado incluyendo la protección ante los efectos adversos del cambio climático.
3	Pacto internacional de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales	03-ene-76	<p>Se compone de 30 artículos que engloban los derechos económicos, sociales y culturales de que deben gozar todas las personas en términos de la Declaración Universal de los Derechos Humanos. El artículo 1 señala el derecho de los pueblos a la libre determinación estableciendo su condición política y proveyendo su desarrollo económico, social y cultural, no pudiendo probar a ningún pueblo de sus propios medios de subsistencia. El artículo 11 establece el derecho de todas las personas a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, debiendo los estados garantizar el ejercicio de este derecho, debiendo asimismo garantizar la protección contra el hambre a través del establecimiento de las políticas conducentes. El artículo 25 señala el derecho de los pueblos a disfrutar y utilizar sus riquezas y recursos naturales.</p>	Coadyuva al cumplimiento de la Declaración Universal de los Derechos Humanos. Protege el derecho a la libre determinación de los pueblos para preservar su entorno y, en consecuencia, sus medios de subsistencia, lo que redunda en el bienestar de las personas y los pueblos.
4	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	21-mar-94	Reconoce los efectos adversos del cambio climático, especialmente en los países en desarrollo debido a la carencia de recursos para hacerles frente. Inicialmente prestó más atención a la adaptación, pero actualmente también pone énfasis en la mitigación.	Reconoce la problemática del cambio climático enfocando sus esfuerzos en la prevención y

No.	INSTRUMENTO	FECHA DE ADOPCIÓN Y/O PUBLICACIÓN	ARTÍCULO	RELEVANCIA
			Su objetivo es la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, nivel que debería lograrse en un plazo suficiente para que los sistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar la producción de alimentos y lograr un desarrollo económico sostenible.	mitigación de sus efectos.
5	Protocolo de Kioto	16-feb-15	Es un instrumento jurídicamente vinculado y se compone de 28 artículos y 2 anexos. Su objetivo es lograr el compromiso de los estados parte para la reducción de gases de efecto invernadero poniendo en funcionamiento la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático comprometiendo a los países industrializados a reducir la emisión de gases de efecto invernadero	Coadyuva al cumplimiento de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, mediante el objetivo de lograr que los Países asuman y cumplan los compromisos de dicha Convención.
6	Marco de Sendai para la reducción de riesgos de desastre 2015-2030	18-mar-15	Proporciona a los estados miembros acciones concretas para proteger los avances en materia de desarrollo del riesgo de desastres. Plantea el aumento de la resiliencia de las naciones y comunidades ante los desastres y establece las directrices para la prevención de los riesgos de desastres naturales y la mitigación de sus efectos. Pone énfasis en la prevención de riesgos de desastre y no en la gestión de desastres, comprendiendo mejor su naturaleza, fortaleciendo la gobernanza en la materia y prepararse mejor para "reconstruir mejor" tiene entre sus objetivos el de aumentar sustancialmente el número de ciudades y asentamientos humanos que adopten y pongan en marcha políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación y adaptación al cambio climático y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, la reducción del riesgo de Desastres 2015- 2030 y la gestión integral del riesgo de desastres a todos los niveles.	El Marco resalta la necesidad de que los estados establezcan políticas para prevenir el riesgo de desastres sobre las políticas de gestionarlos, lo cual se traduciría en eficiencia para el crecimiento de las ciudades y centros de población y contribuiría de manera significativa a la reducción del cambio climático a través de un aprovechamiento sustentable, resiliente e incluyente de los recursos naturales.
7	Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible	Sep-15	Se compone de 17 objetivos y 169 metas. Establece una visión encaminada a la sostenibilidad económica, social y ambiental durante los próximos 15 años. Pone en el centro de sus objetivos a la igualdad y la dignidad de las personas llamando a cambiar la forma de desarrollo a largo plazo en base al respeto del medio ambiente. El objetivo 2 consiste en poner fin al hambre,	Su objetivo es lograr el crecimiento económico y desarrollo de las naciones, pero con una visión sustentable proyectados a 15 años y poniendo en el centro de esta política el bienestar de la

No.	INSTRUMENTO	FECHA DE ADOPCIÓN Y/O PUBLICACIÓN	ARTÍCULO	RELEVANCIA
			<p>lograr la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible.</p> <p>El objetivo 6 pretende garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y saneamiento para todos.</p> <p>El objetivo 7 se plantea garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.</p> <p>El objetivo 11 plantea la meta de lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.</p> <p>El objetivo 12 tiene como meta la de garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.</p> <p>El objetivo 13 plantea la adopción de medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p> <p>El objetivo 15 establece la protección, restablecimiento y promoción del uso sostenible de los ecosistemas terrestres y detener la pérdida de la biodiversidad.</p>	humanidad, guardan relación directa en el cumplimiento de dicho objetivo. Si bien es cierto, el objetivo 13 constituye el marco para la elaboración de un programa de acción ante el cambio climático, los demás objetivos señalados guardan relación directa en el cumplimiento de dicho objetivo.
8	Nueva Urbana Agenda	20-oct-16	<p>Se sustenta en 5 pilares: políticas urbanas nacionales, legislación y regulaciones urbanas, planificación y diseño urbano, economía local y finanzas municipales, e implementación local.</p> <p>Tiene la función de acelerar el cumplimiento de los objetivos del Desarrollo Sostenible, especialmente el 11 relativo a lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles a fin de proporcionar un marco integral para guiar y dar seguimiento a la urbanización en todo el mundo.</p> <p>Sus dimensiones son: sostenibilidad social, económica, ambiental y espacial. Está comprometida a incrementar la resiliencia de las ciudades frente al cambio climático y los desastres naturales; a mejorar la seguridad alimentaria; a promover ciudades atractivas y habitables y a dar prioridad a la conservación de especies endémicas.</p>	Coadyuva en el cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible impulsando el crecimiento de ciudades y asentamientos humanos, pero con una visión de sustentabilidad.
9	Acuerdo de París	04-nov-16	<p>Su objetivo es la limitación del calentamiento mundial a muy por debajo de 2° C, limitando la emisión de gases de efecto invernadero por parte de los países y al hacer un instrumento vinculante hace que todos los países se unan en una causa común.</p> <p>Reafirma que los países desarrollados deben tomar la iniciativa financiera en favor de los menos desarrollados y más vulnerables ya que la financiación de las acciones para hacer frente al</p>	El calentamiento global constituye uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la humanidad por lo que control es indispensable para reducir los efectos adversos del cambio climático. Resalta la necesidad de que los

No.	INSTRUMENTO	FECHA DE ADOPCIÓN Y/O PUBLICACIÓN	ARTÍCULO	RELEVANCIA
			cambio climático es indispensable para lograr los objetivos a nivel global.	países desarrollados contribuyan financieramente de manera significativa a los menos desarrollados para implementar las tecnologías y políticas necesarias para lograr la reducción de gases de efecto invernadero y control del calentamiento global.
10	Convención de Ramsar	02-feb-71	<p>Su finalidad es la preservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales e internacionales para lograr un desarrollo sostenible en todo el mundo.</p> <p>Objetivos estratégicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer frente a los factores que impulsan la pérdida y degradación de los humedales 2. Llevar a cabo una conservación y un manejo eficaces de la red de sitios Ramsar. 3. Realizar un uso racional de todos los humedales 	Resalta la importancia de los humedales para lograr un desarrollo sostenible en el planeta y establece los mecanismos y directrices que tendrán que adoptar los estados para su conservación en beneficio del planeta.
11	Acuerdo Escazú	de 22-abr-21	<p>Impulsa el multilateralismo de la región latinoamericana y caribeña en el cuidado del medio ambiente y el desarrollo sostenible; el derecho a la salud y a un medio ambiente sano, así como la protección al derecho a la información, participación y justicia en temas ambientales para facilitar su acceso y ejercicio. Constituye el primer tratado con disposiciones específicas para la protección a personas defensoras del medio ambiente, constituyendo una herramienta fundamental para responsabilizar a los estados ante los daños e injusticias ambientales.</p> <p>Otra gran tarea es generar alianzas con los actores de gobierno en los tres niveles y en los tres poderes de la Unión, con instituciones, órganos autónomos, organizaciones de la sociedad civil, académicos, personas defensoras de los derechos humanos, empresas, jóvenes, mujeres, pueblos y comunidades indígenas, personas con discapacidad y adultas mayores, entre otras; es decir, con la significativa participación del público, para generar acciones en la instrumentación del Acuerdo.</p>	Se requiere cada vez más una participación de la sociedad y las personas involucradas en el cuidado del medio ambiente ya que es un derecho humano universal, por lo que este acuerdo pone énfasis en la protección de los defensores del medio ambiente contra las acciones de los estados que vulneren este derecho.

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Ordenamientos legales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030

Tabla 8. Ordenamientos legales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
FEDERALES								
1	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	06-jun-23	<p>El artículo 1 establece que todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en la propia Constitución y en los tratados internacionales de los que México es parte y su ejercicio de ninguna manera podrán limitarse o restringirse, salvo en los casos específicamente señalados.</p> <p>El artículo 2 señala que contamos con una nación única e indivisible sustentada en sus pueblos originarios y entre sus prerrogativas de acuerdo a la fracción V. esta la de conservar y mejorar el hábitat y preservar la integridad de sus tierras. Asimismo, la fracción VI. señala el derecho a acceder al uso y disfrute preferente de los recursos naturales de los lugares que habitan las comunidades.</p> <p>El artículo 4 protege la igualdad entre hombres y mujeres y la protección a la familia, así como el derecho de todos ellos a un medio ambiente sano y el acceso, disposición y saneamiento de agua para uso doméstico y personal en forma saludable y suficiente, derechos que serán proporcionados y protegidos por el estado con la participación de los tres órdenes de gobierno.</p> <p>El artículo 25 señala que corresponde al estado la rectoría del desarrollo nacional garantizando que la misma será integral y sustentable.</p> <p>El artículo 27 determina que la propiedad de tierras y aguas corresponde originariamente a la</p>	<p>Constituye la ley suprema de México y constituye el marco y fundamento para la creación de leyes y ordenamientos en nuestro país. Se encuentra basada en los principios y tratados internacionales en materia de protección a los derechos humanos. La Carta Magna establece la protección de los derechos humanos fundamentales de las personas en México, entre ellos el derecho a un entorno saludable, constituyendo la base la emisión de leyes en todas las materias, incluyendo el cambio climático y todos los instrumentos que deriven de las mismas.</p> <p>Los artículos enlistados en este apartado corresponden a la protección de los derechos humanos relacionados con la protección del medio ambiente y la salud y el bienestar de las personas, así como su regulación.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			nación quien podrá transmitir su dominio a los particulares dando paso a la propiedad privada en los términos y modalidades que dicte la autoridad, siempre con una visión de protección al interés público.					
2	Ley de Planeación	06-may-15	<p>El artículo 1 establece el carácter público y de interés social de la ley cuyo objeto es: dictar las normas, principios y bases para: llevar a cabo la planeación nacional del desarrollo y en consecuencia fijar las directrices de operación a la Administración pública federal; las bases del sistema nacional de planeación democrática y promover y garantizar la participación social para alcanzar de manera conjunta los objetivos de la planeación. El artículo 2 señala que los principios de la planeación son: fracción II.- la igualdad y fracción IV. el respeto de las garantías individuales y de los derechos sociales políticos y culturales.</p>	Es un instrumento fundamental ya que fija las bases para la elaboración del Plan Nacional de Desarrollo y en consecuencia de la actuación de la Administración Pública federal durante cada periodo gubernamental. En las últimas décadas el cambio climático es una preocupación global y cuenta con el compromiso de los estados nacionales para trabajar en beneficio de la humanidad, razón por la que el mismo, constituye tema de inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo.	x	x	x	x
3	Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	01-jun-21	<p>El artículo 4 establece los principios a los que debe sujetarse la planeación territorial, a saber: derecho a la ciudad, equidad e inclusión, derecho a la propiedad urbana, coherencia y racionalidad, participación democrática y transparencia, productividad y eficiencia, protección y progresividad del espacio público, resiliencia y seguridad urbana, sustentabilidad ambiental y accesibilidad universal.</p> <p>El artículo 6 fracciones VII y IX considera como causas de utilidad pública: la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente en los centros de población y la atención de situaciones de emergencia debidas al cambio climático y</p>	Tiene la importante función de regular los asentamientos humanos y el crecimiento de las ciudades, pero ya lo hace con una visión sostenible, sustentable y de protección a los derechos humanos, lo que incide directamente en las políticas ante los efectos adversos del cambio climático. Este ordenamiento debe ser considerado para la elaboración de un programa de cambio climático en virtud de que el entorno es el bien que preservar ante los efectos adversos del cambio climático.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>fenómenos naturales, respectivamente.</p> <p>El artículo 10 fracción III señala que corresponde a los estados promover el cumplimiento a la protección de los derechos humanos en materia de ordenamiento territorial, desarrollo urbano y vivienda, en sus demarcaciones territoriales, así como la fracción XXIV contempla que le corresponde prevenir y evitar asentamientos humanos en zonas de alto riesgo.</p> <p>El artículo 33 contempla el trabajo conjunto de los tres órdenes de gobierno para la creación de zonas metropolitanas y conurbadas y su regulación y en este tenor el artículo 34 fracción X señala que es de interés metropolitano: la prevención, mitigación y resiliencia ante los riesgos del cambio climático.</p> <p>El artículo 101 señala que los tres órdenes de gobierno fomentarán políticas para que los sectores público, privado y social coadyuven en la aplicación de tecnologías que preserven y restauren el equilibrio ecológico, protejan al ambiente, impulsen las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización.</p>					
4	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	09-ene-15	<p>El artículo 1 tiene como objetivo la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección del ambiente en el territorio nacional propiciando en todo momento el desarrollo sustentable.</p> <p>El artículo 2 fracción V considera de utilidad pública la formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.</p> <p>El artículo 7 enumera las facultades de los estados en materia de protección al medio</p>	Regula las políticas, planes y programas en materia de protección al medio ambiente, entre ellos, lo referente a cambio climático. Esta Ley se encuentra alineada con los instrumentos internacionales en materia de cambio climático.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>ambiente correspondiéndole la formulación de la política estatal y su aplicación; la prevención y control de la contaminación atmosférica; la regulación de actividades que no sean altamente riesgosas; la regulación del tratamiento y disposición de los residuos sólidos e industriales no peligrosos; la regulación de la contaminación por ruido, vibraciones, energía térmica, lumínica, radiaciones electromagnéticas y olores perjudiciales al equilibrio ecológico; el aprovechamiento sustentable y la prevención de contaminación en aguas de jurisdicción estatal o nacionales asignadas; la formulación y ejecución de programas de ordenamiento ecológico; la participación en contingencias ambientales; la evaluación del impacto ambiental por obras de su competencia; la promoción del cumplimiento de la normatividad en materia ambiental y la formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático.</p> <p>El artículo 23 fracción X señala que los tres órdenes de gobierno en su respectiva competencia deberán evitar los asentamientos humanos en zonas donde las poblaciones se expongan al riesgo de desastres por impactos adversos del cambio climático.</p> <p>El artículo 41 señala que los tres órdenes de gobierno fomentarán la investigación y el uso de tecnologías para prevenir la contaminación ambiental y promover la sustentabilidad, determinar la vulnerabilidad y las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático.</p>					

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
5	Ley General de Cambio Climático	06-jun-12	<p>El artículo 1 señala que su objetivo es el establecimiento de disposiciones para enfrentar los efectos adversos del cambio climático.</p> <p>El artículo 2 señala el objeto de la ley, a saber: garantizar el derecho a un medio ambiente sano; regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero; regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático; reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas ante el cambio climático; fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico en materia de adaptación al cambio climático; promover la participación ciudadana y la transición a una economía sustentable y resiliente al cambio climático; sentar las bases para que México contribuya al cumplimiento del acuerdo de París para reducir los efectos del cambio climático.</p> <p>El artículo 5 señala que cada orden de gobierno ejercerá sus atribuciones en materia de cambio climático en su ámbito de competencia.</p> <p>El artículo 8 establece las atribuciones de los estados por lo que hace al cambio climático, correspondiéndole: formular la política, implementar las acciones, instrumentar el programa, así como su evaluación y cumplimiento; impulsar la investigación y uso de tecnologías; gestionar recursos para implementar acciones, desarrollar estrategias para impulsar un transporte público y privado eficiente y sustentable, promover la participación ciudadana elaborar el atlas de riesgo; todo ello en materia de cambio climático.</p>	<p>Para lograr un desarrollo económico sustentable y sostenido que se caracterice por una baja emisión de carbono, esta ley indica que los esfuerzos de mitigación deben iniciar con acciones de mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que logren, al mismo tiempo, beneficios ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Las acciones orientadas a la prevención y el control de las emisiones contribuyen simultáneamente a la mitigación del cambio climático en el corto plazo y a la mejora inmediata de la calidad del aire, generando efectos positivos en la salud pública y la conservación de los ecosistemas que componen el territorio nacional.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>El artículo 28 señala la obligación de la Federación para el establecimiento de una política nacional de adaptación al cambio climático con la participación de los estados y los municipios.</p> <p>El artículo 30 señala la obligación de los tres órdenes de gobierno de implementar acciones para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático.</p> <p>El artículo 33 establece los objetivos de las políticas públicas para la mitigación, a saber: promover la protección del medio ambiente y la sustentabilidad; reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; promover la sustitución de combustibles fósiles y la eficiencia energética; desarrollar inventivos fiscales para impulsar a las empresas e industria socialmente responsables; promover un transporte público sustentable.</p> <p>El artículo 34 señala que la Federación, estados y municipios promoverán el diseño y la elaboración de políticas y acciones de mitigación asociadas a los sectores correspondientes.</p> <p>El artículo 38 determina que los tres órdenes de gobierno establecerán las bases de coordinación para el establecimiento del Sistema Nacional de cambio Climático.</p> <p>El artículo 58 fracción V establece que entre los instrumentos de planeación de la política nacional de cambio climático se encuentran los programas de las entidades federativas.</p> <p>El artículo 59 señala que las dos vertientes en materia de cambio climático son: la proyección de los periodos constitucionales de cada administración federal y estatal y la proyección en</p>					

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>mediano y largo plazos que tendrán previsiones a diez, veinte y cuarenta años, conforme se determine en la Estrategia Nacional.</p> <p>El artículo 60 establece que la estrategia Nacional constituye el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazos para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono.</p> <p>El artículo 65 establece que las acciones que se incluyan en los programas sectoriales y de las entidades federativas deberán ser congruentes con la estrategia nacional y esta ley.</p> <p>El artículo 71 señala que los programas de los estados en materia de cambio climático que regirán durante cada periodo gubernamental deberán estar alineados con la Estrategia Nacional, el Programa y esta ley.</p> <p>El artículo 72 señala los elementos que deben incluir los Programas de las entidades federativas en materia de cambio climático, a saber: la planeación a largo plazo, los escenarios de cambio climático, los diagnósticos de vulnerabilidad y resiliencia, las metas y acciones y las medidas de adaptación y mitigación.</p> <p>El artículo 73 señala que la Estrategia Nacional, el Programa y los programas de las Entidades Federativas deberán contener las previsiones para el cumplimiento de los objetivos, principios y disposiciones para la mitigación y adaptación previstas en la presente Ley.</p> <p>El artículo 91 establece que Federación y estados deberán implementar mecanismos económicos que incentiven el</p>					

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			cumplimiento de los objetivos de la política nacional en materia de cambio climático. El artículo 109 señala que Federación, estados y municipios deberán incentivar la participación ciudadana en materia de cambio climático.					
6	Ley de Transición Energética	24-dic-15	El artículo 1 señala que el objeto de la ley es el de regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica, manteniendo la competitividad de los sectores productivos. El artículo 2 establece el objeto de la ley, a saber: prever el aumento gradual de energías limpias en la industria eléctrica; cumplir las metas de energía limpia y eficiencia energética; incorporar las externalidades en la evaluación de costos en la operación de la industria eléctrica, incluidos salud y medio ambiente; promover el uso de energías limpias, reducción de emisiones contaminantes y aprovechamiento sustentable de la energía.	La regulación de la transición a energías limpias en el sector eléctrico es uno de los aspectos medulares para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático	x	x	x	x
7	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable	28-abr-22	El artículo 1 señala que el objeto de la ley es regular y fomentar el manejo integral y sustentable de los territorios forestales, la conservación, protección, restauración, producción, ordenación, el cultivo, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del país y sus recursos; así como distribuir las competencias en materia forestal a cada orden de gobierno para fomentar el desarrollo forestal sustentable. Los artículos 2 y 3 señalan los objetivos de la ley: el manejo integral sustentable de los	La conservación de las áreas forestales es de vital importancia para el desarrollo sustentable y sostenible del planeta, por lo que resulta especialmente importante que la legislación de la materia ya tenga una visión alineada a las políticas dictadas en la materia por los instrumentos y tratados internacionales que ya tienen una visión sostenible y de protección al medio ambiente y a las personas. La protección, preservación y restauración de las áreas forestales es de vital importancia para hacer frente al cambio climático, debido a los beneficios ambientales que éstas áreas	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>recursos forestales; promover el desarrollo científico y tecnológico; impulsar la silvicultura y el aprovechamiento sustentable; acrecentar la biodiversidad forestal ; promover acciones para dar cumplimiento a los tratados internacionales en materia de cambio climático.</p> <p>El artículo 11 señala las facultades y obligaciones de los estados en materia forestal, correspondiéndoles: diseñar y aplicar su política forestal; participar en la política nacional y regional en materia forestal; elaborar el Inventario Estatal Forestal y participar en el Sistema Nacional Forestal; promover la investigación y educación; prevenir y combatir incendios, así como restaurar las áreas afectadas, coadyuvar con los demás órdenes de gobierno en la elaboración de estrategias para reducir emisiones por deforestación y degradación forestal.</p>	otorgan al medio ambiente y a la humanidad.				
8	Ley de Vivienda	14-may-19	<p>El artículo 1 señala que el objeto de la ley es el de establecer y regular la política nacional, los programas, los instrumentos y apoyos para que toda familia pueda disfrutar de vivienda digna y decorosa.</p> <p>El artículo 6 establece que la política nacional de vivienda debe establecer mecanismos para que la construcción de viviendas respete el entorno ecológico, la preservación de los recursos naturales y que constituya un factor de sustentabilidad ambiental, ordenamiento territorial y desarrollo urbano.</p> <p>El artículo 71 señala la coadyuvancia de las autoridades federales y locales para que las viviendas cumplan con vivienda digna y garanticen la seguridad estructural y la adecuación al</p>	<p>La vivienda constituye uno de los elementos esenciales del desarrollo urbano y el ordenamiento territorial, pero este crecimiento de acuerdo con las necesidades actuales del país y del mundo debe poner en el centro de sus políticas a las personas y al medio ambiente para lograr un crecimiento a largo plazo sustentable y sostenible que permita una forma de vida en un entorno saludable, incluyente, igualitario y resiliente.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>clima con criterios de sustentabilidad, eficiencia energética y prevención de desastres, promoviendo a la vez el uso de ecotecnologías.</p> <p>El artículo 74 señala que las acciones de vivienda deben ajustarse a las necesidades de la población y mitigando los impactos sobre el medio ambiente.</p>					
9	Ley de Aguas Nacionales	08-may-23	<p>El artículo 1 señala que el objeto de la ley es el de regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable.</p> <p>El artículo 14BIS 5 establece los principios que sustentan la política hídrica nacional señalando que el agua es un bien público federal, vital, finito, con valor social, económico y ambiental y su preservación es tarea fundamental del estado y la sociedad.</p> <p>El artículo 85 establece la necesidad de cooperación y coadyuvancia de todos los actores públicos y privados en el correcto manejo del agua para su cuidado y preservación.</p>	<p>El agua es un elemento finito e indispensable para el desarrollo de la humanidad por lo que su cuidado a través de una adecuada regulación es de mediana importancia para lograr el bienestar de las personas y el entorno de la presente y futuras generaciones. La protección de este vital líquido debe ser incluido en la elaboración del programa de cambio climático ya que constituye uno de los elementos fundamentales para la supervivencia del ser humano.</p>	x	x	x	x
10	Ley General de Prevención y Gestión Integral de los Residuos	22-may-15	<p>El artículo 1 establece que el objeto de la ley es el de garantizar el derecho de toda persona al medio ambiente sano y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención de la generación, la valorización y la gestión integral de los residuos peligrosos, de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial; prevenir la contaminación de sitios con estos residuos y llevar a cabo su remediación.</p> <p>El artículo 2 señala los principios que deben observarse en el manejo de los residuos: derecho de toda persona a un medio</p>	<p>Debemos tener claro que la generación de residuos incide directamente en la contaminación del planeta y es indispensable una adecuada regulación de estos para impactar de manera positiva en el cuidado del medio ambiente y de la salud de sus habitantes, lo que desde luego y a largo plazo se reflejará en la disminución de los efectos adversos del cambio climático.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>ambiente adecuado; priorizar el interés público y desarrollo nacional sustentable; prevención y minimización en la generación de residuos; responsabilidad compartida; valorización, tratamiento, reciclamiento y manejo sustentable de los residuos; fomento tecnológico y educación y derecho a la información.</p> <p>El artículo 9 establece las facultades de los estados en materia de manejo de residuos, a saber: formular su política y aplicarla, acorde a las políticas nacionales, crear la infraestructura necesaria para el adecuado manejo de residuos; participar con la Federación en el establecimiento de un sistema para la prevención de contingencias ambientales derivadas de la gestión de residuos y promover la biotecnología y la participación de los sectores privado y social.</p> <p>Los artículos 37, 38 y 39 contemplan la participación de los tres órdenes de gobierno en la integración del Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos y la emisión de infórmese inventarios.</p> <p>El artículo 96 señala las acciones que deben llevar a cabo los tres órdenes de gobierno para proteger la salud y prevenir la contaminación ambiental.</p>					
11	Ley Orgánica de la Administración Pública Federal	30-nov-18	<p>El artículo 1 señala que este ordenamiento establece las bases de organización de la Administración Pública Federal, centralizada y paraestatal.</p> <p>El artículo 32 establece las facultades y obligaciones de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales que en su fracción XVI señala: Formular y conducir la política nacional sobre cambio climático y la capa</p>	<p>La administración pública constituye el eje medular para la aplicación de las políticas en cualquier ámbito y en este caso, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, se encarga de emitir las directrices para la emisión y aplicación de los planes y programas en materia de cambio climático, dictan también las directrices que deberán seguir los estados para la emisión de sus propios programas de cambio climático a nivel local.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			de ozono y en la XXXIV establece que le corresponde: Elaborar y aplicar, en coordinación con las Secretarías de Agricultura y Desarrollo Rural; de Salud; de Comunicaciones y Transportes; de Economía; de Turismo; de Bienestar; de Gobernación; de Marina; de Energía; de Educación Pública; de Hacienda y Crédito Público; de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y de Relaciones Exteriores, las políticas públicas encaminadas al cumplimiento de las acciones de mitigación y adaptación que señala la Ley General de Cambio Climático.					
12	Ley General de Protección Civil	06-nov-20	<p>El artículo 1 establece que tiene por objeto establecer las bases de coordinación entre los distintos órdenes de gobierno en materia de protección civil.</p> <p>El artículo 3 señala que los distintos órdenes de gobierno tratarán de que las políticas en materia de protección civil, se sustenten en la gestión integral de riesgo.</p> <p>El artículo 17 establece la obligación de cada orden de gobierno dentro de su ámbito de competencia para integrar los sistemas de protección civil.</p> <p>Los artículos 82 y 83 señala la obligación del gobierno federal y los estados para cerrar los sistemas de información y la elaboración de los atlas de riesgo.</p> <p>El artículo 85 fracción III establece como autoridad competente en materia de protección civil a las entidades federativas.</p> <p>El artículo 86 señala que los atlas de riesgo deberán establecer los diferentes niveles de peligro, mismos que deberán considerarse para el establecimiento de</p>	Actualmente resulta fundamental contar con programas enfocados en la gestión integral de riesgos. Esta gestión va desde la prevención hasta el manejo de desastres causados por fenómenos naturales, para lo cual es necesario contar con la información que permita dicho manejo. En este tenor es importante resaltar la creación y actualización permanente de los atlas de riesgo que permiten contar con este esquema y así prevenir o tratar adecuadamente los desastres, cabe señalar que muchos de los desastres causados por fenómenos naturales están directamente relacionados con el cambio climático, debido a los efectos adversos a corto, mediano y largo plazo que causan al entorno, por lo que su inclusión en este Programa es fundamental para contar con un mapa adecuado del territorio y sus condiciones climáticas actuales.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			asentamientos humanos y construcciones. El artículo 91 establece la obligación de atender los efectos negativos provocados por fenómenos meteorológicos en el sector rural y en su caso, su protección.					
ESTATALES								
13	Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala	13-sep-21	El artículo 1 reconoce al Estado de Tlaxcala como parte integrante de la Federación y que es libre y soberano en cuanto a su régimen interior, reconociendo asimismo su composición pluricultural su obligación al respecto de los derechos humanos de los habitantes de su demarcación. El artículo 26 fracción V garantiza como derecho social y de solidad el que toda persona tiene derecho a gozar de un medio ambiente saludable. La ley determinará las medidas que deberán llevar a cabo las autoridades para protegerlo, preservarlo, restaurarlo y mejorarlo.	Constituye el instrumento primario del que se derivan los ordenamientos y políticas para la gobernabilidad en el estado, mismo que se encuentra alineado con la Constitución Federal.	x	x	x	x
14	Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala	04-sep-18	El artículo 1 señala el objeto de la ley: establecer las bases de la planeación y administración del ordenamiento territorial y el desarrollo urbano; la concurrencia estado- municipios en la ordenación y regulación de los asentamientos humanos; definición de atribuciones del estado y ayuntamientos para planear y regular el ordenamiento territorial y desarrollo urbano; y la participación ciudadana en la elaboración de planes y proyectos de desarrollo urbano y ordenamiento territorial. El artículo 2 señala que todas las personas sin ningún tipo de discriminación ni distinción tienen derecho a disfrutar de ciudades y asentamientos humanos en condiciones	Regula el ordenamiento territorial y desarrollo urbano en la entidad, considerando estrategias y proyectos para el desarrollo integral, que articulen los distintos ordenamientos, planes o programas de desarrollo social, económico, urbano, turístico, ambiental y de cambio climático.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>sustentables, resilientes, saludables y seguras.</p> <p>El artículo 11 fracciones VIII y IX señala que la planeación y ordenamiento territorial deben observar los principios de resiliencia, seguridad urbana y riesgos y sustentabilidad ambiental.</p> <p>El artículo 13 fracción IX determina como causa de utilidad pública la atención de situaciones de emergencia debidas al cambio climático y fenómenos naturales.</p> <p>El artículo 202 fracción XII señala que estado y municipios fomentarán La aplicación de tecnologías que preserven y restauren el equilibrio ecológico, protejan al ambiente, impulsen las acciones de adaptación y mitigación al cambio climático, reduzcan los costos y mejoren la calidad de la urbanización.</p>					
15	Ley de Protección al Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible del Estado de Tlaxcala	02-jun-22	<p>El artículo 2 señala que el objeto de la ley es la preservación y protección al ambiente, la restauración del equilibrio ecológico, la regulación y la distribución de competencias propiciando el desarrollo sostenible y garantizando el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano y en su fracción XVII deberá establecer las bases para: Diseñar, desarrollar y aplicar instrumentos de adaptación y mitigación para atender los efectos adversos del cambio climático.</p> <p>El artículo 7 fracciones VI y XI señalan que corresponde al ejecutivo estatal: Elaborar estrategias en conjunto con organismos estatales y municipales para reducir los impactos ambientales en materia de agua, aire y suelo, así como para llevar a cabo acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático; aprobar a</p>	Regula a nivel estatal las políticas, planes y programas en materia de protección al medio ambiente, entre ellas la referente a cambio climático.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			propuesta de la Secretaría de Medio Ambiente, los programas que incidan entre otras, en el diseño e implementación de programas, estrategias y acciones de mitigación y de adaptación al cambio climático en el largo plazo.					
16	Ley de Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala	21-abr-23	<p>El artículo 1 señala que el objeto de la ley es el de establecer las disposiciones y políticas públicas que permitan la mitigación, adaptación y resiliencia al cambio climático.</p> <p>El artículo 2 señala los objetivos específicos de la ley, a saber: garantizar el derecho de todos a un medio ambiente sano; definir la política estatal e instrumentarla en materia de cambio climático; establecer las competencias y coordinación de estado y municipios; instrumentar las acciones para la adaptación, mitigación y resiliencia al cambio climático; fomentar la educación y desarrollo tecnológico; impulsar la participación ciudadana e impulsar una economía sustentable.</p> <p>El artículo 7 fracción I señala que corresponde a la persona titular del Ejecutivo: Formular, evaluar y conducir la política pública estatal en materia de cambio climático, en concordancia con lo previsto en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el Plan Estatal de Desarrollo, y el Programa Estatal;</p> <p>El artículo 9 otorga a la secretaría de Medio Ambiente atribuciones en materia de cambio climático, siendo la responsable de la política en la materia dentro del estado.</p> <p>El artículo 15 señala los principios a que deben sujetarse las autoridades estatales en materia de cambio climático,</p>	<p>En armonía con la ley federal este ordenamiento establece las regulaciones a nivel estatal para lograr un desarrollo económico sustentable y sostenido que se caracterice por una baja emisión de carbono, esta ley indica que los esfuerzos de mitigación deben iniciar con acciones de mayor potencial de reducción de emisiones al menor costo y que logren, al mismo tiempo, beneficios ambientales, sociales y económicos.</p> <p>Las acciones orientadas a la prevención y el control de las emisiones contribuyen simultáneamente a la mitigación del cambio climático en el corto plazo y a la mejora inmediata de la calidad del aire, generando efectos positivos en la salud pública y la conservación de los ecosistemas que componen el territorio nacional.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>tanto en adaptación como en mitigación.</p> <p>El artículo 16 establece que en la adopción de medidas e instrumentación de políticas en materia de cambio climático se deberán respetar los derechos humanos.</p> <p>El artículo 17 señala que la política estatal de adaptación frente al cambio climático se sustentará en instrumentos de diagnóstico, planificación, medición, monitoreo, reporte, verificación y evaluación, y tiene por objeto atender las demandas institucionales, sociales y territoriales diversas en condiciones de vulnerabilidad resultante de las distintas características geo climáticas y de los sectores productivos y sociales presentes en el Estado, en un contexto de descentralización y subsidiariedad.</p> <p>El artículo 18 establece los objetivos específicos de la política estatal en materia de adaptación al cambio climático, a saber: reducir la vulnerabilidad social y de los ecosistemas; fortalecer la resiliencia; prevenir riesgos; minimizar daños; planear el desarrollo con base en el atlas de riesgo; fomentar la seguridad alimentaria e implementar acciones de adaptación.</p> <p>El artículo 25 reconoce a los instrumentos internacionales para la elaboración de planes y programas en materia de cambio climático.</p> <p>El artículo 41 reconoce como instrumentos de la política estatal en materia de Cambio Climático son: I. El Plan Estatal de Desarrollo; II. El Programa Estatal de Cambio Climático; III. El Programa Especial, y IV. Los programas municipales de acción climática.</p>					

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
17	Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Tlaxcala	17-agosto-04	<p>El artículo 1 señala que su objeto es el de regular y fomentar la conservación, protección, restauración, manejo y aprovechamiento de los ecosistemas forestales del Estado de Tlaxcala.</p> <p>El artículo 20 señala que la política estatal forestal debe promover el desarrollo forestal sustentable con criterios específicos de sustentabilidad para el estado.</p> <p>El artículo 32 define a la ordenación forestal como el instrumento que agrupa y ordena los terrenos forestales con fines de manejo y para contribuir al desarrollo forestal sustentable.</p>	En armonía con la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable este ordenamiento regula a nivel estatal la conservación de las áreas forestales para el desarrollo sustentable y sostenible del planeta. La protección, preservación y restauración de las áreas forestales es de vital importancia para hacer frente al cambio climático, debido a los beneficios ambientales que estas áreas otorgan al medio ambiente y a la humanidad.	x	x	x	x
18	Ley de Aguas para el Estado de Tlaxcala	10-mayo-21	<p>El artículo 1 señalan que la ley regula la gestión integral de los recursos hídricos, haciendo énfasis en el valor social, ambiental y económico de los recursos, la participación y la corresponsabilidad de los usuarios. Su fin es el de respetar, proteger y garantizar el derecho humano al agua.</p> <p>El artículo 4 garantiza el acceso de todas las personas al uso del agua para su beneficio personal y doméstico.</p> <p>El artículo 9 fracciones I, IV y VII señala que corresponde al Ejecutivo estatal la formulación del Sistema estatal del Agua que comprenderá entre otras, las políticas de gestión integral; la creación y administración de obras para el desarrollo de proyectos hídricos y prevenir y controlar la contaminación en su jurisdicción.</p> <p>El artículo 15 señala que el programa rector comprende la instauración y manejo de la infraestructura para el tratamiento y saneamiento de aguas residuales en el marco del desarrollo sustentable del estado.</p>	La preservación del agua constituye un elemento fundamental para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático por lo que su cuidado y regulación resultan necesarios para lograr los objetivos en beneficio, del estado, de la nación y del planeta. Los ordenamientos enlistados se vinculan directamente con el saneamiento, uso racional, control de su contaminación y aprovechamiento sustentable. Si bien es cierto, estamos hablando de un bien nacional se requiere la coadyuvancia de los estados para un óptimo manejo y preservación de esta.	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>El artículo 127 señala que el titular del ejecutivo del estado deberá establecer limitaciones en el uso y explotación , emitir zonas de veda y declara reservas de agua para evitar que se ponga en riesgo el equilibrio de los acuíferos.</p>					
19	Ley de Residuos del Estado de Tlaxcala	15-jun-23	<p>El artículo 1 garantiza el derecho de las personas a un medio ambiente sano para su desarrollo, bienestar y salud, propiciar el desarrollo sostenible en la entidad.</p> <p>El artículo 4 señala los principios que deben observarse en la política de instauración y manejo de residuos sólidos, a saber: acceso a la información, responsabilidad compartida, fortalecimiento institucional, participación ciudadana, separación en la fuente, reducción o minimización de la generación, residuo cero, responsabilidad del generador, sostenibilidad financiera, protección de derechos humanos y trazabilidad.</p> <p>El artículo 9 señala las atribuciones del titular del ejecutivo en materia de gestión de residuos: aprobar el programa, expedir los ordenamientos reglamentarios y celebrar convenios con otros estados, la Federación y los municipios.</p> <p>El artículo 10 señala que son facultades de la Secretaría de medio ambiente: formular la política y el programa estatal, autorizar la instalación y operación de sistemas de manejo, definir y aplicar medidas preventivas para evitar contingencias ambientales y contaminación e incentivar la participación social, todo en materia de residuos sólidos.</p>	<p>La generación de residuos incide directamente en la contaminación del planeta y es indispensable una adecuada regulación de estos para impactar de manera positiva en el cuidado del medio ambiente y de la salud de sus habitantes, lo que desde luego y a largo plazo se reflejará en la disminución de los efectos adversos del cambio climático. Esta tarea si bien es cierto, se regula en una ley federal, tiene mayor incidencia en la labor de los estados y mucho mayor en la de los municipios.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
20	Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tlaxcala	02-jun-22	<p>El artículo 1 señala que se trata del ordenamiento que regula la organización, funcionamiento y coordinación de la administración pública del Estado de Tlaxcala.</p> <p>Los artículos 57 y 58 señalan que la Secretaría de Medio Ambiente es la dependencia encargada de elaborar, ejecutar y evaluar la política en materia ambiental y de cuidado y conservación de los recursos naturales y enumera sus facultades y atribuciones.</p>	<p>En armonía con el ordenamiento federal de la materia, este ordenamiento regula la actuación de las autoridades en cada materia a nivel estatal. En este caso, se hace especial mención a las autoridades ambientales por ser las encargadas de emitir los instrumentos en materia de cambio climático.</p>	x	x	x	x
21	Ley de Protección Civil para el Estado de Tlaxcala	05-jul-13	<p>El artículo 1 señala que su objeto es el de regular las acciones de protección civil dentro de su territorio, establecer las bases para la integración y el funcionamiento del Sistema Estatal de Protección Civil, así como promover la participación ciudadana y fomentar la cultura de la protección civil en el Estado.</p> <p>El artículo 4 señala que las políticas estatales en materia de protección civil deberán alinearse a lo establecido por los planes Nacional y Estatal de Desarrollo, así como a los programas Nacional y Estatal de Protección Civil.</p> <p>El artículo 33 establece la creación del Sistema Estatal de Protección Civil con la participación de los sectores social y privado y los municipios.</p> <p>El artículo 87 señala que el gobierno del estado establecerá mecanismos para atender los efectos negativos causados por fenómenos climatológicos en el sector rural.</p>	<p>En concordancia con los instrumentos federales en la materia, para la elaboración del Programa de Acción ante el Cambio Climático resulta necesario contar con un panorama actualizado de los Atlas de Riesgo a nivel estatal con la finalidad de prevenir o aminorar el impacto causado por los desastres naturales, lo que redundaría directamente en una elaboración veraz de los Programas de Acción.</p>	x	x	x	x
22	Ley de Turismo del Estado de Tlaxcala	02-jun-22	<p>El artículo 1 define que la materia turística comprende los procesos que se derivan de las actividades que realizan las personas durante sus viajes y estancias temporales en lugares distintos al de su entorno habitual, con fines de ocio y otros motivos.</p>	<p>La regulación del turismo resulta fundamental para controlar las actividades extraordinarias sobre el entorno, provocadas por el flujo continuo, constante y temporal de personas, así como por el posible impacto negativo de esta actividad sobre el medio ambiente.</p>	x	x	x	x

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	ARTÍCULO	IMPLICACIONES	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>El artículo 2 señala que el objeto de la ley es: establecimiento de atribuciones de autoridades estatales y municipales; fomento del desarrollo turístico mediante la coordinación con los sectores público, privado y social; impulso y desarrollo de atractivos turísticos naturales con visión de preservación y protección ecológica, con protección al turista y equidad de género.</p> <p>El artículo 9 fracción XXXII señala que corresponde a la Secretaría de Turismo coadyuvar con las autoridades competentes en la aplicación de los instrumentos de política ambiental y de cambio climático, en materia turística.</p> <p>El artículo 10 fracción II señala que la Secretaría de Truismo coadyuvará con la de Medio Ambiente para la instrumentación de los programas y medidas para la preservación de los recursos naturales, prevención de la contaminación, promover el turismo de naturaleza y el de bajo impacto; así como para el mejoramiento ambiental de las actividades e instalaciones turísticas.</p> <p>El artículo 31 fracción III señala que en la planeación del desarrollo turístico se observará el aprovechamiento eficiente y racional de los recursos naturales, salvaguardando en todo caso el equilibrio ecológico y protección al ambiente.</p> <p>El artículo 84 define al turismo sustentable como una actividad comprometida a un bajo impacto sobre el medio ambiente y cultural, pero al mismo tiempo contribuye a la generación de <u>ingresos y empleo</u>.</p>					

Fuente: Elaboración propia, Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala.

Abreviaturas

PDH: Protección a derechos humanos

PG: Perspectiva de genero

PA: Protección ambiental

VS: Visión sostenible

2.3 Instrumentos de planeación vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030

Tabla 9. Instrumentos de planeación vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
FEDERALES								
1	Plan Nacional de Desarrollo	12-jul-19	<p>Los principios rectores del Plan son:</p> <p>1. Libertad e igualdad. - Se priorizarán las libertades sobre las prohibiciones y el principio rector de las políticas será la igualdad para todos.</p> <p>2. Desarrollo sostenible. - Se impulsa el desarrollo sostenible como factor indispensable de bienestar para las generaciones presentes y futuras.</p> <p>3. Desarrollo urbano y vivienda. - Se busca aminorar el contraste económico y social de las zonas poblacionales, disminuyendo la brecha de desigualdad en materia de desarrollo urbano y vivienda.</p> <p>4. Proyectos regionales. - El Programa Nacional de Reconstrucción se encuentra orientado a la población más afectada por los sismos de septiembre de 2017 y febrero de 2018 y con especial énfasis a la población más vulnerable.</p> <p>Los ejes que soportan el Plan son:</p> <p>I. Política y gobierno: Erradicar la corrupción, el despilfarro y la frivolidad; Recuperar el estado de derecho; Separar el poder político del poder económico; Cambio de paradigma en seguridad; Hacia una democracia participativa; Revocación del mandato; Consulta popular; Mandar obedeciendo; Política exterior: recuperación de los principios; Migración: soluciones de raíz; Libertad e Igualdad.</p> <p>II. Política social: Construir un país con bienestar; Desarrollo sostenible; Salud para toda la población; Cultura para la paz, para el bienestar y para todos.</p> <p>III. Economía: Detonar el crecimiento; Mantener finanzas sanas; No más incrementos impositivos; Respeto a los contratos existentes y aliento a la inversión privada; Rescate del sector energético; Impulsar la reactivación económica, el mercado interno y el</p>	Constituye el instrumento rector de la planeación nacional y dicta al inicio de cada periodo gubernamental las directrices que deberán seguirse para el adecuado desarrollo de la nación. Uno de los temas fundamentales lo es el cuidado y preservación del medio ambiente y en este tenor, se incluye el cambio climático, por tratarse de uno de los problemas actuales que requieren mayor atención en materia de políticas públicas.	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			empleo; Creación del Banco del Bienestar; Construcción de caminos rurales; Cobertura de Internet para todo el país; Proyectos regionales; Autosuficiencia alimentaria y rescate del campo; Ciencia y tecnología; El deporte es salud, cohesión social y orgullo nacional.					
2	Estrategia Nacional de Cambio Climático 10-20-40 de visión	junio 2013	<p>Objetivo: La Estrategia Nacional de Cambio Climático es el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazo para enfrentar los efectos del cambio climático y transitar hacia una economía competitiva, sustentable y de bajas emisiones de carbono. Al ser el instrumento rector, éste describe los ejes estratégicos y líneas de acción a seguir con base en la información disponible del entorno presente y futuro, para así orientar las políticas de los tres órdenes de gobierno, al mismo tiempo que fomentar la corresponsabilidad con los diversos sectores de la sociedad. Esto con el objetivo de atender las prioridades nacionales y alcanzar el horizonte deseable para el país en el largo plazo.</p> <p>Este instrumento tiene una visión de largo plazo que plantea que el país crecerá de forma sostenible y promoverá el manejo sustentable y equitativo de sus recursos naturales, así como la utilización de energías limpias y renovables que permitan un desarrollo con baja emisión de gases y compuestos de efecto invernadero.</p> <p>Alcance: Es importante mencionar que la Estrategia no es exhaustiva y no pretende definir acciones concretas de corto plazo ni con entidades responsables de su cumplimiento. A nivel federal, el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) definirá los objetivos sexenales y acciones específicas de mitigación y adaptación cada seis años, mientras señala entidades responsables y metas. A nivel local, de acuerdo con lo dispuesto en la LGCC y en sus respectivos ámbitos de competencia, serán los programas de las entidades federativas en materia de cambio climático y los programas municipales de cambio climático. El</p>	Esta Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) es el instrumento de planeación que define la visión de largo plazo y que además rige y orienta la política nacional con una ruta a seguir que establece prioridades nacionales de atención y define criterios para identificar las prioridades regionales en materia de cambio climático.	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>conjunto de dichos instrumentos de planeación, la operación efectiva del marco institucional previsto en la Ley General de Cambio Climático, el desarrollo de los instrumentos económicos y el diseño de herramientas técnicas apropiadas en concordancia con esta Estrategia permitirán concretar las metas de mediano y largo plazo.</p> <p>Para alcanzar esta visión con base en una ruta 10-20-40 años la Estrategia define los pilares de la política nacional del cambio climático que sustenten los ejes estratégicos en materia de adaptación que nos dirijan hacia un país resiliente y los de mitigación hacia un desarrollo bajo en emisiones.</p> <p>Para llegar a los objetivos en adaptación y mitigación la Estrategia integra un apartado que presenta los aspectos fundamentales: contar con políticas transversales, coordinadas y articuladas; desarrollar políticas fiscales e instrumentos económicos y financieros con enfoque climático; fomentar la investigación; promover una cultura climática en la sociedad; instrumentar mecanismos de Medición, Reporte y Verificación, así como Monitoreo y Evaluación; y fortalecer la cooperación internacional</p>					
3	Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024	08-nov-21	<p>El Gobierno de México asume a través de esta visión, instrumentada en cuatro Objetivos Prioritarios, 24 Estrategias y 169 acciones puntuales que integran el PECC 2021-2024, el compromiso de atender los problemas públicos derivados del cambio climático, asumiendo la responsabilidad de disminuir la vulnerabilidad de la población, la biodiversidad, los sectores productivos y la infraestructura, considerando estrategias transversales que apoyan los procesos para fortalecer la seguridad alimentaria y la gestión de los recursos hídricos ante un contexto de cambio climático. De igual manera reafirma su responsabilidad impulsando acciones que contribuyan a reducir las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.</p>	<p>El Programa Especial de Cambio Climático (PECC) 2021-2024 es un instrumento clave para la implementación de acciones para que México enfrente los impactos negativos del cambio climático sobre el patrimonio biocultural, la infraestructura nacional, la economía y el Estado de Bienestar. Con base en la visión de largo plazo reflejada en</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>La vulnerabilidad al cambio climático, debe ser atendida desde una perspectiva integral, interdisciplinaria e interinstitucional, que privilegie un enfoque preventivo, en el que se fortalezcan capacidades locales, protocolos de prevención y atención y en general, se fortalezcan los sistemas de alerta temprana, integrando información de fenómenos hidrometeorológicos extremos, transitando hacia un enfoque preventivo de la gestión de riesgo de desastres, superando el carácter reactivo y de atención a emergencias y desastres que ha prevalecido. El integrar los saberes tradicionales y el mejor conocimiento científico, reconociendo la relación de los sistemas naturales, sociales y económicos y una visión de largo plazo son necesarios para hacer posible la acción climática. Para el Gobierno de México, la adaptación al cambio climático es una prioridad.</p>	<p>los compromisos adquiridos internacionalmente, incluyendo la Estrategia de Medio Siglo, y a nivel nacional, en particular la Estrategia Nacional de Cambio Climático, el PECC, instrumento de planeación derivado de la Ley General de Cambio Climático, se inserta en un marco de reflexión y de acción amplio en el contexto de la emergencia climática que enfrentan México y el planeta.</p>				
4	Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano	02-jun-21	<p>La formulación del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano (PNOTDU) tiene como base el territorio, que es el elemento transversal de la mayoría de las políticas de la Administración Pública Federal, en el que se encuentran desigualdades y brechas sociales que implican la intervención conjunta de los tres órdenes de gobierno, así como los sectores público, social y privado, con el objeto de contar con un instrumento de planeación que bajo el principio “No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera”, establece la reorientación de los usos, ocupación y aprovechamiento sostenible del territorio; integra las dimensiones ambiental, social, cultural y económica; trasciende los ámbitos rural y urbano al considerar las escalas municipal, metropolitana, estatal, regional y nacional; promueve el cuidado de la biodiversidad y reconcilia a las personas con su entorno natural.</p> <p>El Programa se integra de 6 objetivos prioritarios:</p>	<p>Es un Programa de carácter transversal por lo que resulta sustantivo en la elaboración de los diversos programas, ya que dicta los lineamientos a seguir en materia de ordenamiento territorial, tema que incide directamente el en cambio climático.</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>1. Impulsar un modelo de desarrollo territorial equilibrado y sostenible, para el bienestar de la población y su entorno.</p> <p>2. Promover un desarrollo integral en los sistemas urbano-rurales y en las zonas metropolitanas.</p> <p>3. Transitar a un modelo de desarrollo urbano orientado a ciudades sostenibles, ordenadas, equitativas, justas y económicamente viables, que reduzcan las desigualdades socioespaciales en los asentamientos humanos.</p> <p>4. Potencializar las capacidades organizativas, productivas y de desarrollo sostenible; del sector agrario, de las poblaciones rurales y, de los pueblos y comunidades indígenas y afromexicanas en el territorio, con pertinencia cultural.</p> <p>5. Promover el hábitat integral de la población en la política de vivienda adecuada.</p> <p>6. Fortalecer la sostenibilidad y las capacidades adaptativas en el territorio y sus habitantes, atendiendo la degradación ambiental, para propiciar la sostenibilidad del territorio y fortalecer las capacidades adaptativas de la población.</p> <p>Resulta de cardinal importancia establecer estrategias territoriales para la mitigación y adaptación ante el cambio climático, el cual es un proceso que de manera directa o indirecta se ha visto incrementado de manera importante por las actividades humanas, donde la mayor causa de la explosiva aceleración de dicho proceso, son las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), derivados de las actividades humanas y la reducción de los ecosistemas naturales, repercutiendo de manera evidente en el planeta y la calidad de vida de los seres vivos que la habitamos.</p>					
5	Programa Nacional de Vivienda	04-jun-21	El Programa Nacional de Vivienda 2021-2024, es uno de los primeros esfuerzos hechos a raíz de los cambios normativos que confirieron a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano la rectoría pública en materia de vivienda. Este Programa es pionero en el	Es sustantivo, al ser la vivienda uno de los ejes primarios del crecimiento de las ciudades y centros de población con el consiguiente	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>mundo por su alineación a los criterios de vivienda adecuada de la ONU.</p> <p>El Programa Nacional de Vivienda tiene como base programática el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND), el cual establece como puntos nodales de éste: construir un país de bienestar, erradicar la corrupción e impulsar el desarrollo sostenible, donde la vivienda social será una prioridad.</p> <p>Los objetivos prioritarios del Programa son: 1) garantizar el derecho a la vivienda; 2) garantizar la coordinación entre los organismos nacionales de vivienda y los distintos órdenes de gobierno para un uso eficiente de los recursos; 3) fomentar con los sectores social y privado el derecho a la vivienda adecuada; 4) asegurar el derecho a la información y la rendición de cuentas; y 5) establecer un modelo de ordenamiento territorial que tenga como elemento central a la vivienda adecuada.</p>	<p>impacto en el medio ambiente y el entorno, lo que incide directamente en el comportamiento a nivel global del cambio climático, debiendo en consecuencia, ser considerado en la elaboración de un programa de acción ante el cambio climático.</p>				
6	Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024	09-dic-22	<p>Los objetivos prioritarios del Programa son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Incrementar la capacidad del mercado de reciclaje de residuos sólidos urbanos, en todo el país. 2. Promover la adecuación del marco regulatorio para una gestión integral sustentable de residuos. 3. Promover la creación de infraestructura y equipamiento necesario para el manejo sustentable de los residuos. 4. Promover las condiciones para profesionalizar, desarrollar y fortalecer la economía de las instituciones y del sector informal que prestan los servicios asociados al manejo de los residuos. 5. Impulsar la generación de una cultura responsable con relación a la generación y manejo de los residuos. 	<p>Es un programa sustantivo, ya que la adecuada gestión de los residuos es indispensable para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático debido al impacto que los residuos provocan en el medio ambiente y la salud.</p>	X	X	X	X
7	Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio	07-sep-12	<p>La recesión económica, el acelerado crecimiento de la población y la desigualdad social, son problemas del ámbito internacional que han repercutido en el agotamiento de los recursos naturales y han generado impactos ambientales de magnitudes preocupantes, como el cambio climático. Esta situación ha impulsado al gobierno</p>	<p>Este programa es relevante ya que hace frente al crecimiento poblacional y habitacional desordenado, buscando un crecimiento</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>mexicano a tomar conciencia de la necesidad de planear ambientalmente el territorio nacional mediante la acción coordinada de los diferentes órdenes de gobierno, quienes toman las decisiones y ejecutan estrategias territoriales dirigidas a frenar el deterioro y avanzar en la conservación y aprovechamiento sustentable del territorio, así como de la sociedad en general que coadyuva con su participación.</p> <p>Entre sus estrategias ecológicas tenemos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Estrategia 1. Conservación in situ de los ecosistemas y su biodiversidad. Estrategia 3. Conocimiento, análisis y monitoreo de los ecosistemas y su biodiversidad. Estrategia 19: Fortalecer la confiabilidad y seguridad energética para el suministro de electricidad en el territorio, mediante la diversificación de las fuentes de energía, incrementando la participación de tecnologías limpias, permitiendo de esta forma disminuir la dependencia de combustibles fósiles y las emisiones de gases de efecto invernadero. Estrategia 20: Mitigar el incremento en las emisiones de Gases Efecto Invernadero y reducir los efectos del Cambio Climático, promoviendo las tecnologías limpias de generación eléctrica y facilitando el desarrollo del mercado de bioenergéticos bajo condiciones competitivas, protegiendo la seguridad alimentaria y la sustentabilidad ambiental. Estrategia 22: Orientar la política turística del territorio hacia el desarrollo regional. Estrategia 26: Promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades de adaptación al cambio climático, mediante la reducción de la vulnerabilidad física y social y la articulación, instrumentación y evaluación de políticas públicas, entre otras. 	<p>racional, ordenado y ambientalmente sostenible y sustentable y cuyo manejo adecuado o inadecuado impactará directamente en el cambio climático.</p>				
8	Política Nacional de Suelo	01-agosto-20	<p>La gestión del suelo en México presenta enormes retos que demandan del sector público una perspectiva crítica y profunda para trazar la ruta hacia un modelo sustentable de ocupación del</p>	<p>Se trata de un programa sustantivo, ya que el derecho a la ciudad constituye</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>territorio, que oriente el crecimiento y desarrollo de nuestras ciudades bajo criterios de inclusión, equidad, justicia social y preservación del patrimonio natural.</p> <p>Para lograr esto, la PNS está integrada por 10 principios rectores, de los cuales 3 de ellos se enfocan a los efectos adversos del cambio climático:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fortalecer las capacidades de resiliencia para la prevención y mitigación de riesgos en los asentamientos humanos. 2. Incorporar el enfoque de gestión de riesgos y cambio climático en las acciones de planeación urbana, proyectos de infraestructura y equipamiento. 3. Promover instrumentos para el financiamiento de medidas de cambio climático con base suelo. Promover el financiamiento de acciones tendentes a fortalecer la resiliencia y adaptación al cambio climático a través de los mecanismos de derecho urbanístico de base suelo, para revertir y mitigar el deterioro de los recursos naturales, así como producir bienes y servicios ambientales en las ciudades. 	<p>uno de los pilares de los planes y programas de ordenamiento territorial y desarrollo urbano, pero este derecho debe ser sustentable y sostenible, así como tener la capacidad de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.</p>				
9	Atlas Nacional de Riesgos	19-jul-23	<p>La ocurrencia de fenómenos de origen natural que afectan el país hace necesario el monitoreo permanente de sismos, ciclones tropicales, y de los volcanes de Colima y Popocatépetl. A partir de información publicada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, el Servicio Sismológico Nacional, el Laboratorio de Observación de la Tierra (LANOT) y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), se integra en el Atlas Nacional de Riesgos un sistema que permite su visualización dinámica en un tablero único.</p>	<p>Constituye un programa sustantivo ya que la información en el contenido permite tomar acciones y medidas adecuadas para la adaptación y resiliencia ante los efectos adversos del cambio climático</p>	X	X	X	X
10	Programa Nacional de Protección Civil 2022-2024	05-dic-22	<p>En nuestro país se presentan fenómenos que pueden ocasionar emergencias, debido principalmente a la vulnerabilidad de los asentamientos humanos en el territorio nacional, las condiciones geográficas y los efectos adversos sobre el entorno, producto de actividades cotidianas para la satisfacción de necesidades sin previsión</p>	<p>Este programa tiene como propósito establecer los objetivos, estrategias, metas y acciones que regirán las actividades del Sistema Nacional</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>de las consecuencias; así como por fenómenos de tipo hidrometeorológico, geológico, sismológico, entre otros, los cuales no son determinables y responden a factores ambientales difíciles de predecir.</p> <p>La elaboración del Programa Nacional de Protección Civil 2022-2024 tiene sustento en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el cual, en el apartado de Política Social Construir un país con bienestar, considera que el derecho a la vida, a la integridad física y a la propiedad serán garantizados; en la Estrategia Nacional de Seguridad Pública, en el Objetivo 8. Articular la Seguridad nacional, la seguridad pública, y la paz, que define a la Seguridad Nacional como una condición indispensable para garantizar la integridad y la soberanía nacionales, libres de amenazas al Estado, a fin de construir una paz duradera.</p> <p>Es importante señalar que las acciones de este PNPC favorecen el logro de seis de los 17 ODS de la agenda 2030: fin de la pobreza; igualdad de género; Industria, innovación e infraestructura; reducción de las desigualdades; ciudades y comunidades sostenibles, y acción por el clima, mediante el encauzamiento de sus tareas con el firme propósito de asegurar el progreso social y económico, así como el respeto a los derechos humanos de todas las personas.</p> <p>En tal sentido, se ordenan los retos a los que se hará frente con el presente programa especial derivado del PND, por medio de cuatro áreas fundamentales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prevención del riesgo de desastres 2. Coordinación de la respuesta y atención de emergencias y desastres 3. Generar condiciones de reconstrucción sustentable de las comunidades afectadas por desastres de origen natural. 4. Ordenamientos jurídicos y continuidad de operaciones. 	<p>de Protección Civil, las cuales serán realizadas bajo un mismo eje de coordinación interinstitucional durante la presente administración en el gobierno Federal, con un enfoque de colaboración y articulación con los gobiernos estatales, municipales y de las alcaldías, con base en la participación ciudadana. Su objetivo se centra en la aplicación del Plan Nacional de Protección Civil encaminado a la prevención y amortiguamiento de los desastres naturales que inciden en el comportamiento del cambio climático, razón por la que es considerado en la elaboración de un programa de esta naturaleza.</p>				
11	Atlas Nacional de Vulnerabilidad	11-jul-05	Objetivo: El ANVCC da a conocer la vulnerabilidad territorial relacionada con	Contiene información	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
	ante el Cambio Climático		<p>el clima para contribuir en la toma de decisiones en materia de adaptación al cambio climático en el contexto de la planeación del desarrollo. Consiste en información sistematizada y una serie de mapas que muestra la vulnerabilidad territorial actual y proyectada de la República Mexicana a los impactos del cambio climático, con base en datos históricos y escenarios futuros.</p> <p>Alcance: Los resultados del ANVCC servirán de insumo para las acciones que están realizando los diferentes sectores de la Administración Pública Federal en su ámbito de competencia con el compromiso de disminuir vulnerabilidad de la población, de la infraestructura, de las actividades productivas y del sistema natural en un contexto de cambio climático. El Atlas ayuda a identificar las regiones, sectores o poblaciones vulnerables, para contribuir a una estrategia de diseño, focalización e implementación de procesos de adaptación, y su correspondiente monitoreo y evaluación.</p> <p>El Gobierno de México reconoce la alta vulnerabilidad del país a impactos potenciales del cambio climático, debido a la posición geográfica del territorio, sumada a las distintas condiciones socioambientales que crean características en algunas partes de territorio para ser susceptible, o no ser capaz de soportar los efectos adversos del cambio climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos.</p>	sustantiva por lo que hace a los riesgos derivados del cambio climático y resulta fundamental para la adecuada planeación de las políticas y estrategias en la materia.				
ESTATALES								
12	Plan Estatal de Desarrollo Tlaxcala	28-mar-22	<p>En México prevalecen condiciones de alta vulnerabilidad ante el cambio climático. Los impactos proyectados acorde a lo establecido en el Programa Especial de Cambio Climático, se distribuirán de una manera heterogénea en el territorio, debido a los distintos tipos de clima, la ubicación de los recursos naturales, la infraestructura existente y la concentración demográfica.</p> <p>La estrategia propuesta para enfrentar las áreas de oportunidad descritas</p>	En armonía con el Plan Nacional de Desarrollo, este instrumento establece las directrices para la emisión y aplicación de las políticas en el Estado de Tlaxcala, incluyendo por supuesto, la materia de cambio	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>anteriormente no logrará obtener los resultados esperados si en su instrumentación no se cuenta con la participación de la sociedad en su conjunto; población organizada, academia, órganos colegiados, centros escolares, Organizaciones No Gubernamentales y representantes de los diferentes órganos de gobierno. Solo la acción coordinada y corresposable podrá maximizar el impacto de las políticas públicas. Por ello, es necesario trabajar en la sensibilización de los distintos sectores de la sociedad respecto a la importancia de la preservación del medio ambiente, del cuidado de los recursos naturales y de los animales, además de la conciencia sobre el impacto que tendrá en el medio ambiente el efecto del cambio climático.</p> <p>Política. - Impulsar el desarrollo sostenible y de respeto al medio ambiente.</p> <p>Programa 54. Gestión del cambio climático.</p> <p>Objetivo 1. Promover la realización de la política estatal de cambio climático, en concordancia con la política nacional.</p> <p>Objetivo 2. Fomentar la divulgación y capacitación en materia de cambio climático hacia la sociedad civil y los municipios.</p> <p>Objetivo 3. Promover en colaboración con las instancias correspondientes, una transición energética, movilidad sustentable, economía circular y soluciones basadas en la naturaleza para hacer frente al cambio climático en el estado.</p>	<p>climático, señalando la necesidad y proyección para la elaboración de instrumentos como el Programa de Acción de cambio Climático.</p>				
13	Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala	11-nov-15	<p>El Ordenamiento Ecológico (dentro del marco del desarrollo sustentable) deberá entenderse como: El instrumento de la Política Ambiental cuyo objetivo es inducir y regular el uso del suelo y las actividades productivas, con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales a partir del análisis de las tendencias de deterioro y las potencialidades de aprovechamiento de los mismos (LGEEPA, 1996), siendo base de la Política de Desarrollo Regional, donde se</p>	<p>Este instrumento en alineación con las políticas federales a nivel local hace frente al crecimiento poblacional y habitacional desordenado, con la finalidad de lograr un crecimiento racional, ordenado y ambientalmente</p>	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>integren procesos de planeación participativa, con el fin de lograr la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales, minimizando su deterioro a través de la selección de sistemas productivos adecuados, en un marco de equidad y justicia social.</p> <p>El ordenamiento ecológico debe ser considerado en la regulación y aprovechamiento de los recursos naturales, así como para la localización de la actividad productiva secundaria y los asentamientos humanos, conforme a las bases señaladas en la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.</p> <p>En este diagnóstico se describen las características y magnitud del problema ambiental del Estado de Tlaxcala; así como sus índices e indicadores. Este diagnóstico, constituye un elemento integrador de las relaciones más evidentes entre los factores causales del deterioro ambiental (sociales, culturales, económicos, territoriales, tecnológicos, etc.) y sus efectos aparentes. Los atributos particulares de estos tienen distinto impacto cuando se trasladan al análisis de la calidad ambiental. Por esta razón, el diagnóstico debe tomarse como un indicativo para definir un escenario del ambiente, sobre el cual se planeen objetivos, metas y lineamientos estratégicos que definan un plan de trabajo para controlar y prevenir el impacto que los agentes económicos pueden producir en el futuro.</p> <p>Las políticas ecológicas son un instrumento de gran utilidad para la toma de decisiones y mediante ellas es posible establecer la intensidad en el uso de los recursos, las prioridades para el fomento de las actividades productivas e incluso desincentivar algunas de ellas. De acuerdo con el Manual de Ordenamiento Ecológico (SEDUE, 1988) y otros materiales consultados podemos resumir para el Estado las siguientes políticas ecológicas: Aprovechamiento, Protección, Conservación y Restauración.</p>	sostenible y sustentable y cuyo manejo repercutirá directamente en el cambio climático.				
14	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático 2014-2018	27-may-14	Los PEACC integran las acciones suficientes y necesarias para identificar, desarrollar e implementar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el estado; las opciones de	Constituye el instrumento que permite contar con un inventario de emisión de gases de	X	X	X	X

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			<p>mitigación de GEI; y las opciones de adaptación al cambio climático a nivel regional, por estado.</p> <p>El objetivo principal del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (IEEGEI) del Estado de Tlaxcala es identificar las principales fuentes y sumideros y contar con elementos para la evaluación y planificación de políticas enfocadas a medidas de respuestas apropiadas.</p> <p>ADAPTACIÓN</p> <p>En los últimos años se han realizado estudios sobre impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático. Se ha brindado atención especial a la construcción de escenarios que incorporen cambios esperados en temperatura y precipitación, y sus impactos debido a la disminución de disponibilidad de agua y productividad agrícola, y sus efectos sobre la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas forestales. Esto sin duda dependerá del contexto de vulnerabilidad. En Tlaxcala se ha notado un incremento en la frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos extremos, tales como granizadas, heladas atípicas, sequías y tormentas, causando daños económicos, sociales y ambientales. En este contexto, los escenarios climáticos futuros para el estado son importantes, ya que permitirán identificar las mejores medidas de adaptación ante un incremento/disminución en las temperaturas, así como en la precipitación. Es importante concebir la adaptación como la reducción de los riesgos a causa del cambio climático, a través de la reducción de la vulnerabilidad.</p> <p>MITIGACIÓN</p> <p>Con la publicación, en junio de 2012, de la Ley General de Cambio Climático, México reconoce que es importante llevar a cabo acciones que contribuyan a los esfuerzos de la comunidad internacional en materia de mitigación de emisiones de GEI. En este sentido, el gobierno de México presentó el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (PECC), a través del cual busca demostrar que es posible mitigar las emisiones de GEI, sin comprometer el desarrollo. En una visión de largo plazo, el PECC señala como meta aspiracional</p>	efecto invernadero y ya con el mismo planificar las estrategias necesarias para instrumentar las políticas, planes y programas necesarios para hacer frente a los efectos adversos del cambio climático.				

No.	INSTRUMENTO	Fecha de publicación y/o última reforma	PRINCIPIOS O EJES	RELEVANCIA	ELEMENTOS SUSTANTIVOS			
					PDH	PG	PA	VS
			reducir 50% de sus emisiones de GEI para el año 2050, en relación con el año 2000, y una convergencia flexible hacia un promedio global de emisiones per cápita de 2.8 toneladas de CO2 eq, en 2050. Lo anterior, condicionado a que existan suficientes estímulos y apoyos internacionales, como parte de la nueva arquitectura financiera que se desarrollará a partir de la 15 Conferencia de las Partes de Copenhague en diciembre de 2009. ¹ Con base en estos compromisos, los resultados de este estudio en Tlaxcala estimaron cuáles son las fuentes clave de emisión, de donde se propondrán las medidas de mitigación de GEI.					
15	Atlas Estatal de Riesgo del Estado de Tlaxcala		<p>El objetivo del proyecto es obtener una base de datos de peligros naturales y antropogénicos del Estado de Tlaxcala, así como la generación de cartografía en formato digital a través de un SIG, la información de los peligros naturales y antropogénicos que afectan al estado. Como objetivos particulares se tienen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apoyar el ordenamiento territorial del estado para tomar decisiones preventivas y acciones de mitigación contra los fenómenos naturales y los provocados por la actividad humana. • Generar y diseñar una base de datos de los peligros naturales y antropogénicos, así como los mapas de peligros naturales en un formato digital. • Elaborar un SIG para el despliegue, consulta y actualización de la información de los peligros estudiados. <p>El alcance del proyecto es el estudio de peligros naturales como son: sismicidad, erosión, deslizamientos de masas, vulcanismo y la integración de otros mapas temáticos relacionados a los peligros naturales, mediante las herramientas de un sistema de información geográfica en una superficie de 4,000 km² aproximadamente.</p>	Se deriva del Atlas Nacional de riesgo y coadyuva a la implementación coordinada de políticas, planes y programas adecuadas en materia de adaptación y mitigación ante los efectos adversos del cambio climático	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia, Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala.

Abreviaturas

PDH: Protección a derechos humanos

PG: Perspectiva de género

PA: Protección ambiental

VS: Visión sostenible



3. Agenda climática del Estado de Tlaxcala.

Por conducto de las Naciones Unidas se realizó la primera Conferencia Mundial sobre el Clima en 1979, poniendo sobre la mesa al cambio climático como un problema global que nace a partir de lo local, es en este sentido, se hace un llamado a los gobiernos para voltear su atención a este tema, no obstante, de manera incipiente en este tiempo, debido a que no existía la suficiente evidencia, así como información y estudios en la materia.

A partir de 1988 hubo una comunicación internacional que lanza un llamamiento para desarrollar una convención marco para proteger la atmósfera. En 1990, se publicó el primer Informe de Evaluación por parte del IPCC. A partir de estos momentos nacen las negociaciones internacionales para el establecimiento de una convención sobre cambio climático en el seno de la Asamblea General de Naciones Unidas sustentada en la evidencia que comunidad científica internacional pone a consideración de los países.

La primera Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se consolida en Rio de Janeiro en 1992 donde se inicia la discusión de la Conferencias de las Partes (COP, por sus siglas en inglés). Cuyo objetivo es la “estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera”. Donde se parte de que todo inicia por las inferencias antropogénicas, donde se determina que es importante establecer acciones que permitan que los ecosistemas se adapten naturalmente a la potencial variabilidad climática, garantizar la seguridad alimentaria y fomentar el desarrollo económico.

La Convención proporciona un primer objetivo cuantitativo, el cual se consolida en el Acuerdo de París, donde existen principios de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que establece que los países deben proteger el sistema climático con la finalidad de que se preserven las condiciones adecuadas para las siguientes generaciones. Esto sobre una base que establezca objetivos diferenciados de acuerdo con las capacidades de cada país.

Se reconoce, además, que no todos los países tienen las capacidades para afrontar de manera rápida al cambio climático. Entre los países que se encuentran en esta situación está México. En este tenor, se establece el principio de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del cambio climático y mitigar sus efectos adversos.

Es por esto, que, el Estado de Tlaxcala reconoce que hay un problema con base en la evidencia científica que nos obliga a actuar para salvaguardar a la población, contribuyendo localmente a la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero, y a que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga.

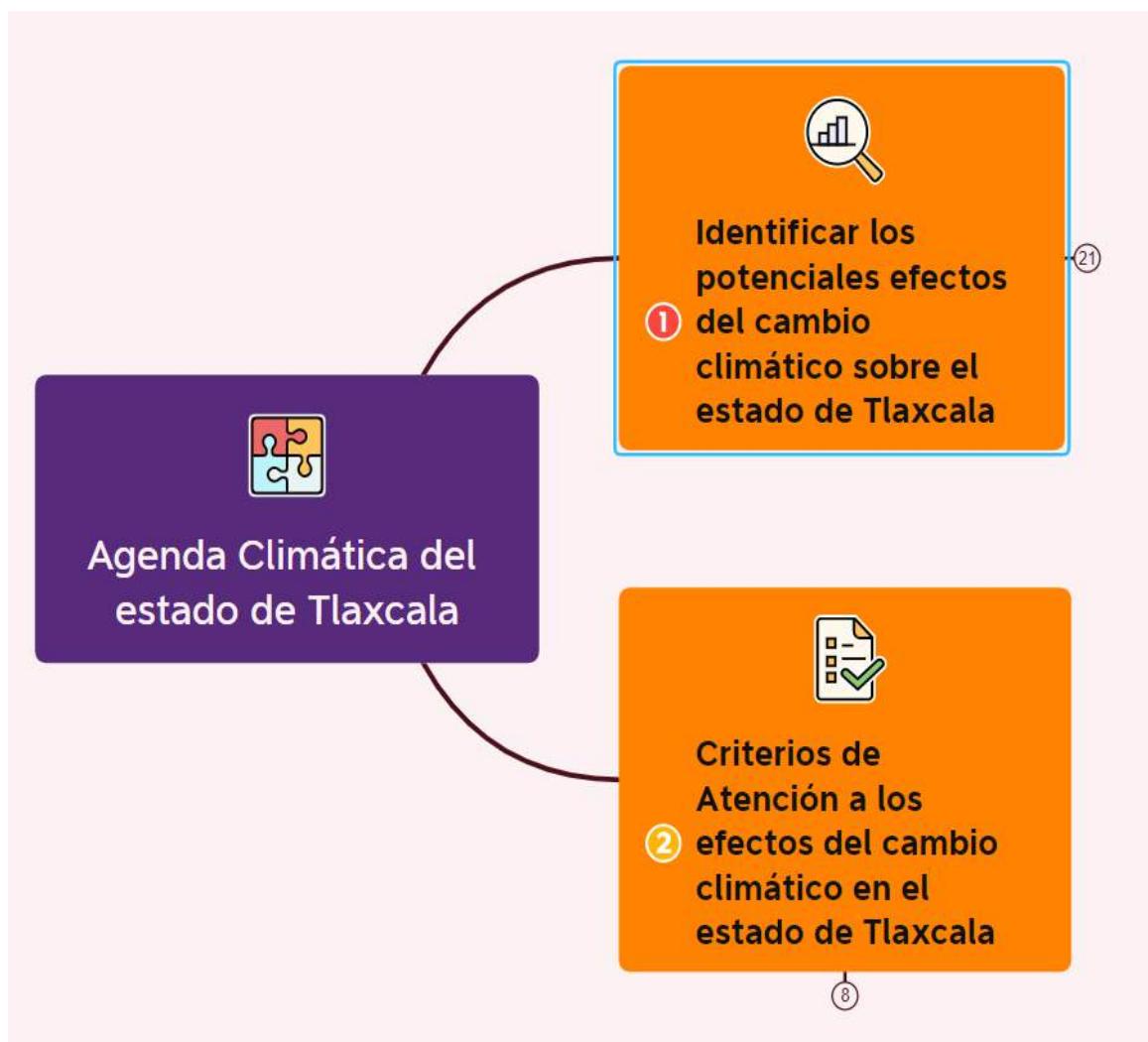
Es en este tenor, se diseña este instrumento con base en la información científica, pero también a través de los actores locales clave, los cuales a través de los talleres participativos identificaron las necesidades y problemáticas, todo en su conjunto permitió crear esta agenda, que por una parte realiza el diagnóstico y evalúa los elementos clave del cambio climático en la entidad de Tlaxcala, así como establecer las medidas pertinentes que contribuyan a la mitigación, adaptación, gestión del riego y vulnerabilidad encaminadas a incrementar la resiliencia ante los potenciales efectos del cambio climático.

De los talleres tanto de diagnóstico, como de validación, se retomó información valiosa que permitió identificar los puntos de interés, así como las problemáticas y riesgos en el territorio del Estado de Tlaxcala.

La Agenda climática de Tlaxcala considera el mantener actualizado el análisis histórico del clima y la tendencia de los escenarios futuros, y cómo estas variables inciden sobre las vulnerabilidades humana y natural, lo anterior, para incrementar la resiliencia en los distintos sectores, estableciendo y aplicando los criterios de mitigación y adaptación pertinentes, identificar a los actores clave, buscar los apoyos y financiamientos necesarios. Además de hacer frente de manera oportuna a los potenciales eventos hidrometeorológicos extremos que ponga en riego a la población y al capital natural.

En este sentido, la Agenda Climática del Estado de Tlaxcala considera dos grandes rubros, el primero, es el diagnóstico e identificación de sus efectos presentes, así como sus potenciales efectos futuros. En segundo término, está el establecimiento de los criterios de atención (**Figura 10**).

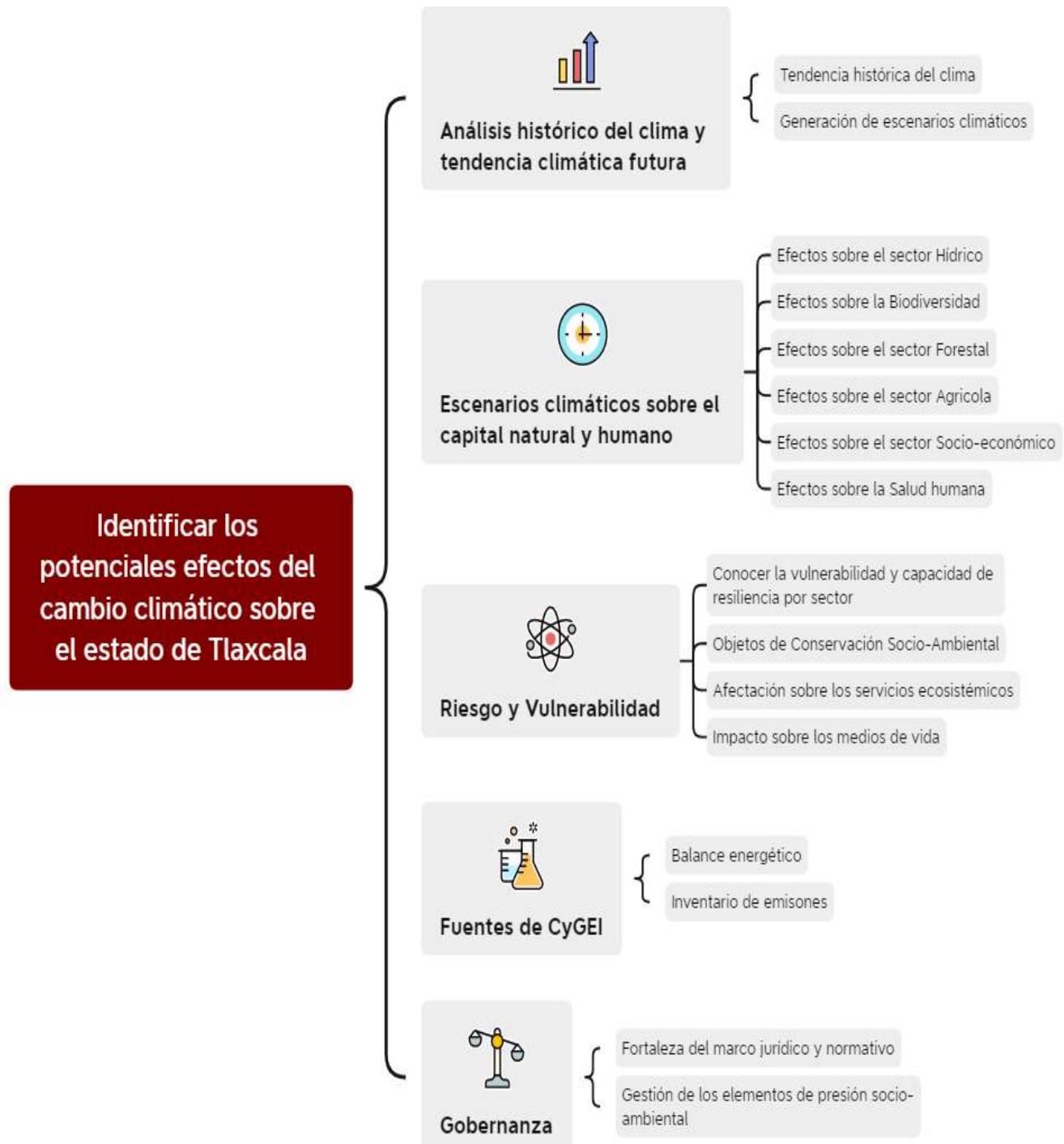
Figura 10. Etapas de la construcción de la agenda climática del Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia

A su vez, el diagnóstico e identificación se divide en diversas temáticas a investigar o a desarrollar para contar con un panorama y contexto integral de la problemática (**Figura 11**).

Figura 11. Temáticas consideradas en el desarrollo de la primera etapa de la agenda climática del Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia

Imagen 1. Primer taller de diagnóstico con sede en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

Imagen 2. Segundo taller de diagnóstico con sede en la Universidad Técnologica de Tlaxcala, Huamantla.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

Imagen 3. Tercer taller de diagnóstico con sede en Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162, Nanacamilpa.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

Posteriormente, con base en todo el diagnóstico, se establecieron las estrategias y medidas pertinentes para atender adecuadamente los potenciales impactos del cambio climático. (**Figura 12**).

Figura 12. Criterios de atención a los efectos del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de talleres participativos, estudios realizados e información disponible en el Estado de Tlaxcala.

Imagen 4. Primer taller de validación de medidas con sede en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

Imagen 5. Segundo taller de validación de medidas con sede en la Universidad Técnologica de Tlaxcala, Huamantla.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

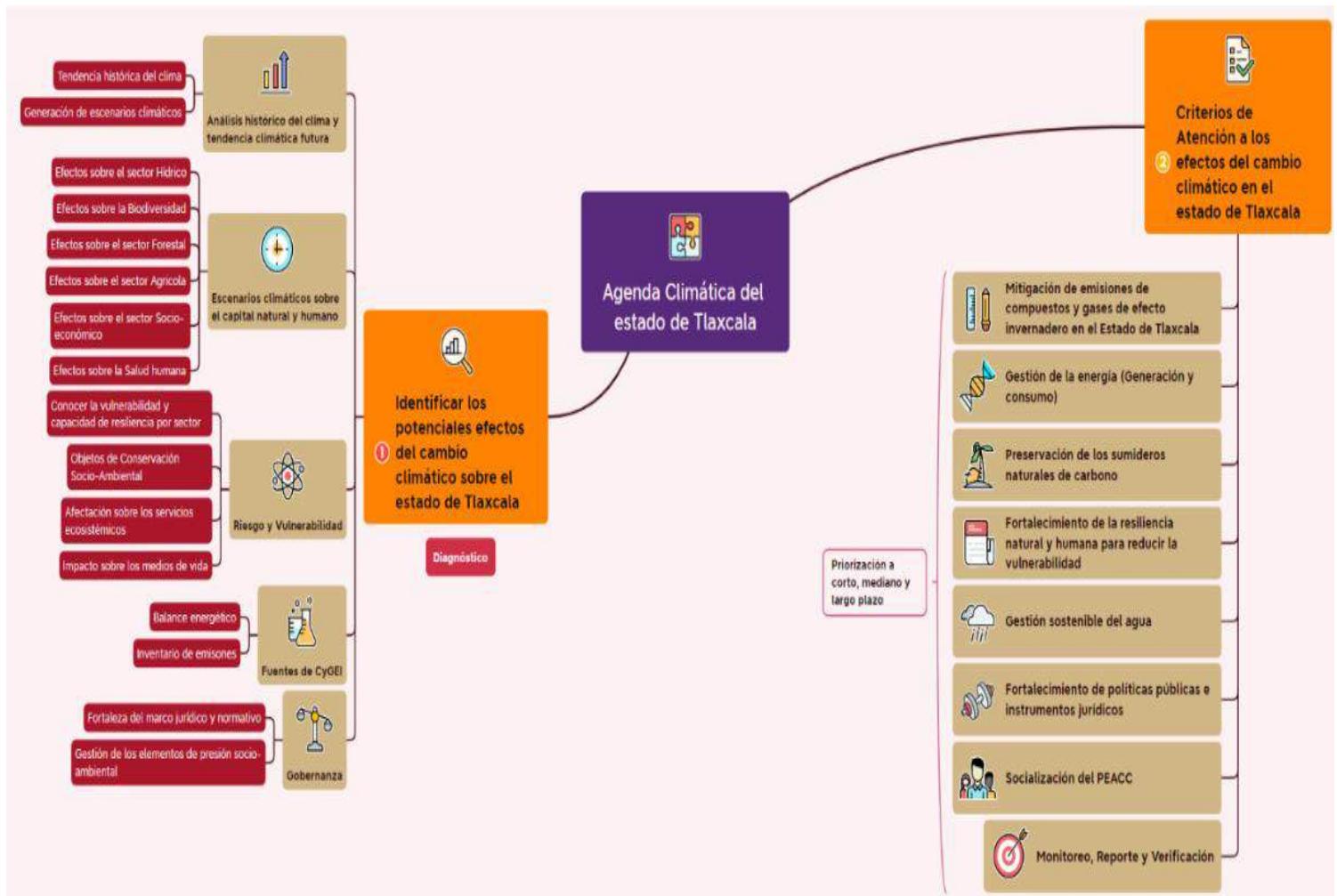
Imagen 6. Tercer taller de validación de medidas con sede en Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162, Nanacamilpa.



Fuente: Imágenes propias, 2023.

De manera integral, la agenda climática, se muestra en la **Figura 13**

Figura 13. Agenda climática del Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con base en los resultados obtenidos de talleres participativos, estudios realizados e información disponible en el Estado de Tlaxcala

The image shows the front cover of the Periodical Official No. 42, First Section, dated October 16, 2024. The cover features a photograph of a historical stone archway and a bell tower. In the top left corner, there is a purple stylized flower logo followed by the word "TLAXCALA" in bold capital letters, with "UNA NUEVA HISTORIA" and "2021 - 2027" underneath. A large, stylized number "4" is centered in a white circle with a purple decorative border at the bottom right. The background has a purple gradient and a subtle floral pattern at the bottom.

**ANÁLISIS HISTÓRICO DEL CLIMA, ESCENARIOS E ÍNDICES DE
CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL ESTADO DE TLAXCALA**

4. Análisis histórico del clima, escenarios e índices de cambio climático para el Estado de Tlaxcala.

4.1 Diagnóstico Histórico del Clima

La información básica fundamental para realizar análisis climáticos es mediante registros obtenidos de la red nacional climática que opera la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), a través de la Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y muy en particular a la Dirección Local de la CONAGUA en Tlaxcala quienes proporcionaron la base de datos histórica hasta el año 2022 para esta entidad. La base de datos (BD) climática tiene registradas 56 estaciones en total para el estado, de las cuales 24 se encuentran fuera de operación, y de las restantes, 13 estaciones tienen series iguales o mayores a 40 años con datos en más del 80% de los días y con 8 o más meses por año (**Tabla 10**). No se observaron datos de lluvia menores a cero, ni valores de temperatura mínima mayores a la temperatura máxima.

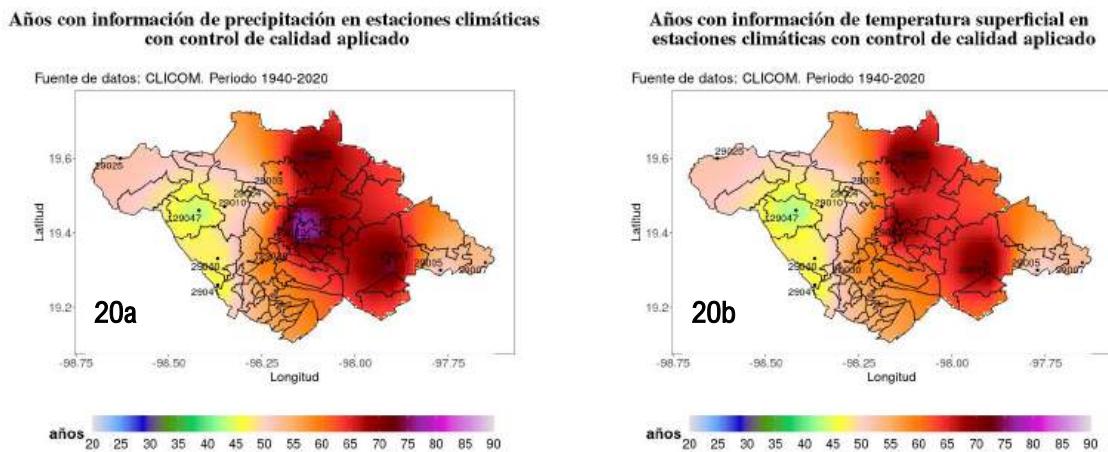
Tabla 10. Listado de las estaciones del Estado de Tlaxcala consideradas para el análisis climático en función de su temporalidad, consistencia de datos y control de calidad.

ID Estación	Ubicación	Municipio	Año inicial/final con datos
29002	Apizaco	Apizaco	1928/2021
29003	San José Atlanga	Atlangatepec	1961/2021
29004	Cuamantzingo	Muñoz de Domingo Arenas	1969/2020
29005	Cuapiaxtla	Cuapiaxtla	1962/2021
29007	El Carmen	El Carmen Tequexquitla	1966/2021
29010	Hueyotlipan	Hueyotlipan	1961/2021
29011	Huamantla	Huamantla	1944/2021
20925	San Marcos Huaquilpan	Calpulalpan	1966/2021
29030	Tlaxcala de Xicotencatl	Tlaxcala	1961/2021
29032	Tlaxco	Tlaxco	1943/2021
29040	Ixtacuixtla	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	1974/2021
29041	Tepetitla	Tepetitla de Lardizábal	1974/2021
29047	Españita	Españita	1977/2020

Fuente: BD CLICOM.

El **Mapa 20a y 20b** describen, en un mapa de la entidad, la ubicación de aquellas estaciones climáticas que son susceptibles de utilizar para el análisis climático tanto de temperatura como de precipitación, respectivamente. Los mapas fueron construidos con datos interpolados utilizando la técnica del inverso de la distancia al cuadrado, considerando las 13 estaciones antes referidas y donde la barra de colores indica la extensión temporal de las estaciones. Es del norte hacia el centro y al sureste del estado donde se encuentran las estaciones con las series de información más largas.

Mapa 20. 20a) corresponde al despliegue espacial de las estaciones utilizadas para el análisis climático de la variable de precipitación; 20b) corresponde a la ubicación y temporalidad de las estaciones utilizadas para el análisis de temperatura.

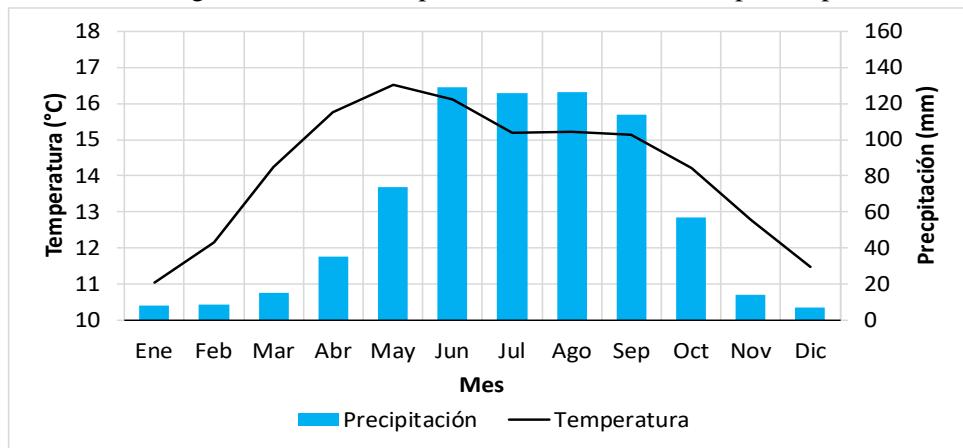


Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM.

De acuerdo con datos del INEGI (2021), el 99.2% de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo, el 0.6% presenta clima seco y semiseco, localizado hacia la región este, el restante 0.2% presenta clima frío, localizado en la cumbre de La Malinche.

De la red climática estatal de la CONAGUA tomando como el período base a los años 1970-2000, la temperatura media anual es de 14.16°C, la temperatura máxima promedio es de 22.93°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 5.42°C en el mes de enero y la precipitación media estatal es de 712.08 mm anuales, aproximadamente el 70% de las lluvias se presentan en verano-otoño, en los meses de junio a septiembre (**Gráfica 16**).

Gráfica 16. Climatología media mensual para el Estado de Tlaxcala para el período 1970-2000.

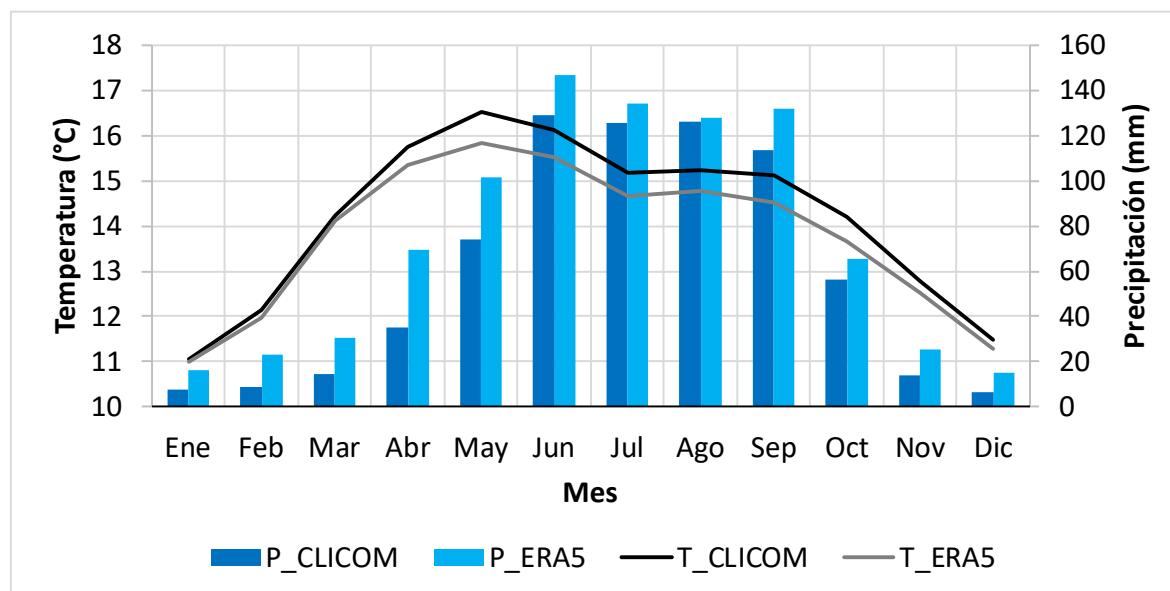


Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM.

En virtud de la escasez de datos climáticos derivado por la poca cobertura espacial en la entidad de estaciones climáticas, fue necesario consultar una fuente de datos que contenga series climáticas largas, completas y confiables; se decidió por los generados y producidos por la base de datos ERA5 que es utilizada recurrentemente a nivel internacional y nacional en estudios de cambio climático. La BD ERA5¹ resulta de una combinación de un esquema de asimilación de datos del tipo 4D-VAR y resultados de Modelos climáticos del sistema de pronóstico integrado del modelo Pronóstico meteorológico (IFS) de medio rango del Centro Europeo (ECMWF por sus siglas en inglés), estos datos están disponibles públicamente desde enero de 1940 a la fecha con una generación de productos a tiempo real.

Para mostrar similitudes entre los datos de las estaciones climáticas de la CONAGUA, la cual también es ampliamente conocida como CLICOM, con los resultados de la BD ERA5, se muestra una gráfica (**Gráfica 17**) donde se observa la diferencia entre estos dos grupos de datos para precipitación y temperatura considerando el período base de 1970-2000.

Gráfica 17. Comparativa de la climatología media mensual para el Estado de Tlaxcala para el período 1970-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5.

Nota: Con ERA5 se puede identificar con mayor intensidad la variación bimodal de la lluvia que describe un patrón regular de sequía intraestival o canícola (como mejor es conocida).

Una causa probable del sesgo o diferencia entre las dos BD es precisamente la distribución espacial interpolada con las estaciones climáticas y los valores en malla cuya resolución de celda es a 31 km, uniforme en el tiempo. Por lo tanto, se puede observar que los valores de ERA5 en precipitación sobreestiman, mientras que en temperatura subestiman. La consideración que se toma en cuenta es que el sesgo entre una y otra base de datos no es significativo y que por lo tanto es posible utilizar la BD ERA5 para completar el análisis climático requerido. Se consideró la posibilidad de aumentar la resolución espacial a tamaño de celda más fina, sin embargo, esto conlleva una mayor incertidumbre.

¹ Para mayor información, consultar el siguiente vínculo:
<https://confluence.ecmwf.int/display/CKB/ERA5%3A+data+documentation#ERA5:datadocumentation-Introduction>

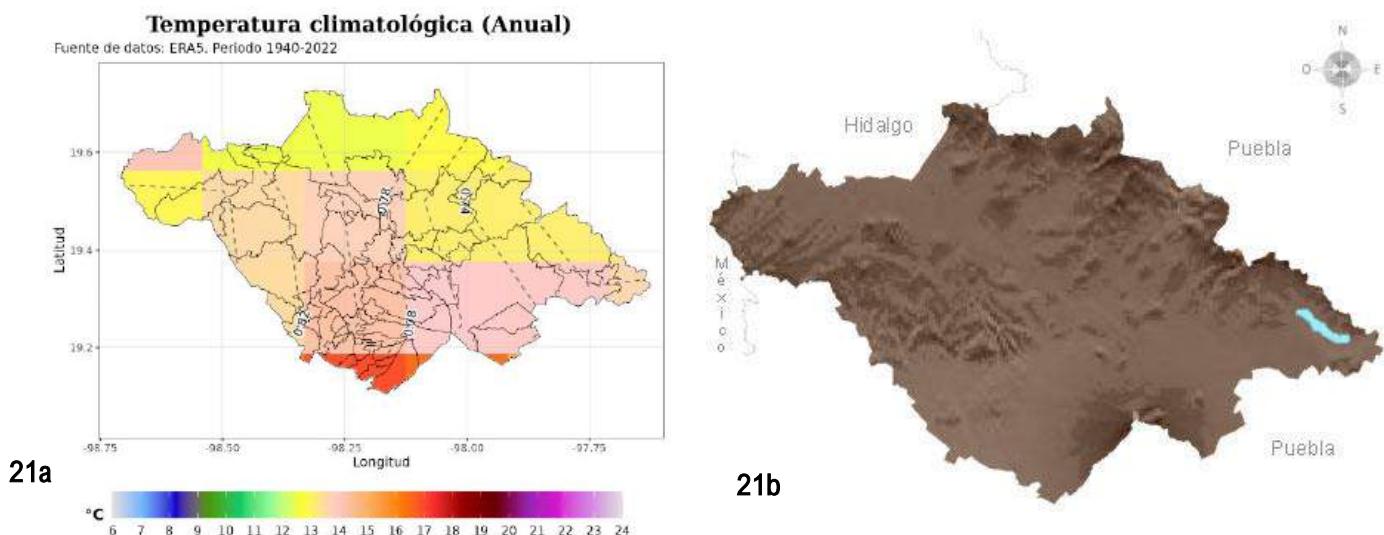
4.1.1 Temperatura

La temperatura es la variable climática que mejor describe el patrón de tendencia cuando se compara contra su período base, regularmente se utiliza un mínimo de 30 años para representar un estado normal, aunque como se ha venido observando es a partir de la gran revolución preindustrial (\approx año 1850) donde se inicia una tendencia positiva de incremento en la temperatura global, aunque existen regiones, incluso en México, donde las tendencias se invierten (Lobato y Altamirano, 2017).

El **Mapa 21** muestra la distribución territorial de la temperatura media anual promedio para el período 1940-2022.

La distribución de la temperatura es heterogénea en el estado, el norte muestra valores más frescos, mientras que en el sur se observan los valores más altos, todos estos dentro de una clasificación de clima templado. Esta variación de la temperatura también obedece a la topografía y con ella la elevación sobre el nivel medio del mar, además de la orientación con respecto a la vertiente del Golfo de México y al altiplano que se ubica en el centro del país.

Mapa 21. Temperatura media anual a 2m sobre la superficie terrestre (21a) y mapa de relieve (21b).



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5. **Mapa de relieve:** INEGI, 2023.

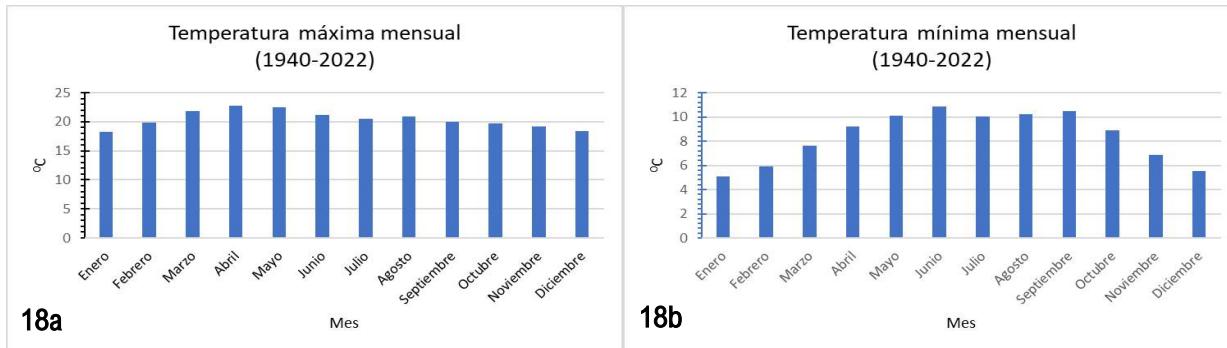
Nota: Las isolíneas son la variación de la temperatura ($^{\circ}$ C) en los 83 años considerados.

La distribución de la temperatura media anual adicionalmente con contornos de desviación estándar que indican las regiones donde se presenta una mayor variabilidad a lo largo de 83 años, derivada del conjunto de datos utilizados. La temperatura media diaria se calcula sumando la temperatura máxima diaria con la temperatura mínima diaria dividida entre 2.

La temperatura estacional es cambiante, las estaciones del año son muy marcadas en el sentido que en el verano la temperatura media oscila entre los 15 – 16 $^{\circ}$ C, mientras que en el invierno entre los 10 – 11 $^{\circ}$ C. Por

otra parte, la **Gráfica 18** muestra la temperatura máxima media mensual (Gráfica 18a), así como se muestra la temperatura mínima media mensual para el período 1940 – 2022.

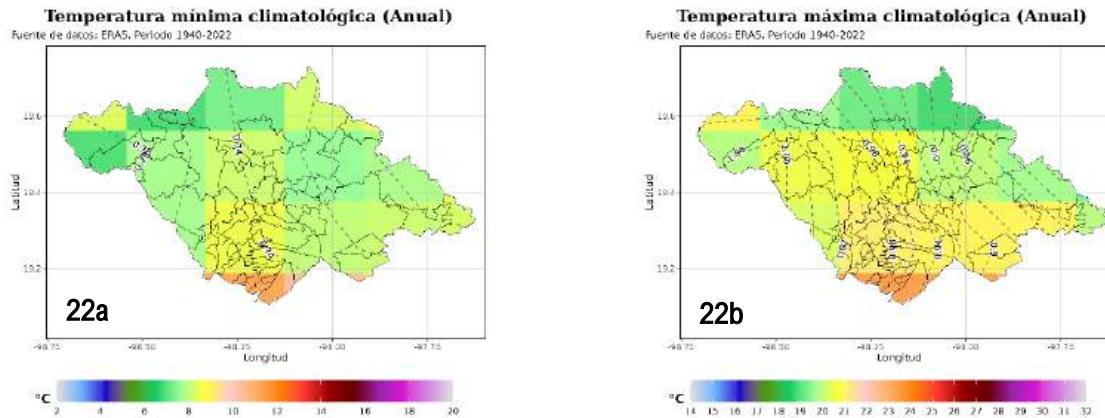
Gráfica 18. Temperatura máxima media mensual (18a) y temperatura mínima media mensual (18b) para el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

El **Mapa 22** resume territorialmente la climatología anual de los valores de temperatura mínima y máxima para el período 1940-2022 con sus valores de desviación estándar (líneas discontinuas). El Mapa 22b (temperatura máxima anual) describe una mayor variabilidad que la temperatura mínima anual en los 83 años con datos.

Mapa 22. Mapa 22a muestra la temperatura mínima anual, Mapa 22b muestra la temperatura máxima anual.



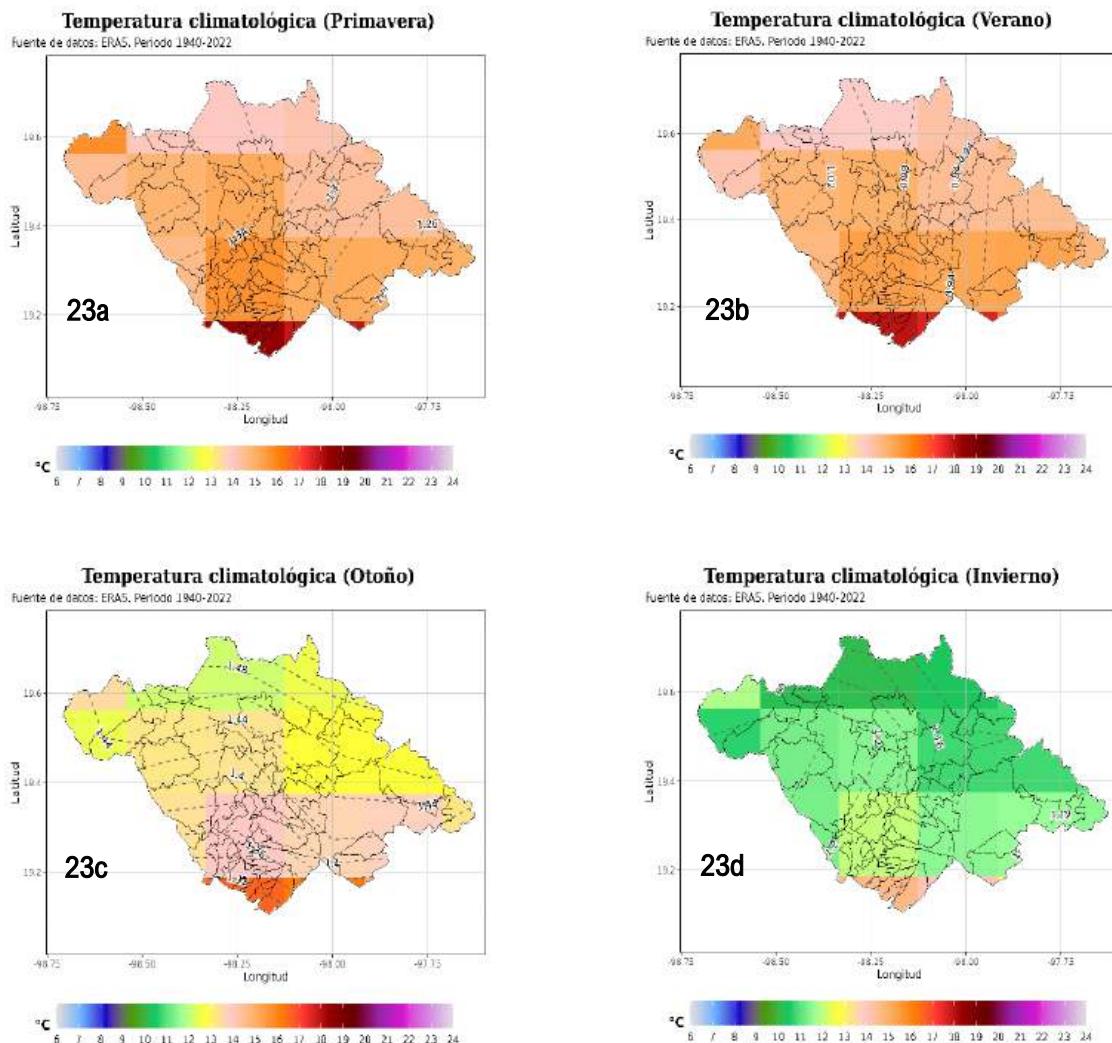
Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

Por otra parte, se describe el patrón climático por estación del año de la temperatura climatológica para el mismo período considerado (1940-2022) tomando en cuenta a la BD ERA5 (**Mapa 23**). Se observa el contraste térmico entre las estaciones de verano e invierno.

Otro parámetro que es evaluado dentro del contexto del análisis climatológico son sus valores extremos. Para hacer este procedimiento es necesario que la base de datos se pueda organizar en la forma de un histograma donde todos los valores considerados se ordenen desde su mínimo registro hasta el de más alto valor para posteriormente clasificarlos en percentiles (los datos ordenados se dividen en 100 partes). Así, el percentil 05

representa el 5% de los valores mínimos en la distribución, mientras que el percentil 95 representa a aquellos valores que rebasan este umbral hasta completar el 100%. De esta manera se clasifican los valores extremos mínimos y máximos de toda la serie de datos considerada, en este caso corresponden al período 1940-2022.

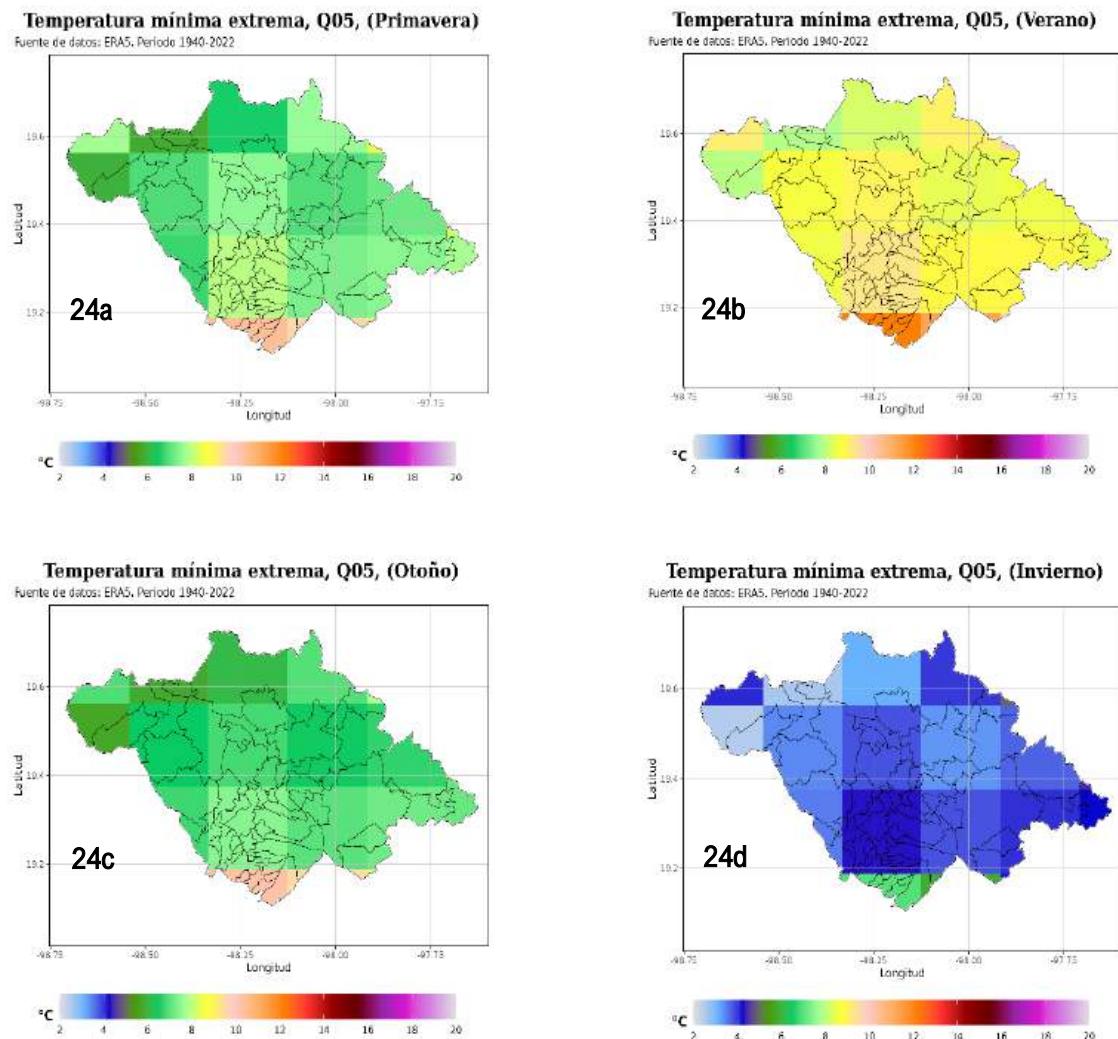
Mapa 23. Temperatura media estacional a 2m sobre la superficie del terreno para: 23.a primavera; 23.b verano; 23.c otoño, y 23.d invierno.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

El **Mapa 24** muestra de forma estacional (primavera, verano, otoño e invierno) los valores mínimos extremos determinados dentro del percentil 5 viendo con ello que el mínimo extremo puede ser observado en la Mapa 24.d para el invierno, con temperaturas menores a 4°C en la mayor parte de la entidad y que se contraponen a los valores medios de $\approx 11^{\circ}\text{C}$ de la temperatura mínima en esa misma estación (Mapa 24.d). La relevancia de los extremos climáticos es su relación con amenazas climáticas que afecten los sistemas humanos y naturales, por ejemplo, el percentil 5 de la temperatura mínima podría implicar episodios de heladas con las subsecuentes afectaciones en las actividades primarias y en la salud.

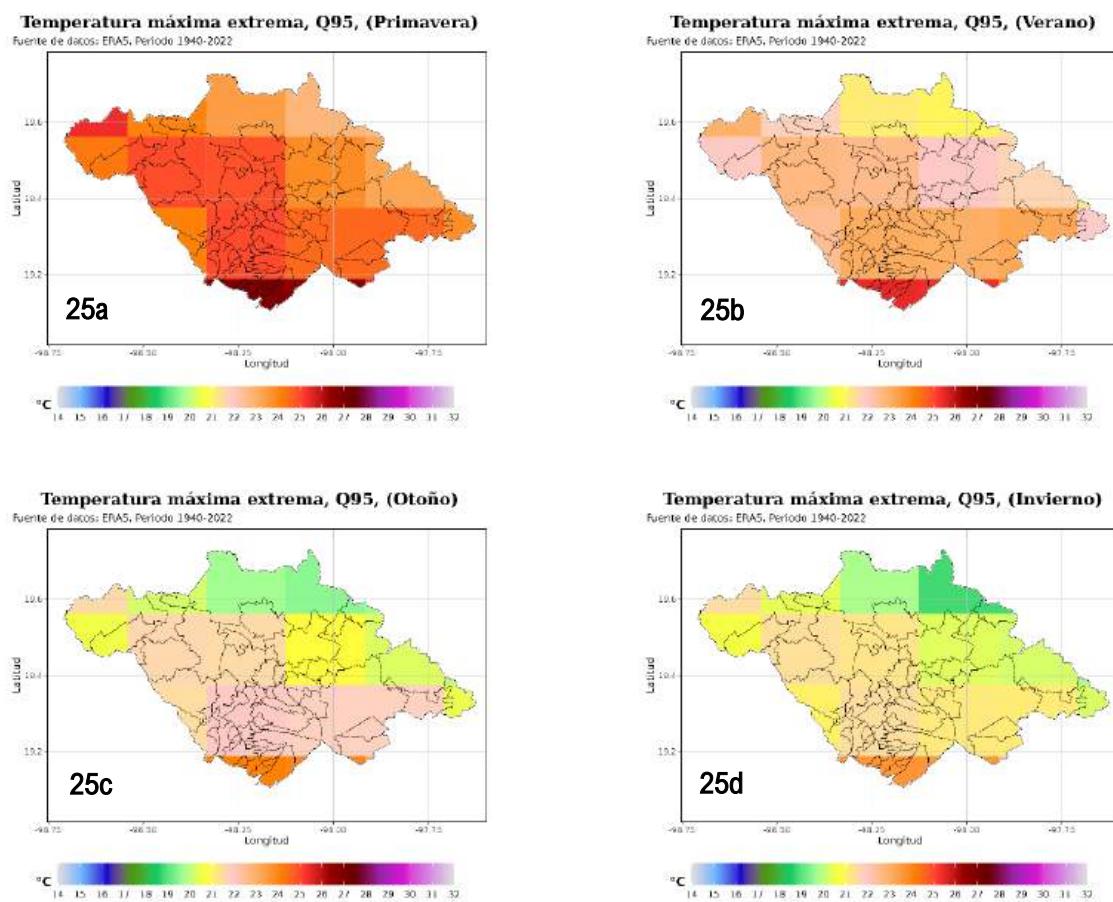
Mapa 24. Temperatura mínima extrema Q05 para: 24.a primavera, 24.b verano, 24.c, otoño y 24.d invierno



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

Por otra parte, el valor de la temperatura máxima extrema se obtiene considerando valores que se encuentran en el percentil 95 por lo que es de esperar que estos valores máximos, comparando con las restantes estaciones del año, se observen entre las estaciones de primavera y verano (**Mapa 25**).

Esta información es relevante, debido a que, de forma subjetiva, se tiene la idea que las temperaturas máximas extremas se presentan en el verano, pero debido a que el régimen de lluvias se establece precisamente en el verano es una razón posible del descenso de las temperaturas máximas durante este período. Asimismo, los valores extremos de temperatura tienen implicaciones en el estrés térmico de cultivos y la biodiversidad, así como en la salud de las personas.

Mapa 25. Temperatura máxima extrema Q95 para: 25.a primavera, 25.b verano, 25.c, otoño y 25.d invierno

Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

El presente análisis se realizó a nivel municipal y para las gráficas presentadas se muestran los resultados de los 60 municipios que conforman en estado de Tlaxcala.

La **Tabla 11** se muestra la numeración que corresponde a cada municipio.

Tabla 11. Municipios del estado de Tlaxcala.

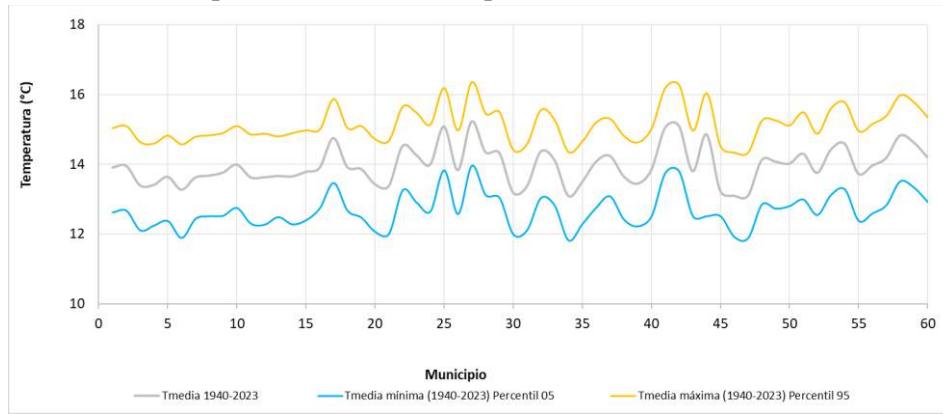
Número	Nombre de Municipio	Número	Nombre de Municipio
01	Amaxac de Guerrero	31	Tetla de la Solidaridad
02	Apetatitlán de Antonio Carvajal	32	Tetlatlahuca
03	Atlangatepec	33	Tlaxcala
04	Atltzayanca	34	Tlaxco
05	Apizaco	35	Tocatlán
06	Calpulalpan	36	Totolac
07	El Carmen Tequexquitla	37	Ziltlahuac de Trinidad Sánchez Santos
08	Cuapiaxtla	38	Tzompantepéc
09	Cuaxomulco	39	Xaloztoc

Número	Nombre de Municipio	Número	Nombre de Municipio
10	Chiautempan	40	Xaltocan
11	Muñoz de Domingo Arenas	41	Papalotla de Xicohténcatl
12	Españaita	42	Xicohtzinco
13	Huamantla	43	Yauhquemehcan
14	Hueyotlipan	44	Zacatelco
15	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	45	Benito Juárez
16	Ixtenco	46	Emiliano Zapata
17	Mazatecochco de José María Morelos	47	Lázaro Cárdenas
18	Contla de Juan Cuamatzi	48	La Magdalena Tlaltelulco
19	Tepetitla de Lardizábal	49	San Damián Texóloc
20	Sanctórum de Lázaro Cárdenas	50	San Francisco Tetlanohcan
21	Nanacamilpa de Mariano Arista	51	San Jerónimo Zacualpan
22	Acuamanala de Miguel Hidalgo	52	San José Teacalco
23	Natívitas	53	San Juan Huactzinco
24	Panotla	54	San Lorenzo Axocomanitla
25	San Pablo del Monte	55	San Lucas Tecopilco
26	Santa Cruz Tlaxcala	56	Santa Ana Nopalucan
27	Tenancingo	57	Santa Apolonia Teacalco
28	Teolocholco	58	Santa Catarina Ayometla
29	Tepeyanco	59	Santa Cruz Quilehtla
30	Terrenate	60	Santa Isabel Xiloxoxtla

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI.

Se procede a realizar el análisis histórico, en la siguiente gráfica se muestran los valores medios históricos para los 60 municipios antes descritos. Las bases de datos para este análisis fueron extraídas del Era5, el cual ha sido descrito con detalle en reportes previos (**Gráfica 19**).

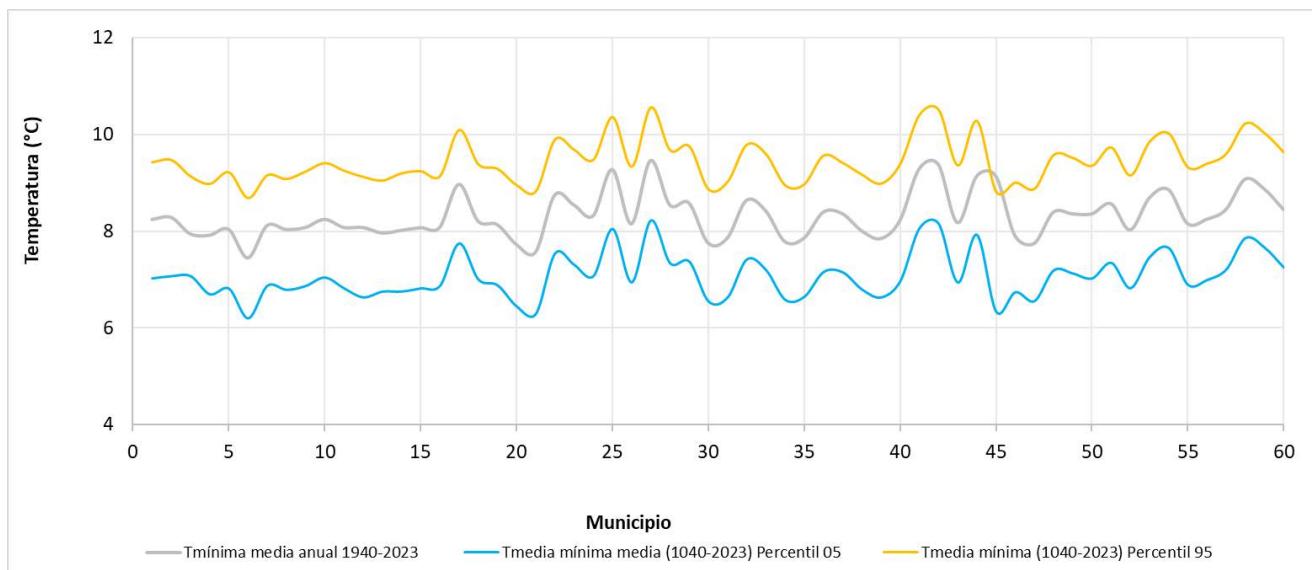
Gráfica 19. serie histórica de la temperatura media (1940-2023) para los 60 municipios del estado de Tlaxcal, acompañado por sus valores extremos determinados dentro de su función de distribución para el percentil 05 (mínimo), percentil 95 (máximo).



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Realizando un análisis similar, para las temperaturas mínimas dentro del periodo 1940-2023, de la misma manera se calcularon sus umbrales mínimos y máximos, su función de distribución permite el análisis de extremos en los percentiles 05 y 95 respectivamente (**Gráfica 20**).

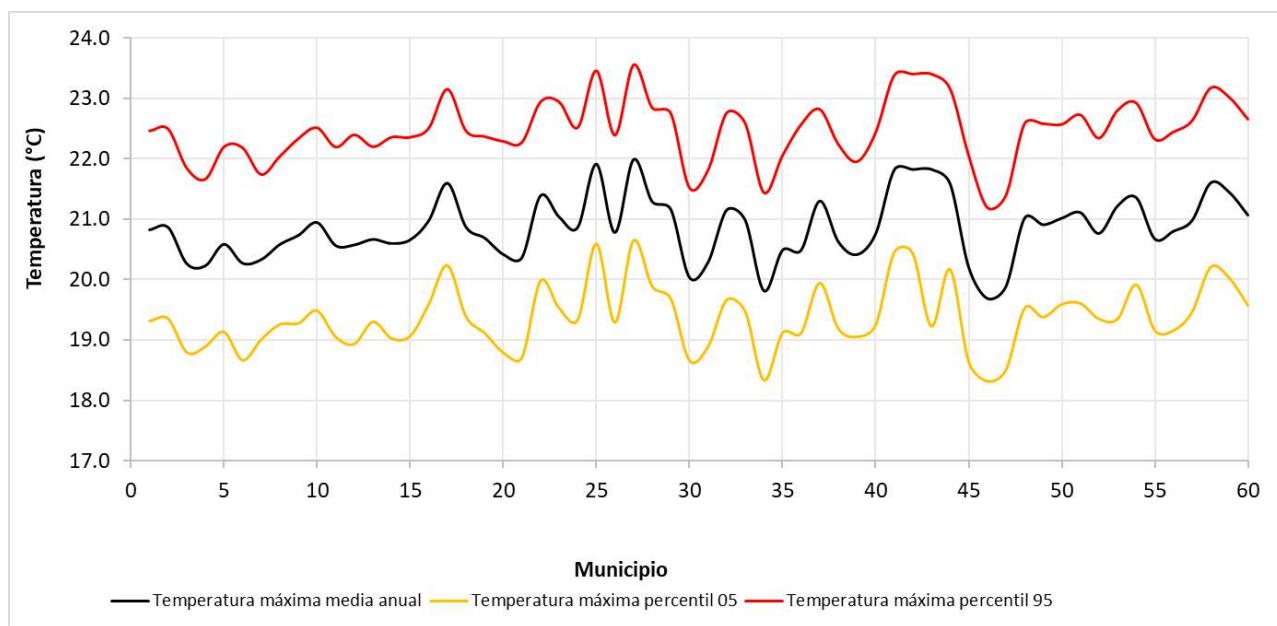
Gráfica 20. Serie de tiempo para los valores mínimos anuales para los 60 municipios incluyendo sus valores extremos mínimos y máximos.



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

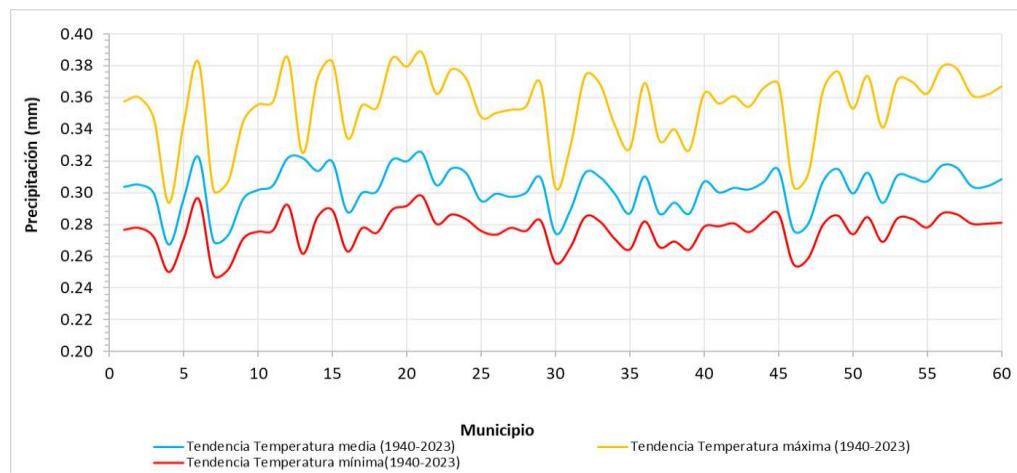
Para el caso de temperatura máxima anual se muestra en la **Gráfica 21**:

Gráfica 21. Temperatura máxima media anual para cada uno de los 60 municipios incorporando sus valores extremos dentro de su distribución en los percentiles 05 y 95.



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 22. Tasa histórica de cambio decadal de temperatura anual (%), incluyendo sus umbrales mínimos y máximos



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

4.1.2 Precipitación

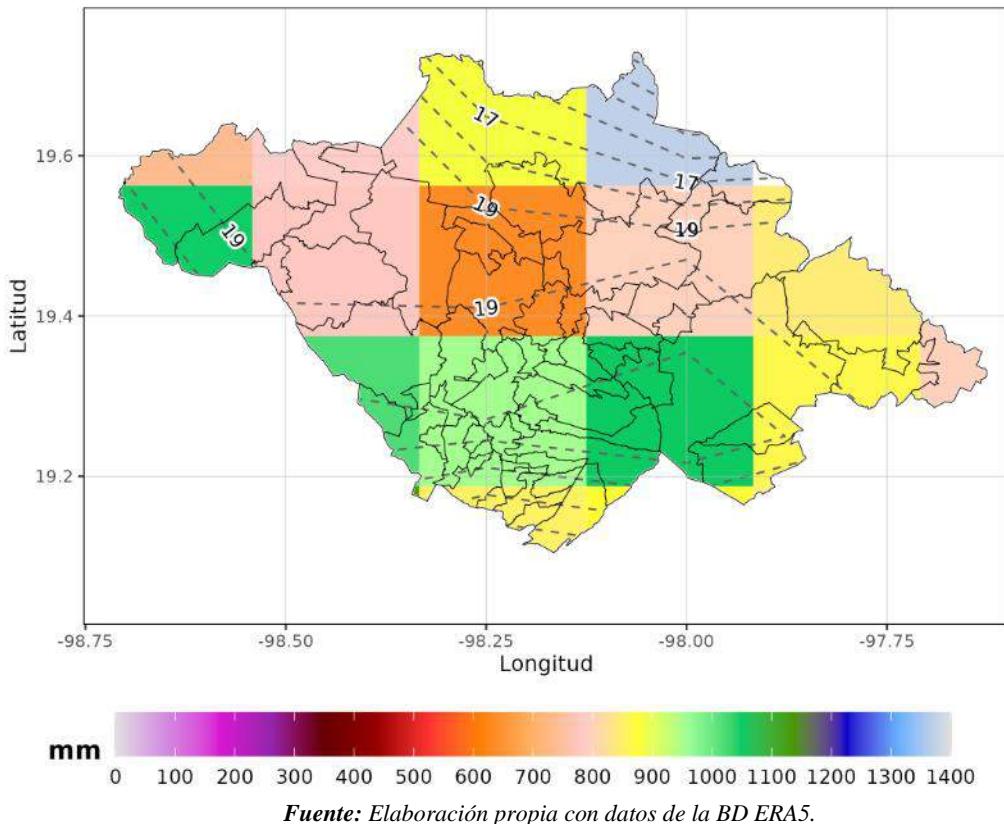
El régimen de precipitación en el Estado de Tlaxcala obedece a una estacionalidad entre fines de primavera, verano completo y principios de otoño, con lo que se puede apreciar que las precipitaciones más significativas son a partir de mayo y concluye en el mes de octubre, periodo lluvioso que concentra $\approx 70\%$ de la precipitación del año. Considerando también el aspecto bimodal, se puede observar un efecto de sequía de medio verano o canícula debido a que la precipitación tiene un mínimo durante la estación lluviosa para los meses de julio y agosto.

De acuerdo con el histograma de las **Gráficas 16 y 17**, se observa variabilidad mensual de la precipitación en las dos bases de datos, así como también de la temperatura. Por esta razón se muestran los valores medios dentro de cada estación del año (primavera, verano, otoño e invierno), además de su valor anual. La lluvia en la entidad, a pesar de ser un estado acotado en extensión territorial, muestra una variabilidad derivada principalmente de la topografía y orientación de donde provienen las principales fuentes de humedad atmosférica que puede ser del Golfo de México y cuya formación puede derivarse principalmente de una fuerte inestabilidad termodinámica que en combinación con la humedad atmosférica provocan las lluvias intensas de tipo convectivo. En invierno pueden ocurrir precipitaciones menores, pero su origen es de tipo estratiforme derivado del paso de frentes fríos y su posible convergencia con masas continentales de aire seco.

El **Mapa 26** muestra el patrón de lluvia acumulado anual para el período 1940-2022 utilizando datos de ERA5. Los colores más oscuros son zonas donde las precipitaciones son mayores que el resto de la región. La zona donde se ubica el volcán La Malinche, así como en el municipio de Tlaxco, al norte del estado, es donde se presentan las mayores precipitaciones originadas en su mayoría por el forzamiento orográfico provocado por flujos de humedad y contraste térmico diurno. En municipios del centro de la entidad la precipitación es menor.

Mapa 26. Precipitación acumulada anual promedio para el período 1940-2022.

Fuente de datos: ERA5. Período 1940-2022



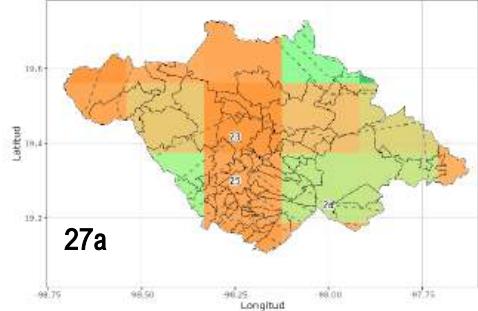
Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5.

La distribución espacial de la lluvia acumulada estacional describe un patrón donde las mayores precipitaciones ocurren en la temporada de verano, la **Mapa 27** presenta de manera estacional las lluvias acumuladas para este periodo. Como se puede observar, la lluvia acumulada para la primavera (Mapa 27.a) antecede a las lluvias más intensas que ocurren durante el verano, (Mapa 27.b) disminuyendo en el otoño (Mapa 27.c) y mínimas en el invierno (Mapa 27.d).

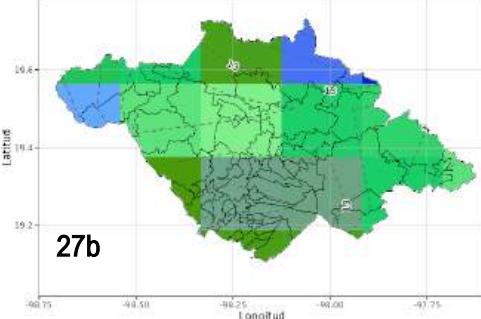
Mapa 27. Lluvia acumulada desagregada estacional para el Estado de Tlaxcala: 27.a lluvia acumulada durante la primavera; 27.b lluvia acumulada durante el verano; 27.c lluvia estacional durante el otoño y 27.d lluvia acumulada estacional para el invierno.

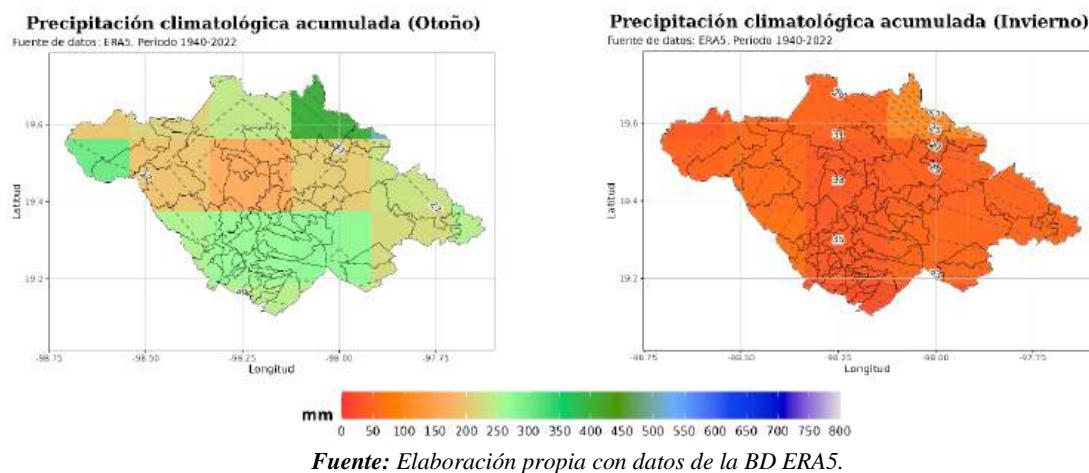
Precipitación climatológica acumulada (Primavera)

Fuente de datos: ERA5. Período 1940-2022

**Precipitación climatológica acumulada (Verano)**

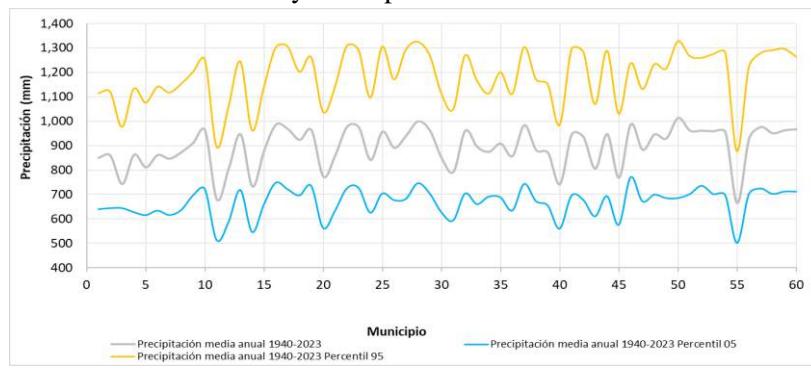
Fuente de datos: ERA5. Período 1940-2022





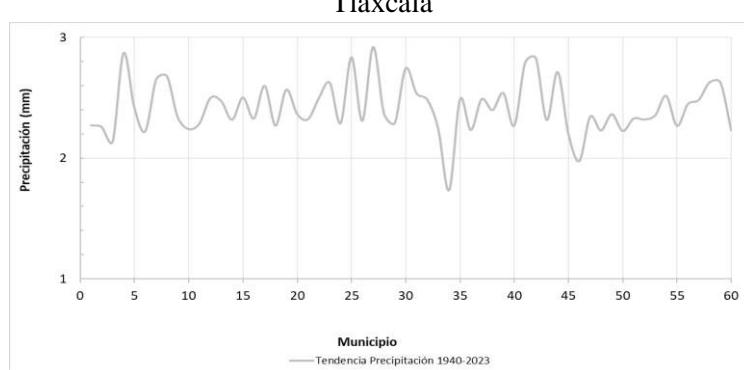
Para precipitación, se analizó la información histórica y se calcularon los valores medios, así como sus umbrales extremos mínimos y máximos considerando sus percentiles 05 y 95 respectivamente.

Gráfica 23. Precipitación media anual por municipio en el periodo 1940-2023 incluyendo sus valores máximos y mínimos determinados a partir de su función de distribución correspondiente a los percentiles 05 y 95 respectivamente



Se calculó la tasa histórica de cambio decadal en precipitación anual (%). **Gráfica 24.**

Gráfica 24. Tasa de cambio decadal histórico en precipitación anual (%) para los 60 municipios de estado de Tlaxcala

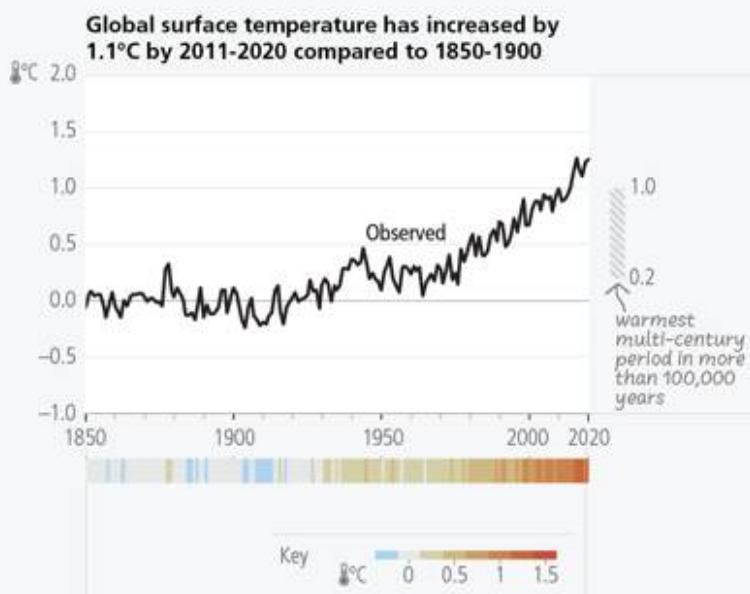


4.2 Análisis y cálculos línea de tendencia

El clima como lo conocemos es una colección de eventos meteorológicos que son analizados y ordenados de manera clara y objetiva mediante procedimientos estadísticos para describir su comportamiento en el mediano y largo plazo. Cuando se refiere a clima es un concepto de medición estadística tomando como elementos básicos a los primeros cuatro momentos (media, desviación estándar, sesgo y kurtosis) en la forma de una función de distribución de probabilidad.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) menciona el alarmante incremento global de la temperatura, en décadas recientes, derivado también del exceso de gases de efecto invernadero por actividades antrópicas que se emiten a la atmósfera de manera constante y que se incrementa, aumentando así la capacidad de retención de calor en estas moléculas en la atmósfera, lo que conlleva un incremento de temperatura de manera global (<https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>). Este incremento de temperatura es debido principalmente a las actividades antropogénicas lo que de manera fehaciente muestra un incremento global de 1.1°C comparando el período de 1850-1900 respecto a 2011-2020, la **Figura 14** muestra un extracto de la Figura 2.1c del reporte AR6 Synthesis Report Climate Change 2023. En el caso de México el incremento ha sido mayor y se sitúa en 1.69°C (1.59°C-1.81°C) con respecto a inicios del siglo XX (1900-1930) (PINCC-UNAM, 2023) y presenta una tasa de calentamiento de 0.29°C por década (0.28°C-0.30°C), superior a la tasa mundial de 0.19°C (0.18°C-0.20°C), lo que implica un calentamiento de 2.9°C en 100 años.

Figura 14. Tendencia de incremento de temperatura a escala global.

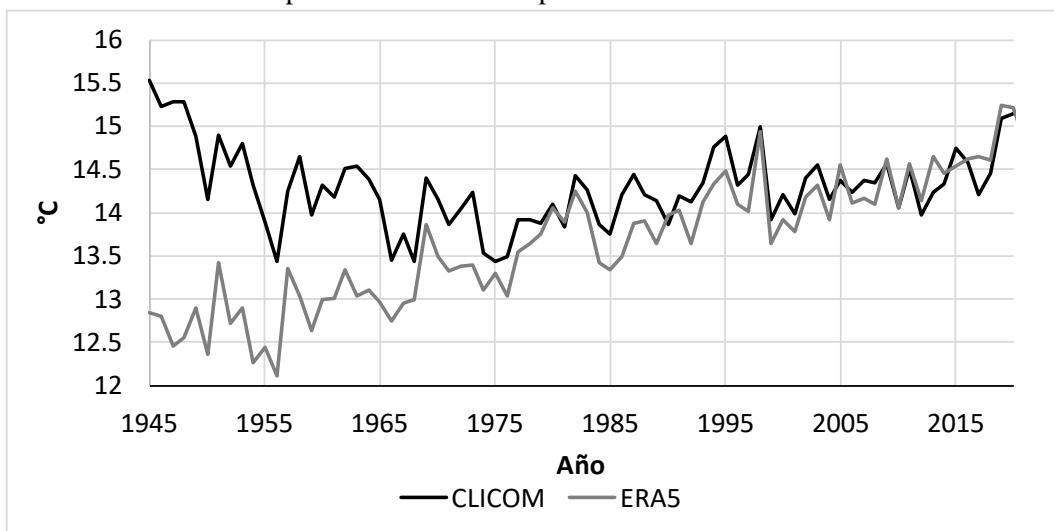


Fuente. Figura 2.1c. del AR6 Synthesis Report Climate Change 2023.

Para mostrar si existe o no una tendencia dentro del Estado de Tlaxcala que soporte lo que de manera global y nacional se observa, es necesario analizar las bases de datos considerando las series de tiempo más largas posibles. La **Gráfica 25** muestra los valores de temperatura media anual para el período 1945-2022 utilizando las bases de datos de CLICOM y ERA5. El sesgo observado al inicio del período considerado puede ser, entre otras posibles causas, por el esquema de asimilación de datos para Era5 y por la reducida representatividad

espacial del número de estaciones del CLICOM hasta antes de 1960, sin embargo, se puede apreciar que existe similitud a partir de 1970 a la fecha, adicionalmente de forma subjetiva también se observa una tendencia positiva de incremento que es necesaria analizar para poder determinar si esta es una señal de cambio climático para el Estado de Tlaxcala.

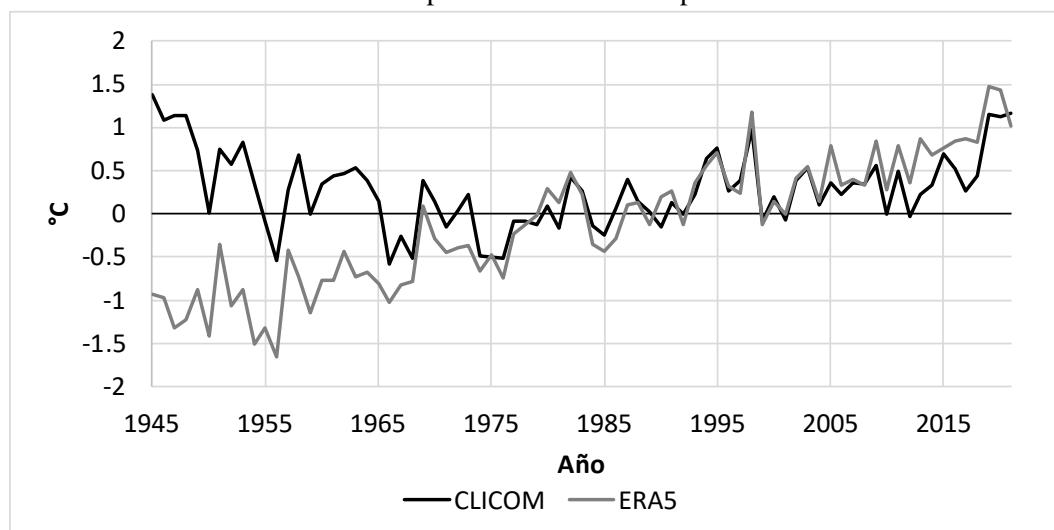
Gráfica 25. Temperatura media anual para el Estado de Tlaxcala 1940-2022.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5.

Una manera simple de determinar la señal de tendencia es comparar contra un periodo base que tenga como mínimo 30 años y obtener su media estadística, a estos valores se les aplica una resta aritmética contra todos los valores que se muestran en la **Gráfica 26**, denominado a esta nueva serie de datos como “anomalías”. Para este análisis climático se tomó el período base 1970-2000, considerado en informes recientes del IPCC. La gráfica muestra la anomalía de temperatura anual.

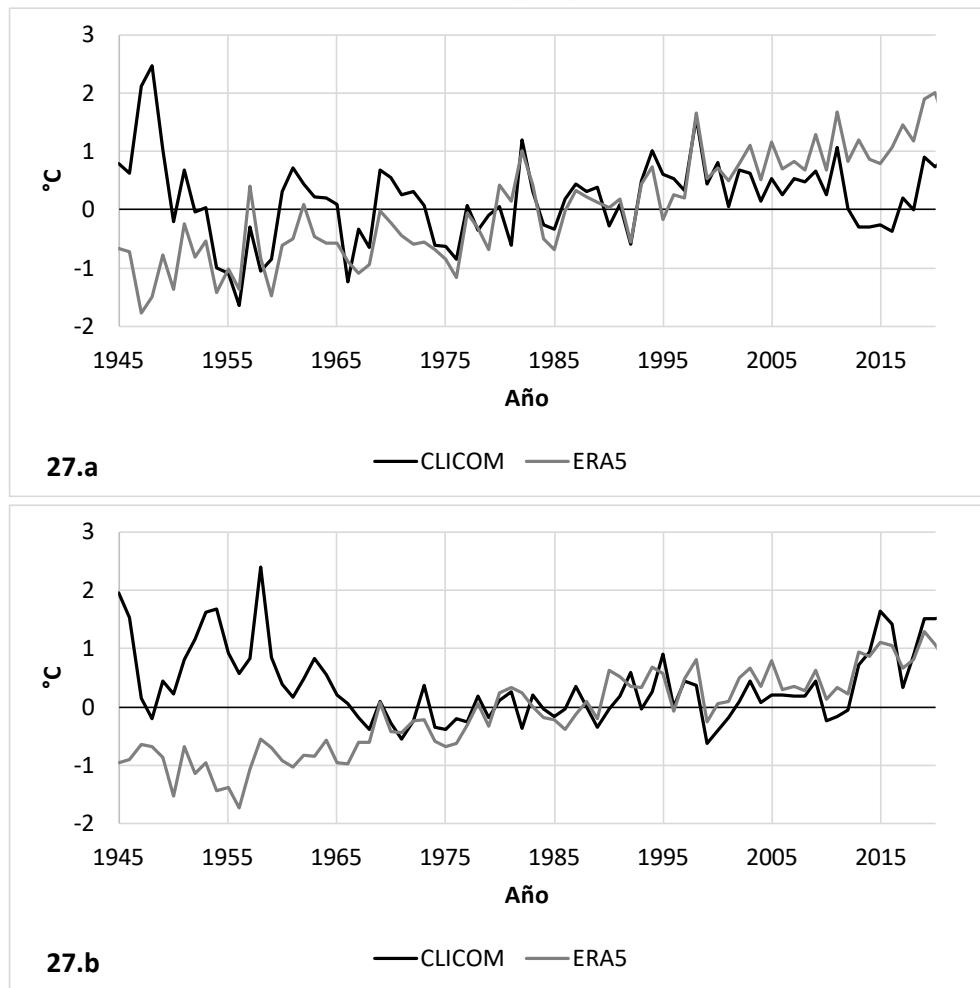
Gráfica 26. Anomalía de temperatura media anual para el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5.

Valores mayores a 0°C indican calentamiento con respecto a su período base. Los valores de anomalía de ERA5 son mayores que los de CLICOM, pero en general la tendencia, de manera subjetiva, para las 2 BD, se mantiene. El calentamiento en Tlaxcala es en promedio de 1.1°C (1.02°C-1.17°C) con respecto al periodo 1970-2000, considerando la BD CLICOM y ERA5.

Gráfica 27. Serie anual de anomalía de temperatura máxima (27.a) y serie anual de anomalía de temperatura mínima (27.b)



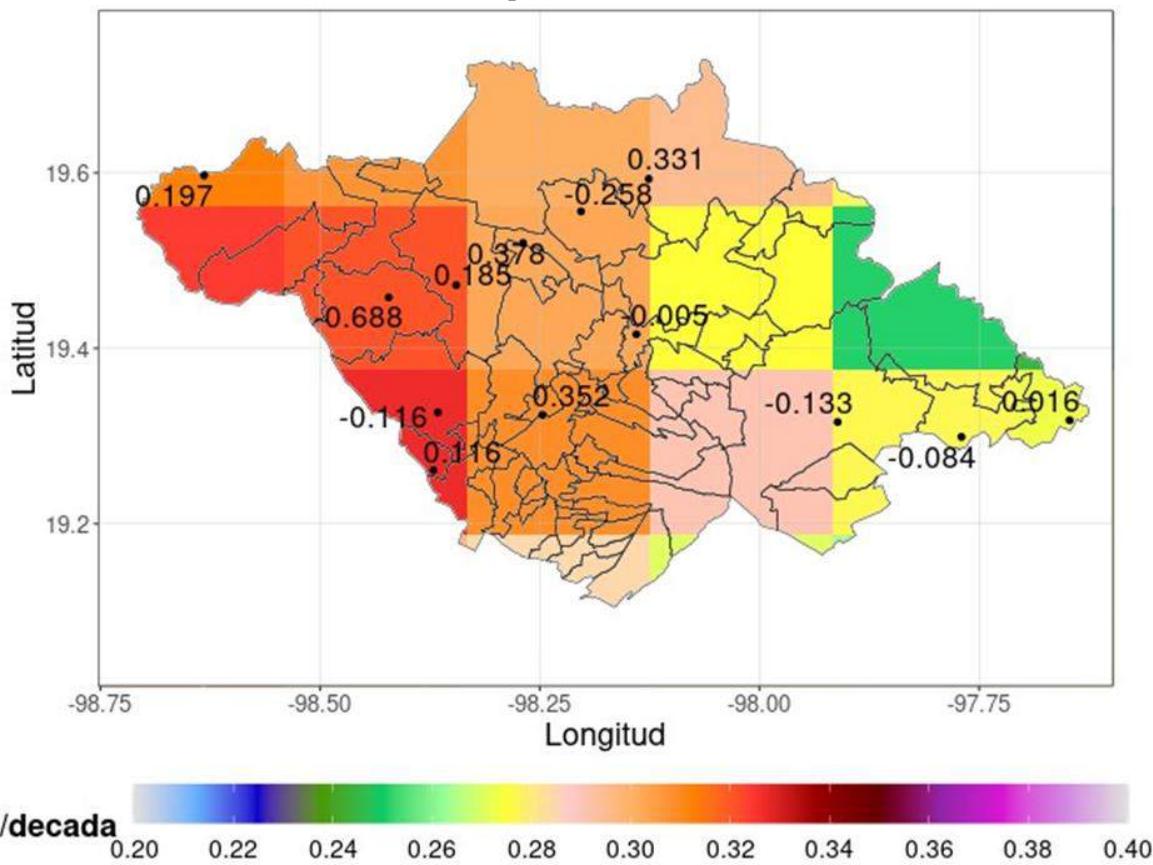
Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5.

Como se puede observar de la **Gráfica 27**, tanto la anomalía de temperatura máxima (Gráfica 27.a) como de la mínima (Gráfica 27.b) muestran una tendencia positiva de incremento en la temperatura a partir de 1975, por lo que se puede concluir que las temperaturas máximas se están incrementando, y que las mínimas también, lo que hace un corrimiento de temperatura diaria hacia valores más altos, como se presenta en la sección de índices climáticos del presente informe, sin lugar a duda que uno de los principales impactos por este incremento es en la agricultura, biodiversidad y en la salud.

Al promediar los valores de las variables climáticas en toda la región de interés se pierde el detalle territorial que muestra que la variabilidad climática en combinación con las tendencias es diferente a escala local, incluso

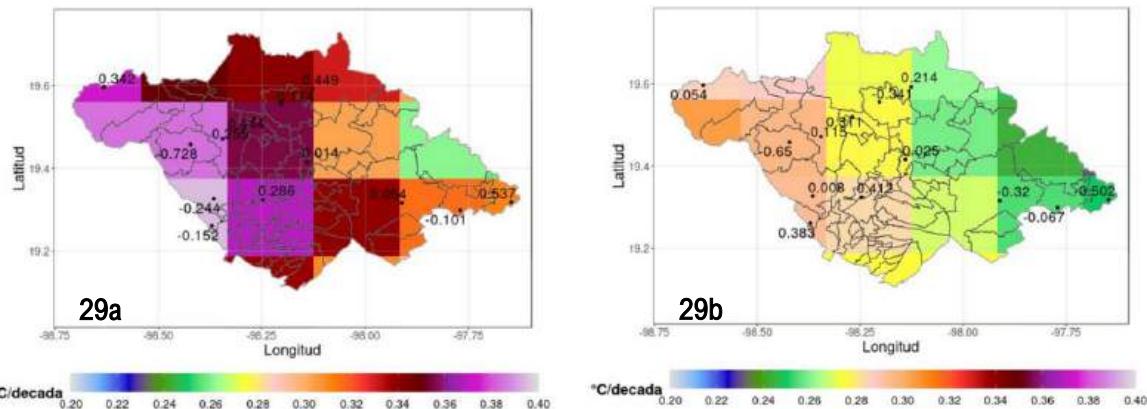
en un dominio o región acotada como es el Estado de Tlaxcala. El **Mapa 28** muestra valores de tendencia decadal del cambio en temperatura media en el periodo 1940-2022 en el territorio estatal.

Mapa 28. Tendencia decadal de la temperatura media anual de la BD Era5 y valores en las estaciones de CLICOM, período 1940-2022.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5. Los puntos indican las estaciones climáticas del CLICOM.

Mapa 29. Tendencia decadal de la temperatura máxima (29a) y de la temperatura mínima (29b), período 1940-2022.



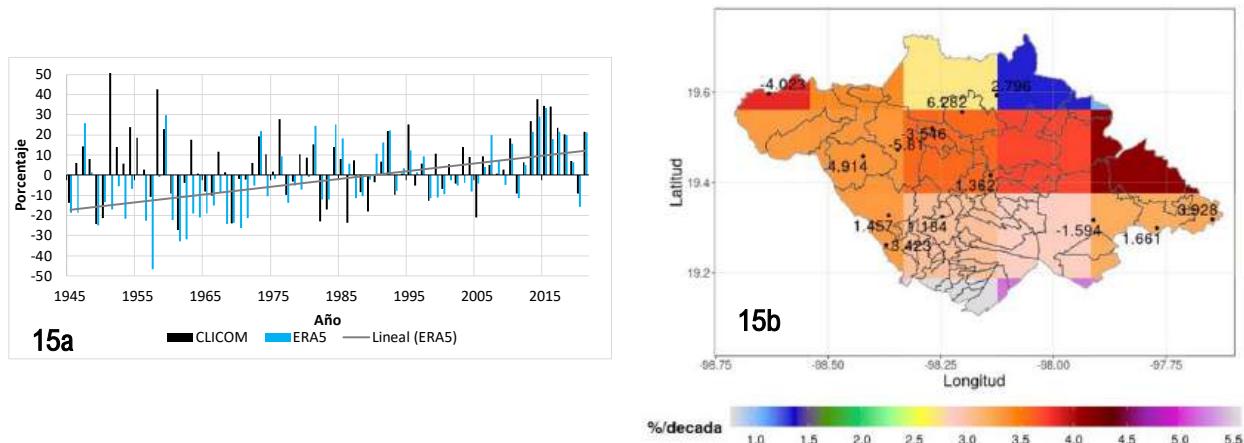
Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5. Los puntos indican las estaciones climáticas del CLICOM.

En una descripción espacial sobre la tendencia, no es posible contrastar o comparar regiones dentro del Estado de Tlaxcala debido a que las tendencias no son iguales para todo el dominio considerado, no obstante, se identifica que en municipios del centro al oeste del estado la tasa de calentamiento es mayor que en otras regiones e inclusive a la que se presenta a nivel nacional. La **Mapa 29a** muestra en su mayoría tendencias positivas para la temperatura máxima decadal, no obstante, también en las estaciones del CLICOM se observan para algunas regiones tendencias negativas (enfriamiento), esto es un efecto local común y por lo tanto esperado donde no todas las regiones tienen un comportamiento climático similar.

Por otra parte, la **Mapa 29b** muestra un mapa de tendencia decadal para la temperatura mínima, la mayoría de éstos presentan valores positivos y este formato permite observar en qué regiones es donde se da el mayor aumento de temperatura, por década. Estos mapas indican que los cambios locales de temperatura son heterogéneos y que obedecen a muchos factores de tipo hidrológico y fisiográfico. Así que el incremento en la temperatura global también afecta en la escala regional y local, intensificándose la señal particularmente en municipios del centro y del oeste del estado.

En relación con la precipitación, aunque la señal es débil, se observa que la tendencia es de incremento en el periodo histórico (**Figura 15a**) y se distribuye en forma diferenciada en las regiones, siendo el noroeste del estado la zona cuya tendencia es más marcada hacia un incremento de la precipitación. La **Figura 15b** muestra valores de tendencia decadal de la precipitación total anual con datos de ERA5 y ubicando las estaciones climáticas del CLICOM que registran una señal local de reducción de la precipitación al oeste de la entidad.

Figura 15. Tendencia de la precipitación total anual en el estado (5a) y distribución territorial de la tendencia decadal (5b), período 1940-2022.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD CLICOM y ERA5. Los puntos indican las estaciones climáticas del CLICOM.

4.3 Elaboración de escenarios de cambio climático

Una representación de las condiciones físicamente plausibles del clima futuro se obtiene a través de escenarios de cambio climático (INECC, 2022), utilizados por el IPCC y disponibles públicamente en el Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados Fase 6 (CMIP6; <https://pcmdi.llnl.gov/CMIP6>). Los escenarios de cambio climático son generados por la comunidad internacional con Modelos climáticos de Circulación General (GCM) en respuesta a las emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

proyectadas, a nivel global y regional, vinculados a los escenarios de Rutas Socioeconómicas Compartidas más recientes (SSP's, por sus siglas en inglés; para obtener más información, consulte el sitio web: *Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change - Carbon Brief*). Un aspecto para destacar es que los escenarios de cambio climático no son una previsión y consideran un abanico de posibilidades debido a la incertidumbre asociada.

El IPCC menciona que los escenarios y trayectorias modeladas son una guía para conocer las emisiones futuras, cambio climático, impactos y riesgos y son basados en un rango de suposiciones incluyendo variables socioeconómicas y opciones de mitigación², haciendo énfasis que no son predicciones ni pronósticos. El IPCC propone utilizar 5 escenarios de emisiones basados SSP's que cubren un rango de posibles forzantes antropogénicos que se han encontrado en la literatura. Entonces, los escenarios con altas y muy altas concentraciones de GEI respectivamente son: SSP3-7.0 y SSP5-8.522 y que ligeramente duplcan las concentraciones actuales de CO₂ para los años 2100 y 2050 respectivamente. Escenarios de emisiones intermedias de GEI (SSP2-4.5) asume que contiene los niveles de CO₂ cercanos a los niveles actuales y hasta el medio siglo. Los bajos y muy bajos niveles de emisiones de GEI son: SSP1-1.9 y SSP1-2.6 que asumen emisiones de CO₂ tendiendo a cero hacia los años 2050 y 2070 respectivamente. Este tipo de SSP's fue utilizado por algunos grupos de trabajo dentro del IPCC para evaluar cambios climáticos regionales, impactos y riesgos.

Para propósitos del presente proyecto se consideran los escenarios SSP5-8.522 y SSP2-4.5, referido como muy altas concentraciones de GEI, así como emisiones intermedias, considerando que de acuerdo con las actividades antropogénicas y las negociaciones internacionales para reducir las emisiones de GEI no han sido muy positivas, entonces se toma en cuenta un escenario “extremo” y otro tendencial de seguir como vamos “business as usual”. Es muy poco probable que regresemos a un escenario con muy pocas emisiones en un futuro cercano que estén por debajo del SSP2-4.5. Estos escenarios cubren la gama de trayectorias posibles (Lutz et al., 2016) y se encuentran entre los más utilizados por la comunidad climática (Joyce y Coulson, 2020).

Por otra parte, para la construcción de los escenarios con las SSP's propuestas, se tomaron los resultados de cinco modelos climáticos que fueron utilizados por el IPCC en su informe de evaluación más reciente, como parte de un conjunto del orden de más 40 modelos: CNRM-CM6-1 de Francia, GFDL-ESM4 de los Estados Unidos de América, HadGEM3-GC31-LL del Reino Unido, MIROC6 de Japón, MPI-ESM1-2-LR de Alemania. Los resultados de estos modelos se ajustan a las condiciones climáticas de México y se han aplicado anteriormente en estudios de impactos del cambio climático en el país (SEMARNAT-INECC, 2018).

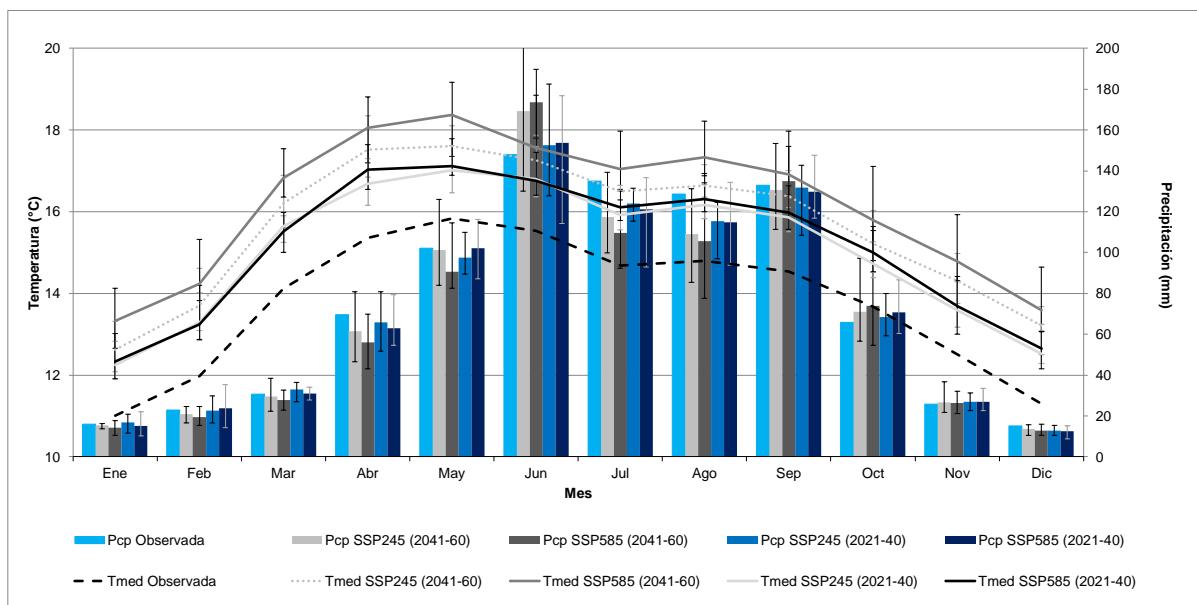
Se optó por aplicar una práctica internacional común de generar un ensamblaje multimodelo a partir de un promedio no ponderado de los cinco modelos y considerar la dispersión de los MCG como una aproximación de la incertidumbre (Altamirano et al., 2021). A continuación, se muestran los gráficos que describen las proyecciones en el mediano y largo plazo.

La **Gráfica 28** muestra un comparativo total de la temperatura media mensual y precipitación (datos registrados por CLICOM), y las mismas variables para los dos SPP en los horizontes de cercano plazo (2021-2040) y mediano plazo (2041-2060). Si bien los valores no son los mismos, se puede apreciar una concordancia en donde se muestra aspectos típicos que se han observado previamente; temporada de lluvia mayo-octubre,

² Box SPM.1 The use of scenarios and modelled pathways in the AR6 Synthesis Report: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf

distribución bimodal (canícula intensificada en las próximas décadas), temperaturas mensuales entre 1 a 2°C superior a las actuales, y valores de precipitación en general menores que los históricos coincidiendo con proyecciones tanto globales como en otras regiones del país.

Gráfica 28. Cambio proyectado en la temperatura media mensual (°C) y precipitación mensual (mm) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.



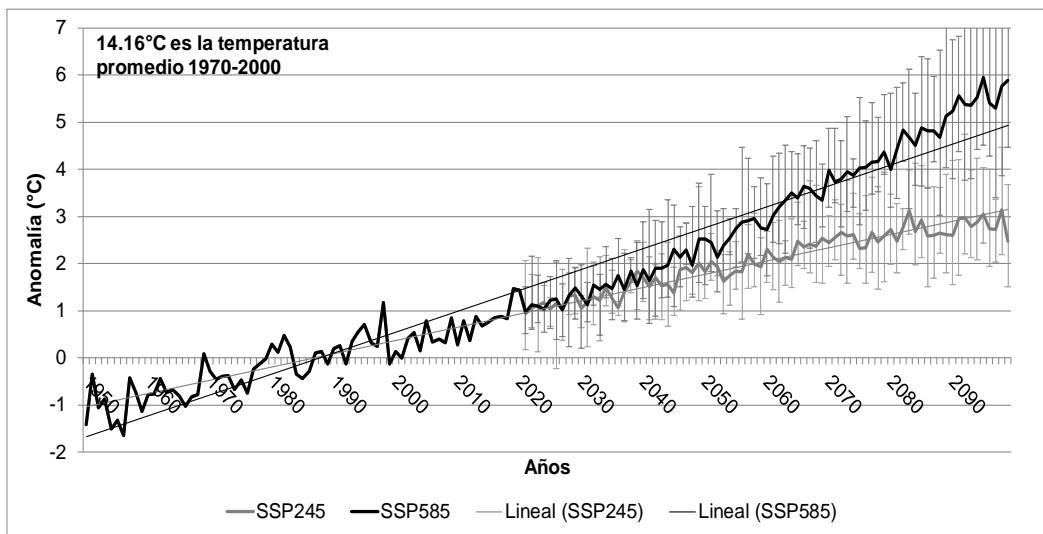
Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5 y de 5 MCG del CMIP6.

Nota: Se presenta el horizonte cercano (2021-2040) y el intermedio (2041-2060), a partir del ensamble de 5 MCG del CMIP6. Los intervalos de error representan la dispersión entre los 5 MCG después de 2020.

La tendencia de cambio de temperatura media anual para el Estado de Tlaxcala que se muestra en la **Gráfica 29**, incorpora datos climáticos 1950-2020 de la BD ERA5 y el ensamble de modelos para las proyecciones de los dos SSP considerados. Se puede observar que la proyección del ensamble para las concentraciones de SSP 5-8.5 y SSP 2-4.5 son próximas hasta la década 2040, posteriormente el escenario pesimista muestra un incremento mayor tal que para el año 2060 la anomalía de temperatura media anual se incrementaría hasta 3°C y a finales del presente siglo tendríamos anomalías del orden de los 6°C.

También muestra los intervalos de error lo que representa la dispersión entre los 5 modelos de circulación general que se utilizaron para la construcción del ensamble. Las proyecciones con la SSP 2-4.5 es de menor intensidad en el largo plazo que el escenario pesimista. Estos hallazgos reafirman que la mitigación de emisiones de GEI a nivel internacional y local resulta importante para reducir la intensidad del riesgo climático futuro.

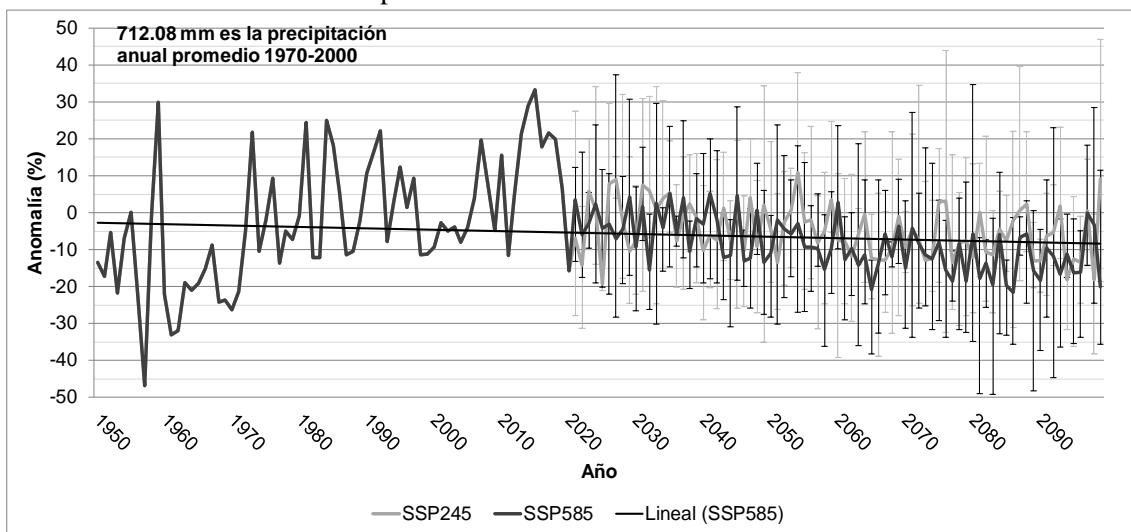
Gráfica 29. Serie anual de anomalía de temperatura que incluye el periodo histórico (1950-2020) a partir de datos ERA5 con el cambio en temperatura media anual (°C) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5 y de 5 MCG del CMIP6.

Nota: Se presenta el horizonte cercano (2021-2040) e intermedio (2041-2060), a partir del ensamble de 5 MCG del CMIP6: CNRM-CM6-1, GFDL-ESM4, HadGEM3-GC31-LL, MIROC6, MPI-ESM1-2-LR. Los intervalos de error representan la dispersión entre los 5 MCG después de 2020

Gráfica 30. Serie anual de anomalía de precipitación que incluye el periodo histórico (1950-2020) a partir de datos ERA5 con el cambio en precipitación acumulada anual (%) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.



Fuente: Elaboración propia con datos de la BD ERA5 y de 5 MCG del CMIP6.

Nota: Se presenta el horizonte cercano (2021-2040) e intermedio (2041-2060), a partir del ensamble de 5 MCG del CMIP6: CNRM-CM6-1, GFDL-ESM4, HadGEM3-GC31-LL, MIROC6, MPI-ESM1-2-LR. Los intervalos de error representan la dispersión entre los 5 MCG después de 2020.

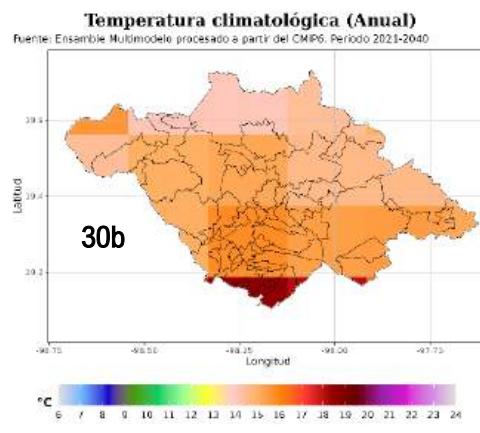
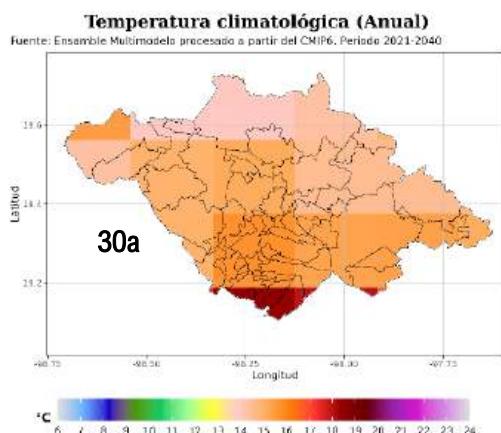
Con respecto a la proyección de la precipitación, la **Gráfica 30** indica que en general son relativamente similares los escenarios de las dos concentraciones de SSP y la tendencia de precipitación total anual es negativa de tal manera que la tendencia de precipitación para el año 2050 sería de -5% y para el fin del presente siglo se reduciría hasta en 15% del valor actual de lluvia acumulada anual.

Ya sea en series de tiempo o de manera espacial, se aprecia que el escenario considerando SSP 5-8.5 es el que mayor impacto en temperatura y precipitación presenta. Como se puede apreciar en las **Mapas 30, 31, 32 y 33** los escenarios son tangibles, esto se refuerza cuando se presentan los escenarios, pero con cambios (tendencias) decadales en los **Mapas 34 y 35**. Para más información se recomienda revisar las carpetas anexas que contienen mapas con los análisis climatológicos, tendencias y escenarios de cambio climático. Poner en el presente informe toda la cantidad de información que se generó en el presente proyecto no es práctico, pero si el lector desea consultar información adicional que se generó, puede acceder a las carpetas antes señaladas.

4.3.1 Período 2021-2040

Temperatura 2021-2040

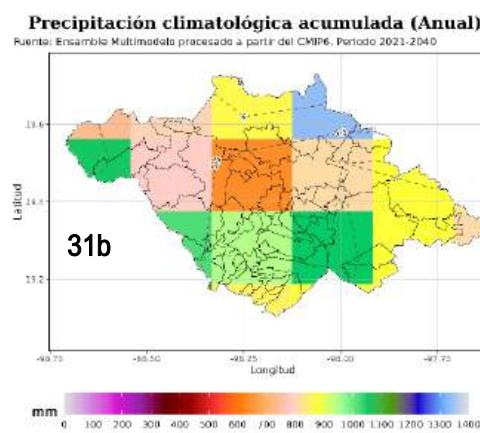
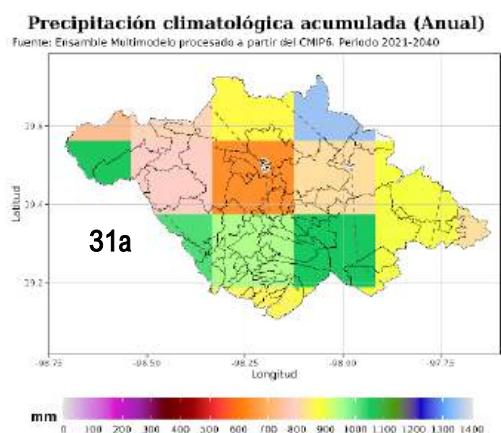
Mapa 30. Escenarios de cambio climático de temperatura media anual considerando la SSP2-4.5 (30.a) y SSP5-8.5 (30.b) para el período 2021-2040.



Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6.

Precipitación 2021-2040

Mapa 31. Escenarios de cambio climático de precipitación considerando la SSP2-4.5 (31.a) y SSP5-8.5 (31.b) para el período 2021-2040.

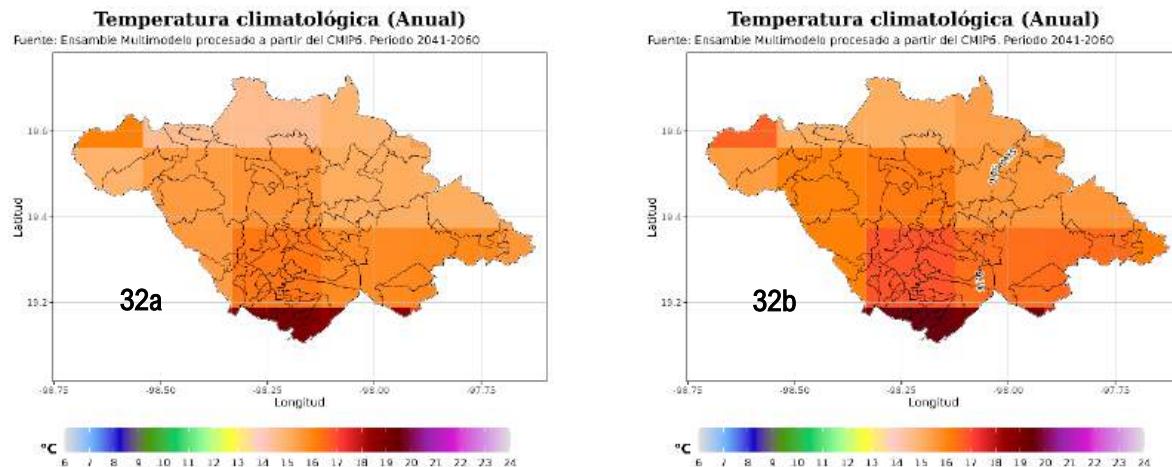


Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6.

4.3.2 Período 2041-2060

Temperatura 2041-2060

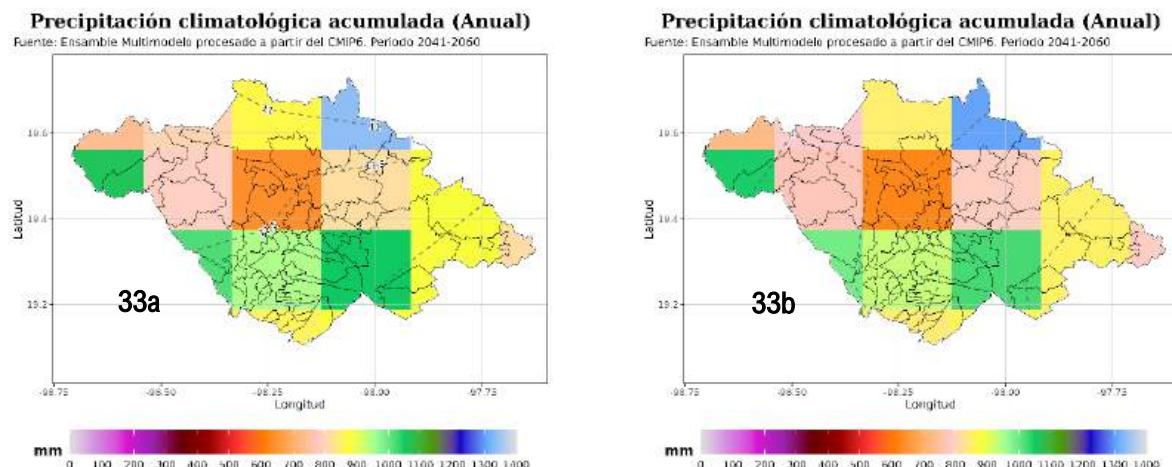
Mapa 32. Escenarios de cambio climático de temperatura media anual considerando la SSP2-4.5 (32.a) y SSP5-8.5 (32.b) para el período 2041-2060.



Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6.

Precipitación 2041-2060

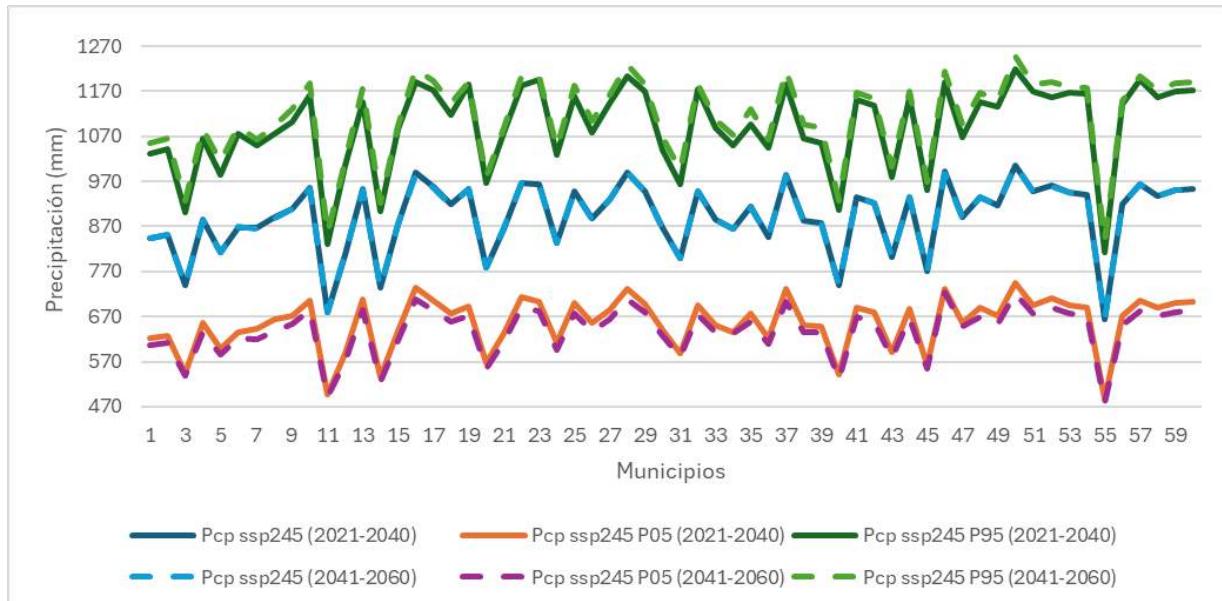
Mapa 33. Escenarios de cambio climático de precipitación considerando la SSP2-4.5 (33.a) y SSP5-8.5 (33.b) para el período 2041-2060.



Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6.

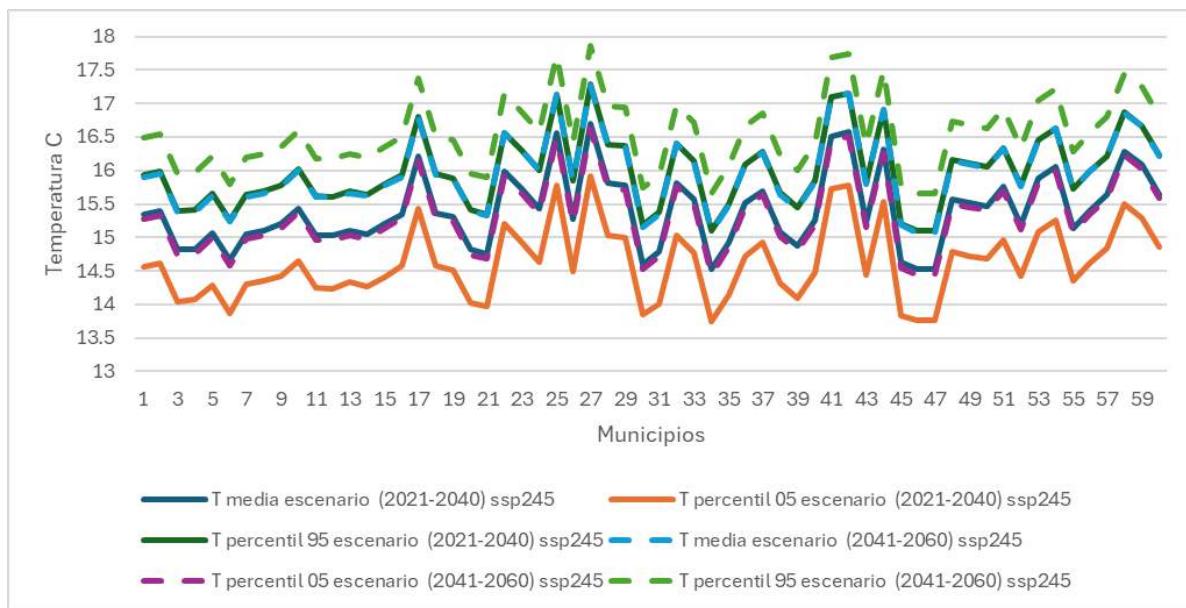
Escenarios ssp245

Gráfica 31. Escenarios climáticos para Precipitación media incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060), además de sus valores extremos Percentil 05 y 95 respectivamente.



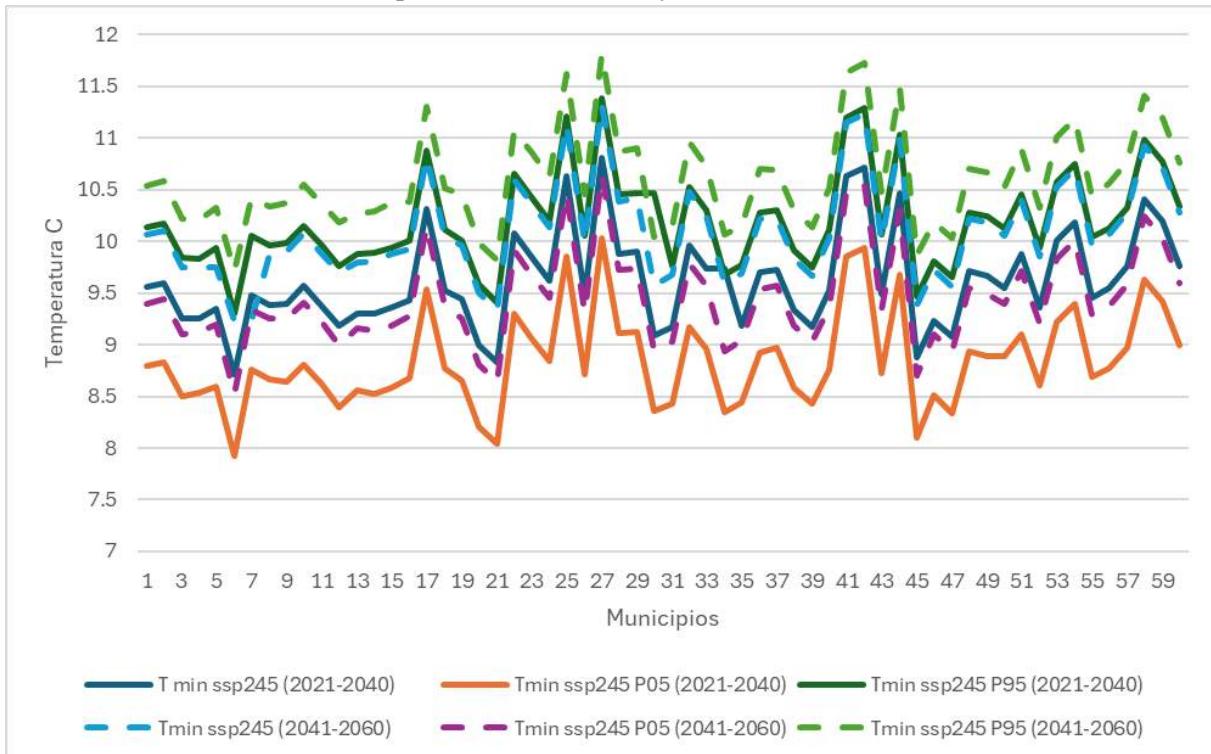
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 32. Escenarios climáticos para temperatura media incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060)



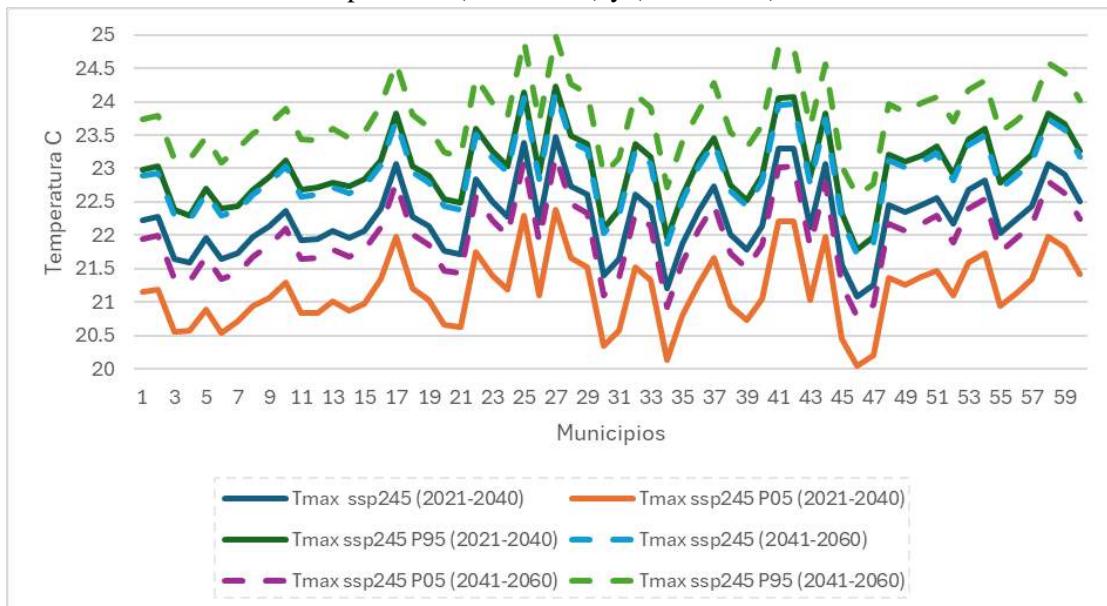
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 33. Escenarios climáticos para temperatura mínima incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060)



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

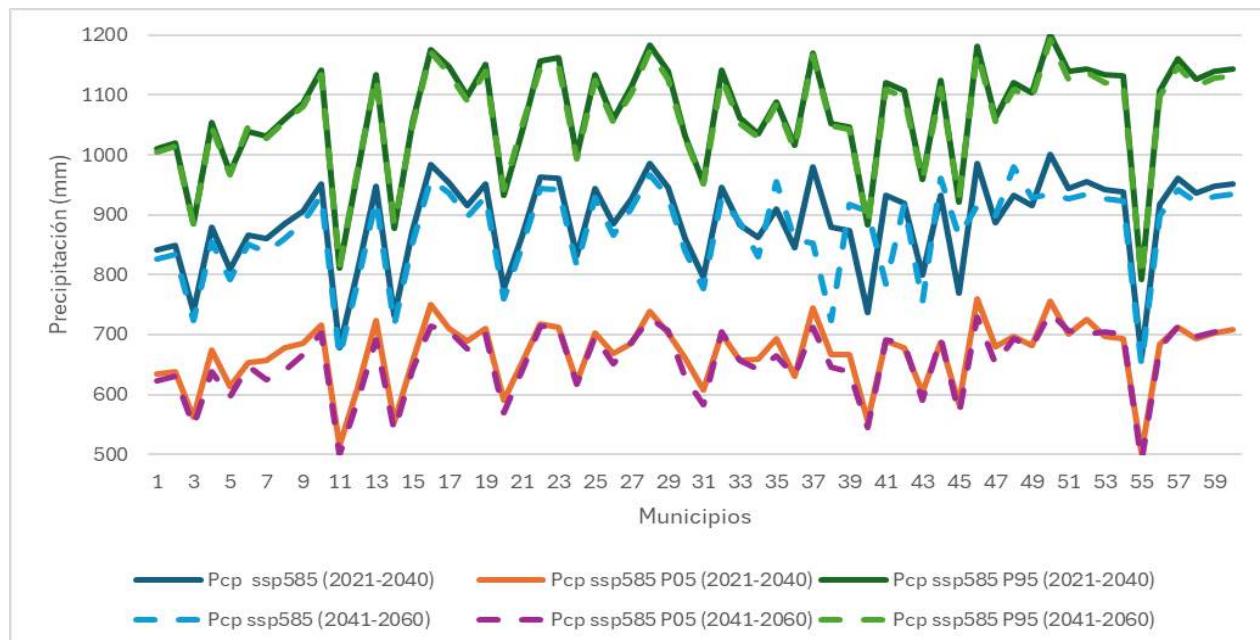
Gráfica 34. Escenarios climáticos para temperatura máxima incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060)



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

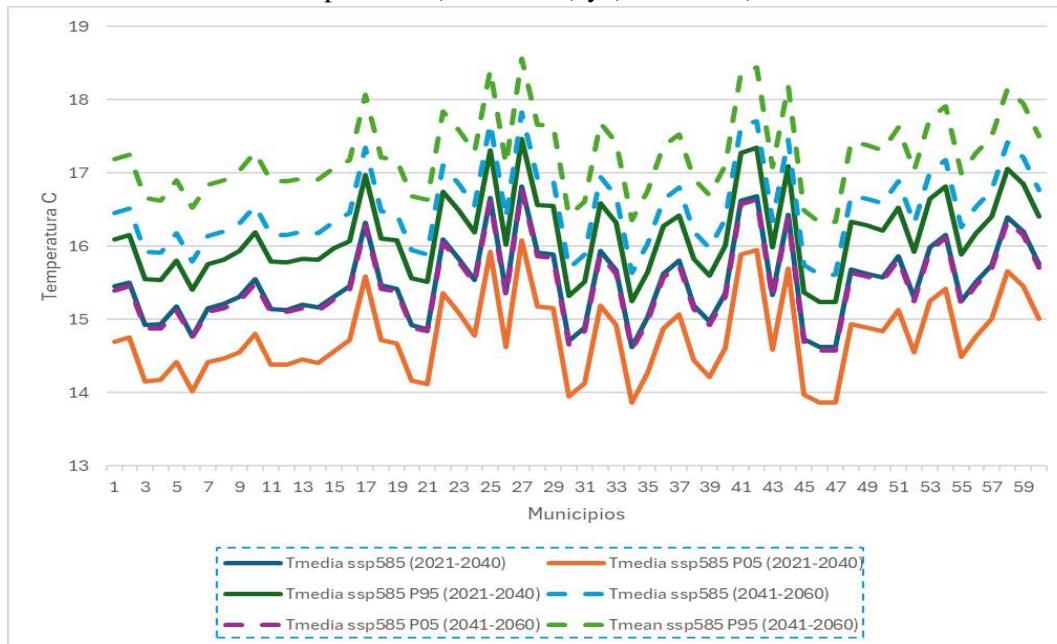
Escenarios ssp585

Gráfica 35. Escenarios climáticos para Precipitación media incorporando los escenarios ssp585 para los períodos (2021-2040) y (2041-2060), además de sus valores extremos Percentil 05 y 95 respectivamente.



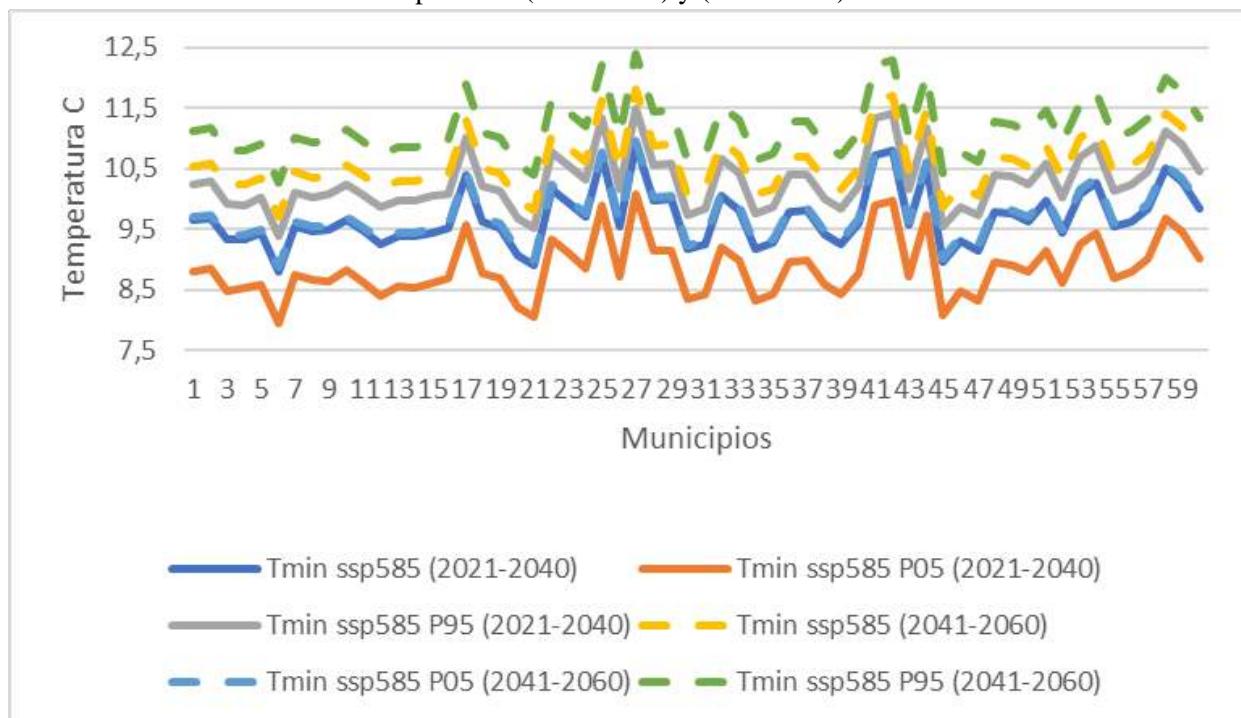
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 36. Escenarios climáticos para temperatura media incorporando los escenarios ssp585 para los períodos (2021-2040) y (2041-2060)



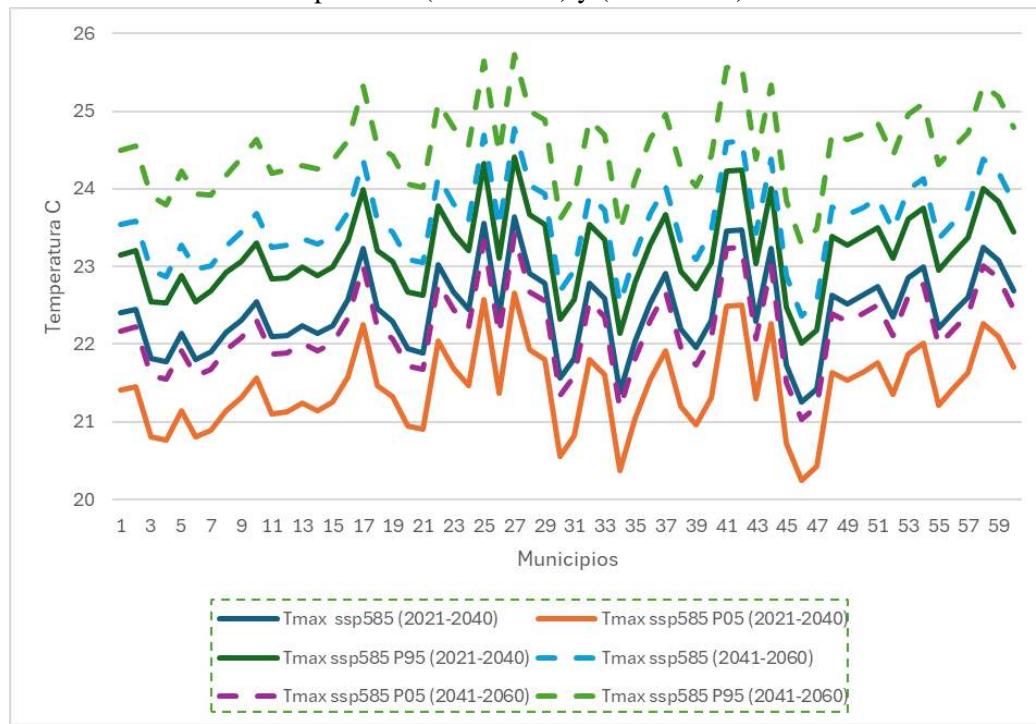
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 37. Escenarios climáticos para temperatura mínima incorporando los escenarios ssp585 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060)



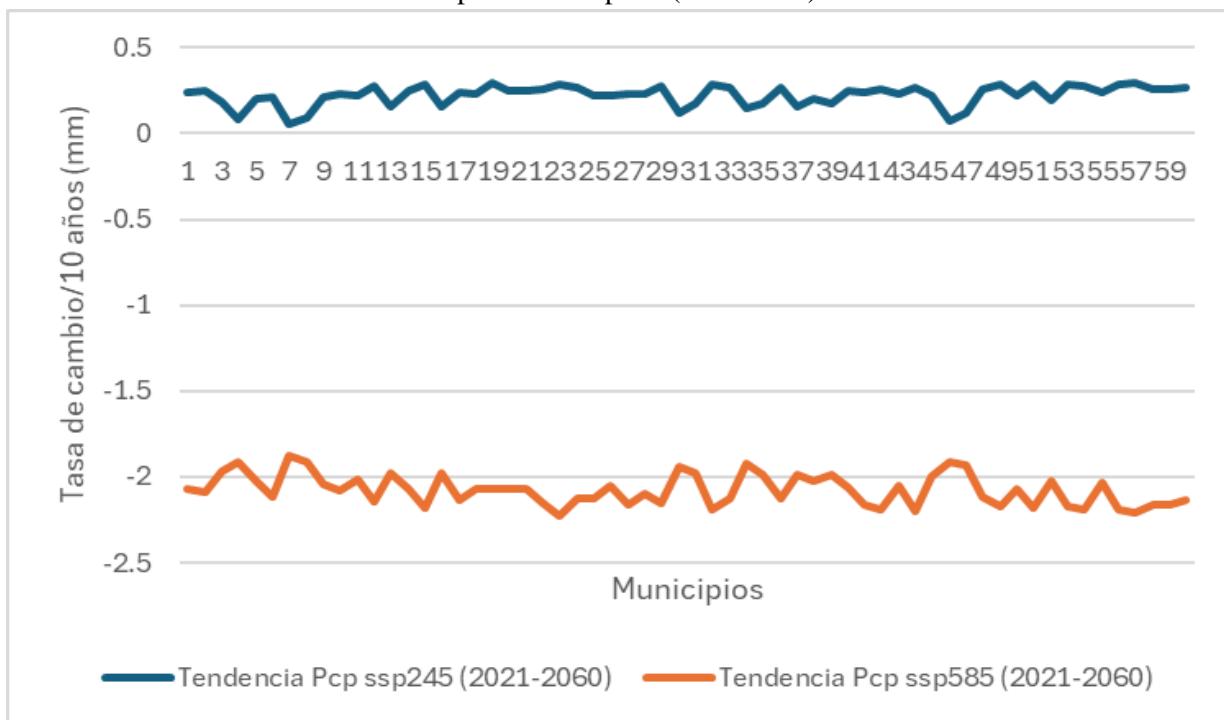
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 38. Escenarios climáticos para temperatura máxima incorporando los escenarios ssp585 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060)



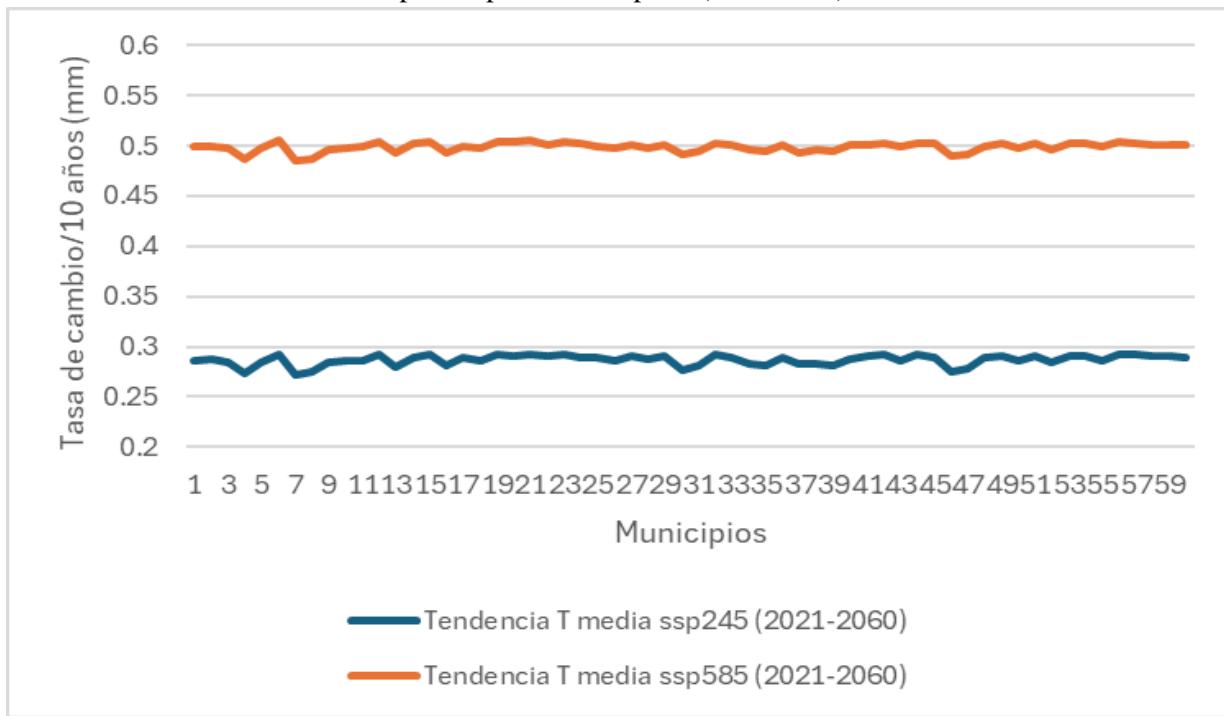
Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 39. Tasa de cambio/10 años (tendencia) para precipitación con los escenarios ssp245 y ssp585 para el periodo completo (2021-2060)



Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

Gráfica 40. Tasa de cambio/10 años (tendencia) para Temperatura media con los escenarios ssp245 y ssp585 para el periodo completo (2021-2060)

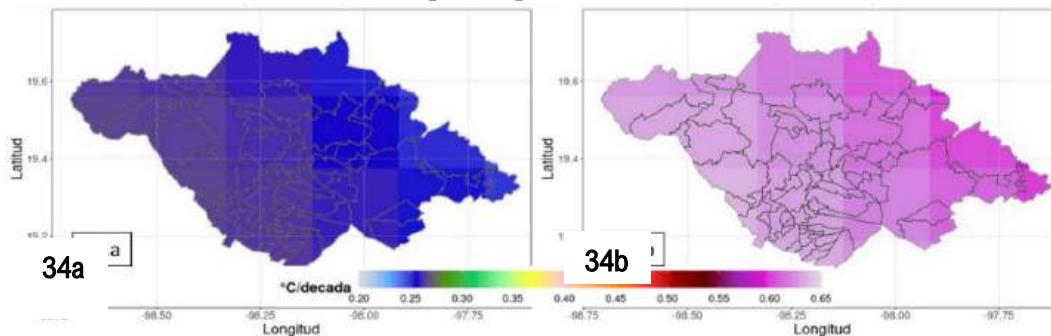


Fuente: Elaboración propia con datos de ERA5 e IPCC

4.3.3 Tendencias decadales

La tendencia de la temperatura media anual en los dos escenarios de SSP muestra un aumento por década en el período 2021-2100 que resulta en más del doble bajo el escenario pesimista SSP 5-8.5. De esta forma se puede apreciar que el incremento es heterogéneo, ya que hay subregiones donde la tendencia decadal es mayor que en otras. Por ejemplo, se aprecia que en el Mapa 34.b la región norte y oriente del Estado de Tlaxcala muestra las tendencias más altas.

Mapa 34. Tendencia decadal de la temperatura media anual ($^{\circ}\text{C}/\text{década}$) para SSP 2-4.5 (34.a) y SSP 5-8.5 (34.b), para el período 2021-2100.

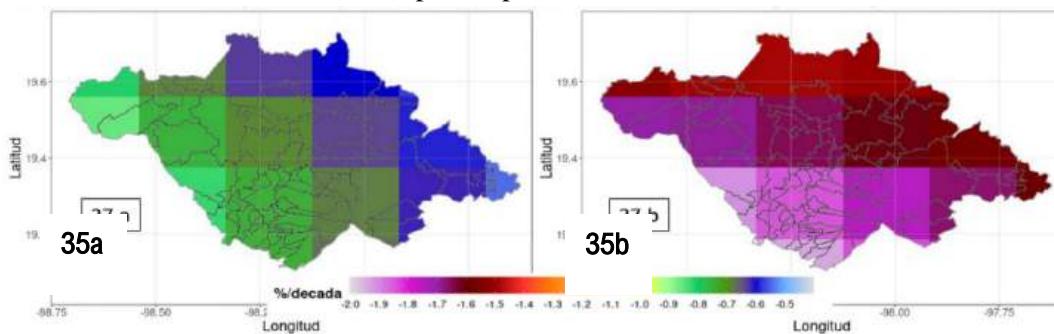


Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6.

Como se ha mostrado con los datos históricos, la lluvia distribuida en la entidad es diferenciada en el territorio, en algunas zonas llueve más que en otras. La tendencia de reducción década a década de la precipitación (**Mapa 35**) obedece también a que, debido a un incremento en las temperaturas, las precipitaciones también cambiarán tanto en cantidad como en su mecanismo de formación, dejando a la fuerte inestabilidad termodinámica que provoque respuestas dinámicas en la atmósfera más dinámicas y por ende violentas al inicio de la estación de lluvias y de la temporada invernal.

Este tipo de formaciones atmosféricas son las que están ocurriendo con mayor frecuencia, lo que conlleva otros resultados adversos pues provocan inundaciones en asentamientos humanos y desprendimientos de capas de suelo vegetal incrementando así el proceso de erosión inducida de manera antropogénica. La precipitación anual se reduciría hasta en 2% por década al sur y oeste de la entidad en el escenario pesimista, lo que implica que la precipitación se podría reducir hasta 20% a finales de siglo.

Mapa 35. Tendencia decadal de la precipitación (%/década) total anual para la SSP 2-4.5 (35.a) y SSP 5-8.5 (35.b), para el período 2021-2100.



Fuente: Elaboración propia con datos de 5 MCG del CMIP6

4.4 Índices climáticos

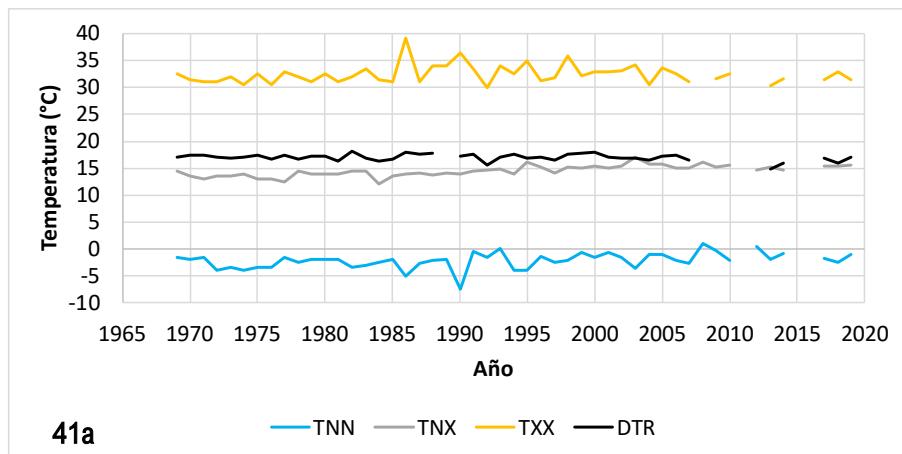
Se calcularon 13 índices climáticos con base en la propuesta metodológica desarrollada por el Grupo de Expertos en Índices para el Monitoreo y Detección del Cambio Climático (ETCCDMI, por sus siglas en inglés). Se aplicó el paquete computacional RClimate versión 1.9 desarrollado por el ETCCDMI en el lenguaje R (Zhang y Yang, 2004), para automatizar el cálculo de los índices a partir de datos diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación.

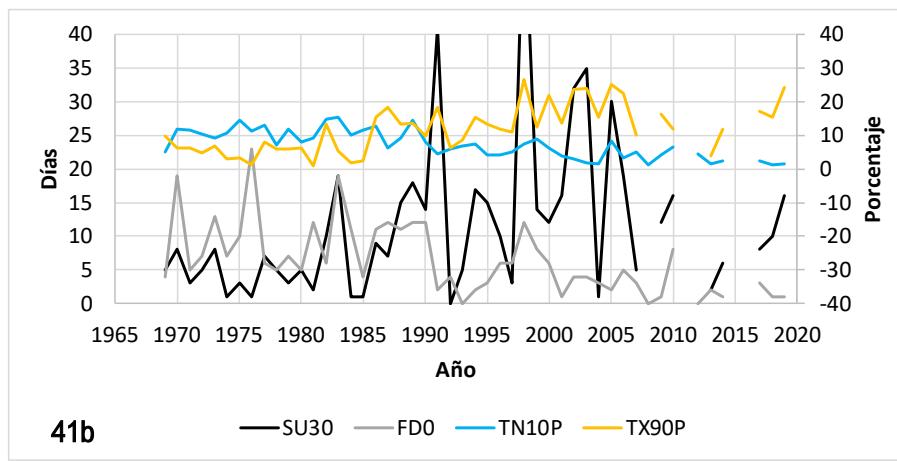
La descripción y fórmulas de cada uno de los índices calculados se incluye en el documento Anexo “*Descripción de índices climáticos calculados para estaciones seleccionadas de Tlaxcala*”. Los archivos con cada uno de los índices anuales obtenidos por estación climatológica del CLICOM para el Estado de Tlaxcala se encuentran en la carpeta “zIndicesClimaticosTlaxcala”.

A continuación, se analiza como un caso indicativo los índices para la estación 29030 del municipio de Tlaxcala. En la **Gráfica 41a** se percibe que desde 1970 se ha vuelto más cálido el valor mínimo de la temperatura mínima (TNN), mientras que ha incrementado el valor máximo de la temperatura mínima (TNX) y de la temperatura máxima (TXX). El rango diurno de temperatura (DTR) no muestra cambios significativos.

Con respecto al número de días con temperatura mayor a 30°C (SU30) en la **Gráfica 41b**, estos aparentemente han incrementado, con episodios con alta variabilidad como los presentados entre 1990 a 2005, mientras que los días con heladas (FD0) muestran una tendencia evidente de reducción en el tiempo. La reducción del porcentaje de días en que la temperatura mínima es menor al percentil 10 (TN10P) o el incremento del porcentaje en que la temperatura máxima es mayor al percentil 90 (TX90) reafirman lo encontrado para la TNN y TXX.

Gráfica 41. Índices climáticos anuales correspondientes a temperaturas extremas (41a) y días en que se rebasan umbrales de temperatura (41b), para el período 1965-2020.

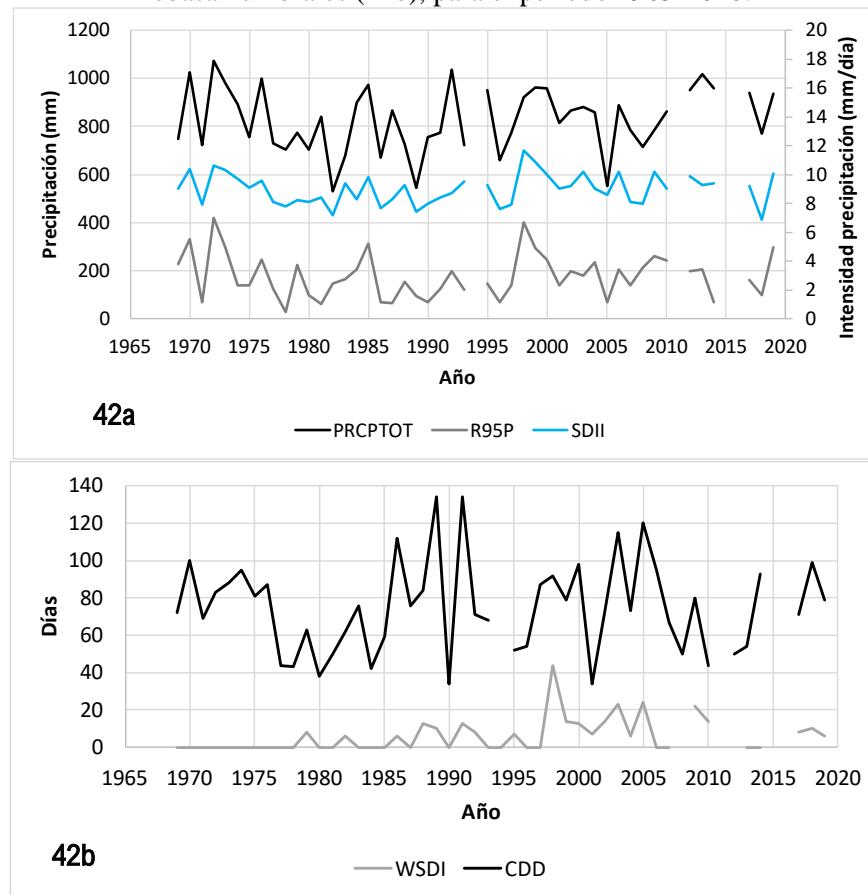




Fuente: Elaboración propia con BD CLICOM.

Los índices sobre precipitación total anual, el acumulado de lluvia que rebasa el percentil 95 y la intensidad diaria de precipitación, PRCPTOT, T95P y SDII, respectivamente en la Gráfica 26a, muestran una variabilidad uniforme o estacionaria en el tiempo. Es perceptible el incremento en el número de días cálidos consecutivos en que se rebasa el percentil 90 de la temperatura máxima (WSDI) en la Gráfica 26b, en tanto que es menos evidente en el número máximo de días al año con precipitación menor a 1 mm (CDD).

Gráfica 42. Índices climáticos anuales correspondientes a precipitación (42a) y días consecutivos en que se rebasan umbrales (42b), para el período 1965-2020.



Fuente: Elaboración propia con BD CLICOM.



5. Elementos de presión que exacerban el cambio climático.

5.1 Balance energético del Estado de Tlaxcala

Un balance de energía es una forma de presentar la información de la oferta y la demanda de energía para una zona geográfica específica y para un periodo de tiempo determinado. Se basa en un conjunto de relaciones de equilibrio que contabiliza los recursos energéticos que se producen (origen), los que se intercambian con el exterior (importaciones y exportaciones), los que se transforman, los que consume el sector energético para su operación, las pérdidas y los que no son aprovechados por diversas limitaciones, y los que demandan los distintos sectores de uso o consumo final (Sheinbaum, Briseño & Robles, 2011).

El método de contenido energético físico, que es el método empleado actualmente por la Agencia Internacional de la Energía (IEA), asume una eficiencia del 100% para centrales eléctricas que emplean energías primarias, es decir, la cantidad de energía eléctrica producida se supone igual a la cantidad de energía empleada, excepto en energía nuclear y geotérmica (OCDE/AIE, 2007). El balance se realizó para el año base 2021.

Tabla 12. Múltiplos del Joule (J)

Prefijo	Abreviación	Representación decimal	Representación científica
kilo	kJ	1,000	1x10 ³
mega	MJ	1,000,000	1x10 ⁶
giga	GJ	1,000,000,000	1x10 ⁹
tera	TJ	1,000,000,000,000	1x10 ¹²
peta	PJ	1,000,000,000,000,000	1x10 ¹⁵

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de realizar la conversión a unidades de energía, se emplea el poder calorífico neto (PCN) reportado por el Balance Nacional de Energía.

Tabla 13. Poder Calorífico Neto de los energéticos considerados en el estudio.

Poder Calorífico Neto, 2021					
Energéticos Primarios			Energéticos Secundarios		
Carbón térmico	19,431.95	MJ/ton	Coque de carbón	26,521.00	MJ/ton
Carbón siderúrgico	29,335.00	MJ/ton	Coque de petróleo	34,518.00	MJ/ton
Petróleo crudo	6,347.06	MJ/barril	Gas LP	4,152.89	MJ/barril
Condensados	6,988.99	MJ/barril	Gasolinas y naftas	6,988.99	MJ/barril
Gas natural	39,082.60	kJ/m3	Querosenos	5,888.00	MJ/barril
Leña	14,486.00	MJ/ton	Diésel	6,065.00	MJ/barril
Bagazo de caña	7,055.00	MJ/ton	Combustóleo	6,656	MJ/barril
			Gas seco	33,543.27	kJ/m3
			Electricidad	3,600.00	MJ/MWh
			Coque de carbón	26,521.00	MJ/ton

Fuente: SENER, 2023.

5.1.1 Estructura

Para la elaboración de este informe, se tomaron como referencia estudios anteriores como el Balance Nacional de Energía (BNE) emitido anualmente por la Secretaría de Energía (SENER) y la tesis Balance regional de energía (Puebla-Tlaxcala 2010): impactos y potenciales (Calixto Andriano, 2014).

De acuerdo con los estudios citados, el balance energético estatal se representa en forma de una matriz para facilitar su análisis. En ésta, las columnas representan las formas de energía cuantificadas y las filas representan a su vez los procesos por los que atraviesan los distintos energéticos.

Adicionalmente, el balance energético se representa de forma gráfica mediante un diagrama de Sankey que permite apreciar aspectos cualitativos, pero también cuantitativos de los flujos energéticos, ya que se compone de líneas y cajas que representan los energéticos y los procesos por los que atraviesan, respectivamente, al tiempo que refleja la cantidad de los energéticos mediante el grosor de la línea de cada uno.

Unidad de energía

El empleo de una unidad determinada hace posible la comparación entre los montos de cada fuente de energía empleados debido a que éstos se ponen al alcance de los consumidores en diversas presentaciones y estados de agregación, por lo que las unidades con que se distribuyen (másicas o volumétricas) varían de un energético a otro. No obstante, su contenido energético es la característica más importante.

De acuerdo con la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la unidad obligatoria reconocida como medida de energía en México es el Joule (J), por lo que los balances de energía se expresan en múltiplos de esta unidad. Adicionalmente, el Balance Nacional de Energía publicado de manera anual por SENER se expresa también en barriles equivalentes de petróleo para su comparación con estudios similares de organismos internacionales.

Fuentes de energía

Las fuentes de energía pueden clasificarse en primarias o secundarias. Las primarias son todas aquellas que se extraen o captan directamente de los recursos naturales y se hace uso de ellas sin mayor procesamiento previo como ocurre en el caso de la leña. Por su parte, los energéticos secundarios son aquellos que se producen a partir de los productos primarios, como los derivados del petróleo crudo que se obtienen de las refinerías.

A continuación, se muestran los energéticos considerados en el Balance Nacional de Energía y sus definiciones tomadas de la edición 2022 del mismo (SENER, 2023).

Energéticos Primarios

Carbón. Es un combustible sólido, de color negro o marrón, que contiene esencialmente carbono, pequeñas cantidades de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y otros elementos; proviene de la degradación de organismos vegetales durante un largo periodo de tiempo.

Petróleo crudo. Líquido aceitoso de color café oscuro que se presenta como un fluido viscoso y se le encuentra almacenado en el interior de la corteza terrestre. El petróleo se utiliza como materia prima para su proceso en refinerías y para su fraccionamiento en derivados.

Condensados. Son los compuestos líquidos que se recuperan en instalaciones de separación de los campos productores de gas asociado. Se incluyen líquidos recuperados en gasoductos, los cuales se condensan durante el transporte del gas natural. Se componen básicamente de pentanos y líquidos más pesados. Los condensados son enviados a refinerías y plantas de gas para su proceso y fraccionamiento en derivados.

Gas natural. Es una mezcla de hidrocarburos parafínicos ligeros, con el metano como su principal constituyente. También contiene pequeñas cantidades de etano y propano, así como proporciones variables de compuestos inorgánicos, tales como nitrógeno, dióxido de carbono y ácido sulfídrico. El gas natural puede encontrarse asociado con el petróleo o independiente en pozos de gas no asociado o gas seco y es enviado a plantas de acondicionamiento, en donde se obtienen productos comerciales como gas seco, gas licuado de petróleo, nafta y etano.

Nucleoenergía. Energía contenida en el mineral de uranio después de pasar por un proceso de purificación y enriquecimiento. Se considera energía primaria únicamente al contenido de material fisionable del uranio, el cual se usa como combustible en los reactores nucleares.

Hidroenergía. Esta fuente se define como la energía que tiene el agua cuando se mueve a través de una vertiente (energía cinética) o cuando se encuentra estancada (energía potencial) a cierta altura y se deja caer para producir Energía Eléctrica.

Geoenergía. Es la energía almacenada bajo la superficie de la tierra en forma de calor y que emerge a la superficie en forma de vapor (aguas termales o géiseres) que accionan turbinas que ponen en marcha generadores eléctricos.

Energía eólica. Energía que se obtiene mediante un conjunto turbina-generador, el cual es accionado por la fuerza del viento; transformando con sus aspas la energía cinética del viento en energía mecánica. La energía del viento puede obtenerse instalando los aerogeneradores en suelo firme y marino.

Energía solar. Es la energía producida por la radiación solar y utilizada para calentamiento de agua o generación de energía eléctrica, a partir de calentadores solares y módulos fotovoltaicos. No se incluye la energía solar pasiva para calefacción e iluminación directas.

Bagazo de caña. Fibra que se obtiene después de extraer el jugo de la caña en los ingenios azucareros y que se utiliza como: energético o materia prima para la producción de Energía Eléctrica en las calderas de las centrales azucareras, en la manufactura de papel, en la fabricación de paneles aglomerados de fibras y como celulosa para derivados farmacéuticos y aditivos de alimentos.

Leña. Se considera a la energía que se obtiene de los recursos forestales y se utiliza en forma directa en el sector residencial para cocción de alimentos y calefacción. Incluye troncos, ramas de árboles y arbustos, residuos sólidos de la destilación y pirolisis de la madera u otra materia vegetal.

Energéticos Secundarios

Coque de carbón. Combustible sólido, con alto contenido de carbono, obtenido de la destilación del carbón siderúrgico. Se clasifica de acuerdo con su tamaño en metalúrgico, nuez y fino; las tres variedades se obtienen en hornos de recuperación. El coque imperial es un producto especial obtenido en hornos de colmena a partir de la mezcla de carbón lavado. Se utiliza en la industria siderúrgica.

Coque de petróleo. Es un combustible sólido y poroso, de color que va del gris al negro; aproximadamente con 92.00% de carbono y 8.00% de ceniza; el cual se obtiene como residuo en la refinación del petróleo. El coque producido en las refinerías es conocido como coque sin calcinar o coque verde, ya que aún contiene residuos de elementos volátiles. Este se puede convertir en coque calcinado que posee alta resistencia, alta densidad y baja porosidad. El coque calcinado se obtiene al introducir la materia prima en un horno cilíndrico refractario a 1,300 °C. Las industrias utilizan el coque sin calcinar como energético, mientras que el calcinado se usa más como materia prima.

Gas licuado de petróleo (GLP). Combustible que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento de los líquidos del gas natural. Incluye butano (C_4H_{10}), iso-butano (C_4H_{10}), y propanos (C_3H_8). Se utiliza principalmente en los sectores residencial, comercial y transporte.

Gasolinas y naftas. Combustible líquido y liviano, con un rango de ebullición entre 30 y 200 °C, que se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento del gas natural. Dentro de este rango se consideran las gasolinas de aviación, automotrices, naturales y las naftas:

- Gasolina de aviación: mezcla de naftas reformadas de elevado octanaje, alta volatilidad y estabilidad, con un bajo punto de congelamiento. Se usa en aviones con motores de pistón.
- Gasolina automotriz: mezcla de naftas relativamente volátiles con especificaciones para su uso en motores de combustión interna de tipo automotriz.
- Gasolina natural: producto del procesamiento de gas natural. Sirve como materia prima en la industria petroquímica o se mezcla directamente con las naftas.
- Naftas: es un producto del procesamiento del petróleo y del gas natural. Se emplea como materia prima en la industria petroquímica, como solvente en la manufactura de pinturas y barnices, así como limpiador en la industria

Querosenos. Combustible líquido compuesto por la fracción del petróleo que se destila entre 150 y 300 °C. Los querosenos se clasifican en dos grupos:

- Turbosina: combustible con un grado especial de refinación que posee un punto de congelación más bajo que el querosén común y se utiliza en el transporte aéreo para motores de turbina.
- Otros querosenos: se utilizan para cocción de alimentos, alumbrado, motores, equipos de refrigeración y como insecticidas de uso doméstico.

Diésel. Combustible líquido que se obtiene de la destilación del petróleo entre los 200 y 380° C. Es un producto de uso automotriz e industrial, que se emplea principalmente en motores de combustión interna tipo diésel. En este grupo se incluye el PEMEX diésel, el diésel desulfurado, el diésel marino y el gasóleo industrial. Este último fue sustituido por el combustible industrial a partir de 1998, y posteriormente dejó de comercializarse en abril del 2001.

Combustóleo. Combustible residual, es la fracción pesada del petróleo crudo después de someterse a destilación al alto vacío; se prepara por mezcla con otros residuales como residuo catalítico, residuo de reductora y residuo de H-oil (hidrodesintegradora de residuales); se utilizan diluyentes para ajustar las especificaciones requeridas. El combustóleo pesado debe contener 4.00% en peso máximo de azufre y una viscosidad de 475 a 550 SSF (standard saybolt furol) a 50°C.

Gas seco. Mezcla de hidrocarburos gaseosos obtenida como subproducto del procesamiento del gas natural o de la refinación del petróleo. Se compone principalmente por metano (CH_4) y contiene pequeñas cantidades de etano (C_2H_6). Incluye gas residual y gas seco de refinerías.

El gas seco es utilizado como materia prima en la industria Petroquímica, para la producción de metanol y amoniaco, principalmente. Por otro lado, se utiliza como combustible en el sector petrolero, industrial (incluido el petroquímico), residencial, servicios y en Centrales Eléctricas.

Productos no energéticos o materia prima. Son productos que se utilizan como materia prima, aun cuando poseen un considerable contenido de energía. Debido a la falta de información sobre estos productos, no son incluidos entre las formas de energía cuantificadas en este estudio.

Electricidad. Es la energía transmitida por electrones en movimiento. Para poder crear este movimiento de electrones es necesario tener una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados. Este rubro incluye la Energía Eléctrica generada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN).

El SEN es el conjunto de instalaciones destinadas a la generación (Centrales Eléctricas), transmisión (Red Nacional de Transmisión), distribución (Redes Generales de Distribución) y venta de energía eléctrica para el suministro eléctrico en toda la República, estén o no interconectadas, así como los equipos e instalaciones del Centro Nacional del Control de la Energía (CENACE) utilizados para llevar a cabo el Control Operativo del SEN y los demás elementos que determine la Secretaría de Energía (SENER).

Para efectos del balance energético se consideran los siguientes tipos de Centrales Eléctricas:

- **Centrales Eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE):** Es la generación de energía eléctrica por parte de la CFE destinada al consumo público.
- **Centrales Eléctricas de Petróleos Mexicanos (PEMEX):** Es la generación de energía eléctrica por parte de PEMEX destinada al autoconsumo.

- **Centrales Eléctricas de Productores Independientes de Energía (PIE):** Es la generación de energía eléctrica de personas físicas o morales destinada para su venta exclusiva al suministrador a través de convenios a largo plazo.
- **Centrales Eléctricas Autoabasto:** Es la energía eléctrica destinada a la satisfacción de necesidades propias de personas físicas o morales y venta de sus excedentes a la CFE.
- **Centrales Eléctricas de Pequeños Productores (PP):** Es la generación de energía eléctrica de personas físicas o morales destinada totalmente para su venta a la CFE, cuya capacidad total del proyecto, en un área determinada no excede de 30 MW. Alternativamente, a lo anterior y como una modalidad del autoabastecimiento a que se refiere la fracción IV del artículo 36 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, que los Permisionarios destinen el total de la producción de energía eléctrica a pequeñas comunidades rurales o áreas aisladas que crezcan de la misma y que la utilicen para su autoconsumo, siempre que los Permisionarios constituyan cooperativas de consumo, copropiedades, asociaciones o sociedades civiles, o celebren convenios de cooperación solidaria para dicho propósito y que los proyectos, en tales casos, no excedan de 1 MW.
- **Centrales Eléctricas de Cogeneración:** Es la energía eléctrica producida en conjunto con vapor u otro tipo de energía térmica secundaria o ambas, o cuando la energía térmica no aprovechada en los procesos se utilice para la producción directa o indirecta de energía eléctrica, o cuando se utilicen combustibles producidos en sus procesos para la generación directa o indirecta de energía eléctrica.
- **Centrales Eléctricas Generadoras (LIE):** Es la generación de energía eléctrica por parte de privados destinada al consumo público.

Centrales Eléctricas de Usos Propios Continuos (UPC): Corresponden a los permisos de generación otorgados al amparo de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), con anterioridad a su reforma el 23 de diciembre de 1992. Sus titulares se consideran titulares de Contrato de Interconexión Legado (CIL) cuando estos hayan iniciado sus operaciones con anterioridad a la emisión de los modelos de contrato de interconexión respectivos.

Procesos energéticos

De acuerdo con Calixto (Calixto Andriano, 2014), la ecuación general por la que se rige el balance energético adaptado al territorio estatal es:

$$(\text{Oferta interna bruta}) = (\text{Transformación}) - (\text{Consumo del sector energético}) - (\text{Consumo final total}) + (\text{Diferencia estadística})$$

Los términos de la ecuación son los procesos analizados por los que atraviesan los energéticos, se desglosan en 14 subprocesos a los que se les ha asignado un valor positivo (+) o negativo (-) correspondiente a un aumento o a una disminución en la disponibilidad energética en la región de estudio, respectivamente.

Tabla 14. Procesos y subprocesos por los que atraviesa la energía.

Procesos	Oferta interna bruta	Total transformación	Consumo del sector energético	Consumo final total
Subprocesos	Producción (+)	Coquizadoras (\pm)	Consumo propio (-)	Consumo final total no energético (-)
	Entradas (+)	Refinerías y despuntadoras (\pm)		
	Variación de inventarios (\pm)	Plantas de gas y fraccionadoras (\pm)		
	Salidas (-)	Centrales eléctricas (\pm)	Pérdidas por almacenamiento, distribución y transporte (-)	Consumo final total energético (-)
	Energía no aprovechada (-)	Pérdidas por conversión energética (\pm)		

Fuente: Tomado de Calixto Andriano, 2014.

Se muestran a continuación las definiciones de los procesos de energía considerados en este estudio, igualmente tomados del trabajo de Calixto Andriano, 2014.

Energía disponible. Puede definirse como la cantidad consumida en la región de estudio durante el periodo de tiempo considerado.

Producción. Se define como la energía extraída de reservas fósiles y fuentes de biocombustibles, así como la captación y aprovechamiento de las energías renovables a partir del agua, viento, luz solar, etc., y que es explotada y producida dentro del territorio nacional, técnica y económicamente utilizable o comercializable.

Entradas. Es la energía que entra desde fuera de los límites de la región para su consumo dentro de la misma, también se incluyen en esta categoría los energéticos secundarios “producidos” dentro de la región, es decir, aquellos que resultan de un proceso de transformación realizado al interior de la región.

Variación de inventarios. Contabiliza la diferencia entre la existencia inicial (1° de enero) y la existencia final (31 de diciembre) de productos almacenados. Un valor positivo en la variación de inventarios es una desacumulación real en los almacenes, en los buques, en los ductos, en las terminales y/o en cualquier otra modalidad de almacenamiento.

De esta forma, una variación de inventarios positiva aumenta la oferta total de energía. Análogamente, un valor negativo en la variación de inventarios genera una disminución en la oferta total de energía, y por tanto, es equivalente a una acumulación en los mismos.

Salidas. Cantidad de energía que sale de la región de estudio para su transformación o consumo. Se expresan con signo negativo ya que disminuyen la cantidad de energía disponible en la región de estudio.

Energía no aprovechada. Es la energía que, por la disponibilidad técnica y/o económica de su explotación, actualmente no está siendo utilizada. Lo más común a tratarse en este rubro son el gas natural y condensados que se pierden en el proceso de extracción (envío a la atmósfera), el petróleo crudo derramado y el bagazo de caña no utilizado.

Total transformación

Registra la cantidad de energías secundarias y primarias que son destinadas a cualquiera de las siguientes instalaciones para ser procesadas y obtener otros energéticos con características específicas para ser consumidos.

Coquizadoras. Plantas donde se obtiene Coque de carbón como producto de la combustión de carbón mineral y otros materiales carbonosos.

Refinerías y despuntadoras. Plantas de proceso donde se separa el petróleo crudo en sus diferentes componentes: gas de refinerías, gas licuado de petróleo, gasolinas y naftas, querosenos, diésel, combustóleo, productos no energéticos y coque de petróleo.

Plantas de gas y fraccionadoras. Plantas de proceso que separan los componentes del gas natural y de los condensados para obtener gas seco, gasolinas y naftas, butano, propano, etano y productos no energéticos.

Centrales eléctricas. Plantas integradas por un conjunto de unidades de generación, equipos auxiliares, subestaciones y equipos de transmisión de energía eléctrica. Estas centrales se clasifican en cinco tipos, según las fuentes de energía que utilizan para generar electricidad.

- **Termoeléctricas.** Su funcionamiento se basa en la combustión de productos petrolíferos, de gas seco y de carbón para producir vapor de agua, el cual es convertido en energía eléctrica al ser expandido en una turbina.
- **Nucleoeléctricas.** En esencia es una termoeléctrica convencional, en la cual el vapor es producido por el calor generado a partir de la reacción nuclear de fisión, llevada a cabo dentro de un reactor nuclear.
- **Hidroeléctricas.** Su funcionamiento está basado en el principio de turbinas hidráulicas que rotan con el impulso de un flujo de agua, y mueven generadores eléctricos.
- **Geotermoeléctricas.** Planta termoeléctrica convencional sin generador de vapor. La turbina aprovecha el potencial geotérmico almacenado en el subsuelo en forma de vapor de agua.
- **Eoloeléctricas.** Su funcionamiento se basa en el principio de aerogeneradores que se sirven del impulso del aire para generar electricidad.

Pérdidas debido a conversión energética. Es la diferencia entre la cantidad de energía enviada a los centros de transformación y la producción bruta de energía secundaria en los mismos.

Consumo propio del sector energético y pérdidas

Consumo propio. Es la energía primaria y secundaria que el sector energético utiliza para el funcionamiento de sus instalaciones. En el caso del sector eléctrico se incluyen los autoconsumos en generación, transmisión y distribución.

Pérdidas por almacenamiento, distribución y transporte. Son mermas de energía que ocurren durante la serie de actividades que se dan desde la producción hasta el consumo final de la energía. Se excluyen las pérdidas no técnicas (robo) en el caso de la electricidad.

Consumo final

Es la energía y la materia prima que se destinan a los distintos sectores de la economía para su consumo.

Consumo final total no energético. Registra el consumo de energía primaria y secundaria como materia prima. Este consumo se da en los procesos que emplean materias primas para la elaboración de bienes no energéticos, por ejemplo: Pemex Petroquímica utiliza gas seco y derivados del petróleo para elaborar plásticos, solventes, polímeros, caucho, entre otros.

Consumo final total energético. Se refiere a los energéticos primarios y secundarios utilizados para satisfacer las necesidades de energía de los sectores Residencial, comercial y público, Transporte, Agropecuario e Industrial. Éste último se integra a su vez por las siguientes ramas: Siderurgia, Cemento, Azúcar, PEMEX Petroquímica, Química, Minería, Celulosa y papel, Vidrio, Cerveza y malta, Construcción, Aguas envasadas, Automotriz, Hule, Aluminio, Fertilizantes, Tabaco y Otras ramas.

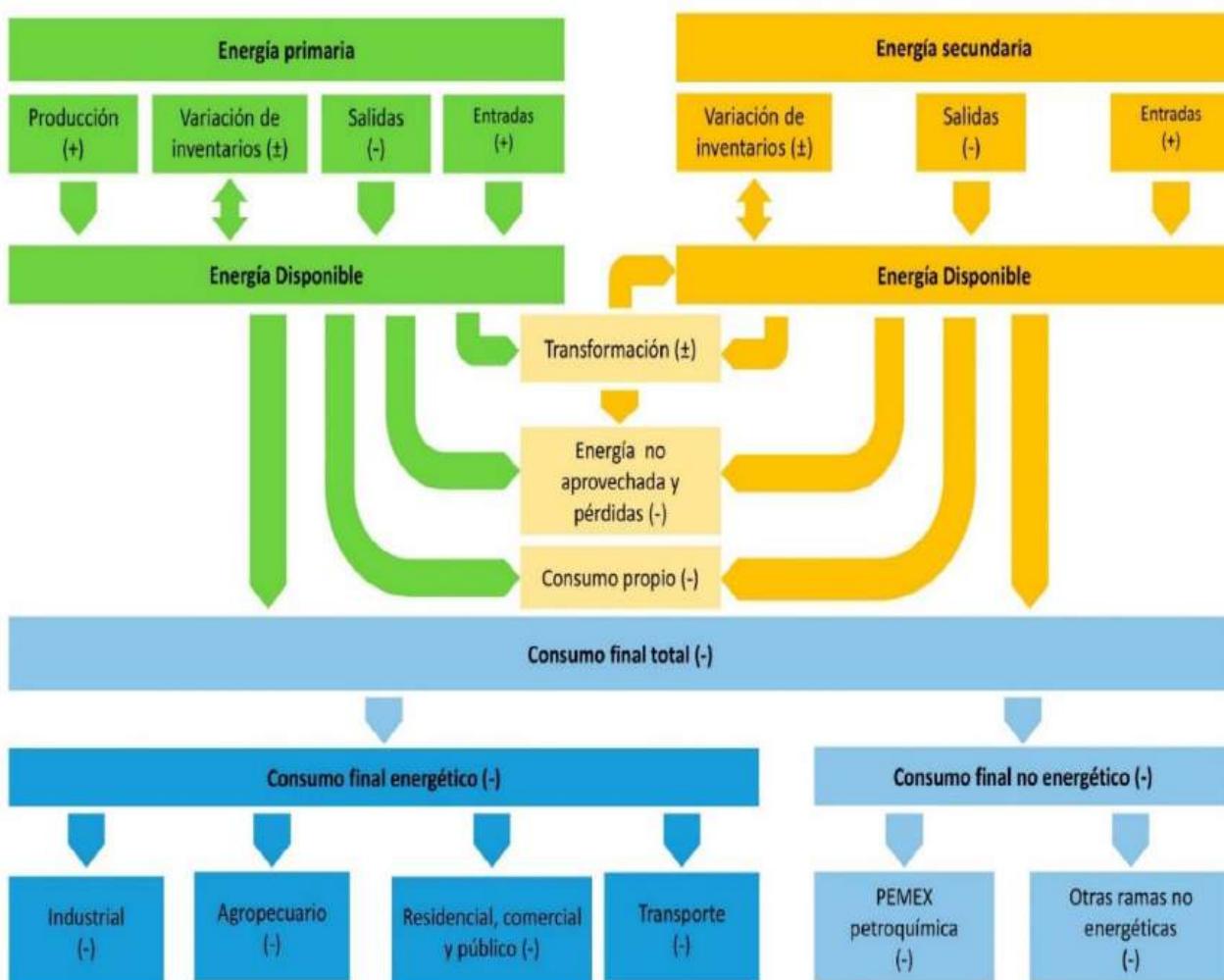
Diferencia estadística

Es una variable de ajuste que sirve para compensar las diferencias entre la oferta y la demanda de energía producidas por la conversión de unidades, la diferencia de mediciones en las instalaciones del sector y la información relativa a otras cuentas no detalladas anteriormente.

Cuando es igual a cero (un “balance cerrado”), indica que todos los datos están en concordancia, pero si su valor es reportado como no disponible (n.d.) se debe a que no es posible encontrar fuentes de información de todos los procesos y es necesario hacer estimaciones.

La IEA sugiere que una diferencia estadística igual a cero se tome con desconfianza, ya que los datos pueden haber sido manipulados para equilibrar el balance. La relación entre los flujos de energía mencionados arriba se muestra en la figura siguiente.

Figura 16. Flujos de energía

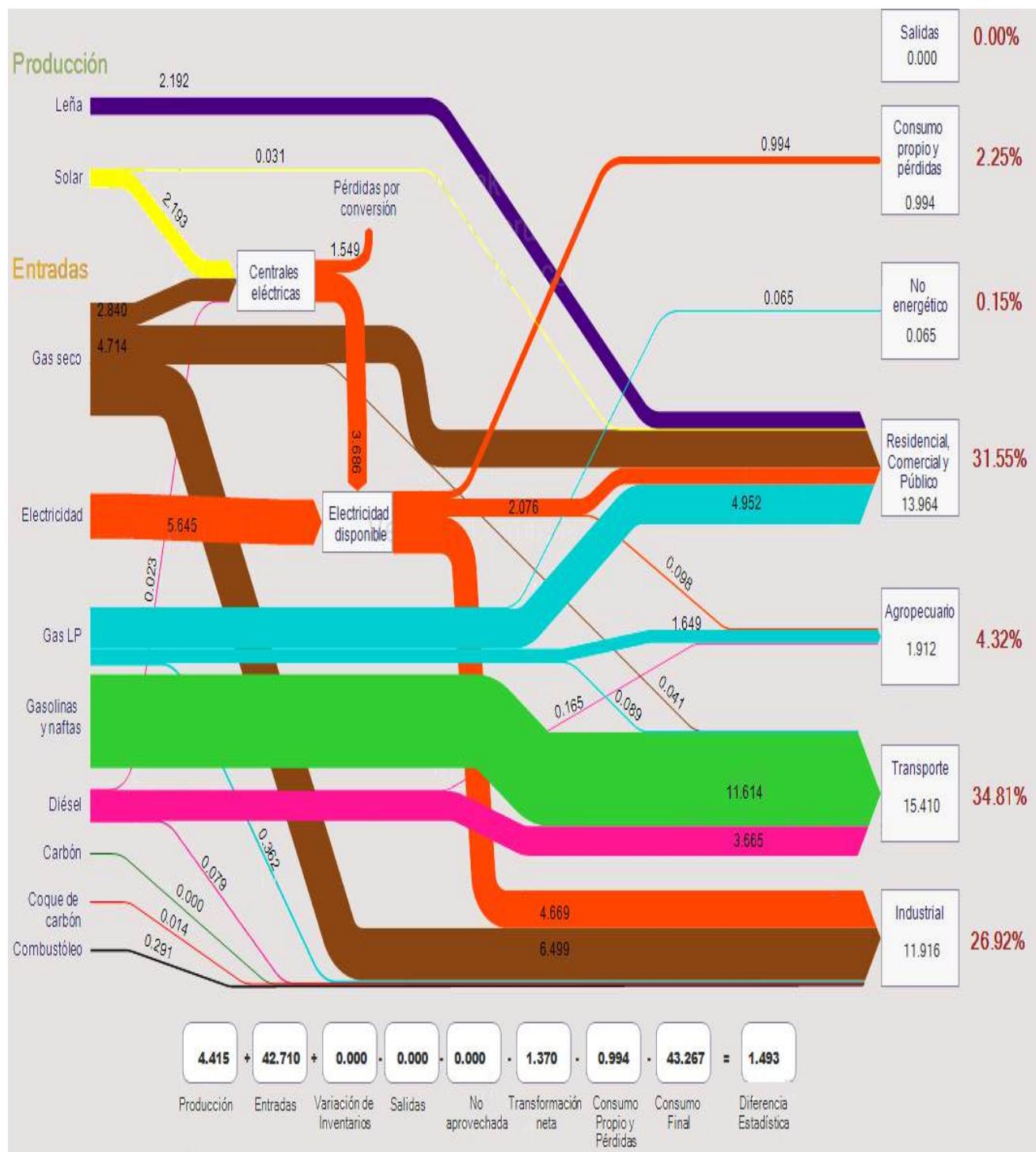


Fuente: Adaptado de Calixto Andriano, 2014.

5.1.2 Resultados y análisis

A continuación, se presentan los resultados del análisis energético para el Estado de Tlaxcala para el periodo 2021. Cabe resaltar que la ausencia de algunos energéticos y procesos en el estado se ve reflejada en la Matriz del Balance Energético Estatal mediante ceros, lo que implica que los energéticos y procesos o bien no tiene presencia en el territorio estatal, o bien no son significativos. Ejemplos de lo anterior son la energía nuclear y las coquizadoras.

También se hace notar que los colores de los diferentes energéticos se homologaron con los empleados en el balance energético estatal anterior (Proaire Tlaxcala 2015-2024) y otros de la región (ProAire Puebla 2012-2020, entre otros), con el fin facilitar su identificación y permitir cierto grado de comparación.

Figura 17. Diagrama Sankey del Balance Energético Estatal 2021 expresado en petajoules (PJ).

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CFE, INEGI y CRE.

Tabla 15. Balance Energético Estatal 2021-Energía Primaria expresado en petajoules (PJ).

Petajoules	Carbón	Petróleo crudo	Conden-sados	Gas natural	Nucleo-energía	Hidro-energía	Geo- energía	Energía eólica	Energía solar	Bagazo de caña	Leña	Total de energía primaria
Oferta interna bruta	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.223	0.000	2.192	4.415
Producción	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.223	0.000	2.192	4.415
Entradas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Variación de inventarios	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Salidas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
No aprovechada	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total transformación	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.193	0.000	0.000	-2.193
Coquizadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Refinerías y despuntadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Planta de gas y fraccionadoras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Centrales eléctricas CFE y Permissionarios	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.193	0.000	0.000	-2.193
Consumo propio del sector	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Perdidas (transp., alm. y dist.)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo final total	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.031	0.000	-2.192	-2.222
Consumo final no energético	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Petroquímica de Pemex	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Otras ramas económicas	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Consumo final energético	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.031	0.000	-2.192	-2.222
Residencial, comercial y público	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.031	0.000	-2.192	-2.222
Transporte	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Agropecuario	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Industrial	0.000000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Producción bruta de energía secundaria	n.d.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Diferencia estadística	n.d.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CFE, INEGI y CRE.

Tabla 16. Balance Energético Estatal 2021-Energía Secundaria expresado en petajoules (PJ)

Coque de carbón	Coque de petróleo	Gas LP	Gasolinas y naftas	Quero-senos	Diesel	Combustóleo	Gas seco	Electricidad	Total de energía secundaria	Total
0.014	0.000	7.118	11.614	0.000	3.933	0.291	14.094	5.645	42.710	47.125
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.415
0.014	0.000	7.118	11.614	0.000	3.933	0.291	14.094	5.645	42.710	42.710
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.023	0.000	-2.840	3.686	0.823	-1.370
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.840	3.686	0.823	-1.370
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
-0.014	0.000	-7.118	-11.614	0.000	-3.910	-0.291	-11.255	-6.843	-41.045	-43.267
0.000	0.000	-0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.065	-0.065
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	-0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.065	-0.065
-0.014	0.000	-7.052	-11.614	0.000	-3.910	-0.291	-11.255	-6.843	-40.980	-43.202
0.000	0.000	-4.952	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.714	-2.076	-11.742	-13.964
0.000	0.000	-0.089	-11.614	0.000	-3.665	0.000	-0.041	0.000	-15.410	-15.410
0.000	0.000	-1.649	0.000	0.000	-0.165	0.000	0.000	-0.098	-1.912	-1.912
-0.014	0.000	-0.362	0.000	0.000	-0.079	-0.291	-6.499	-4.669	-11.916	-11.916
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.686	3.686	3.686
n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1.493

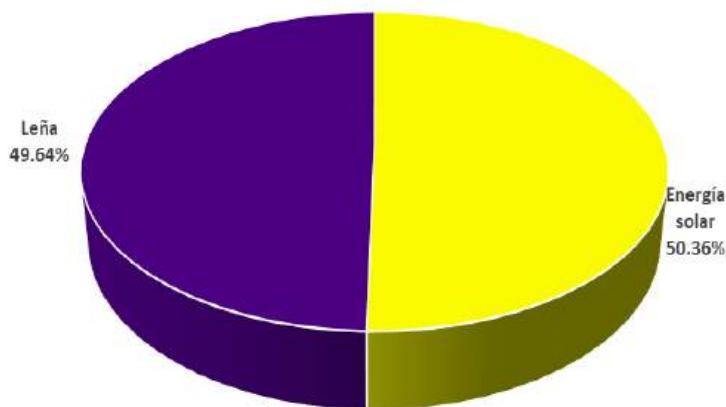
Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CFE, INEGI y CRE.

Cabe resaltar que la dinámica energética de una región está en función de la infraestructura existente, lo que en el caso de Tlaxcala se traduce en un mismo sistema energético en conjunto con el estado de Puebla, esto debido a que forman una sola Zona Metropolitana, es decir, que sus relaciones superan sus límites geográficos. Así, Tlaxcala depende de la infraestructura energética de Puebla para aspectos como el abastecimiento de combustibles, y sus sectores de consumo se relacionan estrechamente (como ocurre con sus industrias y centros de población). Derivado de lo anterior, algunos procesos energéticos tienen lugar cerca de los límites de Puebla con Tlaxcala, beneficiando a ambos estados.

Producción

La producción de energía en el Estado de Tlaxcala incluye leña y energía solar. Esta última se aprovecha como energía térmica en colectores solares residenciales, pero también como energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos (SFV) en viviendas y en las instalaciones de un permisionario.

Gráfica 43. Producción de energía primaria 2021



Fuente: Elaboración propia con datos de CRE

El monto de la energía primaria producida no cubre las necesidades energéticas del estado, pero se ha visto incrementado en los últimos años debido al incremento de SFV y calentadores en el sector residencial, así como por el aprovechamiento de la energía solar para la generación de electricidad. Se espera que el ritmo de adopción de las tecnologías de aprovechamiento de energía solar (principalmente los calentadores de agua para viviendas) permita que el recurso solar siga en crecimiento, pues ahora menos del 10% de las viviendas cuentan con esta tecnología (INEGI).

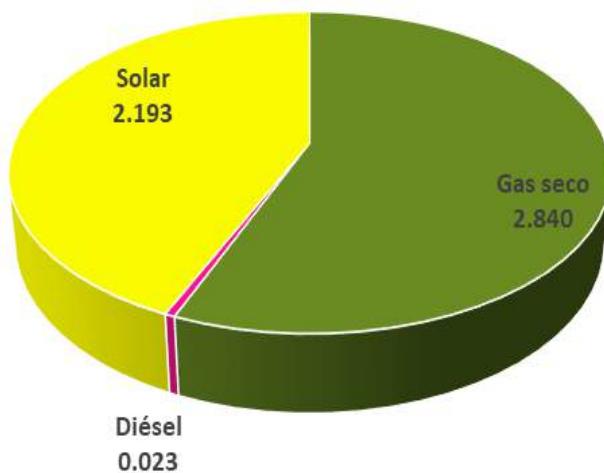
La producción de energía primaria es menor en consideración con el consumo energético del estado, por lo que se puede señalar que hay una clara dependencia energética del exterior. Esto se debe a que Tlaxcala, al igual que otros estados de la república, no cuenta con fuentes de energía al interior de su territorio que sean tan abundantes y variadas que le permitan satisfacer todas las características de su demanda energética, por lo que adquiere energéticos de otros estados productores. Si bien no es posible cubrir toda su demanda energética con fuentes propias, se cuenta con potencial para reducir esta dependencia del exterior, principalmente en los sectores que puedan aprovechar la energía solar.

Consumos

Consumo en Centros de Transformación

Como se mencionó anteriormente, el Estado de Tlaxcala no cuenta con fuentes de energía vastas, por lo que depende en buena medida de la infraestructura de los estados vecinos, principalmente Puebla. Esto deriva en una presencia casi nula de Centros de transformación, siendo estos un conjunto de centrales eléctricas que operan bajo diferentes esquemas y emplean como energéticos Gas seco (56.17%), Energía solar (43.37%) y Diésel (0.46%), en ese orden de importancia.

Gráfica 44. Generación de energía autorizada de permisionarios (PJ), 2021.

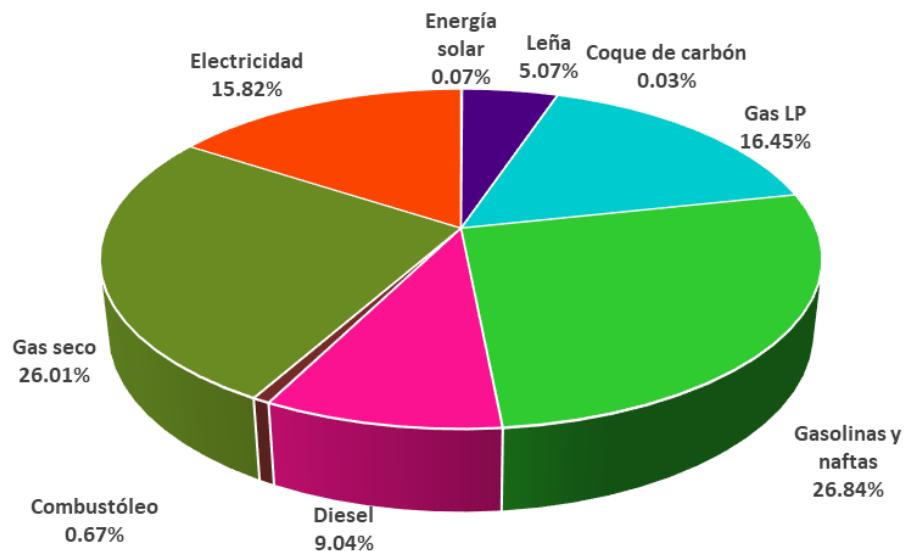


Fuente: Elaboración propia con datos de CRE.

En la gráfica anterior se puede apreciar la relevancia del aprovechamiento de la energía solar en los Centros de Transformación, que puede superar al porcentaje de gas seco en caso de una mayor adopción de su aprovechamiento en el sector residencial.

Consumo Final Total

Se muestra a continuación un gráfico del consumo energético final según los energéticos consumidos, en el que se aprecia que el mayor consumo fue de Gasolinas naftas (26.84%) seguido de Gas seco (26.01%), Gas LP (16.45%) y Electricidad (15.82%). En conjunto, estos energéticos representaron poco más del 85% del consumo energético final total. Le siguen en monto el Diésel (9.04%), la Leña (5.07%), el combustóleo (0.67%), la energía solar (0.07%), y el Coque de carbón (0.03%), siendo los últimos apenas relevantes por su participación menor al 1%.

Gráfica 45. Estructura porcentual del Consumo Final Energético, 2021

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER, CFE, INEGI y CRE.

El consumo final total ha tenido un leve incremento en el periodo estudiado al pasar de poco más de 41 PJ en 2020 a superar los 43 PJ en 2021, lo que podría deberse al proceso de recuperación del nivel de las actividades cotidianas después de la contingencia sanitaria.

Consumo energético per cápita

Durante el periodo de estudio, se observó que el consumo energético per cápita tuvo un decrecimiento del 0.47 % al pasar de 33.02 GJ/habitante en 2020 a 34.69 en 2021. Esto puede interpretarse como una combinación de 1) la dinámica inherente al estado, que ha visto incrementado su consumo energético en años previos a la contingencia sanitaria debido a su creciente actividad industrial y población, y 2) el reinicio de actividades posterior a la contingencia sanitaria, que busca retomar los niveles de actividad precontingencia. Así, el consumo per cápita se acerca a valores comparables para el año 2010.

5.2 Inventario Estatal de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI)

Los efectos que ocasionan los componentes del aire en la atmósfera se originan por actividades naturales en el planeta; de forma normal, mantienen el equilibrio del medio ambiente normal, sin embargo, fenómenos naturales como erupciones volcánicas incendios forestales y actividades antropogénicas; pueden agregar componentes que alteran la composición o concentración de los mencionados componentes y esto determina la calidad del aire. Es de esperar que una desviación en la composición de los gases, vapores y partículas que mantienen la vida en el planeta, generen cambios en ocasiones imperceptibles cuando inician, pero pueden resultar catastróficos cuando se han acumulado y han alterado temperaturas, vientos y otras variables en el planeta en un grado considerable.

No solo el medio ambiente es alterado por una composición anormal del aire; el clima está muy relacionado con los componentes de la atmósfera especialmente con los GyCEI ya que la temperatura en el planeta, especialmente en los océanos determina los vientos o desplazamientos del aire por las variaciones de las presiones originadas por las temperaturas y presencia de humedad.

La actividad humana está siendo determinante en la alteración de la presencia de GyCEI; de forma inmediata, como el dióxido de carbono es un gas que retiene calor, es decir genera efecto invernadero, un incremento en la concentración de este gas debido a procesos de combustión ocasionados por actividades humanas repercutirá en la retención de calor a nivel global provocando un aumento de temperatura en el planeta; esto provocará entre otros efectos, la evaporación de más agua en océanos aumentando también la humedad y, por tanto, variando también la temperatura en el aire que, junto con el volumen ocupado por esta humedad, aumentará la presión y, por ende, el desplazamiento del aire, es decir, aumentando la energía del viento; esto provoca una afectación en el clima, efecto conocido como cambio climático.

Se han identificado otros compuestos presentes en la atmósfera que tienen potencial de calentamiento o efecto invernadero tales como el metano (CH_4) presente en minas de carbón, descomposición orgánica en rellenos sanitarios o plantas de tratamiento e incluso en emisiones entericas originadas por el ganado. El óxido nitroso (N_2O) generado principalmente en procesos de agricultura también forma parte de los gases conocidos como de Efecto Invernadero.

El Carbono Negro es un compuesto que se origina de una mala combustión; son partículas muy pequeñas (menores de 2.5 micras) que pueden estar suspendidas o depositarse; en esta última situación si el depósito ocurre en glaciares o en las zonas polares, occasionará puntos de calentamiento que derretirán el hielo formado en esos puntos.

La mayor parte de los GyCEI antropogénicos se originan por la generación de electricidad por medio de combustibles fósiles y por consumo de combustibles para vehículos de transporte; otros generadores importantes son la industria y el consumo doméstico.

En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de CO_2 dependen del contenido de carbono del combustible. Para los gases distintos del CO_2 (CH_4 y N_2O), las características de los combustibles, la tecnología empleada y las medidas de reducción de las emisiones son factores que determinan las tasas de emisión de estos gases, además del contenido de humedad, la fracción de carbono y la eficiencia de la combustión, que también deben tenerse en cuenta.

Las tasas de emisión dependen de las prácticas durante la producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y distribución de estos combustibles. Para la contabilidad y análisis de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) sólo se consideran los gases de efecto invernadero directo, que en esta categoría son el CO_2 , CH_4 y el N_2O .

No se considera el consumo eléctrico en cada sector, ya que las emisiones se contabilizan en la generación de electricidad, ni tampoco otras fuentes renovables de energía diferentes a la biomasa, como la energía nuclear, hidrálica o eólica, dado que se considera que éstas no generan emisiones de gases de efecto invernadero directo. Las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de biomasa para la generación de energía no se consideran en

el total del inventario, por considerarse como fuente biogénica; sin embargo, si se contabilizan las emisiones de CH₄ y N₂O de esta actividad en la categoría de energía. Tampoco se incluyen los usos no energéticos que se consideran en procesos industriales y otros usos de productos.

Factores de Emisión

Si bien el IPCC proporciona factores de emisión por defecto para todas las categorías de emisión, dichos factores están basados en censos y estadísticas y aunque son de gran ayuda para estimar las emisiones cuando no se cuenta con otra información, siempre es preferible contar con factores de emisión que sean el reflejo de lo que realmente ocurre en el estado o municipio sobre el cual se está haciendo el inventario, principalmente de aquellas actividades y procesos que son los mayores emisores de gases y compuestos de efecto invernadero; en México se publicó un acuerdo que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero en donde se publican Factores de Emisión acordes con los publicados en el IPCC; estos factores se aplican en el inventario.

Por otra parte, el IPCC ha definido 3 niveles metodológicos (Tiers) para el cálculo de emisiones, en donde el Nivel 1 es el más básico en dónde se utilizan factores de emisión por defecto concebidos para ser utilizados con estadísticas nacionales o internacionales robustas, el Nivel intermedio o Nivel 2 es aquel en el que se aplican factores de emisión o datos de actividad más detallados específicos para el país y el Nivel 3, es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos, este es el Nivel metodológico más detallado y generalmente se le suele considerar el más exacto, porque deriva de estudios e información propia de las fuentes de emisión; de acuerdo con esto, el nivel o tier del inventario presentado sería 2, pero como se explica adelante, la información no es sólida, por lo que el nivel de reporte es Tier 1.

Metodología de elaboración del inventario

La información básica es las cantidades y tipos de los diferentes combustibles fósiles utilizados en el estado; el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), define la quema de combustible como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato (IPCC et al. 2006). Dicha definición es con el fin de distinguir la quema de combustibles para la producción de calor o trabajo, de aquellas emisiones generadas por las reacciones químicas por el uso de combustibles fósiles en los procesos industriales para fabricación de productos.

Para la estimación de esta categoría se utilizaron las ecuaciones 2.1, Cap. 2, Vol. 2, Directrices del IPCC 2006 para las fuentes estacionarias (1A1, 1A2 y 1A4) y la ecuación 3.2.1, Cap. 3 Vol. Directrices del IPCC 2006 para las fuentes móviles (1A3). Para obtener información de los datos de consumo de combustibles se utilizó el Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER).

En el SIE está disponible información a nivel nacional y para algunas estadísticas a nivel estatal, no obstante, no en todos los casos se dispuso de información actualizada, por lo que se utilizaron para corroborar los consumos energéticos, la información de las industrias que se encuentran en los límites geográficos del estado o municipio. Las cédulas de operación (estatales y federales) o licencias ambientales de las industrias también fueron de gran utilidad para conocer los datos de actividad de este sector.

Resultados

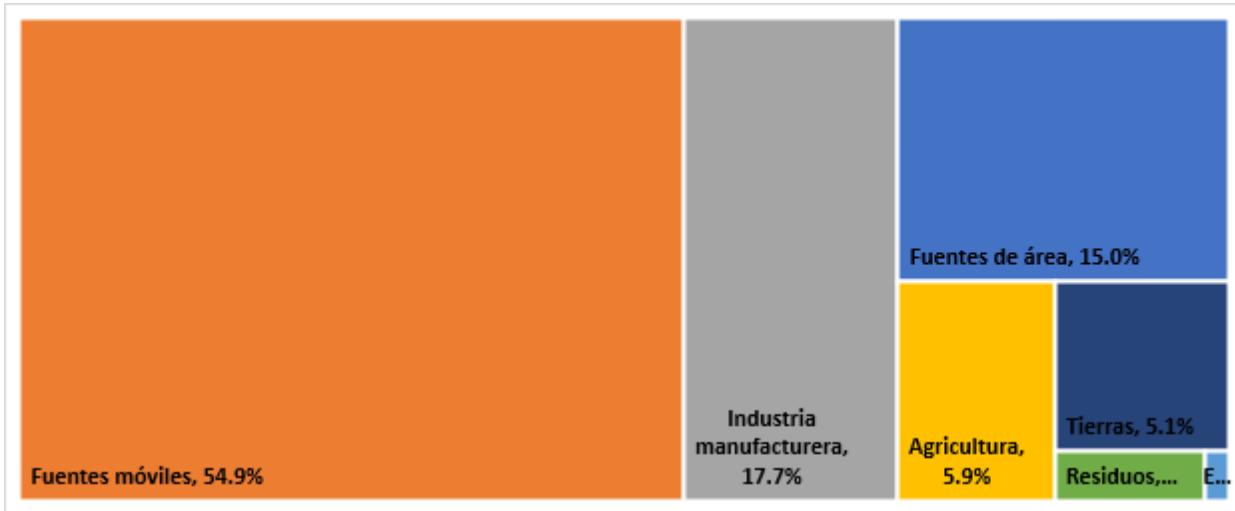
Los resultados de los cálculos de las emisiones se presentan en unidades de Giga gramos (Gg). Un Gg es el equivalente a 1000 toneladas (t). El inventario de emisiones de GyCEI del año base 2022 del Estado de Tlaxcala arroja un total de **3,640.43 GgCO₂eq** que corresponden a **3,640,430 tCO₂eq al año**, mismo que se muestra en la siguiente tabla (**Tabla 17 y Gráfica 45**).

Tabla 17. Emisiones de CO₂eq (Gg/año) en el Estado de Tlaxcala, año base 2022

Subcategoría	Gg de CO ₂ eq
Fuentes de área	545.48
Fuentes móviles	1998.94
Industria manufacturera	643.12
Agricultura	214.53
Emisiones entéricas	7.89
Residuos	46.47
Tierras	184.00
TOTALES	3,640.43

Fuente: Elaboración propia con resultados de metodología IPCC.

Gráfica 46. Contribución por subcategorías de emisiones de CO₂eq en Tlaxcala 2022



Fuente: Elaboración propia.

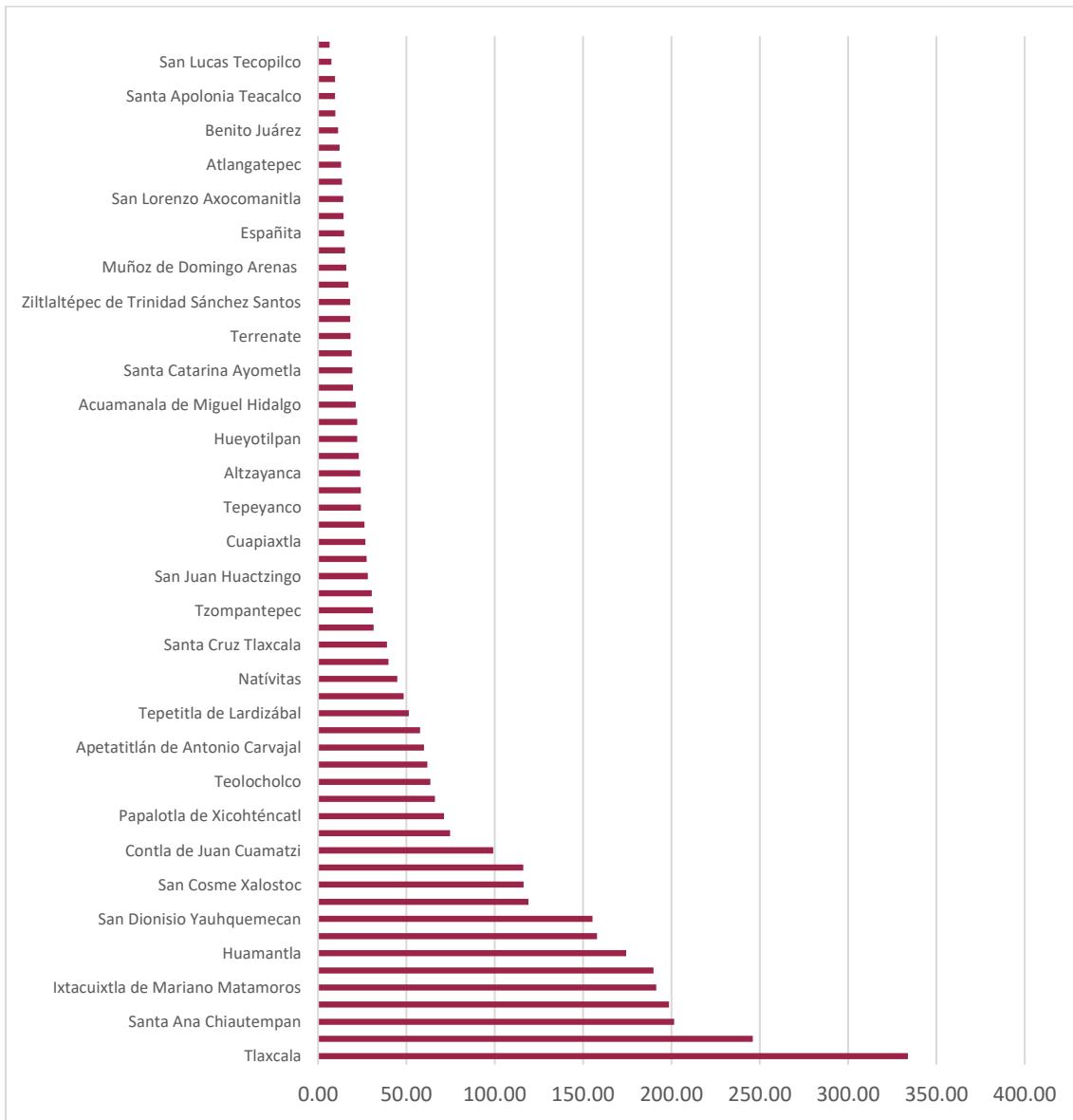
A continuación, se presentan las emisiones totales por municipio en GgCO₂eq, donde destacan los municipios de Tlaxcala con 320.22 Gg CO₂eq, Apizaco con 234.96 GgCO₂eq y Tetla de la solidaridad con 193.79 GgCO₂eq. (**Tabla 18 y Gráfica 47**)

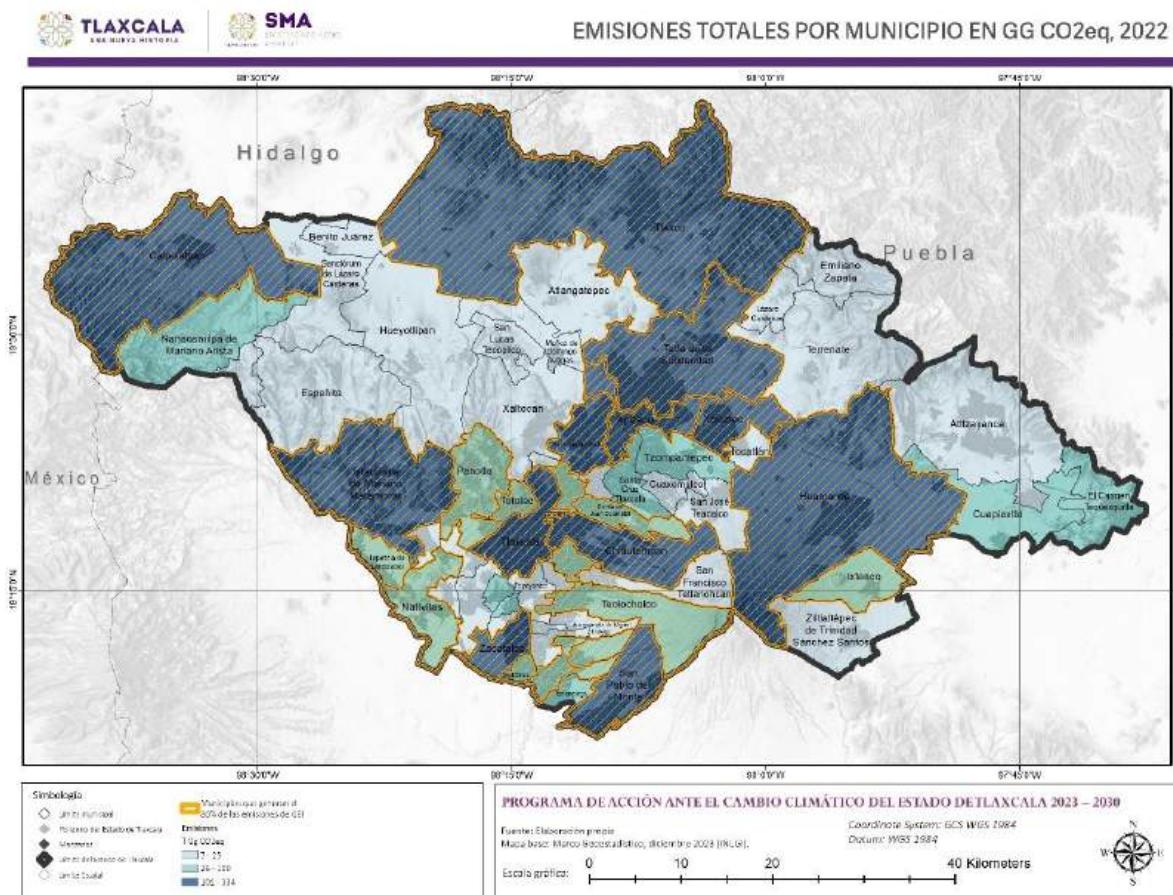
Tabla 18. Emisiones totales por municipio en Gg CO₂eq, 2022

Municipio	Gg CO ₂ eq Área	Gg CO ₂ eq Móviles	Gg CO ₂ eq Industria	Gg CO ₂ eq Agricultura	Gg CO ₂ eq Entéricas	Gg CO ₂ eq Residuos	Gg CO ₂ eq Tierras	TOTAL Gg CO ₂ eq
Amaxac de Guerrero	3.99	17.11	0.00	0.43	0.03	1.13	1.56	24.25
Apetatitlán de Antonio Carvajal	5.01	49.69	1.86	1.14	0.04	0	2.19	59.94
Atlangatepec	2.70	7.80	0.00	0.93	0.03	0.70	0.97	13.13
Alttzayanca	7.36	10.50	0.00	3.43	0.22	0	2.48	23.99
Apizaco	30.36	198.62	1.86	3.92	0.21	0	11.06	246.02
Calpulalpan	17.21	80.32	39.52	13.49	0.40	0	7.01	157.96
El Carmen Tequexquitla	6.60	9.52	4.73	2.46	0.14	1.68	2.37	27.51
Cuapiaxtla	7.12	8.73	0.00	8.44	0.24	0	2.22	26.76
Cuaxomulco	2.06	6.41	0.00	4.31	0.09	0	0.81	13.68
Santa Ana Chiautempan	29.23	151.52	5.69	1.56	0.05	3.57	10.03	201.65
Muñoz de Domingo Arenas	2.08	5.97	0.00	6.16	0.37	0.86	0.65	16.09
España	3.57	7.65	0.00	1.93	0.06	0.38	1.29	14.88
Huamantla	38.81	90.49	12.31	3.22	0.19	15.85	13.53	174.39
Hueyotlipan	5.36	13.21	0.00	1.50	0.07	0	2.08	22.21
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	15.75	61.50	100.89	3.55	0.10	4.28	5.34	191.42
Ixtenco	3.14	6.59	0.00	27.43	1.30	0.49	1.03	39.97
Mazatecochco de José María Morelos	5.96	9.89	22.43	6.38	0.16	2.00	1.59	48.40
Contla de Juan Cuamatzi	17.10	35.60	25.59	12.28	0.09	3.14	5.29	99.10
Tepetitla de Lardizábal	11.78	31.87	0.01	3.77	0.13	0.77	3.05	51.39
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	3.90	2.84	0.00	0.80	0.04	0.71	1.29	9.58
Nanacamilpa de Mariano Arista	7.35	19.69	0.02	0.69	0.05	0	2.56	30.36
Acuamanala de Miguel Hidalgo	2.33	16.73	0.79	0.55	0.03	0	0.88	21.32
Nativitas	9.79	28.11	0.00	3.14	0.17	0	3.60	44.81
Panotla	10.12	46.47	0.00	5.48	0.15	0	3.89	66.11
San Pablo del Monte	37.25	114.61	22.19	4.42	0.09	0	11.33	189.90
Santa Cruz Tlaxcala	8.95	22.31	0.30	4.07	0.05	0	3.30	38.99
Tenancingo	5.79	19.38	0.00	2.21	0.05	2.34	1.78	31.55
Teolocholco	9.23	26.97	23.31	0.58	0.06	0	3.46	63.61
Tepeyanco	4.30	17.33	0.00	0.83	0.05	0	1.83	24.33
Terrenate	5.70	10.29	0.00	0.26	0.04	0	2.12	18.41
Tetla de la Solidaridad	12.99	40.74	138.13	1.82	0.10	0	4.83	198.62

Municipio	Gg CO ₂ eq Área	Gg CO ₂ eq Móviles	Gg CO ₂ eq Industria	Gg CO ₂ eq Agricultura	Gg CO ₂ eq Entéricas	Gg CO ₂ eq Residuos	Gg CO ₂ eq Tierras	TOTAL Gg CO ₂ eq
Tetlatlahuca	4.96	15.62	0.37	0.14	0.03	0	1.86	22.97
Tlaxcala	34.38	259.81	25.59	0.42	0.03	0	13.69	333.91
Tlaxco	15.83	93.67	0.32	2.94	0.05	0	6.23	119.05
Tocatlán	2.67	5.27	0.00	2.19	0.05	1.14	0.86	12.18
Totalac	11.19	44.54	0.00	2.89	0.13	0	3.09	61.84
Ziltlaltépec de Trinidad Sánchez Santos								
Tzompantepec	3.46	6.74	5.61	0.30	0.05	0.86	1.26	18.27
San Cosme Xaloztoc	7.18	20.10	0.06	0.33	0.06	0.93	2.47	31.13
Xaltocan	11.13	22.30	78.98	0.33	0.03	0	3.51	116.28
Papalotla de Xicohténcatl	4.03	13.36	0.00	0.15	0.03	0	1.45	19.02
Xicohtzinco	15.44	41.71	7.05	2.52	0.05	0	4.59	71.36
San Dionisio Yauhquemecan								
Zacatelco	5.25	28.57	21.89	0.09	0.03	0	1.95	57.77
Benito Juárez	17.99	64.58	61.43	0.91	0.04	4.68	5.79	155.41
Emiliano Zapata								
Lázaro Cárdenas	17.77	88.95	0.03	3.11	0.06	0	6.26	116.18
La Magdalena Tlaltelulco	2.28	5.20	0.00	2.87	0.07	0	0.85	11.28
Emiliano Zapata	1.76	3.48	0.00	0.55	0.04	0	0.68	6.51
Lázaro Cárdenas	1.48	7.44	0.00	10.03	0.36	0	0.48	19.79
San Damián Texoloc								
San Francisco Tetlanohtcan	8.23	21.21	38.28	4.36	0.16	0	2.61	74.85
San Jerónimo Zacualpan								
San José Teacalco	2.09	8.01	0.00	3.91	0.09	0.36	0.81	15.27
San Juan Huactzinco								
San Lorenzo Axocomanitla	5.43	9.18	0.00	2.02	0.03	0	1.61	18.28
San Lucas Tecopilco								
Santa Ana Nopalucan	1.73	5.32	0.00	17.39	1.00	0.29	0.56	26.28
Santa Apolonia Teacalco								
Santa Catarina Ayometla	3.15	4.58	0.00	1.06	0.09	0	0.88	9.76
Santa Cruz Quilehtla								
Santa Isabel Xiloxoxtha	16.57	9.93	0.00	0.60	0.04	0	1.05	28.19
TOTALES	545.48	1998.94	643.12	214.53	7.89	46.47	184.00	3,640.43

Fuente: Elaboración propia con resultados de metodología IPCC

Gráfica 47. Emisiones de CO₂eq en Gg por municipios en Tlaxcala 2022*Fuente: Elaboración propia*

Mapa 36. Emisiones totales por municipio en Gg de CO₂eq, 2022

Fuente: Elaboración propia con resultados del inventario de emisiones de GEI del Estado de Tlaxcala 2022

De acuerdo con los resultados de emisiones por municipio, el 80 % de las emisiones se generan en 24 municipios del estado, por lo que las medidas de mitigación se implementaran de manera prioritaria en los municipios que se enlistan en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Municipios que en conjunto generan el 80% de las emisiones de GEI totales del Estado de Tlaxcala. Listado de mayor a menor.

No	Municipio	Porcentaje
1	Tlaxcala	9.17
2	Apizaco	6.76
3	Santa Ana Chiautempan	5.54
4	Tetla de la Solidaridad	5.46
5	Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	5.26
6	San Pablo del Monte	5.22
7	Huamantla	4.79

No	Municipio	Porcentaje
8	Calpulalpan	4.34
9	San Dionisio Yauhquemecan	4.27
10	Tlaxco	3.27
11	San Cosme Xalostoc	3.19
12	Zacatelco	3.19
13	Contla de Juan Cuamatzi	2.72
14	La Magdalena Tlaltelulco	2.06
15	Papalotla de Xicohténcatl	1.96
16	Panotla	1.82
17	Teolocholco	1.75
18	San Juan Totolac	1.70
19	Apetatitlán de Antonio Carvajal	1.65
20	Xicohtzinco	1.59
21	Tepetitla de Lardizábal	1.41
22	Mazatecochco de José María Morelos	1.33
23	Natívitas	1.23
24	Ixtenco	1.10
Total		80.76

Fuente: Elaboración propia

Para llegar a estos resultados se realizaron los cálculos para cada una de las categorías y subcategorías establecidas en los lineamientos del IPCC 2006, mismas que explican a continuación y que pueden ser consultados a mayor detalle en el documento “Inventario de Emisiones de GyCEI del Estado de Tlaxcala, línea base 2022”.

5.2.1 Industria de la manufactura y construcción

Categorías y fuentes de emisión

La clasificación que corresponde al sector de energía, de acuerdo con las directrices del IPCC 2006 se muestra en la siguiente Tabla

Tabla 20. Claves y categorías del IPCC

Clave IPCC	Categorías / Subcategorías / Fuentes	
1A	Actividades de quema del combustible	
1A1	Industrias de la energía	
1A1a	- Actividad principal producción de electricidad y calor	No aplica
1A1b	- Refinación del petróleo	No aplica

Clave IPCC	Categorías / Subcategorías / Fuentes	
1A1c	- Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	No aplica
1A2	Industrias manufactura y de la construcción	
1A2a	- Hierro y acero	Si aplica
1A2b	- Metales no ferrosos	Si aplica
1A2c	- Sustancias químicas	Si aplica
1A2d	- Pulpa, papel e imprenta	Si aplica
1A2e	- Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Si aplica
1A2f	- Minerales no metálicos	Si aplica
1A2g	- Equipo de transporte	Si aplica
1A2h	- Maquinaria	No aplica
1A2i	- Minería (con excepción de combustibles) y cantería	No aplica
1A2j	- Madera y productos de la madera	Si aplica
1A2k	- Construcción	Si aplica
1A2l	- Textiles y cueros	Si aplica
1A2m	- Industria no especificada	Si aplica
1A3	Transporte	
1A3a	- Aviación civil	No aplica
1A3b	- Autotransporte	Si aplica
1A3c	- Ferrocarriles	No aplica
1A3d	- Navegación marítima y fluvial	No aplica
1A3e	- Otro transporte	No aplica
1A4	Otros sectores	
1A4a	- Comercial/institucional	Si aplica
1A4b	- Residencial	Si aplica
1A4c	- Agropecuario/silvicultura/pesca/piscifactorías	Si aplica

Fuente: IPCC 2006

Datos de actividad

Para la determinación de emisiones generadas por el sector industrial, se solicitó información de emisiones y consumo de combustibles a la delegación de SEMARNAT en Tlaxcala; de la información solicitada; solo se pudieron tener capturas de pantalla de las cédulas de operación anual estatal compiladas en la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala.

Información por el SIE

La información para empresas de competencia federal se obtuvo como totales de consumo energético del año 2021. Por lo anterior, se realizó una ratificación de la información mediante los datos publicados en el SIE (Sistema de Información Energética) para el caso de gas natural el perfil de consumo es el siguiente:

Tabla 21. Sistema de Información Energética Instituto Mexicano del Petróleo

IMP: Demanda Interna de Gas Natural por Estado (millones de pies cúbicos diarios)

Descripción	Unidad	I/2018	I/2019	I/2020	I/2021	I/2022
Tlaxcala	MM pies ³ /día	42.169	41.088	33.136	40.654	28.638
	m ³ /día	1194.09	1163.48	938.31	1151.19	810.94
	m ³ / año	435,843	424,670	342,482	420,185	295,992

Fuente: IMP, con base en información de BANXICO, CFE, CONAGUA, CONAPO, CONUEE, CRE, EIA, INEGI PEMEX
SENER

	Unidad	I/2018	I/2019	I/2020	I/2021	I/2022
Tlaxcala	mbd	4.574	4.66	4.299	4.696	4.73
	Litros diarios	727,207.93	740,880.84	683,486.42	746,604.38	752,009.95
	Litros anuales	265,430,894	270,421,505	249,472,543	272,510,599	274,483,631

Fuente: IMP, con base en información de AMDA, AMIA, BANXICO, CONAGUA, CONAPO,
CONUEE, CRE, EIA, EPA, IEA, INEGI, PEMEX, SENER y empresas privadas.

Información capturada por la COA

La información de COA estatal se compila mediante un condensado de la lista de control de ingreso de la COA estatal de Tlaxcala; en ella queda asentado que la información es correcta y se da por aceptado el ingreso.

La bitácora representa las Cédulas de Operación ingresadas a la Secretaría del Medio Ambiente de Tlaxcala y corresponden al ejercicio 2022; para la extracción de la información, se revisaron todas las COAs ingresadas, aunque algunas de ellas no contenían el consumo de combustible; esta situación se solventó ajustando con el dato real de consumo por sector de PEMEX.

Para la información de la COA federal, la información se recibió de manera condensada y fue la correspondiente al ejercicio 2021; la información obtenida se actualizó con los reportes publicados por la SENER y la SIE.

Tabla 22. Consumo de combustibles por empresas de competencia federal

TIPO_COMBOUSTIBLE	CANTIDAD	UNIDAD
Carbón siderúrgico de importación	10.00	ton
Combustóleo ligero	326.12	m ³
Combustóleo pesado	2,523.70	m ³
Coque de carbón	621.54	ton
Diesel	38,482.34	1
Gas licuado de petróleo	2,897,413.24	1
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	174,166,817.64	m ³
Gas natural asociado	263,939	m ³

TIPO_COMBOUSTIBLE	CANTIDAD	UNIDAD
Gas natural no asociado	74,893,369	m3
Gas seco	34,989,565	m3
Gasolinas naturales	19.50	m3
Gasolinas y naftas	9,774.00	1

Fuente: Elaboración propia con datos de SEMARNAT 2021

Los valores totales se distribuyeron entre los consumidores de acuerdo con los datos históricos recopilados.

Metodología

Para aplicar una estimación de emisión de Nivel 1 se utilizó la siguiente información para cada categoría de fuente y combustible:

- Datos sobre la cantidad de combustible quemado en la categoría de fuente
- Factor de emisión por defecto

Los factores de emisión provienen de los valores por defecto suministrados junto con el rango de incertidumbre correspondiente de la Sección 2.3.2.1. del IPCC 2006. Se utiliza la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 2.1

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO PROCEDENTES DE LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA

$$\text{Emisiones gases efecto invernadero} = \text{Consumo combustible}_{\text{combustible}} \cdot \text{Factor de emisión}_{\text{GEI, combustible}}$$

(ECUACIÓN 2.1 Fuentes estacionarias Capítulo 2 IPCC)

$$TEGHG = \sum FCF_i \times EFGHG,$$

En donde:

GHG= gases de efecto invernadero.

Fi= combustible i.

TEGHG= emisiones totales de gases de efecto invernadero (kg GHG).

FCFi= consumo de combustible

i= cantidad de combustible i quemado (ton, m3)

EFGHG,Fi= factor de emisión de gases de efecto invernadero por tipo de combustible (kg GHG / ton, m3)

El consumo de combustible se expresa en unidades de energía (Tj) si el factor está en Kg/Tj

Resultados

Con la información obtenida de los consumos de combustibles de empresas a nivel estatal extraída de la COA y el consumo total (2021) proporcionado por SEMARNAT, se empató con la información obtenida del Sistema de Información Energética considerando, en el caso de las empresas de competencia federal, los datos históricos de participación en el consumo de combustibles a nivel estatal.

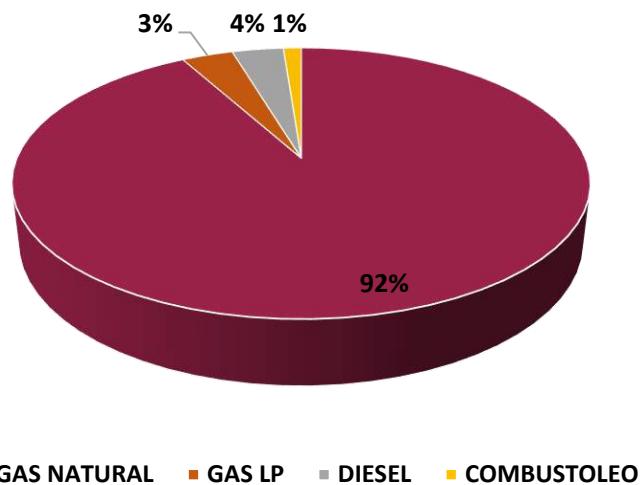
El resultado de emisiones por la Industria de Manufactura y Construcción se presenta a continuación:

Tabla 23. Emisión de T CO₂eq 2022 por tipo de combustible

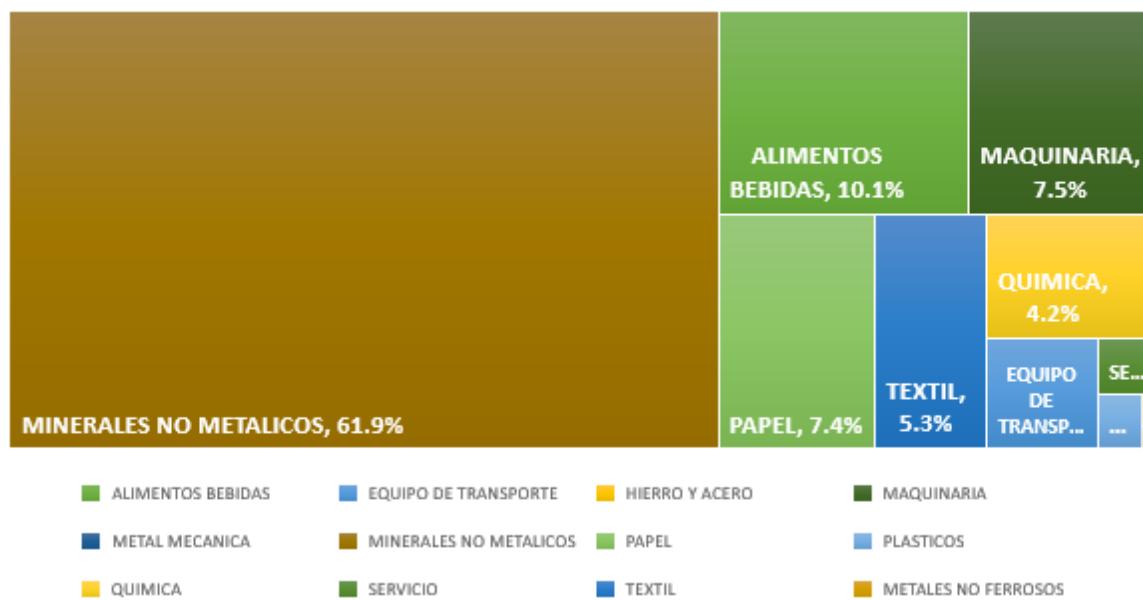
Combustible	T CO ₂ eq
Gas Natural	591435.14
Gas LP	21972.15
Diésel	22041.24
Combustóleo	7671.48

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 48. Distribución de emisión de CO₂eq por combustible en el sector de Industrias de Manufactura 2022



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 49. Contribución de GyCEI por sectores de la industria manufacturera

Fuente: Elaboración propia

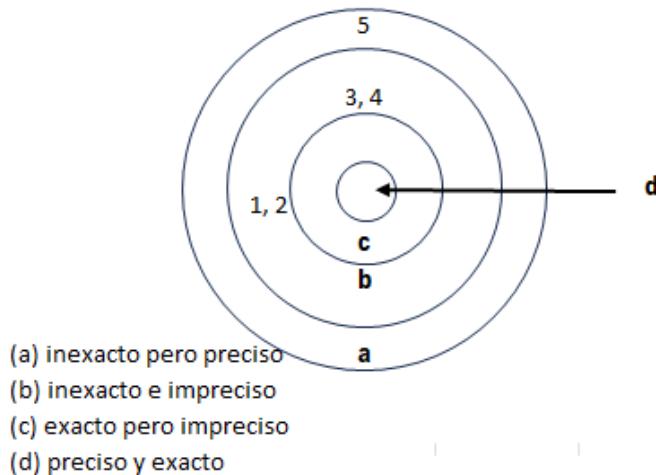
Análisis de Incertidumbre y aseguramiento de calidad

Los inventarios deben ser exactos en el sentido de que no sean excesivos ni insuficientes, en la medida en la que puedan analizarse, y precisos en el sentido de que se reduzcan las incertidumbres lo máximo posible. Un inventario exacto, es aquél que se encuentra libre de sesgo, pero que puede ser preciso. Un inventario preciso puede aparentar tener un grado bajo de incertidumbre, pero si es inexacto, sistemáticamente estima por encima o por debajo las emisiones o absorciones reales. La inexactitud o sesgo puede producirse debido a una falla en la captura de todos los procesos pertinentes de emisiones o absorciones o a que los datos disponibles no son representativos de las situaciones reales. Para el caso de las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, se tienen los siguientes análisis:

Tabla 24. Conceptos de Análisis de Incertidumbre

No	CONCEPTOS	a	b	C	d
1	Falta de representatividad de los datos		X		
2	Error de muestreo aleatorio estadístico		X		
3	Error de medición			X	
4	Generación de informes o clasificación erróneas:			X	
5	Datos faltantes	X			

Fuente IPCC 2006

Figura 18. Calificación del grado de incertidumbre del inventario**Tabla 25.** Análisis de Incertidumbre para la industria de la Manufactura

No	CONCEPTOS	A	b	c	D
1	Algunas COAs no se llenaron correctamente		X		
2	No se obtuvieron las COAs federales		X		
3	No se tienen datos de consumo de combustóleo y diésel en el SIE ni en SENER		X		
4	Los datos totales de consumo de combustibles corresponden a 2021		X		
5	Faltan datos de consumo de Coque	X			

Del análisis se desprende que el grado de incertidumbre de la industria manufacturera es el siguiente:

El grado de incertidumbre es exacto pero impreciso

Aseguramiento de Calidad

Con la finalidad de cumplir con el compromiso de generar información transparente, exhaustiva, coherente, comparable y exacta sobre las emisiones estatales de gases y compuestos de efecto invernadero generadas en el Estado de Tlaxcala, se presenta un sistema de gestión de la calidad correspondiente al proceso de elaboración del inventario con el propósito de generar información bajo un enfoque sistemático y estandarizado. En la tabla siguiente se presentan los atributos que definen la calidad del inventario de emisiones, permitiendo asegurar que todas las categorías necesarias han sido incluidas en el inventario.

- El uso de una lista de verificación de las categorías de fuente

Tabla 26. Lista de verificación de las categorías de fuente

Categorías	Sólido	Líquido	Gas	Actividad (TJ)		
				combustibles fósiles	Turba	Biomasa
1A2 Industrias manufactureras y de la construcción						
1A2a	Hierro y acero					
1A2b	Metales no ferrosos					
1A2c	Productos químicos					
1A2d	Pulpa, papel e imprenta					
1A2e	Procesamiento de los alimentos, bebidas y tabaco					
1A2f	Minerales no metálicos					
1A2g	Equipo de transporte					
1A2h	Maquinaria					
1A2i	Minería y cantería					
1A2j	Madera y productos de madera					
1A2k	Construcción					
1A2l	Textiles y cuero					
1A2m	Industria no especificada					

Fuente: Elaboración propia

- Revisar los resultados de las muestras y datos de actividad para las fuentes externas a la zona dominio del inventario previo al cálculo de las emisiones:
 - *Se revisaron los datos externos*
- Hay que confirmar que todos los cálculos de emisión han sido realizados correctamente;
 - *Los datos se realizaron de acuerdo con los lineamientos del IPCC 2006*
- Comparar los resultados del inventario con los de otros inventarios en regiones similares.

Tabla 27. Comparación de consumo de combustible

2009	COMBUSTIBLE	2022
19.7%	Gas Natural	22.5%
31.7%	Gas LP	13.5%
	Combustóleo	0.5%
14.1%	Diesel	15.0%
31.2%	Gasolinás	34.5%
3.2%	Leña	14.0%

Fuente: Elaboración propia

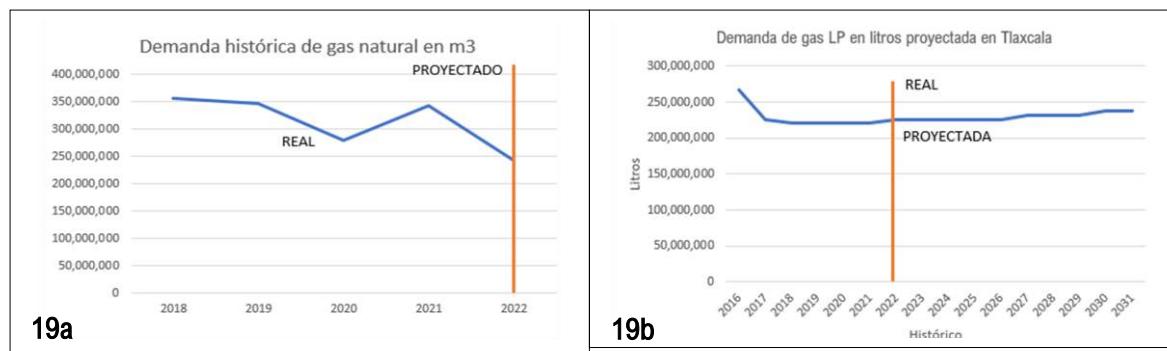
Se realizó una comparación con los datos del inventario anterior: En agosto de 2013, por industria de Manufactura y construcción fueron 891.2 GgCO₂e y en este inventario correspondiente al año 2022, por el mismo concepto se generaron 643.12 GgCO₂e.

Conclusiones y recomendaciones: Industria de la manufactura y construcción

A pesar de que la información inicial fue escasa, se pudieron determinar de forma eficaz los inventarios de fuentes fijas correspondientes a Industrias de la manufactura ya que se pudo apalancar la información con los datos publicados por el Sistema de Información Energética. La información de la Cédula de Operación Anual del Estado de Tlaxcala también fue una herramienta valiosa para obtener información de los consumos de combustibles.

En el caso de información de empresas de competencia federal, solo se obtuvieron datos de 2021 de consumos totales de energéticos por lo que los consumos por empresa se distribuyeron por consumos tomando como base los datos históricos.

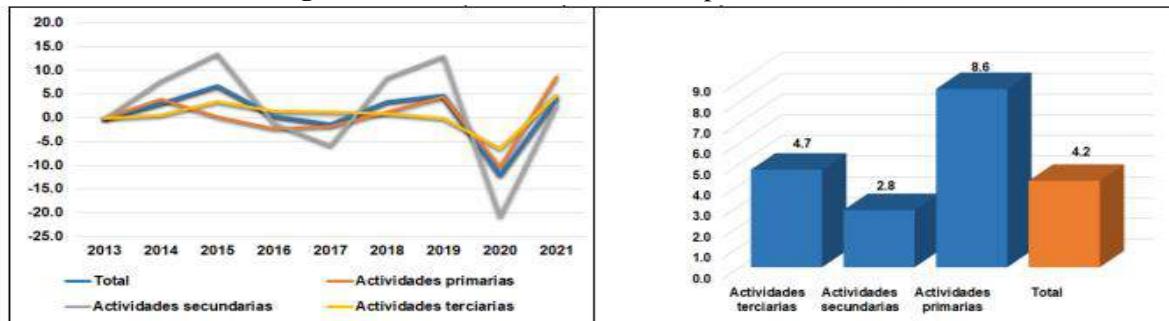
Figura 19. Demanda de energéticos en Tlaxcala (19a) Demanda histórica de gas natural en m³ (19b)
Demanda de gas LP en litros proyectada en Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de consumo de gas natural, se observa que disminuyó drásticamente el consumo de gas natural y aumentó el consumo de gas LP.

Figura 20. PIB Tlaxcala (Variación porcentual anual)



Fuente: INEGI 2021

La caída en el consumo de gas natural puede explicarse con la disminución del PIB principalmente en lo que se refiere a las actividades secundarias que es precisamente en donde se encuentra la industria de la manufactura y construcción (posiblemente por el tema Covid), no obstante, el consumo de gas LP no solo se mantuvo en el uso doméstico si no también en las empresas de servicios. **Figura 19.**

5.2.2 Transporte

Las fuentes móviles producen emisiones de gases directos de efecto invernadero de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) procedentes de la quema de diversos tipos de combustible.

Las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la combustión móvil se estiman más fácilmente por la actividad principal de transporte, es decir, terrestre, todo terreno, aéreo, ferrocarril y navegación marítima y fluvial. La descripción de fuente muestra la diversidad de las fuentes móviles y el abanico de características que afectan los factores de emisión.

En esta categoría se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la combustión de combustibles fósiles utilizados en las actividades de transporte aéreo, terrestre y marítimo. Utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{TEGHG} = \sum FCF_i \times EFGHG,$$

Donde:

GHG= gases de efecto invernadero.

F_i= combustible i.

TEGHG= emisiones totales de gases de efecto invernadero (kg GHG).

FCFi= consumo de combustible i= cantidad de combustible i quemado (TJ).

EFGHG,F_i= factor de emisión de gases de efecto invernadero por tipo de combustible (kg GHG / TJ).

La clave fundamental está en conocer el consumo de combustible; la base de datos del parque vehicular y el kilometraje recorrido por los diferentes vehículos. En el caso del Estado de Tlaxcala, se cuenta con la base de datos del Control Vehicular; no se cuenta con datos de kilometrajes por vehículo y sobre todo, no se cuenta con datos de consumos de combustibles.

Factores de Emisión

Los factores de emisión de CO_2 se basan en el contenido de carbono del combustible y deben representar el 100 por ciento de oxidación del carbono combustible. Es una *buenas prácticas* seguir este método usando valores calóricos netos (VCN) específicos del país y datos del factor de emisión de CO_2 , si es posible. El VCN por defecto de los combustibles y los factores de emisión de CO_2 y pueden usarse si no están disponibles los datos

específicos del país; en la elaboración del inventario para el Sector Transporte, se utilizan los datos publicados por la SEMARNAT en el Diario Oficial de la Federación.

Datos de actividad

Debido a que no se cuenta con datos de consumo de combustible, se tuvieron que buscar alternativas para disponer de un dato confiable de consumo; en este caso, se recurrió a la información de la verificación de vehículos en el estado y la base de datos del parque vehicular; en la información proporcionada de la verificación vehicular, se tiene registrado el kilometraje de los vehículos y se calculó el promedio anual de consumo y rendimiento.

Metodología

Con los datos de actividad en términos de energía, se aplican los factores de emisión correspondientes a cada combustible usado. El primer paso fue obtener los datos del parque vehicular en el estado, desagregado por municipios; en seguida fue desagregar por tipo de vehículo y finalmente por el tipo de combustible.

Por otra parte, se obtuvieron los registros de los automóviles verificados en donde se anotan las características de los vehículos verificados incluyendo el kilometraje recorrido; con el modelo (año) se obtuvieron los kilómetros recorridos en un año y con los datos de rendimiento promedio de consumo de gasolina por Km recorrido de 116,616 autos verificados, se obtuvo un factor de emisión de consumo de gasolina por vehículo.

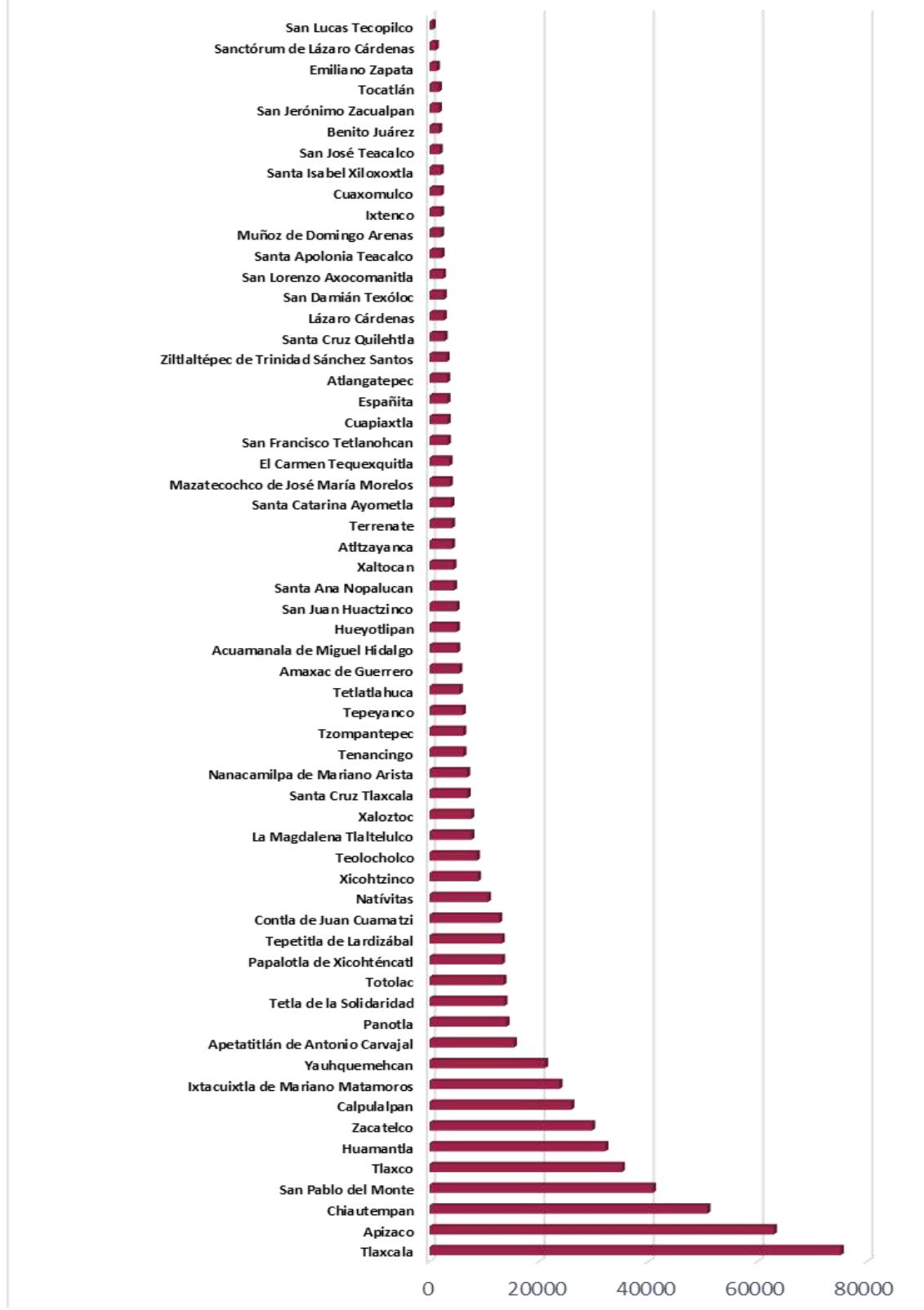
En el caso de motocicletas el promedio de rendimiento se obtuvo por datos de fabricantes y también fue por promedios; para los camiones el rendimiento se determinó para diésel y gasolina empatando con la base de datos el número de vehículos a diésel y gas LP y calculando este último por el equivalente en consumo de calor.

Con la información de la verificación vehicular, se obtuvieron datos de kilómetros recorridos durante un periodo de tiempo de acuerdo con el año del vehículo y con esto se determina el consumo de gasolina y el rendimiento promedio de los vehículos. Con la información del parque vehicular se calculó primero el consumo global y posteriormente el consumo por municipio.

Tabla 28. Consumo de combustible por fuentes móviles en Tlaxcala durante 2022

Combustible	Consumo L	Mj/ Litro	Mj/Año	Tj/Año
Gasolina	561,235,569	35.302	19,812,674,510.15	19812.67
Diesel	206,919,875	38.145	7,892,887,060.15	7892.89
Gas LP	3,671,495	26.119	95,897,591.24	95.90
TOTAL			27,801.46	

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 50. Parque vehicular por municipio en el Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Con la información obtenida, se determinó la actividad en términos de consumo y tipo de combustible por vehículo; determinando por municipio el parque vehicular y en función de este, con el consumo se estableció la energía y se aplicaron los factores de IPCC para combustión móvil para el cálculo del CO₂ equivalente.

En el Nivel 1, los factores de emisión deben suponer que el 100 por ciento del carbono presente en el combustible se oxida durante el proceso de combustión o inmediatamente después de éste (para todos los tipos de combustible de los vehículos), independientemente de que se haya emitido el CO₂ como CO₂, CH₄, CO o COVDM, o como materia particulada. A niveles más altos, es posible ajustar los factores de emisión de CO₂ de forma de justificar el carbono sin oxidar o el carbono emitido como gas no CO₂.

Tabla 29. Totales por Transporte 2022

	Consumo L	Tj
Gasolina	561,235,569	19,813
Diesel	206,919,875	7,883.6
Gas LP	3,671,495	26.119
TOTAL	771,826,939	27,722

Fuente: Elaboración propia con datos de Control Vehicular

Análisis de incertidumbre y aseguramiento de calidad

Como se mencionó antes, los inventarios no deben ser insuficientes, en la medida en la que puedan analizarse, y precisos en el sentido de que se reduzcan las incertidumbres lo máximo posible. Para el caso de las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de transporte se tienen los siguientes análisis:

- Información exacta: Parque vehicular por municipio, tipo de combustible por vehículo
- Información inexacta: Kilometraje recorrido
- Información precisa: Base de datos de vehículos verificados
- Información imprecisa: Rendimiento consumo/Km

Tabla 30. Análisis de incertidumbre para el sector transporte 2022

No	CONCEPTOS	a	B	C	d
1	Falta de representatividad de los datos		X		
2	Error de muestreo aleatorio estadístico		X		
3	Error de medición		X		
4	Generación de informes o clasificación erróneas:		X		
5	Datos faltantes	X			

No	CONCEPTOS	a	B	C	d
1	Parque vehicular por municipio			X	
2	Tipo de combustible por vehículo			X	
3	Kilometraje recorrido		X		
4	Base de datos de vehículos verificados			X	
5	Rendimiento consumo/Km	X			

Fuente: Elaboración propia

Calificación del grado de incertidumbre del inventario de GyCEI por transporte:

El grado de incertidumbre es exacto pero impreciso

Aseguramiento de Calidad

En la tabla siguiente se presentan los atributos que definen la calidad del inventario de emisiones

- El uso de una lista de verificación de las categorías de fuente que permitirá asegurar que todas las categorías necesarias han sido incluidas en el inventario
 - *Se consideraron las categorías y subcategorías recomendadas por el IPCC, mismas que se muestran a continuación.*

Tabla 31. Categorías y subcategorías del sector transporte

1A3 Transporte			
1A3a	Aviación civil	1A3bi2	Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales
1A3ai	Aviación internacional (Tanques de combustible internacional) ⁽²⁾	1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses
1A3aii	Aviación de cabotaje	1A3biv	Motocicletas
1A3b	Transporte terrestre	1A3bv	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos
1A3bi	Automóviles	1A3bvi	Catalizador basado en urea ⁽³⁾
1A3bi1	Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	1A3c	Ferrocarriles
1A3bi2	Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	1A3d	Navegación marítima y fluvial
1A3bii	Camiones para servicio ligero	1A3di	Transporte marítimo y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional) ⁽²⁾
1A3bii1	Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	1A3dii	Transporte marítimo y fluvial nacional

Fuente: IPCC 2006

- Revisar los resultados de las muestras y datos de actividad para las fuentes externas a la zona dominio del inventario previo al cálculo de las emisiones;
 - *Se revisaron los datos externos de diferentes fuentes*
- Hay que confirmar que todos los cálculos de emisión han sido realizados correctamente;
 - *Los datos se realizaron de acuerdo con los lineamientos del IPCC 2006*

- Comparar los resultados del inventario con los de otros inventarios en regiones similares
 - *Comparación con los datos del inventario anterior: En agosto de 2013, por Transporte fueron 1,342.5 Gg y en este inventario, correspondiente al año 2022, por el mismo concepto se generaron 1,998.94 Gg*

Conclusiones y recomendaciones: Transporte

Se obtuvieron datos del parque vehicular a través de la SMA Tlaxcala; esta información es confiable ya que es oficial; los consumos de combustibles estimados se basan en promedios de rendimiento de vehículos, camiones y motocicletas y en el caso de los automóviles, se consideraron los kilómetros recorridos promedio por los datos de los odómetros.

Desde 2011 no se reportan datos de consumo de gasolina y diésel para el Estado de Tlaxcala posiblemente porque se direcciona la distribución de los combustibles hacia el estado de Puebla; la proporción de consumo es del 15 al 20% para el Estado de Tlaxcala. La información base se obtuvo de la Prospectiva de Combustibles de la SIE (SENER). Es importante promover la participación de los diferentes sectores para generar, acopiar y compartir información referente a consumos de combustibles y los datos de actividad correspondientes.

5.2.3 Generación Eléctrica

En el Estado de Tlaxcala no se tienen plantas generadoras de electricidad de CFE ni empresas privadas a gran escala; solo se tiene una empresa que genera con máquinas de combustión interna usando gas natural como combustible y con una capacidad de generación de 5197 Mw y 33.34 GWh al año con un consumo de 11,155,274 m³ de gas natural al año y una emisión de 25,280.4 T de CO₂ eq al año.

5.2.4 Residencial y Comercial

En esta categoría se determinan las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del consumo de los combustibles fósiles originado por actividades domésticas y de empresas de servicios como son comercios de elaboración de pan y tortilla, así como algunas otras empresas de servicio como baños públicos, clubes deportivos, hospitales, etc., y el uso doméstico, las cuales liberan principalmente emisiones de bióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄), respectivamente.

En el consumo de combustibles fósiles, las emisiones de CO₂ dependen del contenido de carbono del combustible. Para los gases distintos del CO₂ (CH₄ y N₂O), las características de los combustibles y las buenas prácticas de operación son factores que determinan las tasas de emisión de estos gases, además del contenido de humedad, la fracción de carbono y la eficiencia de la combustión, que también deben tenerse en cuenta.

Categorías y fuentes de emisión

Representan las emisiones de las fuentes que son demasiado numerosas y dispersas como para ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales. En conjunto, sin embargo, son emisoras significativas de contaminantes del aire los que deben incluirse en un inventario de emisiones para asegurar que esté completo

Un inventario consiste en las siguientes grandes categorías:

- Combustión en fuentes domésticas;
- Panaderías;
- Tortillerías;
- Baños públicos;
- Fuentes industriales y comerciales ligeras;
- Fuentes agrícolas;
- Fuentes de manejo de residuos y
- Fuentes de área diversas.

Metodología

Como se mencionó, las fuentes son múltiples, pero pueden agruparse en subcategorías por la actividad o giro de tal manera que se establece un perfil de comportamiento de uso energético que involucra procesos de combustión.

Tabla 32. Datos de actividad utilizados para determinar el consumo de combustibles

ACTIVIDAD	Actor	Usado por	Fuente	Proceso involucrado
Preparación de alimentos	Habitante	Habitante	Doméstica	Combustión
Aseo personal	Habitante	Habitante	Doméstica	Combustión
Elaboración de pan	Panadería	Habitante	Comercio	Combustión
Elaboración de tortilla	Tortillería	Habitante	Comercio	Combustión
Agua caliente y vapor para aseo	Baño público	Habitante	Servicio	Combustión

Fuente: Elaboración propia

Lo deseable es que se tengan datos puntuales de tipo y consumo de combustibles, pero es sumamente difícil que en comercios o servicios se tengan registros de consumos y actividades y prácticamente imposible que lo hicieran en casa habitación; por ello, se utilizan como referentes los datos estadísticos o históricos de consumos

per cápita y el número de habitantes por estado o municipio. Se puede también, calcular el consumo por elaboración de producto y se tuviera el dato de consumo per cápita. Como mínimo, la información debería contener el número de habitantes por estado y los datos de consumos per cápita

Tabla 33. Tipos de combustible usados por la categoría residencial y comercial

ACTIVIDAD	Fuente	Combustible	Factor de consumo	Proceso
Preparación de alimentos	Doméstica	Gas LP o leña	Kg comb/hab	Combustión
Aseo personal				
Elaboración de pan	Panadería	Gas LP o leña	Kg comb/hab	Combustión
Elaboración de tortilla	Tortillería	Gas LP	Kg gas LP/hab	Combustión
Agua caliente y vapor para aseo	Baño público	Leña	Kg leña/hab	Combustión

Fuente: Elaboración propia

Los factores de emisión consisten en factores para determinación del consumo de combustible:

$$\text{Consumo Per cápita X No de Habitantes} = \text{consumo total de combustible por localidad}$$

Tabla 34. Factores para la determinación de consumo de energía

ACTIVIDAD	Fuente	Combustible	Factor de consumo	Cantidad de energía
Preparación de alimentos	Doméstica	Gas LP o leña	Kg comb/hab	Cant Comb x PC
Aseo personal				
Elaboración de pan		Gas LP o leña	Kg comb/hab	
Elaboración de tortilla		Gas LP	Kg gas LP/hab	
Agua caliente y vapor para aseo		Leña	Kg leña/hab	

Fuente: Elaboración propia

Los factores de emisión consisten en factores para determinación del consumo de energía:

$$\text{Consumo de combustible X Poder calorífico} = \text{consumo total de energía por localidad}$$

Finalmente,

$$\text{Consumo total de energía por localidad X (Factor) Kg de CO}_2/\text{TJ} = \text{Kg de GEI}$$

El dato de consumo de leña se consultó del reporte publicado por la UNAM

Resultados

Se presenta a continuación los datos del censo 2020 de población de Tlaxcala y la proyección 2022 que se utiliza para efectuar los cálculos de emisiones de GyCEI por la subcategoría Residencial y comercial.

Con los datos obtenidos de estudios efectuados por la UNAM (Macera Omar) y datos de INEGI, se estableció el consumo de leña y gas LP por municipio. En el caso del consumo de leña para uso doméstico se tiene:

Tabla 35. Municipios con mayor consumo de leña para uso doméstico

Cabecera Municipal	Consumo de leña ton/ año	Consumo de leña Tj/ año	T CO ₂	T CH ₄	T N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Huamantla	6250.89	90.550	10,141.639	76.06	95.98	10.314
Tepetitla de Lardizábal	4511.19	65.349	7,319.100	54.89	69.27	7.443
Villa Vicente Guerrero	8373.47	121.298	13,585.385	101.89	128.58	13.816
Tetla de la Solidaridad	3573.06	51.759	5,797.053	43.48	54.86	5.895
San Dionisio Yauhquemecan	7485.93	108.441	12,145.405	91.09	114.95	12.351

Fuente: Elaboración propia con datos de UNAM e INEGI

Tabla 36. Municipios con mayor consumo de gas LP para uso doméstico

Cabecera Municipal	Consumo de gas LP T/ año	Consumo de gas LP Tj/ año	T CO ₂	T CH ₄	T N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Calpulalpan	6,751,861	176.36	11,128.01	4.938	4.673	11.14
Santa Ana Chiautempan	9,660,313	252.32	15,921.55	7.065	6.687	15.94
Huamantla	10,287,917	268.72	16,955.93	7.524	7.121	16.97
Villa Vicente Guerrero	6,890,667	179.98	11,356.79	5.039	4.769	11.37
Tlaxcala de Xicohténcatl	13,180,722	344.27	21,723.68	9.640	9.123	21.74
Tlaxco	5,048,667	131.87	8,320.91	3.692	3.495	8.33
Zacatelco	5,714,625	149.26	9,418.50	4.179	3.955	9.43

Fuente: Elaboración propia con datos de UNAM e INEGI

Se puede observar que los municipios con mayor consumo de leña son los cercanos a los bosques y principalmente cerca de zonas montañosas.

Tabla 37. Proporción de uso de leña y gas LP por municipio

Cabecera municipal	Población	Vivienda	Gas LP	Leña	Gas LP	Leña
Amaxac de Guerrero	11,403	2,851	0.90	0.10	769.7	288.7
Apetatitlán de Antonio Carvajal	16,003	4,001	0.95	0.05	1,140.2	202.6
Atlangatepec	7,087	1,772	0.40	0.60	212.6	1,076.5
Altzayanca	18,111	4,528	0.40	0.60	543.3	2,751.0
Apizaco	80,725	20,181	0.95	0.05	5,751.7	1,021.8
Calpulalpan	51,172	12,793	0.95	0.05	3,646.0	647.7
El Carmen Tequexquitla	17,332	4,333	0.75	0.25	974.9	1,097.0
Cuapiaxtla	16,222	4,056	0.60	0.40	730.0	1,642.7
Cuaxomulco	5,928	1,482	0.75	0.25	333.5	375.2
Santa Ana Chiautempan	73,215	18,304	0.95	0.05	5,216.6	926.8
Muñoz de Domingo Arenas	4,755	1,189	0.40	0.60	142.7	722.3
Españita	9,416	2,354	0.50	0.50	353.1	1,191.9
Huamantla	98,764	24,691	0.75	0.25	5,555.5	6,250.9
Hueyotilpan	15,190	3,798	0.70	0.30	797.5	1,153.7
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	38,970	9,743	0.50	0.50	1,461.4	4,932.9
Ixtenco	7,504	1,876	0.80	0.20	450.2	379.9
Mazatecochco de José María Morelos	11,592	2,898	0.60	0.40	521.6	1,173.9
Contla de Juan Cuamatzi	38,579	9,645	0.50	0.50	1,446.7	4,883.4
Tepetitla de Lardizábal	22,274	5,569	0.20	0.80	334.1	4,511.2
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	9,432	2,358	0.50	0.50	353.7	1,193.9
Nanacamila de Mariano Arista	18,686	4,672	0.60	0.40	840.9	1,892.3
Acuamanala de Miguel Hidalgo	6,432	1,608	0.60	0.40	289.4	651.3
Nativitas	26,309	6,577	0.80	0.20	1,578.5	1,332.1
Panotla	28,357	7,089	0.80	0.20	1,701.4	1,435.8
Villa Vicente Guerrero	82,688	20,672	0.60	0.40	3,721.0	8,373.5
Santa Cruz Tlaxcala	24,116	6,029	0.60	0.40	1,085.2	2,442.1
Tenancingo	12,974	3,244	0.60	0.40	583.8	1,313.8
Teolojocholco	25,257	6,314	0.75	0.25	1,420.7	1,598.5
Tepeyanco	13,328	3,332	0.75	0.25	749.7	843.5
Terrenate	15,475	3,869	0.65	0.35	754.4	1,371.2
Tetla de la Solidaridad	35,284	8,821	0.60	0.40	1,587.8	3,573.1
Tetlatlahuca	13,561	3,390	0.50	0.50	508.5	1,716.6
Tlaxcala de Xicohténcatl	99,896	24,974	0.95	0.05	7,117.6	1,264.5
Tlaxco	45,438	11,360	0.80	0.20	2,726.3	2,300.7
Tocatlán	6,294	1,574	0.60	0.40	283.2	637.4
San Juan Totolac	22,529	5,632	0.50	0.50	844.8	2,851.8
Ziltlaltépec de Trinidad Sánchez Santos	9,207	2,302	0.70	0.30	483.4	699.3
Tzompantepec	18,006	4,502	0.50	0.50	675.2	2,279.2
San Cosme Xalostoc	25,607	6,402	0.60	0.40	1,152.3	2,593.1
Xaltocan	10,601	2,650	0.50	0.50	397.5	1,341.9
Papalotla de Xicohténcatl	33,499	8,375	0.90	0.10	2,261.2	848.1
Xicohetzinco	14,197	3,549	0.90	0.10	958.3	359.4
San Dionisio Yauhquemecan	42,242	10,561	0.30	0.70	950.4	7,485.9
Zacatelco	45,717	11,429	0.90	0.10	3,085.9	1,157.4
Benito Juárez	6,211	1,553	0.80	0.20	372.7	314.5
Emiliano Zapata	4,951	1,238	0.60	0.40	222.8	501.4
Lázaro Cárdenas	3,534	884	0.50	0.50	132.5	447.3
La Magdalena Tlaltelulco	19,036	4,759	0.60	0.40	856.6	1,927.7
San Damián Texoloc	5,884	1,471	0.80	0.20	353.0	297.9
San Francisco Tetlanohcan	11,761	2,940	0.60	0.40	529.2	1,191.0
San Jerónimo Zacualpan	4,092	1,023	0.50	0.50	153.5	518.0
San José Teacalco	6,436	1,609	0.60	0.40	289.6	651.7
San Juan Huactzingo	7,688	1,922	0.50	0.50	288.3	973.2
San Lorenzo Axocomanitla	5,689	1,422	0.50	0.50	213.3	720.1
San Lucas Tecopilco	3,077	769	0.60	0.40	138.5	311.6
Santa Ana Nopalucan	7,952	1,988	0.60	0.40	357.8	805.3
Santa Apolonia Teacalco	4,636	1,159	0.30	0.70	104.3	821.6
Santa Catarina Ayometla	9,463	2,366	0.75	0.25	532.3	598.9
Santa Cruz Quilehtla	7,750	1,938	0.75	0.25	435.9	490.5
Santa Isabel Xiloxoxtla	5,443	1,361	0.80	0.20	326.6	275.6

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI y UNAM

Tabla 38. Emisiones de CO₂eq por consumo doméstico de gas LP por municipio

Cabecera Municipal	Consumo de gas LP L/año	Consumo de gas Tj/año	T CO ₂	T CH ₄	T N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Amaxac de Guerrero	1,425,375	37.230078	2,349.22	1.042	0.987	2.35
Apetatitlán de Antonio Carvajal	2,111,507	55.15	3,480.06	1.544	1.462	3.48
Atlangatepec	393,722	10.28	648.91	0.288	0.273	0.65
Altzayanca	1,006,167	26.28	1,658.30	0.736	0.696	1.66
Apizaco	10,651,215	278.20	17,554.70	7.790	7.372	17.57
Calpulalpan	6,751,861	176.36	11,128.01	4.938	4.673	11.14
El Carmen Tequexquitla	1,805,417	47.16	2,975.58	1.320	1.250	2.98
Cuapiaxtla	1,351,833	35.31	2,228.01	0.989	0.936	2.23
Cuaxomulco	617,500	16.13	1,017.73	0.452	0.427	1.02
Santa Ana Chiautempan	9,660,313	252.32	15,921.55	7.065	6.687	15.94
Muñoz de Domingo Arenas	264,167	6.90	435.38	0.193	0.183	0.44
Españita	653,889	17.08	1,077.70	0.478	0.453	1.08
Huamantla	10,287,917	268.72	16,955.93	7.524	7.121	16.97
Hueyotilpan	1,476,806	38.57	2,433.98	1.080	1.022	2.44
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	2,706,250	70.69	4,460.28	1.979	1.873	4.46
Ixtenco	833,778	21.78	1,374.18	0.610	0.577	1.38
Mazatecochco de José María Morelos y Pavón	966,000	25.23	1,592.10	0.706	0.669	1.59
Contla de Juan Cuamatzi	2,679,097	69.98	4,415.53	1.959	1.854	4.42
Tepetitla de Lardizábal	618,722	16.16	1,019.74	0.452	0.428	1.02
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	655,000	17.11	1,079.53	0.479	0.453	1.08
Nanacamilpa de Mariano Arista	1,557,167	40.67	2,566.43	1.139	1.078	2.57
Acuamanala de Miguel Hidalgo	536,000	14.00	883.40	0.392	0.371	0.88
Nativitas	2,923,222	76.35	4,817.88	2.138	2.023	4.82
Panotla	3,150,778	82.30	5,192.92	2.304	2.181	5.20
Villa Vicente Guerrero	6,890,667	179.98	11,356.79	5.039	4.769	11.37
Santa Cruz Tlaxcala	2,009,667	52.49	3,312.21	1.470	1.391	3.32
Tenancingo	1,081,167	28.24	1,781.91	0.791	0.748	1.78
Teolocholco	2,630,938	68.72	4,336.15	1.924	1.821	4.34
Tepeyanco	1,388,333	36.26	2,288.17	1.015	0.961	2.29
Terrenate	1,397,049	36.49	2,302.53	1.022	0.967	2.30
Tetla de la Solidaridad	2,940,333	76.80	4,846.08	2.150	2.035	4.85
Tetlatlahuca	941,736	24.60	1,552.11	0.689	0.652	1.55
Tlaxcala de Xicohténcatl	13,180,722	344.27	21,723.68	9.640	9.123	21.74
Tlaxco	5,048,667	131.87	8,320.91	3.692	3.495	8.33
Tocatlán	524,500	13.70	864.45	0.384	0.363	0.87
San Juan Totolac	1,564,514	40.86	2,578.54	1.144	1.083	2.58
Ziltlaltépec de Trinidad Sánchez Salazar	895,125	23.38	1,475.29	0.655	0.620	1.48
Tzompantepec	1,250,417	32.66	2,060.86	0.914	0.865	2.06
San Cosme Xalostoc	2,133,917	55.74	3,516.99	1.561	1.477	3.52
Xaltocan	736,181	19.23	1,213.33	0.538	0.510	1.21
Papalotla de Xicohténcatl	4,187,375	109.37	6,901.38	3.062	2.898	6.91
Xicohtzinco	1,774,625	46.35	2,924.83	1.298	1.228	2.93
San Dionisio Yauhquemecan	1,760,083	45.97	2,900.86	1.287	1.218	2.90
Zacatelco	5,714,625	149.26	9,418.50	4.179	3.955	9.43
Benito Juárez	690,111	18.03	1,137.40	0.505	0.478	1.14
Emiliano Zapata	412,583	10.78	680.00	0.302	0.286	0.68
Lázaro Cárdenas	245,417	6.41	404.48	0.179	0.170	0.40
La Magdalena Tlaltelulco	1,586,333	41.43	2,614.50	1.160	1.098	2.62
San Damián Texoloc	653,778	17.08	1,077.52	0.478	0.453	1.08
San Francisco Tetlanohcan	980,083	25.60	1,615.31	0.717	0.678	1.62
San Jerónimo Zacualpan	284,167	7.42	468.35	0.208	0.197	0.47
San José Teacalco	536,333	14.01	883.95	0.392	0.371	0.88
San Juan Huactzingo	533,889	13.94	879.92	0.390	0.370	0.88
San Lorenzo Axocomanitla	395,069	10.32	651.13	0.289	0.273	0.65
San Lucas Tecopilco	256,417	6.70	422.61	0.188	0.177	0.42
Santa Ana Nopalucan	662,667	17.31	1,092.17	0.485	0.459	1.09
Santa Apolonia Teacalco	193,167	5.05	318.37	0.141	0.134	0.32
Santa Catarina Ayometla	985,729	25.75	1,624.62	0.721	0.682	1.63
Santa Cruz Quilehtla	807,292	21.09	1,330.53	0.590	0.559	1.33
Santa Isabel Xiloxoxtla	604,778	15.80	996.76	0.442	0.419	1.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Emisiones de CO₂eq de los municipios con mayor consumo de leña para uso doméstico

Cabecera Municipal	Consumo de leña (T/año)	Consumo de leña (Tj/año)	T CO ₂	T CH ₄	T N ₂ O	Gg CO ₂ eq
Huamantla	6250.89	90.550	10,141.639	76.06	95.98	10.314
Tepetitla de Lardizábal	4511.19	65.349	7,319.100	54.89	69.27	7.443
Villa Vicente Guerrero	8373.47	121.298	13,585.385	101.89	128.58	13.816
Tetla de la Solidaridad	3573.06	51.759	5,797.053	43.48	54.86	5.895
San Dionisio Yauhquemecan	7485.93	108.441	12,145.405	91.09	114.95	12.351

Fuente: Elaboración propia

Análisis de incertidumbre y aseguramiento de calidad

La determinación de las emisiones de GyCEI correspondientes a fuentes domésticas, cumplen con los lineamientos o metodología correspondiente a Tier 1; de tal manera, que tienen precisión en la medida en la que los datos de población lo sean.

Se ubicó información precisa de consumo de gas y leña para darle exactitud al inventario, sin sesgo, y con mayor precisión. Un inventario preciso puede aparentar tener un grado bajo de incertidumbre, pero si es inexacto.

La inexactitud o sesgo puede producirse debido a que los datos disponibles no son representativos de las situaciones reales.

Para el caso de las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de fuentes domésticas, se tiene el siguiente análisis:

- Información exacta: Población por municipio correspondiente al censo 2020
- Información inexacta: Proyección de población a 2022
- Información precisa: Población que usa gas LP
- Información imprecisa: Cantidad consumida de gas LP y leña

Tabla 40. Análisis de incertidumbre para el sector residencial y comercial en el Estado de Tlaxcala 2022

No	CONCEPTOS	a	b	c	d
1	Falta de representatividad de los datos				X
2	Error de muestreo aleatorio estadístico			X	
3	Error de medición			X	
4	Generación de informes o clasificación erróneas:			X	
5	Datos faltantes			X	

No	CONCEPTOS	a	b	c	d
1	Población por municipio				X
2	Consumo de gas por estado y sector			X	
3	Consumo de gas LP per cápita			X	
4	Consumo de leña por estado y municipio			X	
5	Consumo per cápita de leña			X	

Fuente: Elaboración propia

Calificación del grado de incertidumbre del inventario de GyCEI por el sector residencial y comercial es el siguiente:

La calificación sería exacto y tendiendo a ser preciso

Aseguramiento de Calidad

Los atributos que definen la calidad del inventario de emisiones son:

- Revisar los resultados de las muestras y datos de actividad para las fuentes externas a la zona dominio del inventario previo al cálculo de las emisiones;
 - *Se revisaron los datos externos de diferentes fuentes*
- Hay que confirmar que todos los cálculos de emisión han sido realizados correctamente;
 - *Los datos se realizaron de acuerdo con los lineamientos del IPCC 2006*
- Comparar los resultados del inventario con los de otros inventarios en regiones similares.
 - *Comparación con los datos del inventario anterior: En agosto de 2013, por fuentes domésticas fueron 326.6 Gg y en este inventario, correspondiente al año 2022, por el mismo concepto se generaron 545.48 Gg.*

5.2.5 Petróleo y Gas

No se procesan combustibles en el estado

5.2.6 Industria y Uso de productos

No se tienen industrias que caigan en este rubro; actualmente no se tienen acerías o fundidoras de metales.

5.2.7 Agricultura y Ganadería

El sector [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por Agriculture, Forestry, and Other Land Use) se divide en tres categorías: [3A] Ganado, [3B] Tierra y [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO₂ de la tierra. Los principales GEI contabilizados en este sector son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O).

Las absorciones de CO₂ se deben principalmente a procesos de captación durante la fotosíntesis de la vegetación; las emisiones se originan por la respiración (no considerada por IPCC), la descomposición y la combustión de materia orgánica. En los procesos de nitrificación y desnitrificación ocurridos en los suelos, en la deposición de las excretas y la combustión de la materia orgánica se emite N₂O.

Las emisiones de CH₄ (metanogénesis) en este sector se deben a procesos como la fermentación entérica y el manejo anaeróbico de las excretas, así como a la combustión incompleta de materia orgánica y el cultivo de arroz. La formación de GEI a partir de gases y compuestos precursores se considera una emisión indirecta, asociada con procesos como la volatilización de compuestos de nitrógeno de los suelos y del manejo de las excretas (IPCC, 2006).

Se consideran aquí las emisiones y absorciones de GEI asociadas con actividades agropecuarias y forestales en tierras sujetas a intervención humana. Los métodos para estimar tales emisiones y absorciones en el sector AFOLU, de acuerdo con IPCC (2006) incluyen las siguientes:

Tabla 41. Procesos que involucra la categoría de AFOLU

Proceso	Considerada	Comentarios
CH ₄ producidas por la fermentación entérica en el ganado;	Si	Se realizó con datos del SIAP
CH ₄ y N ₂ O de los sistemas de gestión del estiércol;	No	No se tuvo información
CO ₂ y distintas a CO ₂ producidas por incendios en todas las tierras gestionadas;	Si	Solo se tiene como incendios dentro de la malinche y fuera de la malinche
N ₂ O en todas las tierras gestionadas;	Si	Se realizó con datos del SIAP
CO ₂ relacionadas con la aplicación de cal y urea en tierras gestionadas;	No	No se tuvo información
CH ₄ del cultivo del arroz;	No	NA
CO ₂ y N ₂ O de las tierras de cultivo orgánico, y	Si	Se realizó con datos del SIAP
CO ₂ y N ₂ O de humedales gestionados.	No	No se tuvo información

Fuente: Elaboración propia

Emisiones Entéricas

En esta categoría se reportan las emisiones de los GEI originados por las actividades pecuarias bajo la metodología descrita en las Directrices del IPCC 2006 del Volumen 4, capítulos 10 y 11 (IPCC, 2006). Los GEI contabilizados en esta categoría son el metano generado en la fermentación entérica (subcategoría 3A1) y durante el manejo de las excretas del ganado (subcategoría 3A2), así como el óxido nitroso, producido por el manejo de las excretas. El cálculo se hace de acuerdo con el factor de emisión específico la México (Acuerdo SEMARNAT DOF: 03/09/2015, artículo VI, puntos 23, 24 y 25.

Tabla 42. Total de Emisiones Entéricas (CH₄ como CO₂eq)

DESCRIPCIÓN	T CO ₂ eq
Bovinos para la producción de carne	750.48
Bovinos para la producción de leche	415.24
Bovinos para la producción conjunta de leche y carne	ND
Bovinos para otros propósitos	ND
Porcinos para la producción de carne	3,237.31
Avícola para la producción de huevo	712.67
Avícola para la producción de carne	1951.30
Avícola para la producción de guajolotes o pavos	222.31
Ovinos para cualquier actividad	516.45
Caprinos para cualquier actividad	80.59
Producción de cualquier tipo de ave en incubadora	ND
TOTAL	7886.35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43. Total de Emisiones por agricultura e incendios (Gg CO₂eq)

Módulo	Submódulo	T CO ₂ eq
AGRICULTURA	Quema de residuos agrícolas en campo	
	Trigo	28.679
	Cebada	12.249
	Avena forrajera	29.64
	Maíz forrajero	24.735
	Maíz de grano	38.128
	Quema prescrita de sabanas	1.9752
INCENDIOS	Incendios forestales dentro de la Malinche	35.04
	Incendios forestales fuera de la Malinche	44.079
	TOTAL	214.5252

Fuente: Elaboración propia

5.2.8 Residuos

Esta categoría contempla las emisiones del tratamiento y eliminación de residuos. De acuerdo con las directrices del IPCC 2006, las fuentes incluyen la disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) [4A], el tratamiento biológico de residuos sólidos [4B], la incineración de residuos peligrosos industriales (RPI) y biológico-infecciosos (RPBI), la quema a cielo abierto de residuos [4C] y el tratamiento y descargas de aguas residuales [4D].

En los sitios de disposición final y en el tratamiento de aguas residuales se generan principalmente: metano (CH₄), debido a la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas; dióxido de carbono (CO₂), en la incineración de residuos y en la quema a cielo abierto de residuos que contienen carbono fósil, como los plásticos, y óxido nitroso (N₂O), que varía según las condiciones del tipo de tratamiento de aguas residuales

En la estimación de emisiones de esta categoría, México cuenta con el Modelo Mexicano de Biogás (MMB), un método que utiliza una ecuación de degradación de primer orden, la cual fue modificada por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos (EPA) para las condiciones de México.

En este contexto los datos básicos para el cálculo de las emisiones de metano en los SDF son los siguientes:

- Masa total de residuos eliminados (*WT*) en cada uno de los sitios.
- Composición estatal de residuos (*C_j*) establecida por el Modelo Mexicano de Biogás (MMB) versión 2.0, considerando las siguientes seis categorías: residuos de comida, jardinería, papel, madera y paja, textiles y pañales (Ludwing, 2009).
- Fracción de carbono orgánico degradable (*DOC_j*) para cada categoría de residuos y la fracción de carbono orgánico degradable que se descompone bajo condiciones anaeróbicas (*DOC_f*) de acuerdo con los valores propuestos por el IPCC 2006.
- Tasas de descomposición (*k*) propuestas en el MMB para cada categoría de residuos.
- Factor de Corrección de Metano (*MCF*) para cada SDF. De acuerdo con el IPCC 2006, los SDF se clasifican en cinco tipos, según su infraestructura: sitio gestionado anaeróbico; sitio gestionado semi aeróbico; sitio no gestionado profundo (mayor que 5 m de residuos); sitio no gestionado poco profundo (menor que 5 m de residuos), y SDF no categorizados

Tabla 44. Tasas de descomposición de residuos

Entidad Federativa	k1: Comida	k2: Jardín	k3: Papel	k4: Madera y paja	k 5: Textiles	k6: Pañales
Tlaxcala	0.16	0.075	0.032	0.016	0.032	0.16
COD	0.15	0.2	0.4	0.43	0.24	0.24

$$\text{CODDmdL,C} = \text{WC} * (\text{CL}/100) * \text{CODL} * \text{CODf} * \text{FCM}$$

$$\text{CH}_4\text{generadoL,C} = \text{CODDm descompL,C} * \text{F} * 16/12$$

Tabla 45. Emisiones de CO₂eq por descomposición en Rellenos Sanitarios por municipio

RELENNOS	T CO ₂ eq	Gg CO ₂ eq
AMAXAC	1,127.7	1.128
ATLANGATEPEC	703.8	0.704
EL CARMEN	1,684.5	1.684
CHIAUTEMPAN	3,568.8	3.569
M DE DOMINGO A	856.5	0.857

RELLENOS	T CO ₂ eq	Gg CO ₂ eq
ESPAÑITA	383.7	0.384
HUAMANTLA	15,845.6	15.846
IXTACUIXTLA	4,282.6	4.283
IXTENCO	485.4	0.485
MAZATECOCHCO	1,998.5	1.999
CONTLA	3,140.6	3.141
TEPETITLA	770.9	0.771
TENANCINGO	2,341.1	2.341
TOCATLAN	1,142.0	1.142
ZITLALTEPEC	856.5	0.857
TZOMPANTEPEC	931.2	0.931
YAUHQQUEMEHCAN	4,682.3	4.682
LAZARO CARDENAS	713.8	0.714
TEXOLOC	361.2	0.361
ZACUALPAN	285.5	0.286
AYOMETLA	309.5	0.309
TOTAL	46,471.6	46.472

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información recabada al momento de la realización del presente inventario, no se cuenta con plantas de tratamiento anaerobias.

Respecto a plantas de tratamiento de agua, se dispone de los siguientes datos:

Planta	Tipo de tratamiento	2021			2022		
		Gasto de diseño (L/s)	m3 anual	Gasto de operación (L/s)	m3 anual	Gasto de diseño (L/s)	m3 anual
Tlaxcala	Lodos activados	350	11037600	320	10091520	350	11037600
Ixtacuixtla	Lagunas mecánicamente aireadas	50	1576800	40	1261440	50	1576,800
Atlamaxac	Lodos activados	170	5361120	110	3468960	170	5361120
Tlatempán	Lagunas mecánicamente aireadas	77	2428272	60	1892160	77	2428272
Apizaco A	Lagunas mecánicamente aireadas	150	4730400	110	3468960	150	4730400
Apizaco B	Filtros percoladores	240	7568640	220	6937920	240	7568640
Cix I	Fisico-químico	30	946080	12	378432	30	946080
Cix II	Lodos activados	6	189216	6	189216	6	189216
Cix III	Lodos activados	6	189216	4	126144	6	189216
TOTAL		1079	34027344	882	27814752	1079	32450544
						962	30337632

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento del Estado de Tlaxcala

5.2.9 Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

El Estado de Tlaxcala tiene una superficie de 3994.25 Km², es decir, 399,425 hectáreas de las cuales la mayor parte tienen uso de suelo agrícola; no obstante, el uso de suelo urbano tiende al alza lo que ha originado la reducción de los recursos forestales; si bien la agricultura también ha reducido los bosques, se observa en los datos, que el uso agrícola tiende a disminuir.

Tabla 46. Usos de suelo en el Estado de Tlaxcala en Km²

Uso de Suelo	2005	2009	2013	2016	2018	2030	2040	2060
Agricultura	2945.5	2940.78	2929.06	2900.04	2908.2	2815.92	2718	2625.08
Áreas urbanas	44.68	53.57	64.38	146.44	161.35	256.09	349.74	443.4
Pastizal inducido	249.22	244.04	243.65	167.28	166.03	137.01	128	114
Vegetación Natural	754.85	755.85	757.16	780.49	758.66	785.24	798.5	811.77
TOTAL	3994.25	3994.24	3994.25	3994.25	3994.24	3994.26	3994.24	3994.25

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 47. Proyección de Uso de Suelo en Tlaxcala (ha)

DESCRIPCIÓN	AÑO				PROYECCIÓN		Incremento de 2010 a 2030
	1980	1993	2005	2010	2022	2030	
Bosques	75,444	69,032	63,637	63,072	57,452	53,705	5,620
Matorrales	10,012	9,085	8,863	8,611	8,058	7,690	553
Pastizales	31,093	32,269	25,126	22,882	19,980	18,046	2,902
Agricultura de riego	24,336	28,852	25,882	18,848	19,208	19,748	540
Agricultura de temporal	259,516	257,106	267,346	226,625	227,995	230,050	2,055
Zona urbana	223*	3,829	3,793	56,992	107,395	183,000	75,605

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI

Tabla 48. Variación y factores de emisión utilizados

Uso de Suelo	Variación	T C/ha	T C
Agricultura	-37.3	63	-2349.9
Áreas urbanas	116.67	38	4433.46
Pastizal inducido	-83.19	38	-3161.22
Vegetación natural	3.81	38	144.78

Fuente: IPCC 2006

Tabla 49. Emisiones de CO₂eq por cambio de uso de suelo

Uso de Suelo	Gg CO ₂ eq	VARIACIÓN	
		E/R = Da*CSCF-(44/12) /1000	
Agricultura	-180		Decremento
Áreas urbanas	5		Incremento
Pastizal inducido	-11		Decremento
Vegetación natural	2		Incremento
Total	-184		

Fuente: Elaboración propia

5.2.10 Inventario de Carbono negro

De acuerdo con el IPCC, se estima que el carbono negro contribuye al forzamiento climático de manera significativa, siendo la segunda emisión antropogénica más importante en términos del forzamiento climático global —sólo superada por la del dióxido de carbono (IPCC, 2013).

El Carbono Negro es formado por la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa, pudiéndose emitir tanto por fuentes antropogénicas como de manera natural. El Carbono Negro es una fracción de las partículas PM2.5 (partículas de 2.5 μm o menos de diámetro), también denominadas partículas finas, estas partículas comúnmente están compuestas de material carbonoso y es el mayor componente del material particulado aerotransportado. México ha hecho el compromiso de reportar sus emisiones de carbono negro y, además, se ha propuesto reducir sus emisiones. La meta establecida contempla la reducción no condicionada del 51% del volumen de sus emisiones para el año 2030 tomando como referencia un escenario tendencial sin medidas para combatir el cambio climático.

Las fuentes principales de emisión de carbono negro están relacionadas con el uso de los combustibles fósiles en los sectores transporte, energía y la industria. La leña para uso residencial y la quema abierta de biomasa en la agricultura también son importantes fuentes de emisión de carbono negro. Dentro de los Inventarios de Emisiones, la estimación de las emisiones de carbono negro se realiza considerando que el carbono negro es emitido como una parte de la fracción sólida del material particulado PM2.5, por lo que su contribución se estima a partir de un porcentaje de estas partículas.

La mayoría de las emisiones de carbono negro se estiman a partir de los datos de actividad direccionados a los factores de emisión para PM2.5 y de los porcentajes de CN/PM2.5, es decir, primero se calculan las emisiones de PM2.5 y posteriormente se estiman las emisiones de carbono negro en función del porcentaje de carbono negro que contengan las partículas para cada fuente o actividad de emisión.

A continuación, las Ecuaciones 3 y 4 muestran un ejemplo de cómo calcular las emisiones de Carbono Negro provenientes de la quema de combustibles fósiles

$$\text{EmisionesPM2.5} = \sum \text{Consumo de combustible}_i \times \text{FEPM2.5}_{\text{combustible } i}$$

Donde:

- Emisiones PM 2.5 = emisiones de PM 2.5 (kg)
- Consumo de combustible i = cantidad de combustible i quemado (ton, m^3)
- FE PM 2.5, combustible i = factor de emisión de PM2.5 por tipo de combustible i (kg PM2.5 / ton, m^3).

$$\text{EmisionesCN} = \sum \text{EmisionesPM2.5} \times \text{Shi}$$

Donde:

- Emisiones CN = Emisiones de carbono negro (Kg)
- EmisionesPM2.5 = emisiones de PM2.5 (kg)
- Shi = porcentaje de relación de CN/PM2.5 por tipo de combustible i

Tabla 50. Emisiones de CO₂eq por Carbono Negro en fuentes domésticas por municipio

Municipio	Consumo de leña T/ año	Consumo de leña MJ/ año	T CO2	T CH4	T N2O	T Part	T PM10	T PM2.5	T BC	T CO2
Amaxac de Guerrero	289	4,181,870.5	468	0.013	0.0	0.59	0.52	0.45	0.054	521
Apetatitlán de Antonio Carvajal	203	2,934,424.0	329	0.009	0.0	0.41	0.36	0.31	0.038	366
Atlangatepec	1,077	15,594,273.3	1,747	0.047	0.1	2.20	1.93	1.67	0.200	1,944
Altzayanca	2,751	39,851,542.9	4,463	0.120	0.2	5.62	4.94	4.26	0.511	4,969
Apizaco	1,022	14,802,310.7	1,658	0.044	0.1	2.09	1.84	1.58	0.190	1,846
Calpulalpan	648	9,383,262.3	1,051	0.028	0.0	1.32	1.16	1.00	0.120	1,170
El Carmen Tequexquitla	1,097	15,890,594.6	1,780	0.048	0.1	2.24	1.97	1.70	0.204	1,981
Cuapiaxtla	1,643	23,796,651.3	2,665	0.071	0.1	3.36	2.95	2.54	0.305	2,967
Cuaxomulco	375	5,435,001.4	609	0.016	0.0	0.77	0.67	0.58	0.070	678
Santa Ana Chiautempan	927	13,425,223.7	1,504	0.040	0.1	1.89	1.67	1.44	0.172	1,674
Muñoz de Domingo Arenas	722	10,462,927.9	1,172	0.031	0.0	1.48	1.30	1.12	0.134	1,305
Españita	1,192	17,265,848.0	1,934	0.052	0.1	2.44	2.14	1.85	0.222	2,153
Huamantla	6,251	90,550,351.1	10,142	0.272	0.4	12.78	11.23	9.68	1.162	11,291
Hueyotilpan	1,154	16,712,079.3	1,872	0.050	0.1	2.36	2.07	1.79	0.214	2,084
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	4,933	71,458,166.6	8,003	0.214	0.3	10.08	8.86	7.64	0.917	8,910
Ixtenco	380	5,503,947.5	616	0.017	0.0	0.78	0.68	0.59	0.071	686
Mazatecochco de José María Morelos	1,174	17,004,733.2	1,905	0.051	0.1	2.40	2.11	1.82	0.218	2,120
Contla de Juan Cuamatzi	4,883	70,741,201.1	7,923	0.212	0.3	9.98	8.77	7.56	0.908	8,821
Tepetitla de Lardizábal	4,511	65,349,107.6	7,319	0.196	0.3	9.22	8.10	6.99	0.838	8,148
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	1,194	17,295,186.7	1,937	0.052	0.1	2.44	2.14	1.85	0.222	2,157
Nanacamilpa de Mariano Arista	1,892	27,411,184.0	3,070	0.082	0.1	3.87	3.40	2.93	0.352	3,418
Acuamanala de Miguel Hidalgo	651	9,435,338.5	1,057	0.028	0.0	1.33	1.17	1.01	0.121	1,177
Nativitas	1,332	19,296,822.2	2,161	0.058	0.1	2.72	2.39	2.06	0.248	2,406
Panotla	1,436	20,798,965.7	2,329	0.062	0.1	2.94	2.58	2.22	0.267	2,593
Villa Vicente Guerrero	8,373	121,298,083.2	13,585	0.364	0.5	17.12	15.04	12.97	1.556	15,125
Santa Cruz Tlaxcala	2,442	35,376,651.7	3,962	0.106	0.1	4.99	4.39	3.78	0.454	4,411
Tenancingo	1,314	19,032,040.1	2,132	0.057	0.1	2.69	2.36	2.03	0.244	2,373
Teolocholco	1,599	23,156,516.7	2,594	0.069	0.1	3.27	2.87	2.48	0.297	2,887
Tepeyanco	844	12,219,584.9	1,369	0.037	0.0	1.72	1.52	1.31	0.157	1,524
Terrenate	1,371	19,863,243.3	2,225	0.060	0.1	2.80	2.46	2.12	0.255	2,477
Tetla de la Solidaridad	3,573	51,759,403.6	5,797	0.155	0.2	7.30	6.42	5.53	0.664	6,454
Tetlatlahuca	1,717	24,866,415.1	2,785	0.075	0.1	3.51	3.08	2.66	0.319	3,101
Tlaxcala de Xicohténcatl	1,265	18,317,641.8	2,052	0.055	0.1	2.59	2.27	1.96	0.235	2,284
Tlaxco	2,301	33,327,340.8	3,733	0.100	0.1	4.70	4.13	3.56	0.428	4,156
Tocatlán	637	9,232,901.2	1,034	0.028	0.0	1.30	1.15	0.99	0.118	1,151
San Juan Totolac	2,852	41,310,778.4	4,627	0.124	0.2	5.83	5.12	4.42	0.530	5,151
Zillaltépec de Trinidad Sánchez Santos	699	10,129,566.4	1,135	0.030	0.0	1.43	1.26	1.08	0.130	1,263
Tzompantepec	2,279	33,017,083.6	3,698	0.099	0.1	4.66	4.09	3.53	0.424	4,117
San Cosme Xalostoc	2,593	37,563,854.7	4,207	0.113	0.2	5.30	4.66	4.02	0.482	4,684
Xaltocan	1,342	19,438,748.4	2,177	0.058	0.1	2.74	2.41	2.08	0.249	2,424
Papalotla de Xicohténcatl	848	12,285,230.3	1,376	0.037	0.0	1.73	1.52	1.31	0.158	1,532
Xicohtzinco	359	5,206,526.0	583	0.016	0.0	0.73	0.65	0.56	0.067	649
San Dionisio Yauhquemecan	7,486	108,441,114.2	12,145	0.325	0.4	15.30	13.45	11.59	1.391	13,522
Zacatelco	1,157	16,765,989.2	1,878	0.050	0.1	2.37	2.08	1.79	0.215	2,091
Benito Juárez	314	4,555,572.7	510	0.014	0.0	0.64	0.56	0.49	0.058	568
Emiliano Zapata	501	7,262,804.9	813	0.022	0.0	1.02	0.90	0.78	0.093	906
Lázaro Cárdenas	447	6,480,194.0	726	0.019	0.0	0.91	0.80	0.69	0.083	808
La Magdalena Tlaltelulco	1,928	27,924,611.9	3,128	0.084	0.1	3.94	3.46	2.99	0.358	3,482
San Damían Texoloc	298	4,315,728.5	483	0.013	0.0	0.61	0.54	0.46	0.055	538
San Francisco Tetlanohcan	1,191	17,252,645.6	1,932	0.052	0.1	2.43	2.14	1.84	0.221	2,151
San Jerónimo Zacualpan	518	7,503,382.5	840	0.023	0.0	1.06	0.93	0.80	0.096	936
San José Teacalco	652	9,441,206.3	1,057	0.028	0.0	1.33	1.17	1.01	0.121	1,177
San Juan Huactzingo	973	14,097,264.2	1,579	0.042	0.1	1.99	1.75	1.51	0.181	1,758
San Lorenzo Axocomanitla	720	10,431,755.4	1,168	0.031	0.0	1.47	1.29	1.12	0.134	1,301
San Lucas Tecopilco	312	4,513,765.0	506	0.014	0.0	0.64	0.56	0.48	0.058	563
Santa Ana Nopalucan	805	11,665,082.7	1,306	0.035	0.0	1.65	1.45	1.25	0.150	1,455
Santa Apolonia Teacalco	822	11,901,259.5	1,333	0.036	0.0	1.68	1.48	1.27	0.153	1,484
Santa Catarina Ayometla	599	8,676,015.3	972	0.026	0.0	1.22	1.08	0.93	0.111	1,082
Santa Cruz Quilehtla	491	7,105,475.9	796	0.021	0.0	1.00	0.88	0.76	0.091	886
Santa Isabel Xiloxoxtla	276	3,992,268.9	447	0.012	0.0	0.56	0.50	0.43	0.051	498
	97,633	1,414,308,761	158,403	4	6			151	18.1	176,352

Para estimar el volumen de carbono negro a partir de las emisiones de PM2.5, se aplicaron distintos porcentajes a las toneladas de cada categoría de fuente, los cuales fueron: 12 % a las fuentes puntuales y de área, 43 % a las locomotoras de arrastre; 27 % a los vehículos de gasolina; y 43 % a los vehículos de diesel. La proporción de carbono negro en las PM2.5 se tomó de Aiken et al. (2009) y Battye, Boyer y Pace (2002).

18.15

TOTAL DE CARBONO NEGRO POR FUENTES DE AREA DOMESTICAS pm 2.5 = 151 Ton CN = 18.15 Ton CO2eq = 16,335.0 Ton

Municipio	No probable de baños	Consumo de leña Kg/año	Consumo de leña MJ/año	CO2 (T)	CH4 (T)	N2O (T)	BC (T)	T CO2 eq
Amaxac de Guerrero	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apetatitlán de Antonio Carvajal	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Atlangatepec	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Altzayanca	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Apizaco	6	846,449	12,188,867	1,365.15	10.24	1.29	1,463.35	2,840.04
Calpulalpan	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
El Carmen Tequexquitla	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Quapixtla	1	141,075	2,031,477.78	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
Cuaxomulco	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Ana Chiautempan	6	846,449	12,188,867	1,365.15	10.24	1.29	1,463.35	2,840.04
Muñoz de Domingo Arenas	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Españita	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Huamantla	2	282,150	4,062,956	455.05	3.41	0.43	487.78	946.68
Hueyotilpan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ixtenco	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mazatecochco de José María Morelos	2	282,150	4,062,955.56	455.05	3.41	0.43	487.78	946.68
Contla de Juan Cuamatzi	2	282,150	4,062,956	455.05	3.41	0.43	487.78	946.68
Tepetitla de Lardizábal	3	423,225	6,094,433.33	682.58	5.12	0.65	731.68	1,420.02
Sanctórum de Lázaro Cárdenas	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nanacamilpa de Mariano Arista	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Acuamanala de Miguel Hidalgo	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Nativitas	2	282,150	4,062,956	455.05	3.41	0.43	487.78	946.68
Panotla	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
Villa Vicente Guerrero	5	705,374	10,157,389	1,137.63	8.53	1.08	1,219.46	2,366.70
Santa Cruz Tlaxcala	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tenancingo	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
Teolojocholco	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tepeyanco	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Terrenate	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tetla de la Solidaridad	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tetlatlahuca	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tlaxcala de Xicohténcatl	3	423,225	6,094,433	682.58	5.12	0.65	731.68	1,420.02
Tlaxco	2	282,150	4,062,956	455.05	3.41	0.43	487.78	946.68
Tocatlán	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San Juan Totolac	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ziltlaltépec de Trinidad Sánchez Santos	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tzompantépec	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San Cosme Xalostoc	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
Xaltocan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Papalotla de Xicohténcatl	9	1,269,674	18,283,300	2,047.73	15.36	1.94	2,195.03	4,260.05
Xicotzínco	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
San Dionisio Yauhquemecan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zacatelco	4	564,299	8,125,911	910.10	6.83	0.86	975.57	1,893.36
Benito Juárez	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Emiliano Zapata	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lázaro Cárdenas	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
La Magdalena Tlaltelulco	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
San Damián Texoloc	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San Francisco Tetlanohcan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San Jerónimo Zacualpan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San José Teacalco	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
San Juan Huactzingo	1	141,075	2,031,478	227.53	1.71	0.22	243.89	473.34
San Lorenzo Axocomanitla	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
San Lucas Tecopilco	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Ana Nopalucan	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Apolonia Teacalco	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Catarina Ayometla	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Cruz Quilehtla	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Santa Isabel Xiloxoxtlá	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTALES	55	52,771,800	111,731,278	12,514	94	12	13,414	26,034

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de fuentes clave y proyección de escenarios de emisiones GyCEI

Análisis de fuentes clave

Tabla 51. Comparación de emisiones de CO₂eq 2009-2022

AÑO BASE	2009	2013	2022
Comercio			122.9
Domestica	189.9	326.6	422.6
F. Móviles	1050.4	1342.5	1998.9
Industria manufacturera	602.1	891.2	643.1
AFOLU	456.2	49.1	406.37
Residuos			46.47
TOTAL	2298.6	2609.4	3640.43

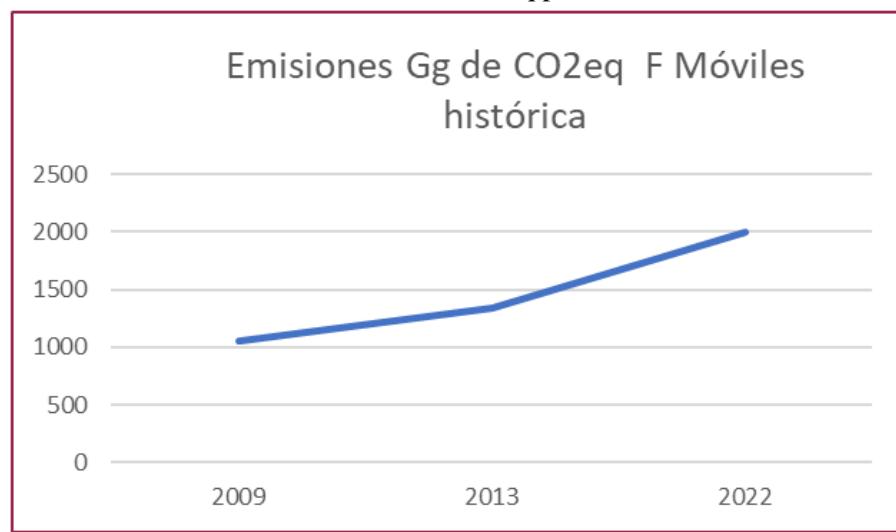
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la **Tabla 51**, para el inventario con línea base 2022, la principal fuente de emisiones son las fuentes móviles, seguidas por la industria manufacturera y por las fuentes domésticas, con emisiones de CO₂eq de 1,998.9 Gg, 643.1 Gg y 422.6 Gg.

Comportamiento de las fuentes clave. Análisis por subcategoría

Fuentes móviles: la tendencia es al alza ya que, si bien se ha mejorado la relación Km/litro de combustible, el número de unidades ha aumentado **Gráfica 51**.

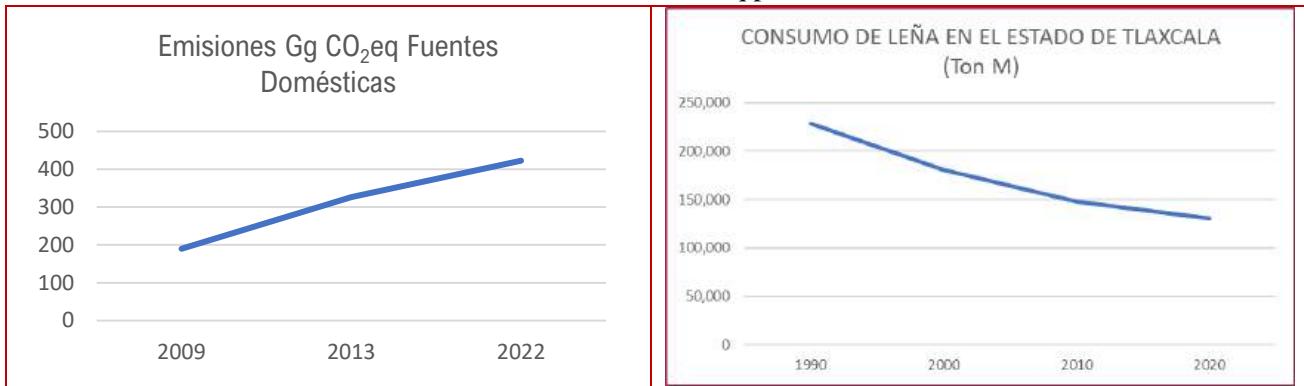
Gráfica 51. Emisiones de CO₂eq por fuentes móviles



Fuente: Elaboración propia

Fuentes Domésticas: La tendencia es al alza, el incremento está ligado al aumento de población, no obstante, en el caso del consumo de leña, se tiene una tendencia a la baja. **Gráfica 52.**

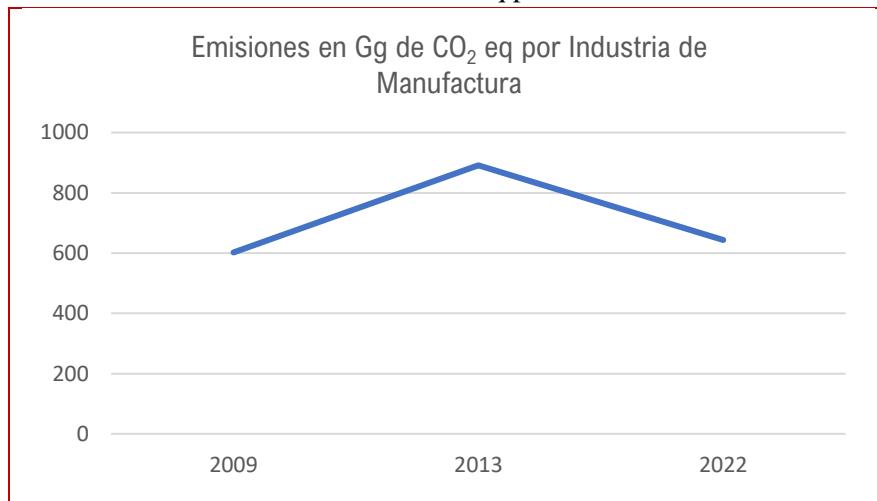
Gráfica 52. Emisiones de CO₂eq por fuentes domésticas



Fuente: Elaboración propia

Industria de manufactura: En lo que se refiere a la Industria de Manufactura, la tendencia es a la baja; se tiene una reducción en el consumo de gas natural que coincide con la disminución del PIB entre 2020 y 2022 posiblemente relacionado con el tema COVID.

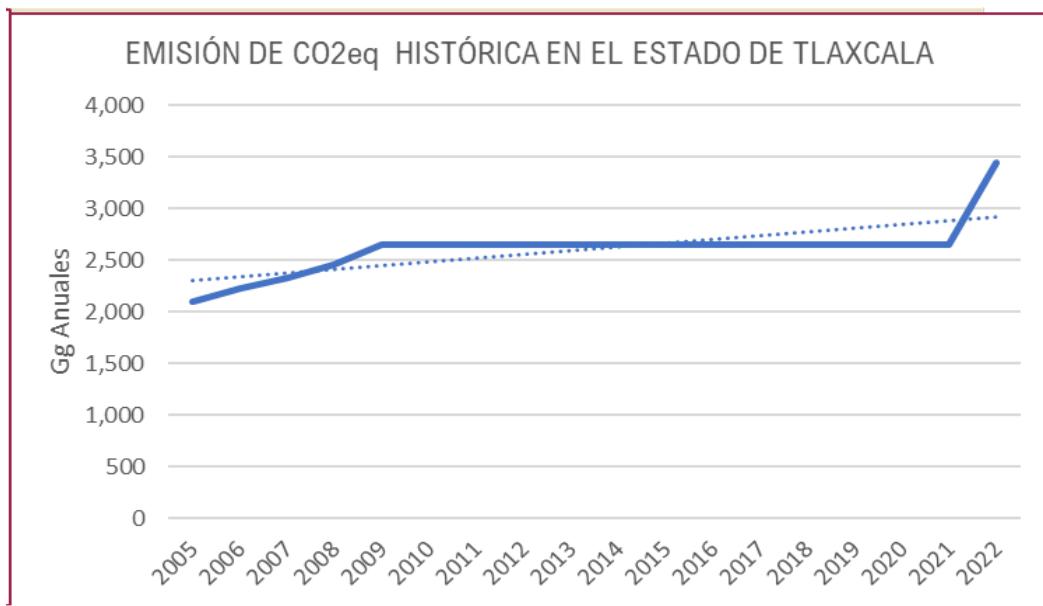
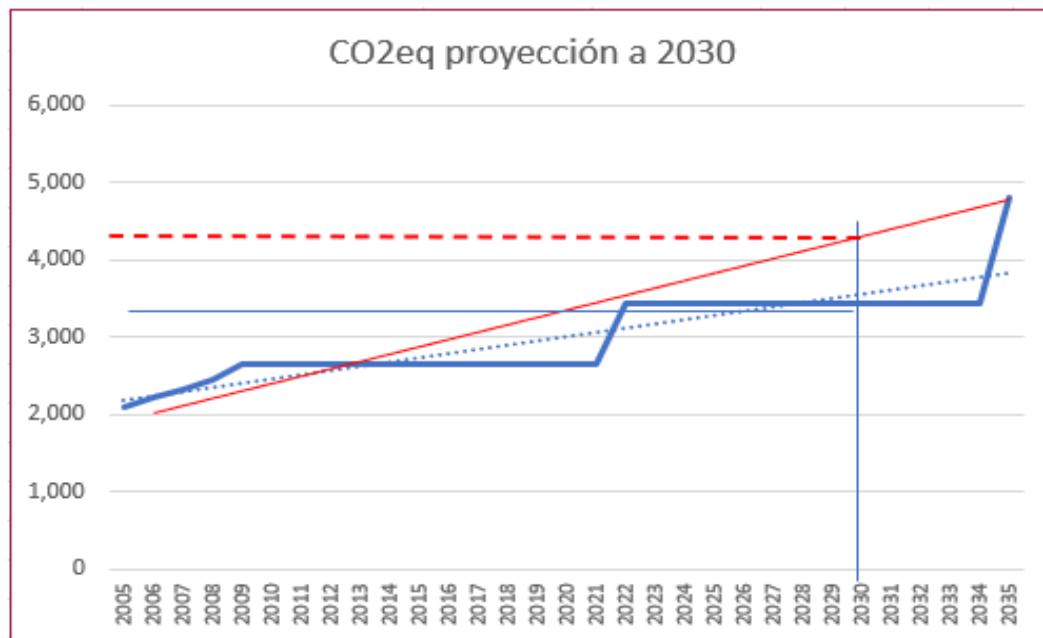
Gráfica 53. Emisiones de CO₂eq por fuentes domésticas

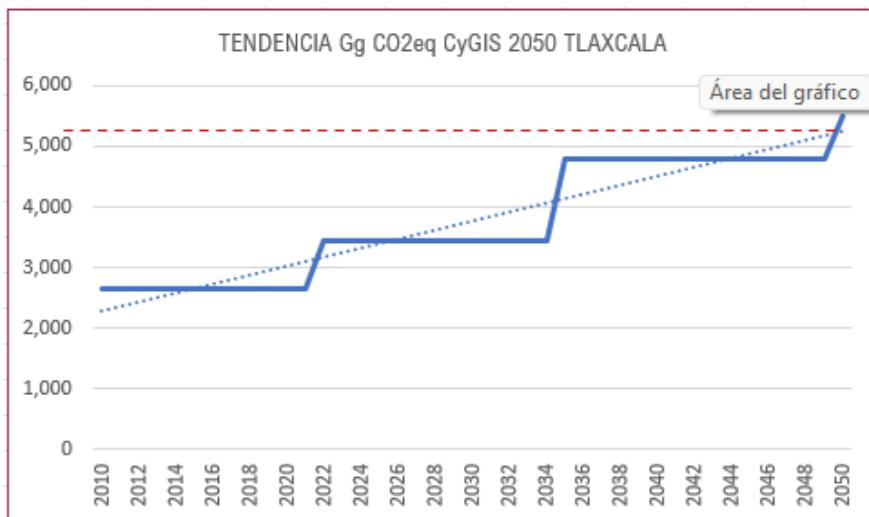


Fuente: Elaboración propia

Proyección de escenarios de emisiones GyCEI para el Estado de Tlaxcala 2030 y 2050

Con base en la tendencia histórica se realizaron las proyecciones a futuro de las emisiones en el Estado de Tlaxcala.

Gráfica 54. Comportamiento histórico de emisiones de GyCEI en el Estado de Tlaxcala*Fuente:* Elaboración propia**Gráfica 55.** Proyección de emisiones de CO₂eq en el Estado de Tlaxcala para el año 2030*Fuente:* Elaboración propia

Gráfica 56. Proyección de emisiones de CO₂eq en el Estado de Tlaxcala para el año 2050

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

Los resultados del Inventario de Emisiones tuvieron que calcularse de forma indirecta a través de información proporcionada por dependencias diferentes a las ambientales ya que la información de éstas últimas es pobre o no fue proporcionada; no obstante, el inventario se pudo apuntalar con datos duros del SIE, INEGI y SF. En este contexto, es necesario actualizar el formato de la cédula de operación anual y capacitar a los involucrados en la elaboración y revisión de la COA.

Del análisis de los resultados se ubican las áreas de oportunidad:

- Reducir el uso de combustóleo y diésel en la industria sustituyendo por gas LP y de ser posible gas natural.
- Mejorar la eficiencia de los procesos de combustión.
- Respecto a las emisiones por fuentes de área:
 - Reducir el consumo de leña; en el caso de fuentes domésticas con estufas ecológicas.
 - Fomentar el uso de calentadores solares.
- En el caso del parque vehicular, fomentar la práctica de verificaciones vehiculares confiables e informar a los conductores los parámetros, su control y beneficios de la verificación:
 - Mejorar la movilidad vehicular evitando embotellamientos mediante la eliminación de obstáculos, bloqueos y reducciones; sincronizar semáforos.
 - Promover la implementación de transporte público eléctrico e implementar vías privilegiadas de transporte público (tipo Metrobús).



6. Vulnerabilidad, riesgo y resiliencia de los sectores clave del Estado de Tlaxcala ante el Cambio Climático.

6.1 Incidencia del cambio climático sobre el sector biodiversidad

6.1.1 Riqueza de especies

La riqueza de especies es un concepto central en ecología que indica el número total de especies diferentes presentes en un área o comunidad determinada, y constituye la medida más sencilla, directa e intuitiva de la diversidad biológica (Magurran, 1988).

Para conocer la riqueza de especies del estado se realizó una búsqueda de datos en la Infraestructura Mundial de Información en Biodiversidad (GBIF). La GBIF es la mayor plataforma internacional de datos biológicos que cuenta con millones de registros georreferenciados de la presencia de especies en el planeta; esta plataforma permite a investigadores y formuladores de políticas públicas obtener y compartir información sobre la ubicación de las especies a escala global, la cual es sumamente útil para la conservación, investigación y planificación ambiental. Si bien presentan algunas limitaciones (Rocha-Ortega et al., 2021; Qian et al., 2022; Garcia-Rosello et al., 2023) los datos de la GBIF son ampliamente usados para el estudio de la biodiversidad (Alhajeri y Fourcade, 2019; GBIF, 2021; Heberling et al., 2021; Luo et al., 2021; Lajeunesse y Fourcade, 2023).

Se obtuvieron de la GBIF todos los registros a partir del año 1970 localizados dentro del polígono que delimita al Estado de Tlaxcala. Dado que los registros provienen de múltiples fuentes, responden a diferentes objetivos y han sido obtenidos mediante diversos métodos y esfuerzos de colecta, usualmente presentan algunos errores y sesgos (Chapman, 2005; Beck et al., 2014) cuya corrección de forma manual no siempre es viable (Zizka et al., 2019). Dada la gran cantidad de registros obtenidos, se realizó una depuración de forma semiautomatizada (Pender et al., 2019) en la que se eliminaron los registros: a) duplicados, b) con coordenadas erróneas, c) cuya localización corresponde a centroides de divisiones políticas, d) cuya localización corresponde a instituciones, e) registros fósiles, f) ejemplares vivos en cautiverio, g) muestras materiales y h) sin especie declarada.

Una vez depurados los datos, se obtuvieron 30540 registros pertenecientes a 13 phyla, 36 clases, 161 órdenes, 496 familias, 1567 géneros y 2968 especies. Si bien no pretenden ser un diagnóstico exhaustivo, los registros obtenidos permiten tener un panorama general de la riqueza de especies que se distribuyen en el estado (Garcillán y Ezcurra, 2011), así como servir de insumo para evaluar los posibles impactos del cambio climático en el sector biodiversidad.

De las especies presentes en el estado, 441 especies son endémicas, es decir, que su distribución está restringida al territorio nacional. Las especies endémicas son especialmente valiosas desde una perspectiva ecológica y evolutiva, pueden ser consideradas como indicadoras de regiones particulares (CONABIO, 2008) y, a menudo, requieren estrategias de conservación específicas debido a su vulnerabilidad ante amenazas como la pérdida de hábitat y el cambio climático (Manes et al., 2021; Mayani-Parás et al., 2021; Shipley et al., 2022).

79 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo y 691 en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) (**Tabla 52**). Estos instrumentos categorizan y evalúan el estado de conservación de las especies silvestres, proporcionando una

estimación cualitativa fácilmente comprensible del riesgo de extinción que enfrentan (Possingham et al., 2002), a nivel nacional y mundial respectivamente. Las especies amenazadas y en riesgo probablemente serán impactadas de forma desproporcionada por el cambio climático, ya que muchas de ellas se especializan en hábitats específicos, suelen ser relativamente raras (Wilkening et al., 2019) y generalmente tienen una capacidad de dispersión limitada (Della Rocca et al., 2020).

Tabla 52. Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059 y la lista roja de la IUCN.

Instrumento	Categoría	Descripción
NOM-059	E	Probablemente extinta en el medio silvestre.
	P	En peligro de extinción.
	A	Amenazada.
	Pr	Sujeta a protección especial.
IUCN	DD	Datos insuficientes.
	LC	Preocupación menor.
	NT	Casi amenazada.
	VU	Vulnerable.
	EN	En peligro.
	CR	En peligro crítico.
	EW	Extinto en estado silvestre.
	EX	Extinto.

Fuente: NOM-059-SEMARNAT-2010 y IUCN.

25 de las especies registradas son consideradas como prioritarias. Las especies prioritarias se designan como tales debido a su importancia estratégica, ecológica o económica. Su conservación beneficia a otras especies y hábitats, contribuye al mantenimiento de procesos ecológicos clave, protege a otras especies y hábitats en riesgo, además de que su valor y reconocimiento social impulsan la conservación (CONABIO, 2012).

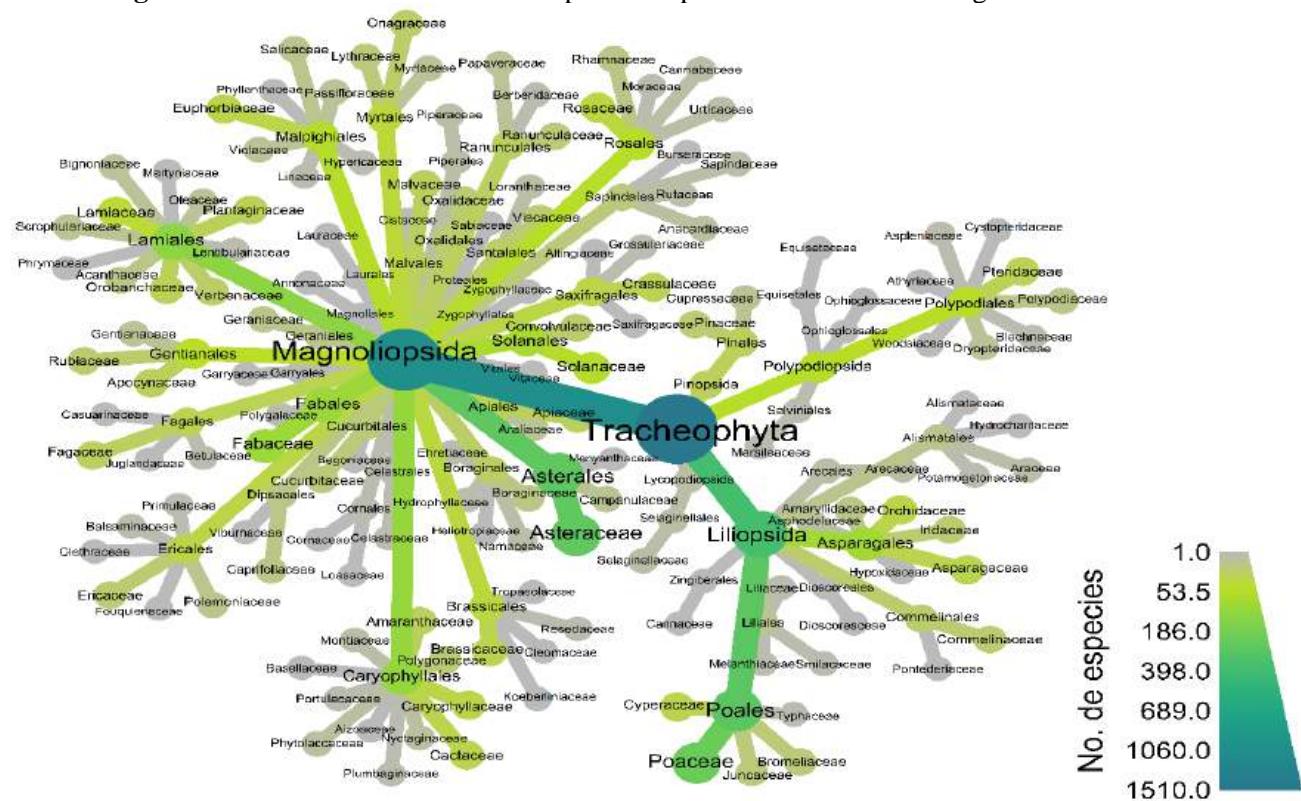
Plantas vasculares

De los registros presentes en el estado, 1512 especies y 121 subespecies corresponden a plantas vasculares (Tracheophyta). Las dicotiledóneas (Magnoliopsida) son las que cuentan con la mayor riqueza de especies, seguidas por las monocotiledóneas (Liliopsida), helechos leptosporangiados (Polypodiopsida) y coníferas (Pinopsida). 54 especies son endémicas y 12 se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo: 4 amenazadas (A) y 8 sujetas a protección especial (Pr). 239 especies se encuentran en la lista roja de la IUCN: 4 con datos insuficientes (DD), 5 en peligro (EN), 220 de preocupación menor (LC), 4 casi amenazadas (NT) y 6 vulnerables (VU). De las especies de plantas vasculares con registros el estado, la orquídea *Prosthechea vitellina* (manuelitos) es considerada como prioritaria.

Tabla 53. Número de especies de plantas vasculares por clase.

Clase	No. de especies
Liliopsida	378
Lycopodiopsida	3
Magnoliopsida	1065
Pinopsida	20
Polypodiopsida	46

Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF.

Figura 21. Árbol taxonómico de las especies de plantas vasculares con registros en el estado.

Fuente: Elaboración propia con datos de la GBIF.

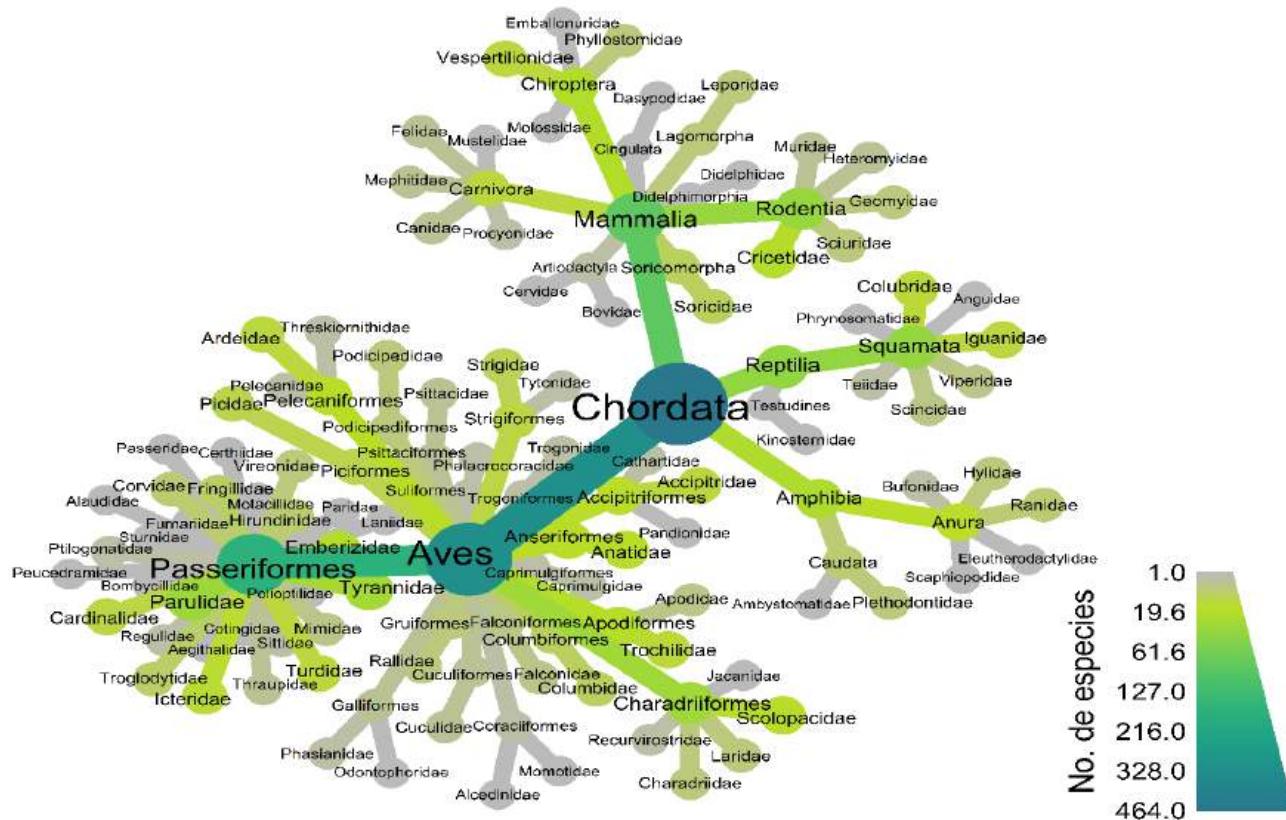
Tabla 54. Número de especies de plantas vasculares bajo alguna categoría de riesgo por clase.

Clase	NOM	IUCN
Liliopsida	3	54
Magnoliopsida	7	163
Pinopsida	2	20
Polypodiopsida	0	2

Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF, NOM-059-SEMARNAT-2010 y IUCN.

Vertebrados terrestres

464 especies y 92 subespecies de vertebrados terrestres presentan registros en el estado, de las cuales, 17 especies son consideradas prioritarias y 75 son endémicas. 55 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo; 19 amenazadas (A), una en peligro (P) y 35 sujetas a protección especial (Pr). Por su parte, 395 especies se encuentran en la lista roja de la IUCN; una en peligro crítico (CR), 2 con datos insuficientes (DD), una en peligro (EN), 373 de preocupación menor (LC), 11 casi amenazadas (NT) y 7 vulnerables (VU). El grupo mejor representado son las aves, con 323 especies, el cual es mayor que los estimados para el estado de acuerdo con diferentes autores; 241 (Fernández et al., 2007) y 262 (Rodríguez et al., 2015). Las aves son también el grupo con un mayor número de especies en riesgo.

Figura 22. Árbol taxonómico de las especies de vertebrados terrestres con registros en el estado.

Fuente: Elaboración propia con datos de la GBIF.

Tabla 55. Número de especies de vertebrados terrestres por clase.

Clase	No. de especies
Amphibia	21
Aves	323
Mammalia	82
Reptilia	38

Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF.

Tabla 56. Número de especies de vertebrados terrestres bajo alguna categoría de riesgo por clase.

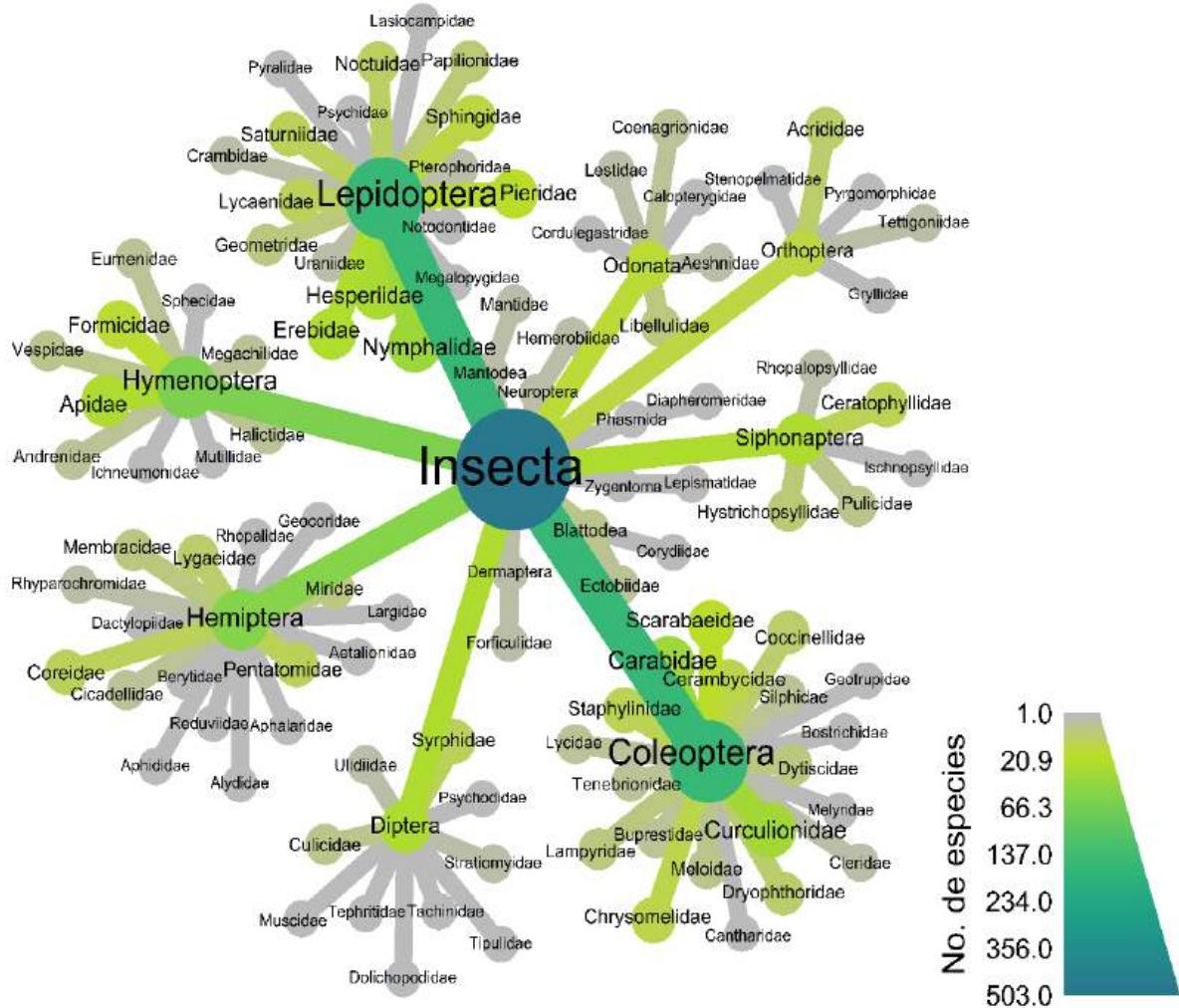
Clase	NOM	IUCN
Amphibia	10	19
Aves	20	290
Mammalia	6	55
Reptilia	19	31

Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF, NOM-059-SEMARNAT-2010 y IUCN.

Insectos

503 especies y 43 subespecies de insectos presentan registros en el estado. De estas, una especie es considerada como prioritaria y una es endémica (*Copris armatus*). La mariposa monarca (*Danaus plexippus*) se encuentra sujeta a protección especial de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y 37 especies se encuentran en la lista roja de la IUCN; 34 de preocupación menor (LC), una casi amenazada (NT) y 2 vulnerables (VU).

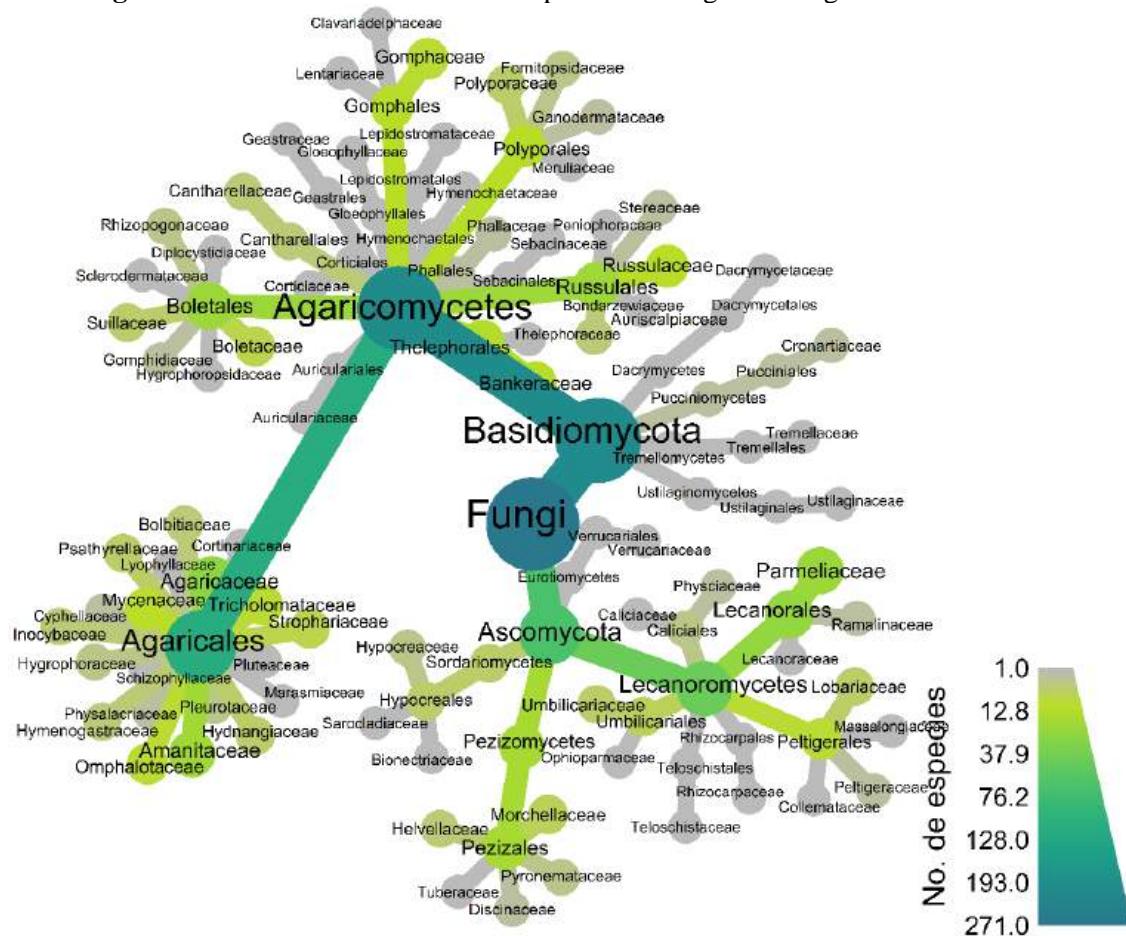
Figura 23. Árbol taxonómico de las especies de insectos con registros en el estado.



Fuente: Elaboración propia con datos de la GBIF.

Hongos

De los registros de especies presentes en el estado, 271 especies y 5 subespecies corresponden al reino fungi. 7 de las especies de hongos se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de amenazadas (A) y 9 especies se encuentran en la lista roja de la IUCN bajo la categoría de preocupación menor (LC). Los agaricomycetes son el grupo con mayor número de especies (201).

Figura 24. Árbol taxonómico de las especies de hongos con registros en el estado.

Fuente: Elaboración propia con datos de la GBIF.

Tabla 57. Número de especies de hongos por clase.

Clase	No. de especies
Agaricomycetes	201
Dacrymycetes	1
Eurotiomycetes	1
Lecanoromycetes	43
Pezizomycetes	16
Pucciniomycetes	2
Sordariomycetes	5
Tremellomycetes	1
Ustilaginomycetes	1

Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF.

Tabla 58. Número de especies de hongos bajo alguna categoría de riesgo por clase.

Clase	NOM	IUCN
Agaricomycetes	3	8
Lecanoromycetes	0	1
Pezizomycetes	4	0

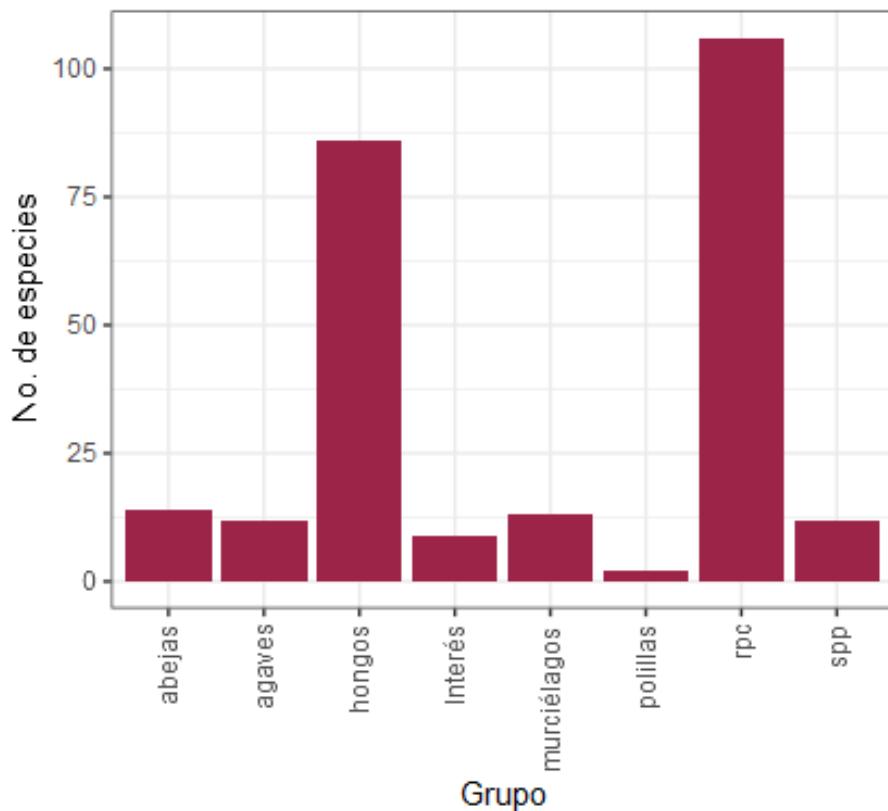
Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF.

6.1.2 Cambio en la idoneidad climática de las especies

Selección de especies

De las especies con registros en el estado, se seleccionaron 254 como representativas del sector biodiversidad dada su relevancia ecológica y los servicios ecosistémicos que proveen, su estatus de riesgo, o por ser consideradas como prioritarias o de interés particular. Estas especies pertenecen a los grupos: a) abejas, b) agaves, c) hongos, d) especies de interés, e) murciélagos, f) polillas, g) especies en riesgo o prioritarias (rpc) y h) subespecies (spp)- **Gráfica 57.**

Gráfica 57. Número de especies seleccionadas por grupo.



Fuente: Elaboración propia con datos de GBIF.

Idoneidad climática actual

La distribución geográfica de las especies está determinada por la interacción dinámica de diferentes factores que incluyen a las condiciones abióticas (A), interacciones bióticas (B), la accesibilidad (M) y su habilidad para adaptarse a nuevas condiciones (Soberón y Peterson, 2005). Dentro de las condiciones abióticas se encuentran parámetros ambientales que tienen relevancia fisiológica para las especies y que no son consumibles (Austin, 1980); p.ej. la temperatura y precipitación, las cuales determinan el clima, y son consideradas como determinantes para la distribución de las especies (Guisan y Zimmermann, 2000).

La idoneidad climática puede entenderse como la probabilidad de que una especie pueda vivir en un lugar determinado en función de las condiciones climáticas presentes. La idoneidad climática se puede identificar a través de una serie de técnicas estadísticas llamadas modelos de distribución de especies (SDM). Estos modelos se construyen correlacionando la distribución espacial y temporal, a partir de la observación de la presencia de

las especies, y las variables ambientales (predictoras) que se presume influyen en la idoneidad del hábitat (Guisan y Zimmermann, 2000; Franklin, 2010). Los modelos de idoneidad climática permiten proyectar las posibles distribuciones de las especies en el futuro ante al cambio climático (Barbet-Massin et al., 2010) y son usados ampliamente para evaluar los efectos de este fenómeno en la diversidad biológica (CONABIO, 2009; Araújo et al., 2019; Srivastava et al., 2019).

Se calculó la idoneidad climática actual de las especies seleccionadas mediante el ajuste de SDM. Como variables predictoras se usaron las 19 variables bioclimáticas del conjunto de datos WorldClim 2.1 (Fick y Hijmans, 2017) a una resolución de 30 segundos de arco (~1 km), las cuales se cortaron a la extensión del polígono que delimita el territorio nacional. Estas variables, derivadas a partir de los valores de temperatura y precipitación, describen tendencias anuales, estacionalidad y condiciones climáticas extremas (Vega et al., 2017) relevantes para la distribución de las especies, y son prácticamente indispensables para el ajuste de SDM (Amiri et al., 2020).

Para cada especie se delimitó un área de calibración (*M sensu* Soberón y Peterson, 2005) mediante el corte de las variables predictoras con los polígonos de las ecorregiones terrestres (Dinerstein et al., 2017) en las cuales existen registros de la especie correspondiente. Las ecorregiones son áreas extensas que albergan a comunidades biológicas específicas cuyas fronteras reflejan, en gran medida, la distribución original de estas comunidades (Olson et al., 2001), representando la región donde la especie ha tenido la oportunidad de dispersarse y explorar el entorno (Barve et al., 2011).

Posteriormente se realizó una selección de las 19 variables para evitar la multicolinealidad, que si bien tiene efectos pequeños en el desempeño (Brun et al. 2020), su atención es recomendable para el ajuste de los modelos (Dormann et al., 2013). Las variables se seleccionaron mediante un método embebido en dos etapas, el cual permite identificar aquellas con mayor relevancia para los modelos y con baja correlación (<0.7) (Adde et al., 2023).

Dado que sólo se cuenta con datos de presencia, para ajustar los modelos de forma adecuada es necesario crear un grupo de datos que funcionen como sucedáneos de los sitios donde no se distribuyen las especies o que comprendan la variedad de valores que toman las variables predictoras en la región de calibración (Chefaoui y Lobo, 2008). Estos datos, llamados pseudoausencias (PSA), se generaron seleccionado de forma aleatoria puntos dentro de la región de calibración localizados fuera de un área de amortiguamiento de 1° (~111 km) alrededor de los puntos de presencia (Barbet-Massin et al., 2012). Dado que el desempeño de algunos algoritmos se ve afectado por la disparidad entre la cantidad de presencias y PSA (Iturbide et al., 2015; Valavi et al., 2021), estas últimas se generaron de forma diferencial de acuerdo con el número de registros de presencia de las especies; a) 100 PSA para aquellas especies con menos de 50 registros de presencia y b) el doble del número de registros de presencia para aquellas especies con más de 50 registros.

Para realizar la calibración y evaluación de los modelos, los puntos de presencia y PSA se dividieron mediante una partición geográficamente estructurada (Roberts et al., 2017) en la que los puntos se segmentaron en bandas de acuerdo con la latitud geográfica (Velazco et al., 2022). Este método de validación cruzada permite reducir la autocorrelación espacial (Valavi et al., 2018) y se considera robusto para evaluar la transferibilidad de los modelos (Roberts et al., 2017); esta propiedad se refiere a la capacidad de un modelo para predecir con precisión la distribución de una especie en áreas o tiempos no incluidos en los datos originales con los que fue entrenado.

Se ajustaron los modelos para cada especie mediante el algoritmo Random Forest (RF); si bien existen diferentes métodos y algoritmos, éste se encuentra entre los que, en general, tienen un mejor desempeño (Valavi et al., 2022), el cual se evaluó mediante el estadístico “true skill statistic” (TSS) (Allouche et al., 2006).

Los modelos obtenidos se proyectaron al espacio geográfico correspondiente al estado y posteriormente, se transformaron a proyecciones binarias, i.e. zonas idóneas-no idóneas, usando el umbral que maximiza el valor

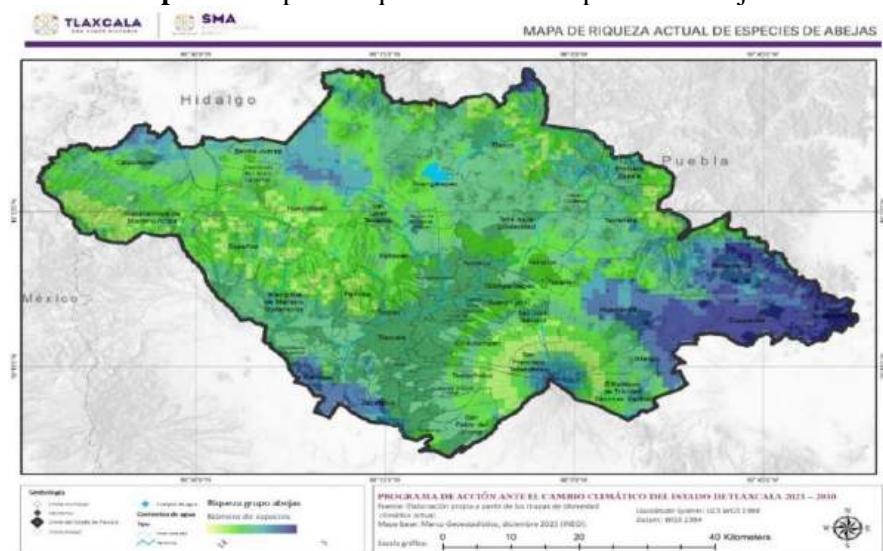
del TSS (Allouche et al., 2006; Zhang et al., 2019; Santini et al., 2021), para obtener los mapas de idoneidad climática actual.

Idoneidad climática futura

Los modelos se proyectaron al espacio geográfico de acuerdo con las 12 proyecciones de cambio climático consideradas y, al igual que para las actuales, se generaron mapas binarios para cada especie.

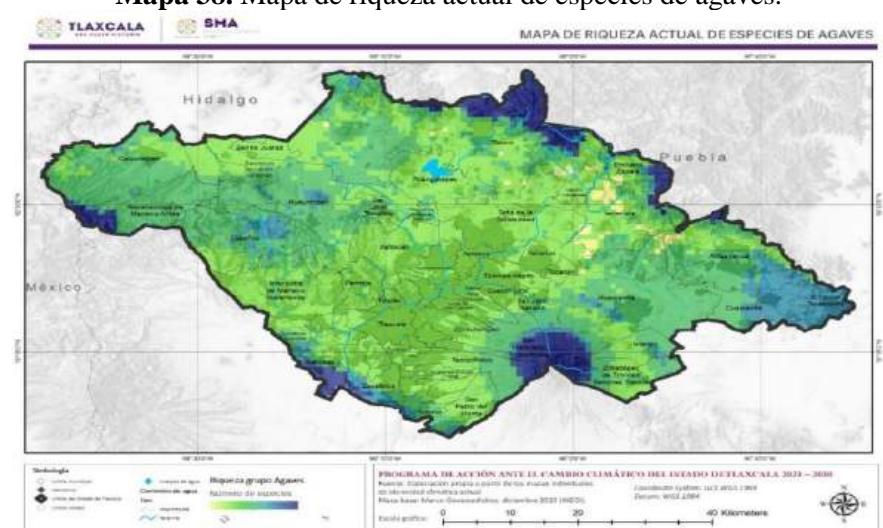
A partir de los mapas binarios individuales se generaron mapas de riqueza de especies, actual y a futuro, para cada grupo de especies utilizando la estrategia denominada “predecir primero, ensamblar después” (Ferrier & Guisan, 2006). Esta técnica permite representar espacialmente la cantidad de especies para las cuales existe idoneidad climática en una zona determinada y hacer comparaciones entre diferentes proyecciones.

Mapa 37. Mapa de riqueza actual de especies de abejas.

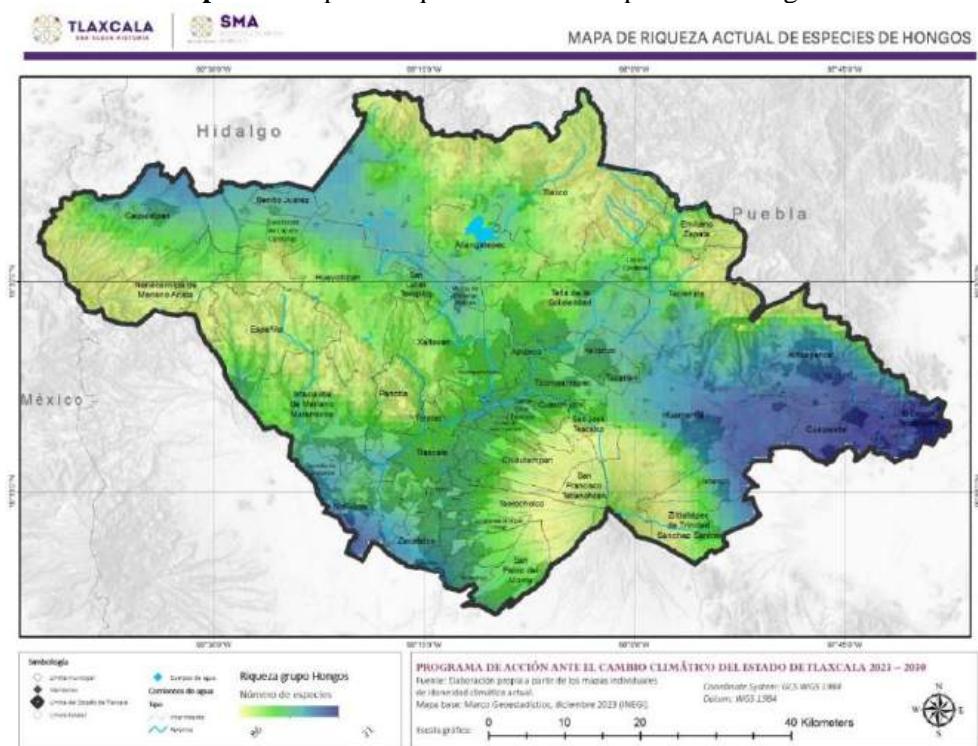


Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de idoneidad climática actual.

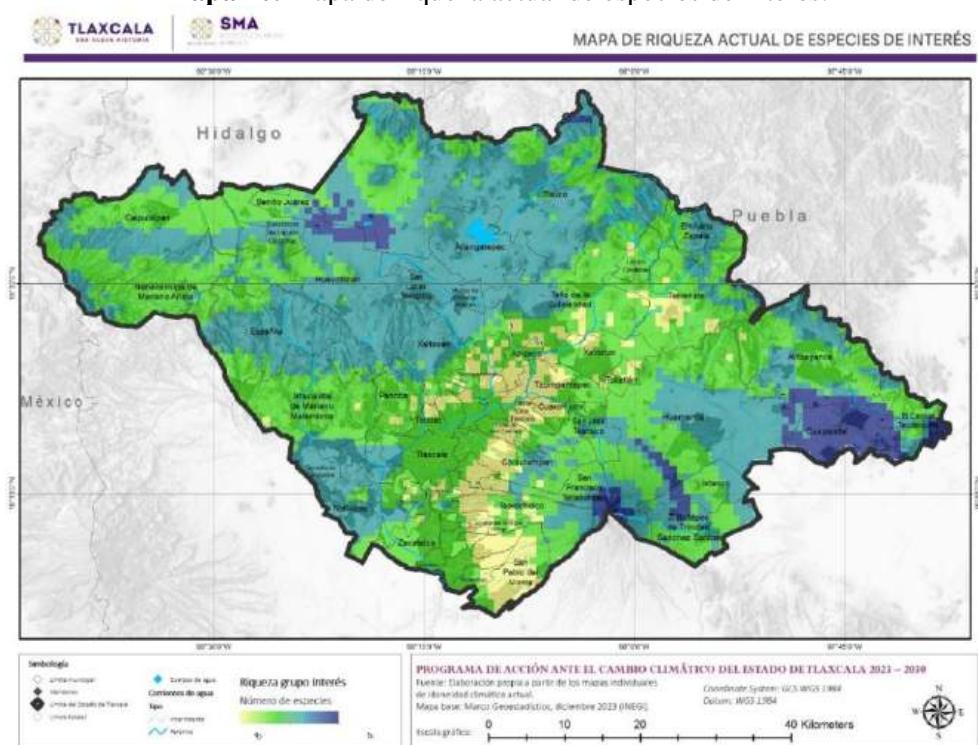
Mapa 38. Mapa de riqueza actual de especies de agaves.



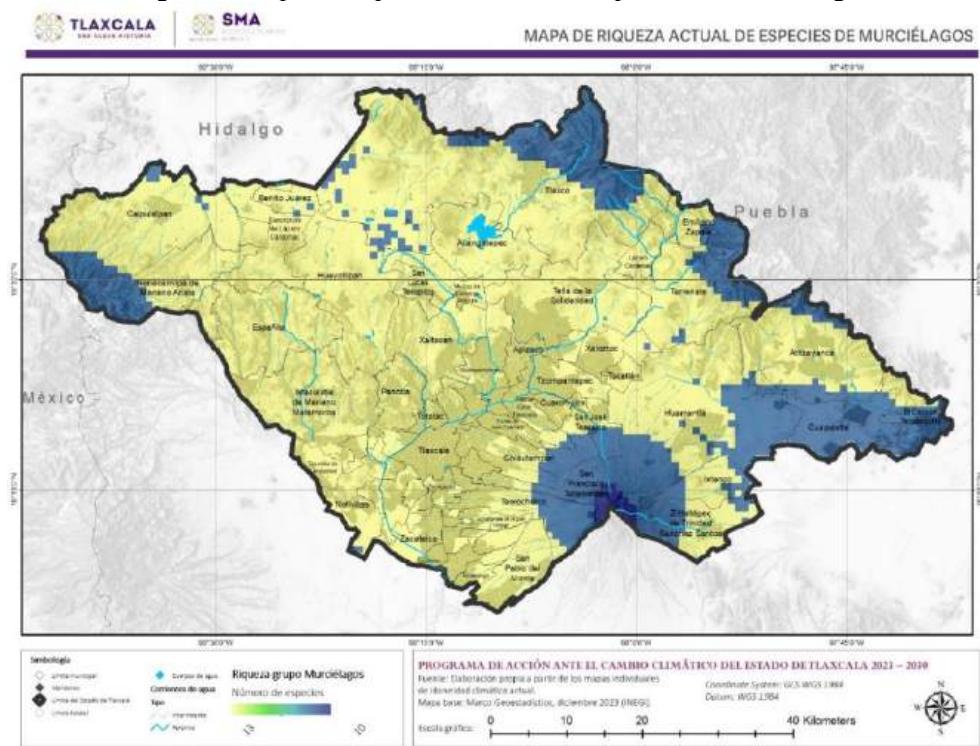
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 39. Mapa de riqueza actual de especies de hongos.

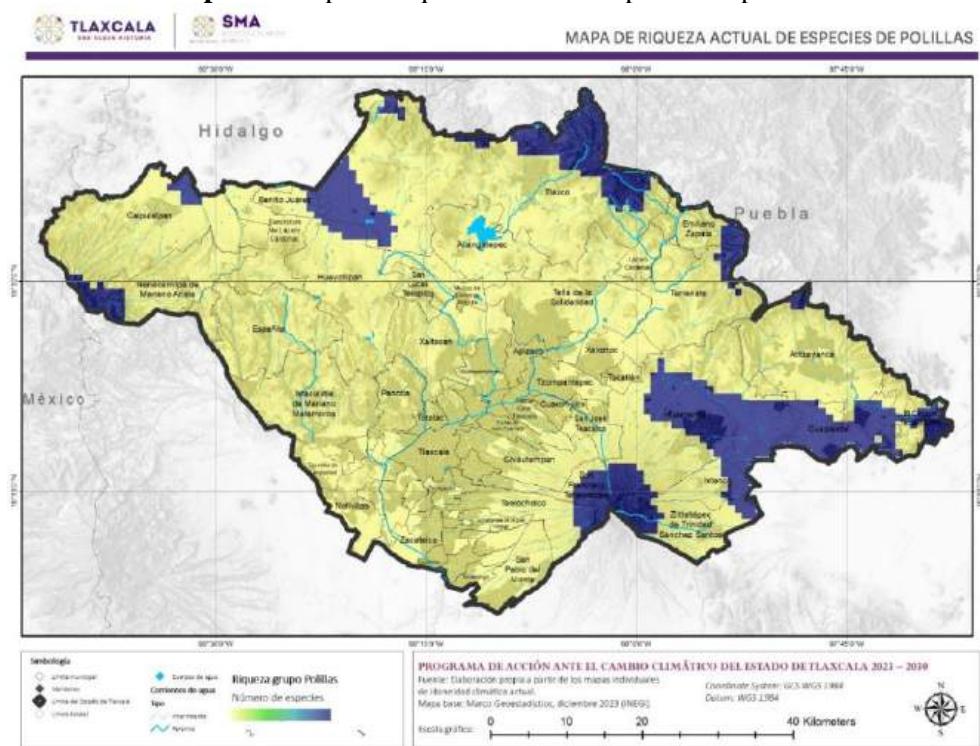
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 40. Mapa de riqueza actual de especies de interés.

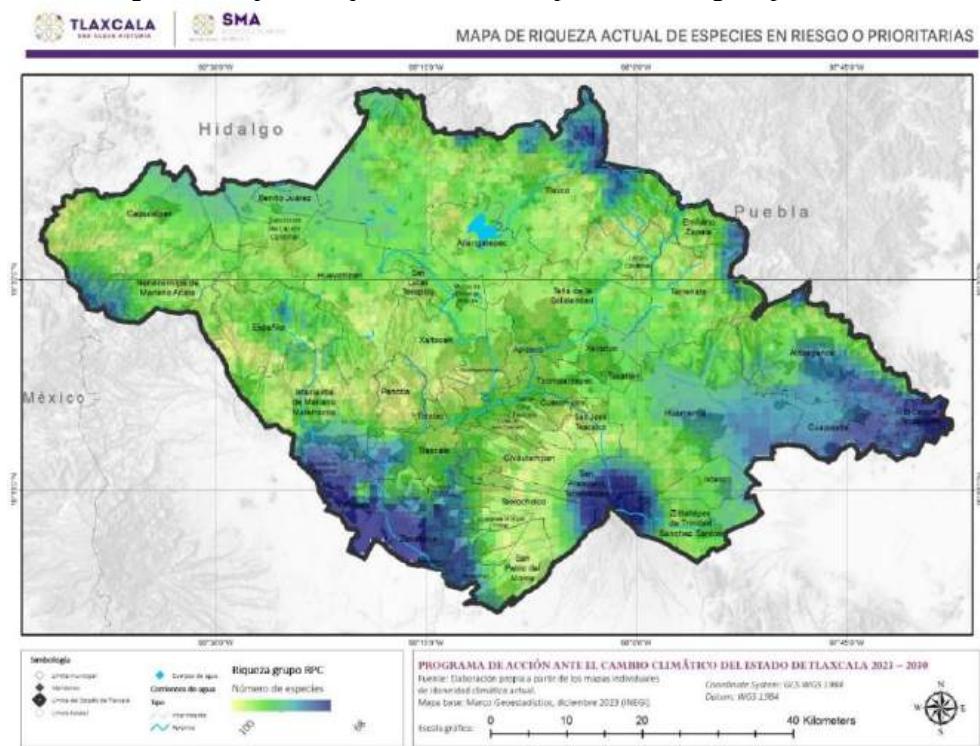
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 41. Mapa de riqueza de actual de especies de murciélagos.

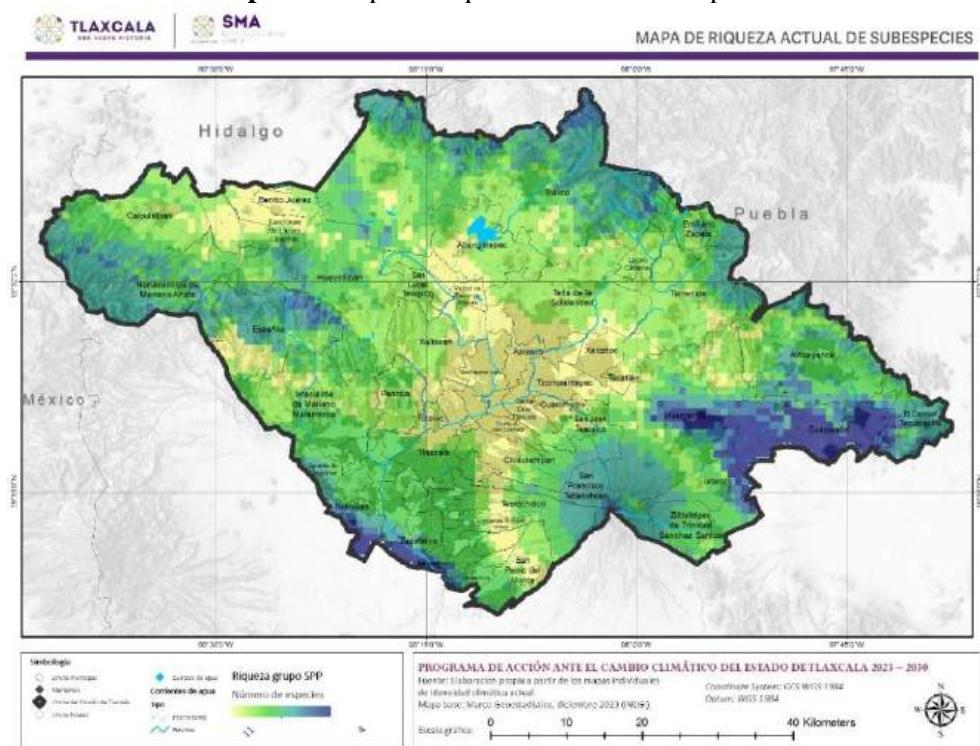
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 42. Mapa de riqueza actual de especies de polillas.

Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

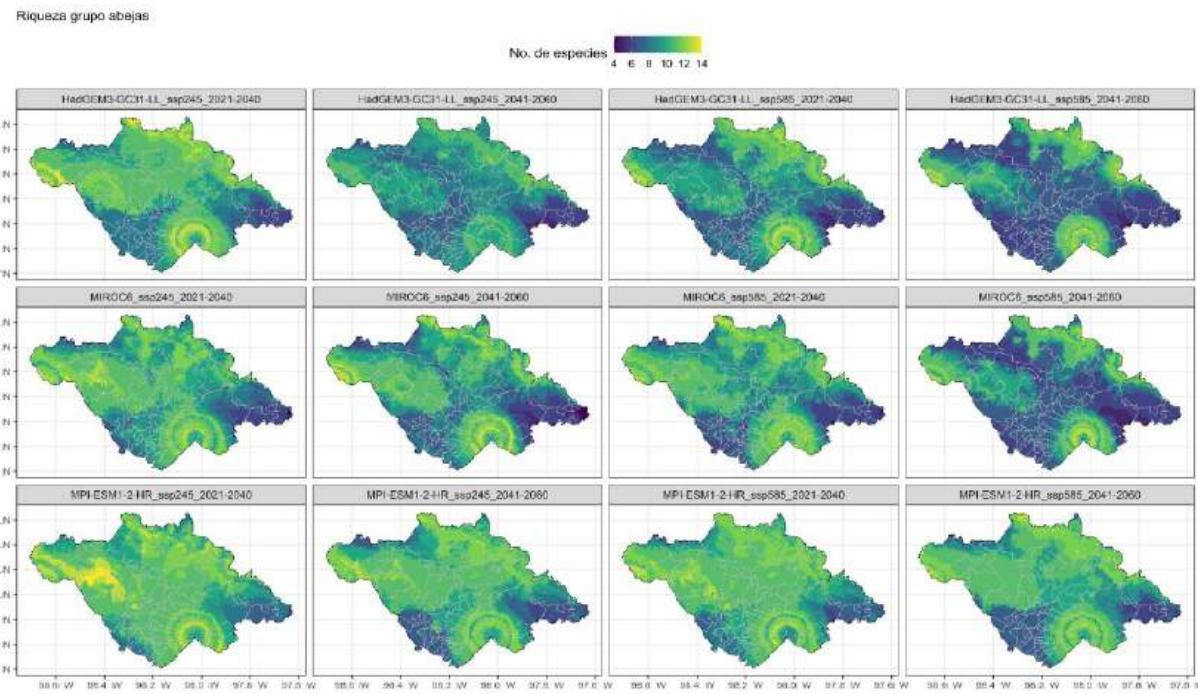
Mapa 43. Mapa de riqueza actual de especies en riesgo o prioritarias.

Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 44. Mapa de riqueza actual de subespecies.

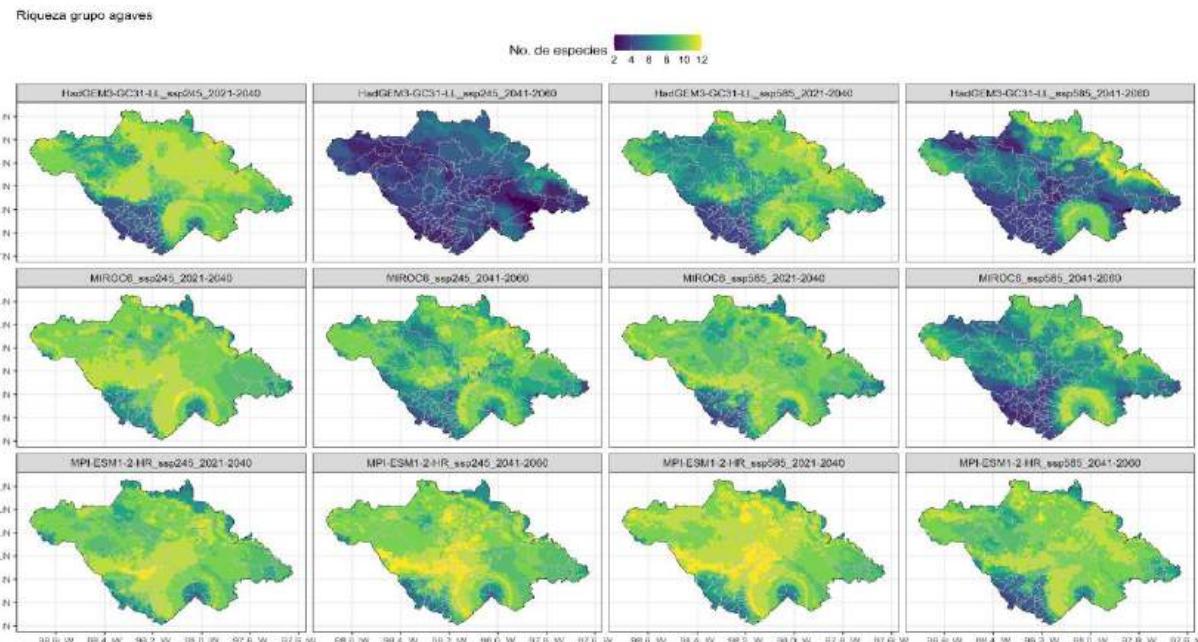
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática actual.

Mapa 45. Mapas de riqueza de especies de abejas a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



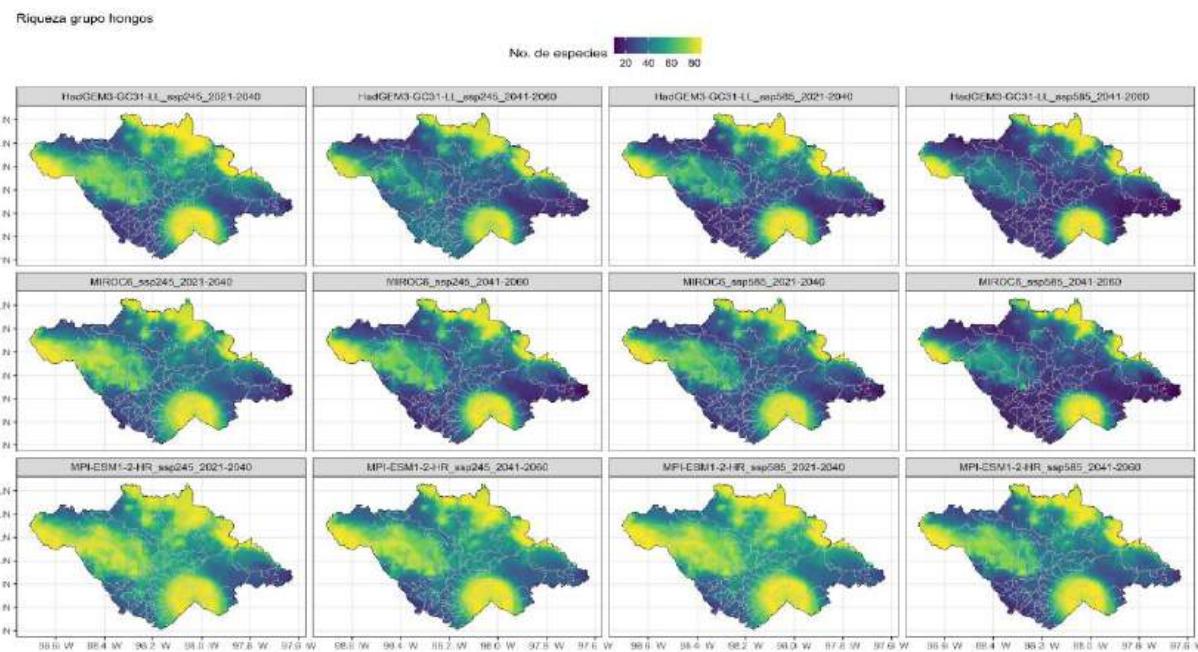
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 46. Mapas de riqueza de especies de agaves a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



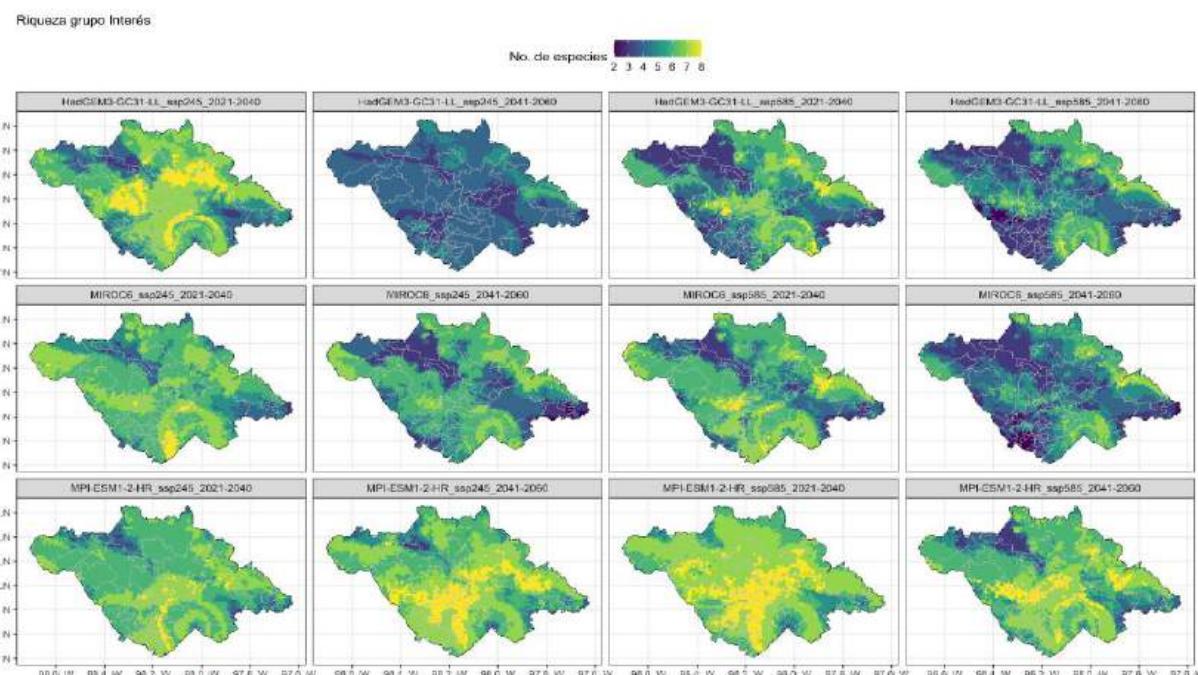
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 47. Mapas de riqueza de especies de hongos a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



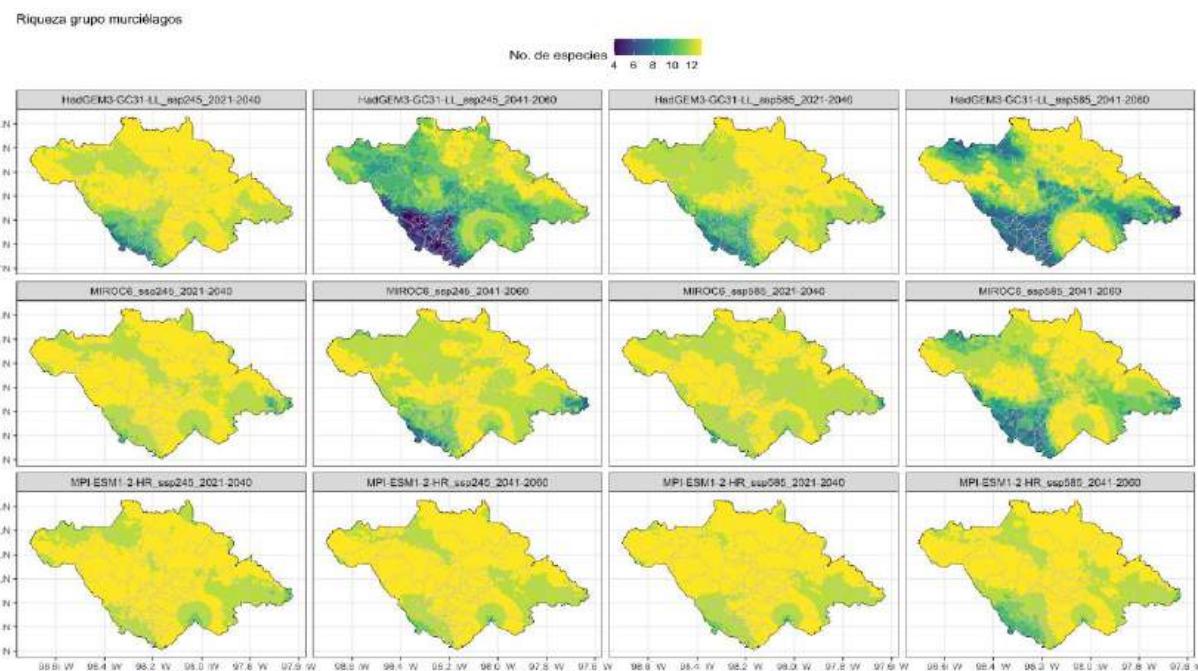
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 48. Mapas de riqueza de especies de interés a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



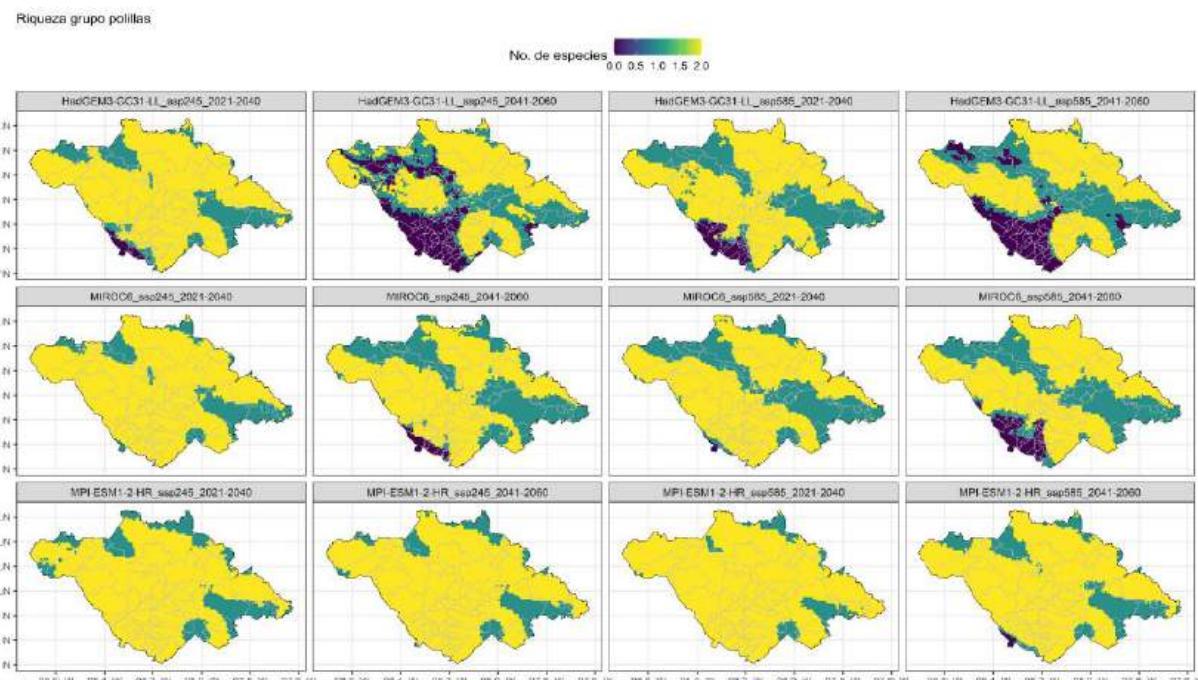
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 49. Mapas de riqueza de especies de murciélagos a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



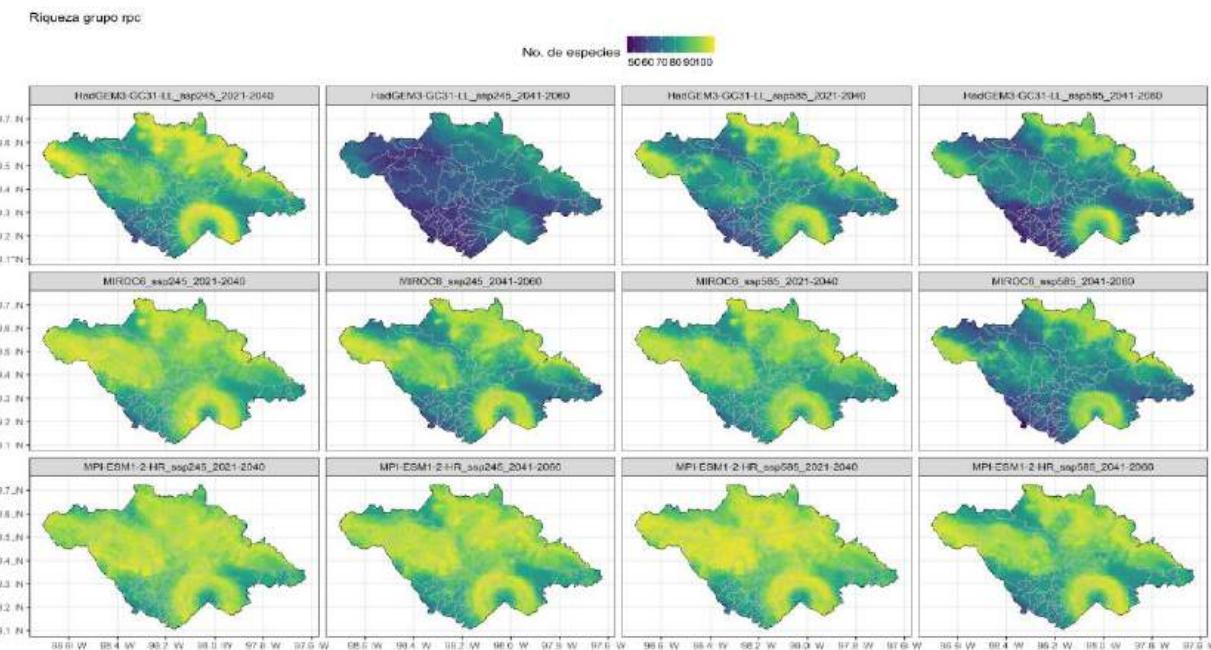
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 50. Mapas de riqueza de especies de polillas a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



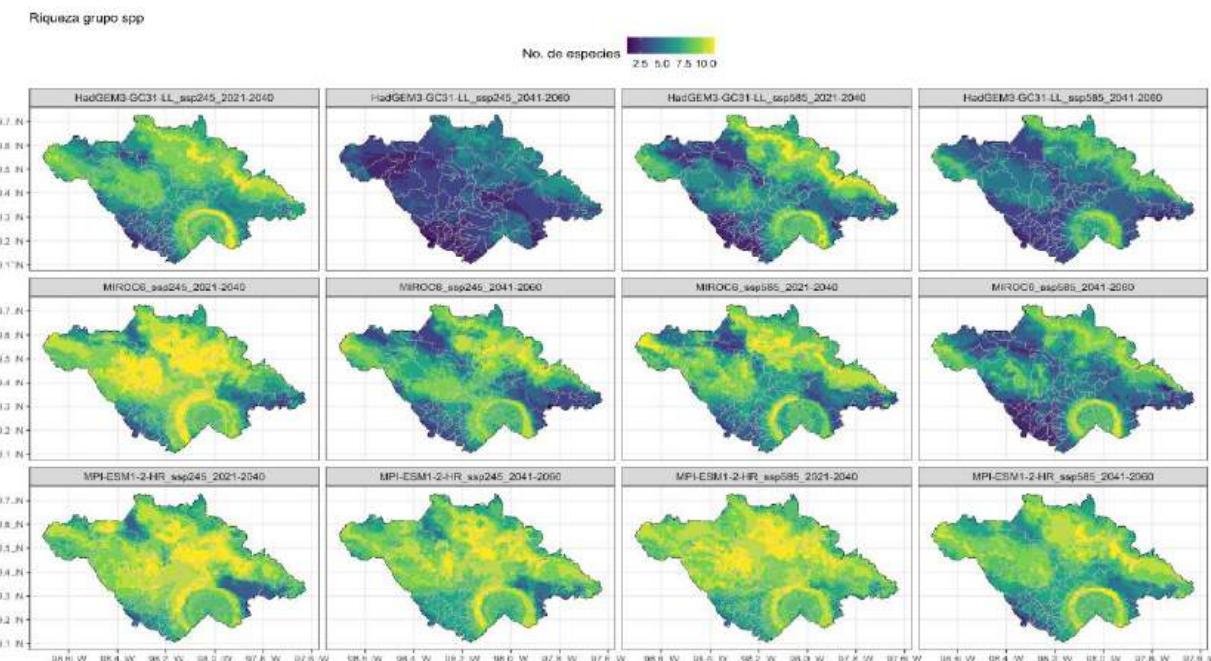
Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 51. Mapas de riqueza de especies en riesgo o prioritarias a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

Mapa 52. Mapas de riqueza de subespecies a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura.

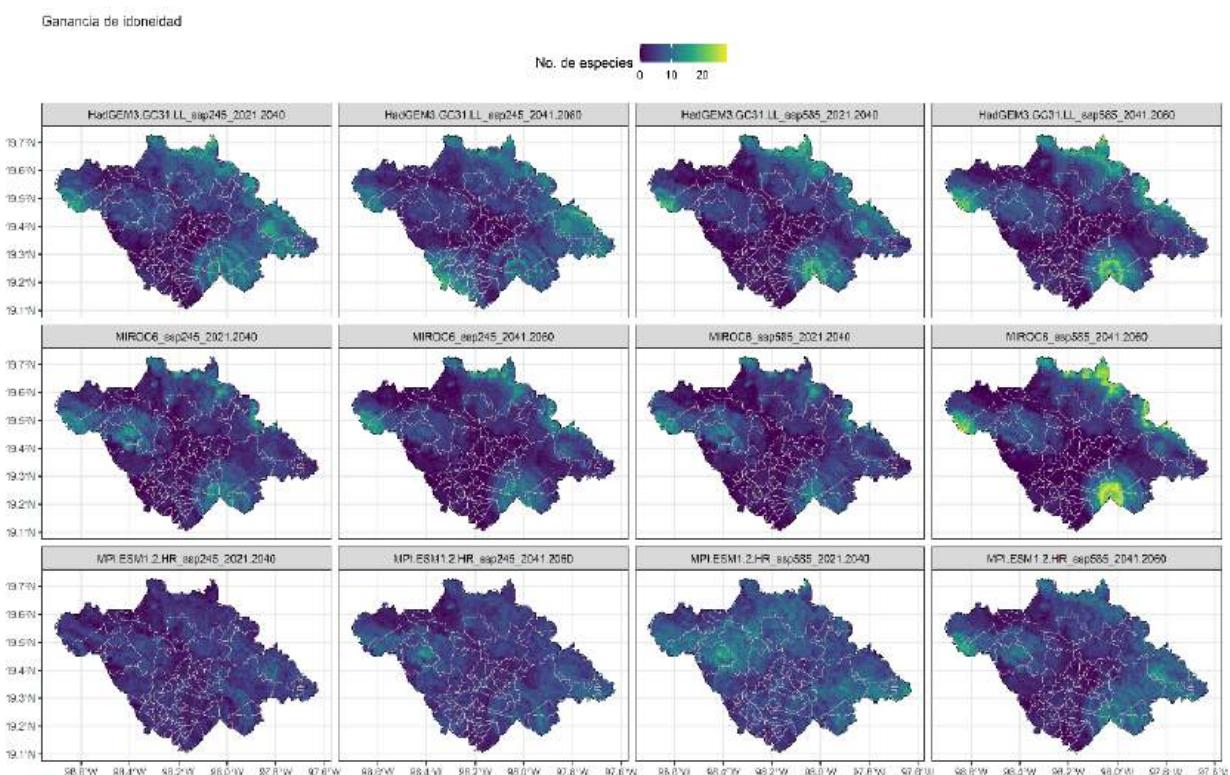
Con los mapas binarios individuales, también se identificaron los sitios en los que las especies:

- a) pierden,
- b) ganan, o
- c) mantienen la idoneidad climática a futuro.

Los mapas de pérdida y ganancia individuales se agregaron para construir mapas donde los valores indican el número de especies para las cuales se proyecta la pérdida o ganancia de idoneidad climática para cada proyección de cambio climático.

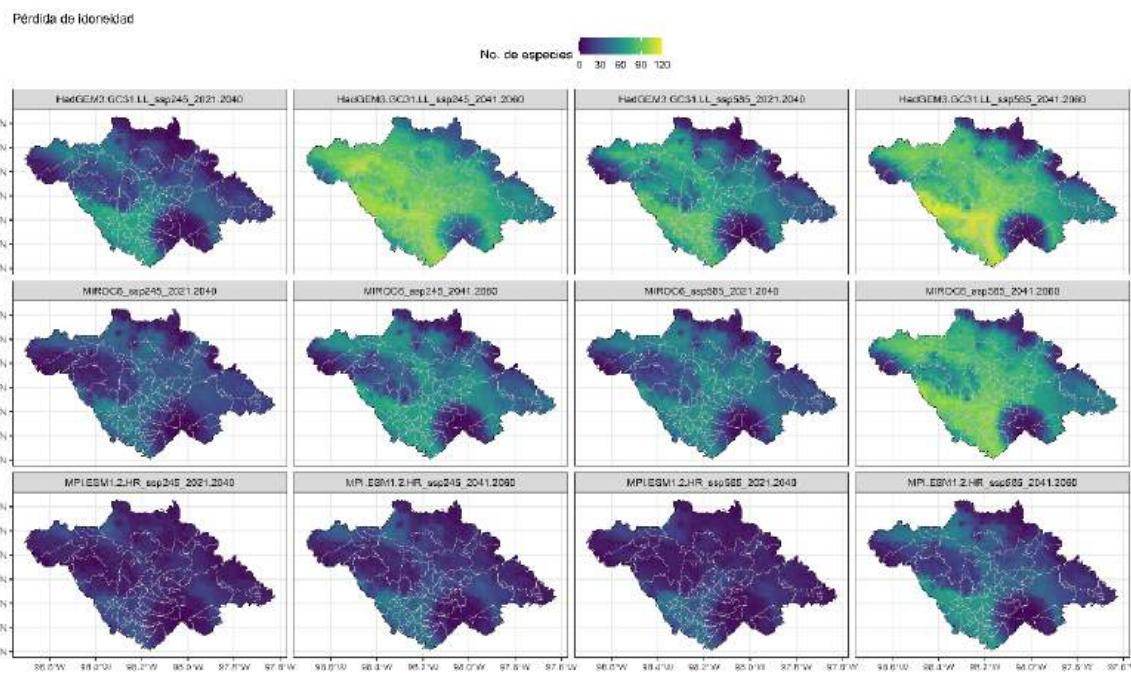
Mediante estos mapas se pueden identificar “hot-spots”, o zonas donde el mayor número de especies experimentará estos cambios.

Mapa 53. Mapas de ganancia de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de ganancia de idoneidad climática.

Mapa 54. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de ganancia de idoneidad climática.

6.1.3 Vulnerabilidad

En la Ley General de Cambio Climático se define a la vulnerabilidad como el “nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos.” Por su parte, la definición dada por El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC): “La propensión o predisposición a ser afectado negativamente”, la cual “abarca una variedad de conceptos y elementos, incluyendo la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para enfrentar y adaptarse” (IPCC, 2021), reconoce la complejidad de este atributo de los sistemas.

El evaluar la vulnerabilidad ante el cambio climático de los diferentes elementos de los sistemas, por ejemplo, las especies, permite identificar los riesgos asociados, así como las medidas de adaptación necesarias para reducirla. La vulnerabilidad puede ser evaluada mediante diferentes aproximaciones y metodologías (Bruno Soares et al., 2012), sin embargo, en general se consideran tres elementos: la exposición, como componente externo, representada por el cambio en el clima, la sensibilidad, y la capacidad adaptativa del sistema, como componentes internos de este (Foden et al., 2013; 2019; Thornton et al., 2014; Gumel, 2022).

En la literatura científica especializada se encuentran diferentes propuestas de cómo evaluar la vulnerabilidad, sin que exista un consenso en su conceptualización y métodos para su cálculo (Dunford et al., 2015; Pacifici et al., 2015; Wheatley et al., 2017). La aproximación usada para evaluar la vulnerabilidad de los grupos de especies seleccionadas la define como una función del carácter, la magnitud, la tasa de cambio y variación climática a los que está expuesto el sistema, la sensibilidad y su capacidad de adaptación (Parry et al., 2007).

De acuerdo con el marco teórico establecido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) (IPCC, 2007), la vulnerabilidad se calculó considerando tres componentes: a) la sensibilidad, b) la exposición y c) capacidad adaptativa mediante la fórmula:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Capacidad adaptativa}$$

La exposición se define como la magnitud, carácter y velocidad de las variaciones climáticas que afectan un sistema; la sensibilidad es el grado en que el sistema es afectado por la variabilidad y el cambio climático debido a las características que lo definen, y la capacidad adaptativa como aquellos recursos, capital humano e instrumentos que representan una mayor posibilidad de adaptación (INECC, 2019).

Sensibilidad

La sensibilidad de las especies se construyó usando tres criterios: a) porcentaje de la superficie estatal con idoneidad climática actual, b) categoría de riesgo y c) endemismo.

Porcentaje de la superficie estatal con idoneidad climática actual

El tamaño de los rangos de distribución geográfica de las especies está asociado a la vulnerabilidad que presentan ante el cambio climático, particularmente con la sensibilidad (Thuiller et al., 2005), ya que en general las especies ampliamente distribuidas se consideran menos vulnerables que otras con distribuciones más restringidas (Lucas et al., 2019).

Este criterio se construyó calculando el porcentaje de la superficie estatal que representan los polígonos de idoneidad climática actual de las especies evaluadas. Mientras mayor es el porcentaje de idoneidad climática de una especie, su sensibilidad es menor.

Categoría de riesgo

Las amenazas de naturaleza antropogénica como la pérdida y fragmentación del hábitat, la sobreexplotación y la introducción de especies invasoras, actúan de forma sinérgica con el cambio climático potenciando sus efectos (IPCC, 2022). Las especies amenazadas y en peligro de extinción se pueden considerar más sensibles ya que el cambio climático muy probablemente ocasionará una mayor reducción de su hábitat (Li et al., 2013) y se espera que, dado que, frecuentemente tienen hábitats especializados y son relativamente escasas, los impactos sean desproporcionadamente mayores (Wilkening et al., 2019).

Esta variable se construyó asignando un valor numérico a las categorías de riesgo establecidas en la NOM-059 (sujeta a protección especial (Pr), amenazada (A), en peligro (P)), de tal manera que la contribución a la sensibilidad sea: Pr < A < P. Mientras mayor el valor asignado a la categoría de riesgo, mayor es la sensibilidad de las especies.

Endemismo

Una característica indicadora de la sensibilidad de las especies es su rareza (Foden et al., 2013; 2019). Las

especies endémicas presentan un mayor riesgo de extinción debido a sus rangos de distribución restringidos (Manes et al., 2021), por lo que se proyecta que el impacto del cambio climático en estas será mayor (Thomas et al., 2004; Malcom et al., 2006; Dirnböck et al., 2011; Li et al., 2013; Enquist et al., 2019; Manes et al., 2021).

Esta variable se construyó asignando un valor numérico de 1 a aquellas especies identificadas como endémicas en los instrumentos: a) NOM-059-SEMARNAT-2010 y b) la plataforma Enciclovida de la CONABIO³.

Exposición

Este componente de la vulnerabilidad se construyó calculando el porcentaje de la superficie de idoneidad climática actual para la cual se proyecta pérdida bajo las 12 proyecciones de cambio climático consideradas. A mayor es el porcentaje de idoneidad climática perdida, mayor se considera la exposición de la especie.

Capacidad adaptativa

Los instrumentos de conservación territorial como las áreas naturales protegidas son elementos importantes para la adaptación de las especies al cambio climático (Mansourian et al., 2009). Estos elementos clave para la conservación de la biodiversidad contribuyen a contrarrestar los efectos de este fenómeno manteniendo a las poblaciones y la conectividad entre éstas y los hábitats (Roberts et al. 2020).

Este componente de la vulnerabilidad se construyó calculando el área de intersección entre los polígonos que delimitan a las áreas naturales protegidas (ANP) a) federales, b) estatales, c) municipales y d) las áreas destinadas voluntariamente para la conservación (ADVC) del estado, y los polígonos de idoneidad climática actual de las especies. Mientras mayor es el área intersecada, mayor se considera la capacidad adaptativa de la especie.

Resultados

Tabla 59. Número de especies por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

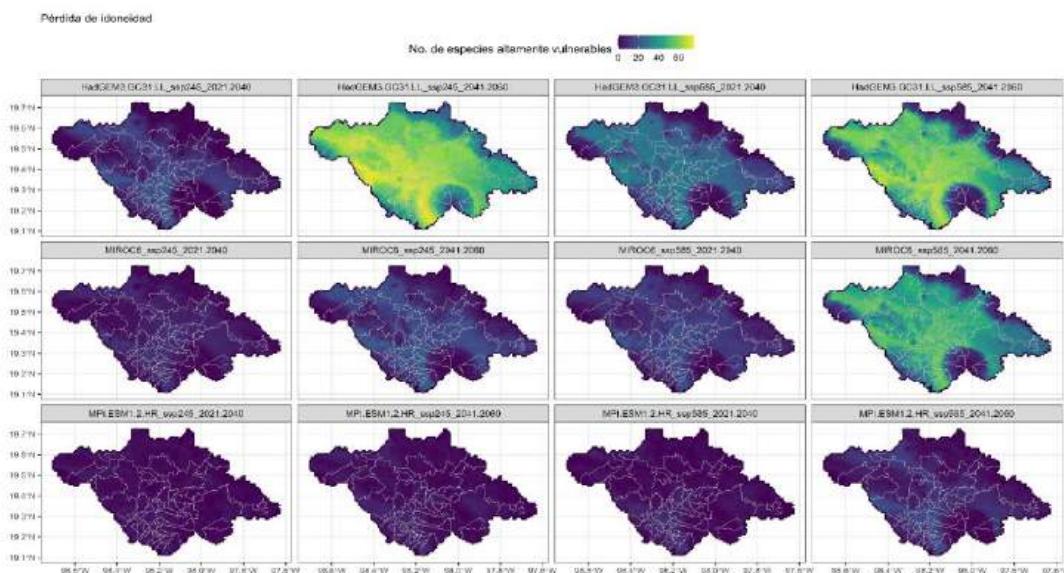
SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	13	55	186
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	33	93	128
	2041-2060	89	66	99
5-8.5	2021-2040	51	110	93
	2041-2060	86	84	84
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	27	93	134
	2041-2060	38	116	100
5-8.5	2021-2040	36	113	105
	2041-2060	75	93	86

³ <https://enciclovida.mx/>

MPI-ESM1-2-HR				
	2021-2040	20	68	166
2-4.5	2041-2060	23	82	149
	2021-2040	23	68	163
5-8.5	2041-2060	31	92	131

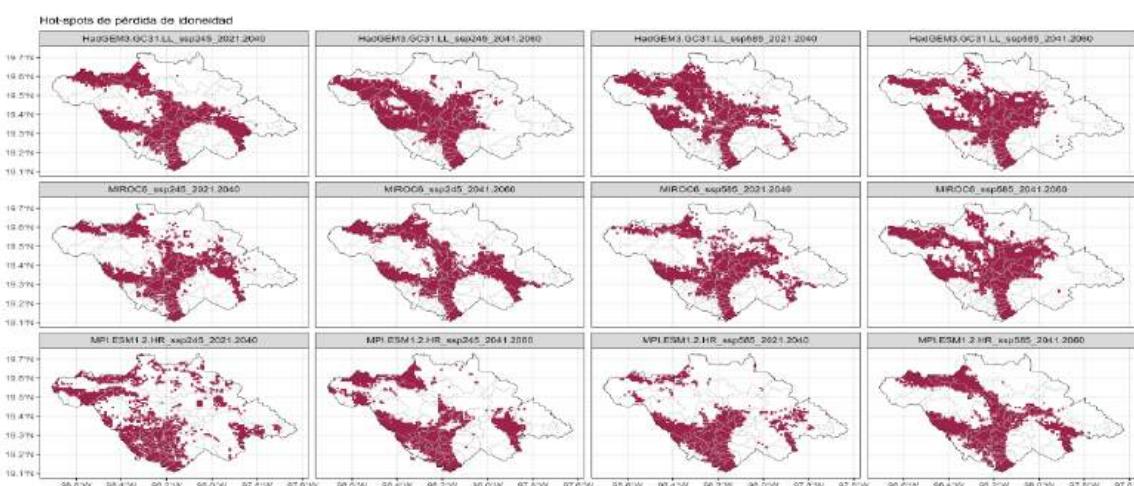
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Mapa 55. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de pérdida de idoneidad climática.

Mapa 56. Hot-spots de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies con vulnerabilidad alta.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas individuales de idoneidad climática futura

Figura 25. Proporción de especies de los diferentes grupos por clase de vulnerabilidad, modelo de circulación general, horizonte temporal y trayectoria socioeconómica compartida



Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Abejas

Los polinizadores son un componente clave de los ecosistemas terrestres que proveen servicios ecosistémicos vitales. Ya que 87 de los principales cultivos usados para la alimentación dependen de la polinización animal (Klein et al., 2007), la importancia de los insectos, particularmente las abejas, como los principales polinizadores de plantas silvestres y cultivos es indiscutible. Además de la polinización y producción de miel, las abejas brindan de forma indirecta otros servicios como la captura de carbono, purificación del agua, mantenimiento de la biodiversidad y la degradación de materia orgánica, entre otros (Hristov et al., 2020).

Dentro de las 14 especies de abejas consideradas, además de la abeja europea (*Apis mellifera*), se encuentran seis del género *Bombus* (abejorros). Los abejorros son polinizadores esenciales de cultivos y plantas silvestres que desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria, cuya capacidad de adaptación les permite forrajar en temperaturas extremas.

Algunas especies son usadas para polinizar cultivos comerciales ya que mejoran la calidad y rendimiento e influyen en su valor económico (Khalifa et al., 2021). Junto con otras especies del género *Xylocopa* y *A. mellifera*, los abejorros son visitadores diurnos de agaves, aunque sólo esta última parece ser un polinizador secundario (Trejo-Salazar et al. 2015). Los abejorros son particularmente vulnerables a la extinción dados los largos ciclos de vida de las colonias y la necesidad de tres hábitats distintos cercanos entre sí para el forrajeo, anidación e hibernación (Colla y Packer, 2008).

Se prevé que las abejas podrán ser afectadas de diferentes formas por el cambio climático, ocasionando impactos ecológicos y económicos sumamente importantes (Hristov et al., 2020; Khalifa et al., 2021). Las redes de polinización entre plantas y abejas pueden presentar disruptiones al modificarse los tiempos de floración o al aumentar la sequía y los niveles de CO₂, así como por el desplazamiento de especies a mayores altitudes (Pyke et al., 2016; Potts et al., 2010; LeBuhn y Luna, 2021).

La modificación de las variables climáticas en el futuro puede ocasionar una disminución de la riqueza de especies (Dormann et al., 2008) y de sus áreas climáticamente idóneas (Gonzalez et al., 2021; Martínez-López et al., 2021), cambios en su distribución espacial (Giannini et al., 2017) y facilitar la colonización por parte de especies invasoras (Tabor y Koch et al., 2021) entre otras.

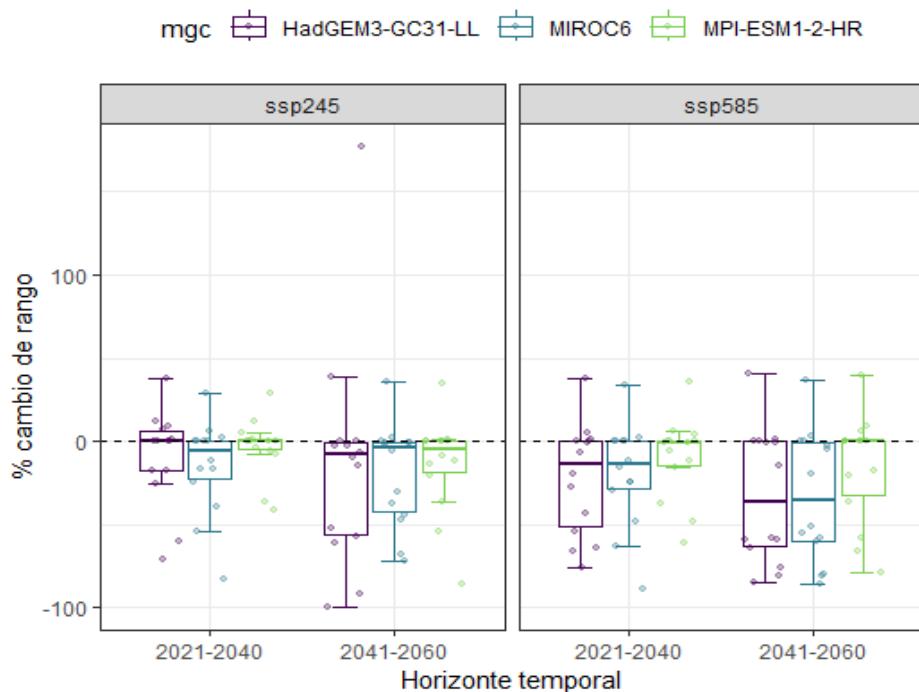
Los resultados obtenidos indican que la proyección en la que el mayor número de especies de abejas (3) presentan vulnerabilidad alta corresponde al modelo de circulación HadGEM3-GC31-LL bajo el escenario SSP 5-8.5 para el horizonte temporal intermedio (2041-2060). Estas representan el 21.4% de las especies evaluadas.

Tabla 60. Número de especies de abejas por clase de vulnerabilidad, trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	0	14
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	0	4	10
	2041-2060	1	4	9
5-8.5	2021-2040	1	6	7
	2041-2060	3	4	7
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	0	3	11
	2041-2060	0	7	7
5-8.5	2021-2040	0	5	9
	2041-2060	2	5	7
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	2	12
	2041-2060	0	3	11
5-8.5	2021-2040	0	2	12
	2041-2060	0	5	9

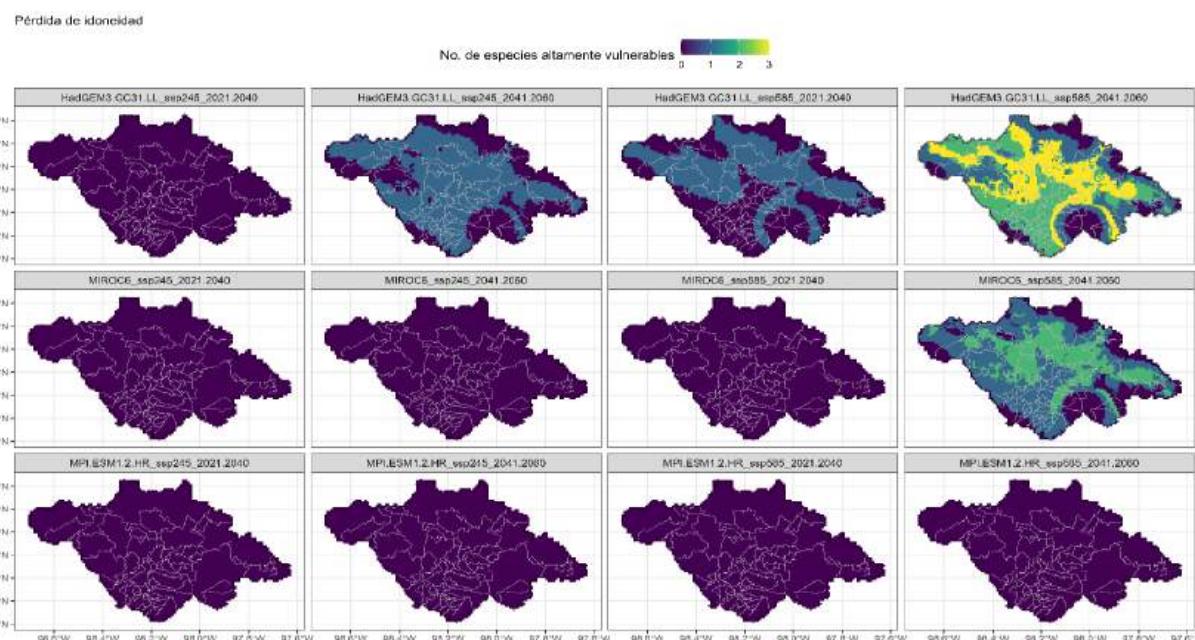
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 58. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de abejas por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 57. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de abejas con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Agaves

Las plantas del género *Agave* son un grupo clave (Eguiarte et al., 2021) de gran importancia ecológica y cultural (Gentry, 1982) que han sido sujetas a un uso milenario en Mesoamérica (Colunga-GarcíaMarín et al., 2007; Álvarez-Duarte et al., 2018). Los productos y subproductos de algunas especies son utilizadas en la construcción, como vestimenta, alimento y bebidas tradicionales, dentro las cuales destacan el aguamiel, el jarabe y el pulque (Huezcas-Garrido et al., 2022). Del mosto se producen destilados como el mezcal, el tequila, bacanora y la raicilla (Trueba, 2007; Gschaebler et al., 2017).

La producción de pulque es un elemento importante de la identidad cultural de algunas regiones del Estado de Tlaxcala (Álvarez-Duarte et al., 2018), que es el segundo mayor productor de maguey pulquero en el país (SIAP, 2022). El municipio de Nanacamilpa es una de las zonas de producción de pulque icónicas del país, donde se reconocen 92 usos diferentes de las entre ocho y 12 razas de agave empleadas en la región (Trejo et al., 2022).

De las especies de agaves evaluadas, tres son utilizadas en la producción de mezcal (*A. americana*, *A. angustifolia* y *A. salmiana* subsp. *crassispina*) y cuatro para la producción de pulque: *A. atrovirens*, *A. americana*, *Agave salmiana* y *A. mapisaga* (Colunga-GarcíaMarín et al., 2007); las últimas dos ampliamente utilizadas en el estado (Trejo et al., 2020).

El cambio climático puede tener diferentes efectos en este grupo de plantas. Ya que en los sistemas de producción de maguey del estado no es utilizada la reproducción sexual, estos pueden ser vulnerables a plagas y enfermedades (Álvarez-Ríos et al., 2020).

También hay evidencia de la modificación de la distribución geográfica de las especies en el futuro (García-Morales et al., 2023), la cual se puede reducir ocasionando una disrupción en el complejo plata-polinizador entre las especies de este género y el murciélagos magueyero (*Leptonycteris nivalis*) (Gómez-Ruiz y Lacher, 2019). Sin embargo, las zonas con idoneidad climática se pueden expandir abriendo nuevas áreas potenciales de cultivo, lo que los convierte en una opción de cultivo resiliente ante el cambio climático (Davis et al., 2021).

Se prevé que seis (*A. applanata*, *A. atrovirens*, *A. horrida*, *A. salmiana* subsp. *crassispina*, *A. salmiana* subsp. *salmiana* y *A. triangularis*) de las 12 especies y subespecies de agaves evaluadas serán altamente vulnerables de acuerdo con el modelo HadGEM3-GC31-LL, escenario SSP 2-4.5 y horizonte temporal 2041-2060; i.e. el 50% del total de especies del grupo en este escenario.

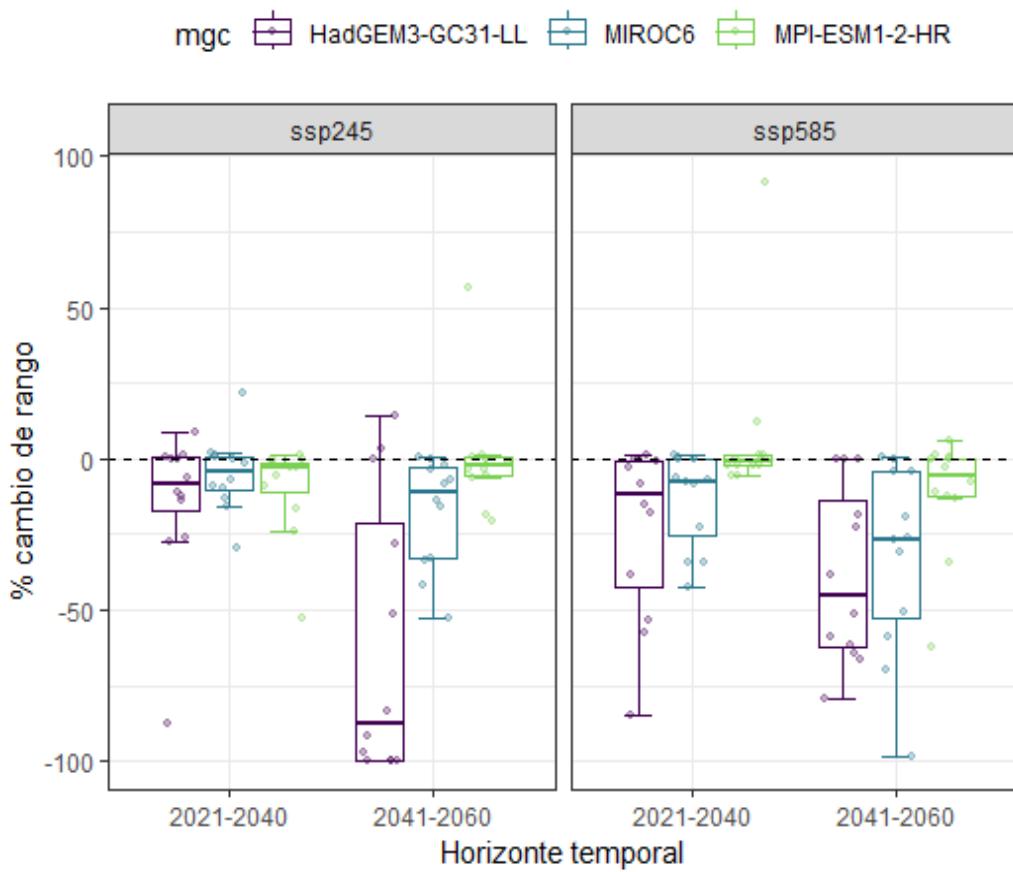
Tabla 61. Número de especies de agaves por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	0	12
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	0	4	8

	2041-2060	6	3	3
5-8.5	2021-2040	0	5	7
	2041-2060	4	4	4
	MIROC6			
2-4.5	2021-2040	0	2	10
	2041-2060	0	4	8
5-8.5	2021-2040	0	4	8
	2041-2060	1	6	5
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	1	11
	2041-2060	0	3	9
5-8.5	2021-2040	0	1	11
	2041-2060	0	3	9

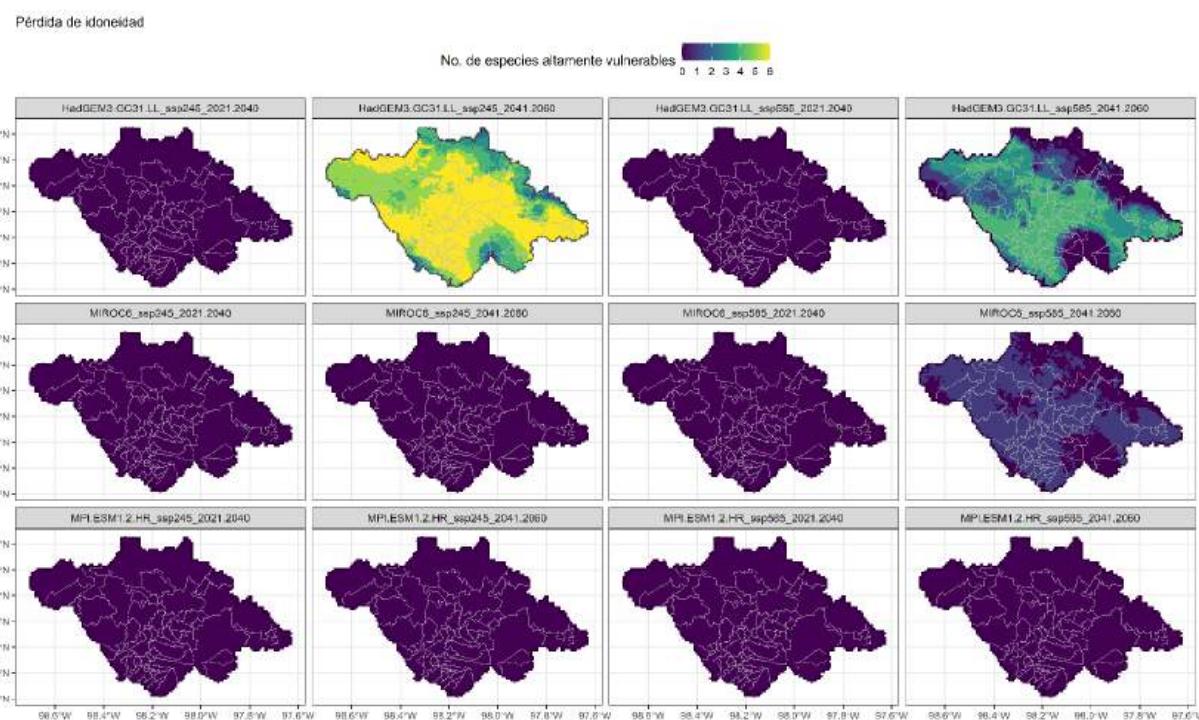
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 59. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de agaves por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 58. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de agaves con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Hongos

Los hongos comestibles tienen una relevancia crucial para el funcionamiento de los ecosistemas terrestres. Los hongos micorrílicos desempeñan un papel fundamental en la estructura y función de los bosques y brindan una serie de servicios ecosistémicos relevantes que contribuyen a mitigar los efectos del cambio climático, por medio del almacenamiento de carbono en árboles y el suelo (Yadav et al., 2019; Pérez-Moreno et al., 2021). Estos organismos representan una fuente de alimento saludable ante el cambio climático (El-Ramady et al., 2022); existen más de 200 géneros de hongos macroscópicos con especies útiles para el ser humano, principalmente por sus propiedades comestibles, los cuales pueden contribuir de forma sustancial a la dieta en los países en desarrollo y ser una importante fuente de ingresos (Ferreira et al., 2016).

México es uno de los países con mayor diversidad de hongos comestibles, con aproximadamente 450 especies que son consumidas por los distintos grupos étnicos y con más de 5000 nombres empleados para identificarlos (Pérez-Moreno et al., 2020). Este recurso está asociado a un cuerpo de conocimientos tradicionales y tienen una gran importancia biocultural, alimentaria, medicinal y económica para diferentes comunidades del Estado de Tlaxcala (Caamal-Caamal et al., 2017), principalmente en las faldas del Parque Nacional La Malinche (Montoya et al., 2008; 2012; 2014; Alonso-Aguilar et al., 2014; Caamal-Caamal et al., 2017; Reyes-López et al., 2020).

Los estudios realizados en estas comunidades dan cuenta de la riqueza de especies y usos a los que son sujetas. Otros usos más recientes de este recurso no maderable como la micoforestería (Thomas y Jump, 2023) y el

micoturismo (Jiménez-Ruiz, et al., 2017) pueden representar una fuente de ingresos importante y esquemas de manejo sostenible de los bosques (Pérez-Moreno et al., 2021) del estado ante los retos que impondrá el cambio climático.

El cambio climático puede tener efectos en este grupo de organismos. Los cambios en la precipitación, la temperatura y los eventos de lluvias torrenciales más frecuentes pueden ocasionar una disminución de la producción y cambios en la composición de especies, ocasionando una expansión de las especies más tolerantes al calor y sequía y retracción de aquellas que prefirieron climas fríos y mayor humedad (Procházka et al., 2023).

En algunas partes del mundo se han observado cambios en la fenología, con retrasos en la fructificación y prolongación de las temporadas de crecimiento (Kauserud et al., 2008; 2010; Gange et al., 2011). La modificación del contenido de nitrógeno en el suelo producto del cambio climático también puede ocasionar una reducción de la diversidad de hongos, y las variaciones en las temperaturas pueden provocar cambios en la composición de las comunidades haciéndolas más susceptibles a invasiones (Pickles et al., 2012). Además, el cambio en la distribución de hongos tóxicos no nativos puede representar un riesgo de intoxicación para las comunidades indígenas micofílicas (Villagrán-Vázquez et al., 2024).

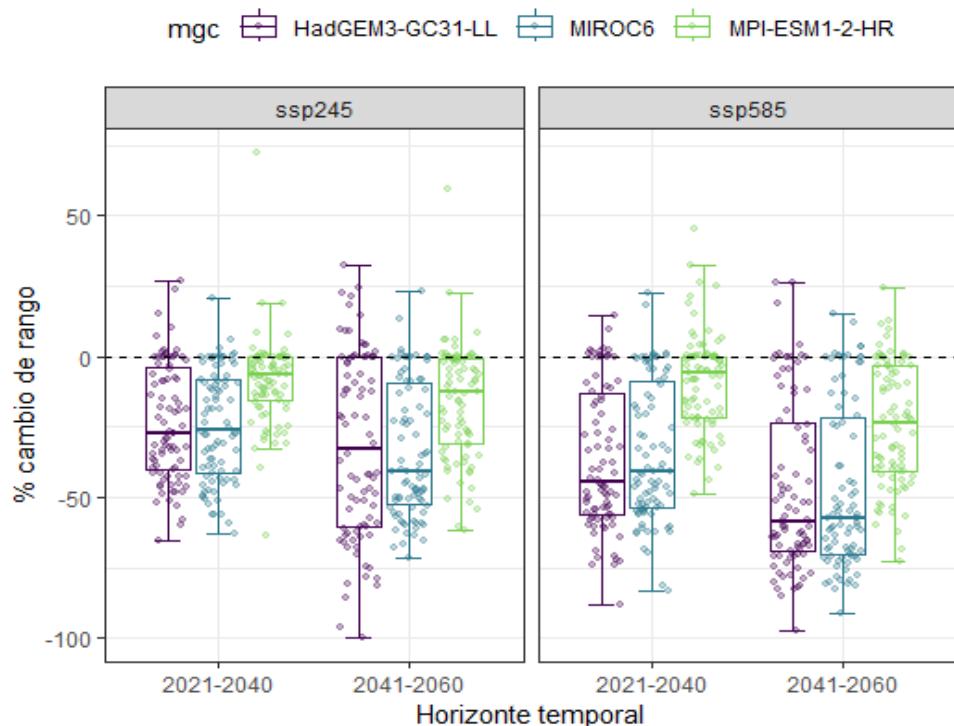
25 de las especies (29%) de hongos evaluadas presentan vulnerabilidad alta según los modelos de circulación HadGEM3-GC31-LL y MIROC6, el escenario SSP 5-8.5 para el horizonte temporal 2041-2060.

Tabla 62. Número de especies de hongos por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	2	84
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	2	35	49
	2041-2060	16	29	41
5-8.5	2021-2040	8	48	30
	2041-2060	25	35	26
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	1	35	50
	2041-2060	3	49	34
5-8.5	2021-2040	5	50	31
	2041-2060	25	34	27
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	11	75
	2041-2060	0	22	64
5-8.5	2021-2040	0	13	73
	2041-2060	0	35	51

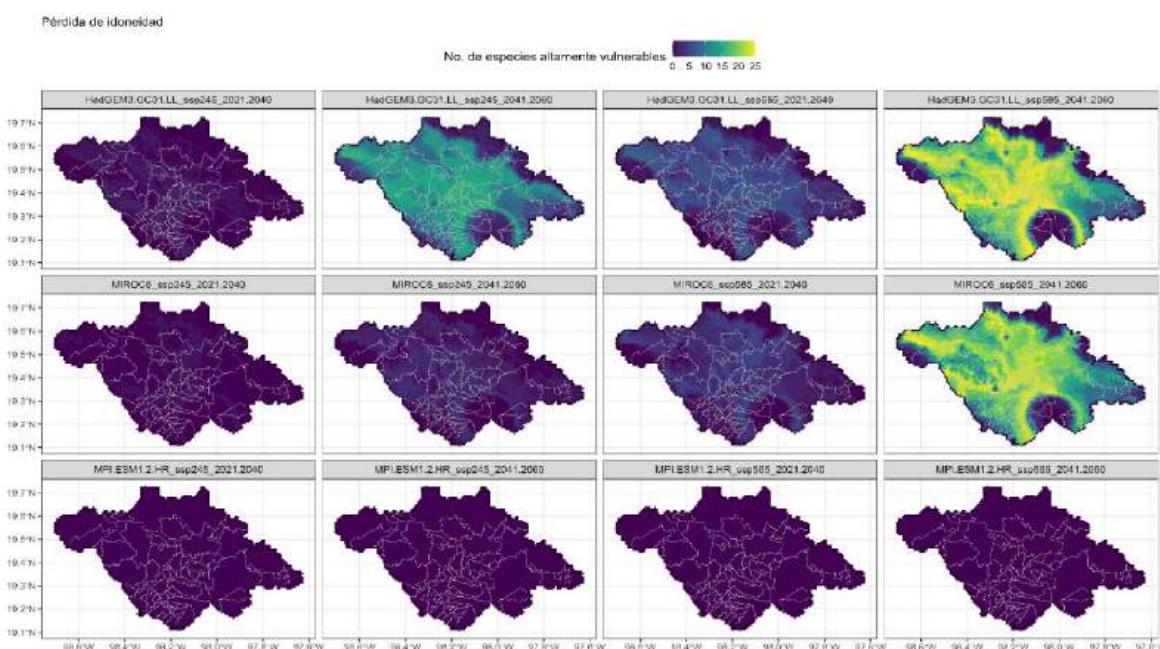
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 60. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de hongos por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 59. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de hongos con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Especies de interés

Este grupo está representado por siete especies y dos subespecies que por sus características son particularmente relevantes en el estado. Las especies de interés evaluadas son: el Huico llanero (*Aspidoscelis costatus*) y la subespecie *A. costatus* subsp. *costatus*, que son especies de lagartijas endémicas pertenecientes a la familia Teiidae; la víbora de cascabel pigmea (*Crotalus ravus* y *Crotalus ravus* subsp. *ravus*), el pájaro carpintero mexicano (*Dryobates scalaris*), el correcaminos norteño (*Geococcyx californianus*), el murciélagos magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuenae*), la luciérnaga de la Sierra Nevada (*Photinus palaciosi*), que es una especie de escarabajo endémico de la familia Lampyridae distribuida en los límites de Puebla y Tlaxcala; y el Pino escobetón (*Pinus devoniana*).

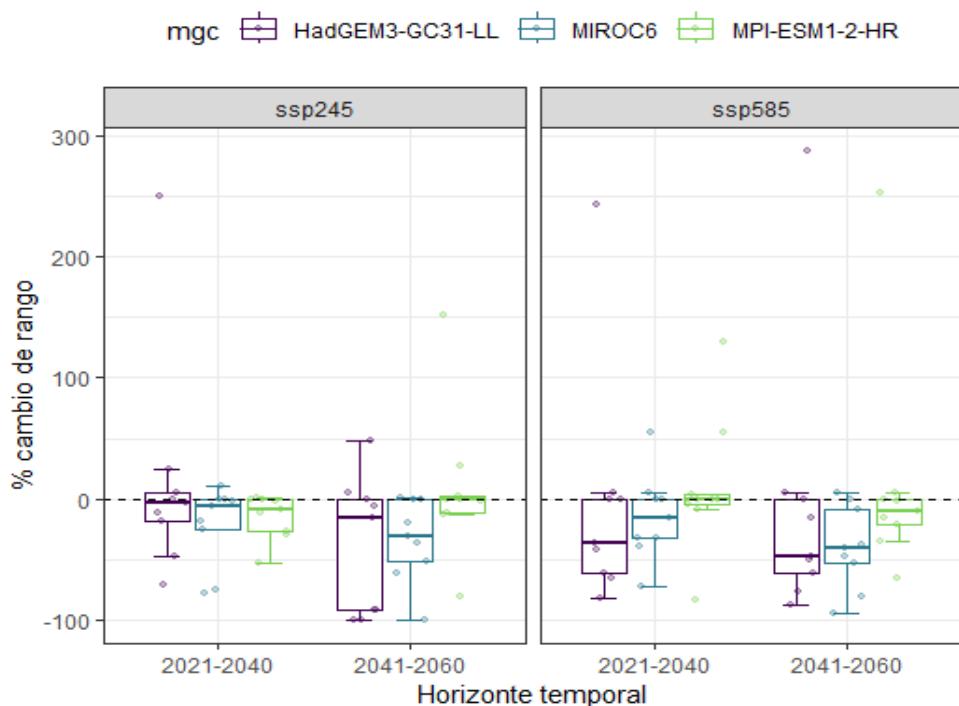
Los modelos de circulación HadGEM3-GC31-LL y MIROC6 son los que proyectan una mayor cantidad de especies de este grupo con vulnerabilidad alta, de acuerdo con los SSP 2-4.5 y 5-8.5 respectivamente, para los periodos 2041-2060.

Tabla 63. Número de especies de interés por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	2	2	5
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	3	2	4
	2041-2060	4	1	4
5-8.5	2021-2040	3	3	3
	2041-2060	4	2	3
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	3	1	5
	2041-2060	3	3	3
5-8.5	2021-2040	3	3	3
	2041-2060	4	2	3
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	3	1	5
	2041-2060	3	1	5
5-8.5	2021-2040	3	1	5
	2041-2060	3	2	4

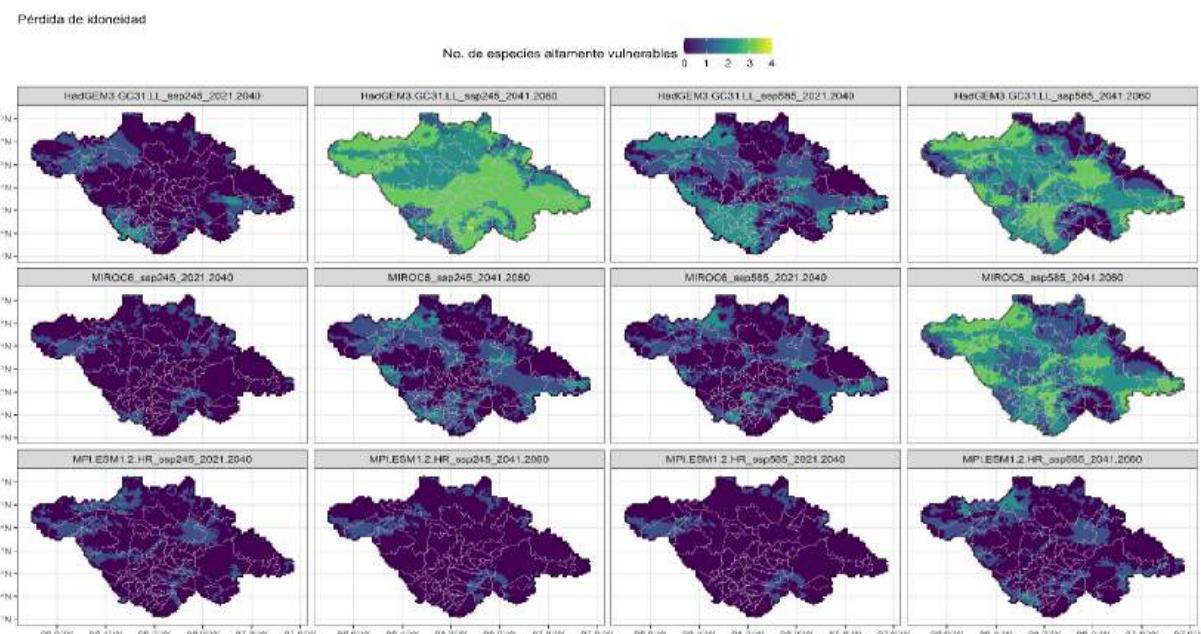
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 61. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de interés por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 60. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de interés con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Murciélagos

Los murciélagos son el orden de mamíferos más diverso cuyas especies juegan un papel clave en los ecosistemas terrestres. Proveen una serie de servicios ecosistémicos como el mantenimiento de la biodiversidad, la polinización, control de plagas y dispersión de semillas entre otros, que los hacen un grupo de gran importancia ecológica y económica (Boyles et al., 2011; Kasso y Balakrishnan, 2013). El cambio climático puede tener impactos en este grupo de organismos a través de diferentes vías.

Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura pueden modificar la disponibilidad de alimento, por ejemplo, la abundancia y distribución de los insectos; cambiar las condiciones de los sitios usados como refugio y para reproducción como las cuevas, y ocasionar desfases entre el ciclo reproductivo de los murciélagos y sus recursos alimenticios (Sherwin et al., 2013). Los estudios sobre los efectos del cambio climático en los murciélagos indican que las respuestas demográficas y espaciales serán predominantemente negativas.

Estas incluyen aumentos en la mortalidad y la disminución del éxito reproductivo, pudiendo ocasionar un declive en las poblaciones. Si bien algunas especies experimentarán un aumento en sus rangos de distribución, la mayoría de la evidencia indica que estos disminuirán en el futuro, y se prevé que la superposición entre los rangos del murciélagos magueyero (*Leptonycteris nivalis*) y las plantas del género *Agave*, a las que polinizan durante su migración anual, disminuya significativamente poniendo en riesgo a esta especie y pudiendo afectar negativamente la reproducción sexual y la variación genética de los magueyes.

El aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos también puede poner en riesgo a poblaciones particularmente susceptibles que, junto con el resto de los efectos descritos e interacciones con el cambio de uso del suelo y fragmentación del hábitat, probablemente ocasionarán una disminución de los servicios ecosistémicos proporcionados por este grupo, como la supresión de plagas, la polinización y la dispersión de semillas (Festa et al., 2023).

De las especies de murciélagos evaluadas, únicamente el murciélagos mula mexicano (*Corynorhinus mexicanus*) es altamente vulnerable, según el modelo de circulación HadGEM3-GC31-LL, los escenarios SSP 2-4.5 y 5-8.5 para el horizonte 2041-2060.

Tabla 64. Número de especies de murciélagos por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

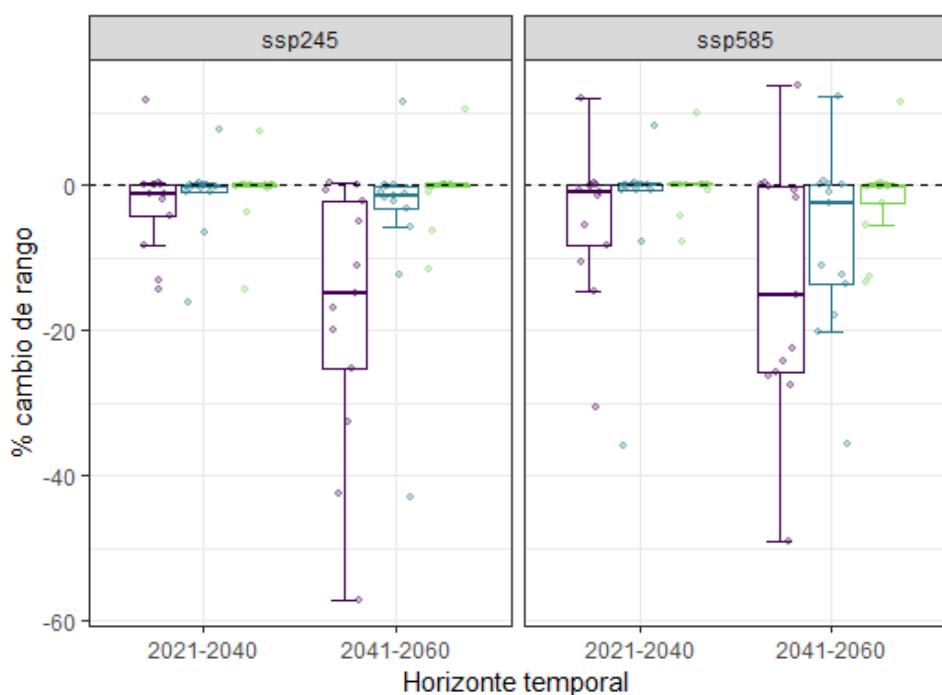
SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	2	11
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	0	1	11
	2041-2060	1	4	8
5-8.5	2021-2040	0	3	10

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
	2041-2060	1	4	8
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	0	2	11
	2041-2060	0	3	10
5-8.5	2021-2040	0	3	10
	2041-2060	0	3	10
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	2	11
	2041-2060	0	2	11
5-8.5	2021-2040	0	2	11
	2041-2060	0	2	11

Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

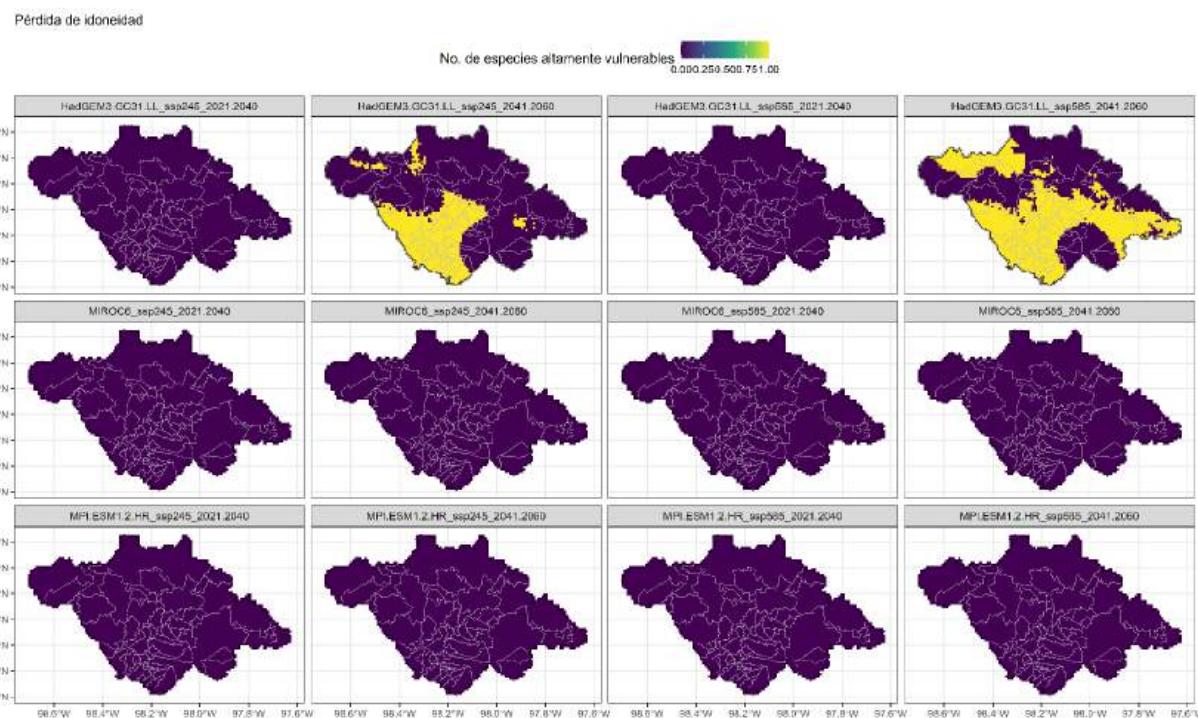
Gráfica 62. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de murciélagos por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

mgc HadGEM3-GC31-LL MIROC6 MPI-ESM1-2-HR



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 61. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de murciélagos con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Polillas

Las polillas son un grupo de mariposas muy diverso consideradas como los principales polinizadores nocturnos de flores, sin embargo, su importancia en la provisión del servicio ecosistémico de polinización en general puede estar subestimada (Mcgregor et al., 2015). De acuerdo con algunas revisiones, las especies de polillas reportadas como polinizadoras pertenecen a 23 familias (Van Zandt et al., 2020) y se han identificado 227 interacciones de polinización polilla-flor en Europa y Norte América, incluyendo algunas relaciones especializadas (Hahn y Brühl, 2016). Algunas especies, principalmente de las familias Noctuidae y Sphingidae, son polinizadoras y visitadoras de agaves (Arizaga et al., 2000; 200b; Slauson, 2000; Silva-Montellano y Eguiarte, 2003; Rocha et al., 2006; Eguiarte et al., 2021).

Son importantes consumidores primarios y presas de otros taxa cuyas poblaciones han presentado una reducción sustancial (Fox, 2013), ya que son sensibles a perturbaciones y cambios ambientales como la degradación del hábitat el cambio climático (Fox, 2013; Dar y Jamal, 2021). Este fenómeno, al igual que para otros grupos, puede ocasionar cambios en la distribución geográfica y rangos altitudinales de las especies, que pueden ser considerados tanto positivos como negativos (Ferro et al., 2014; Hunter et al., 2014), con el potencial de modificar la estructura de los ensamblajes de especies y procesos a nivel ecosistémico (Keret et al., 2020).

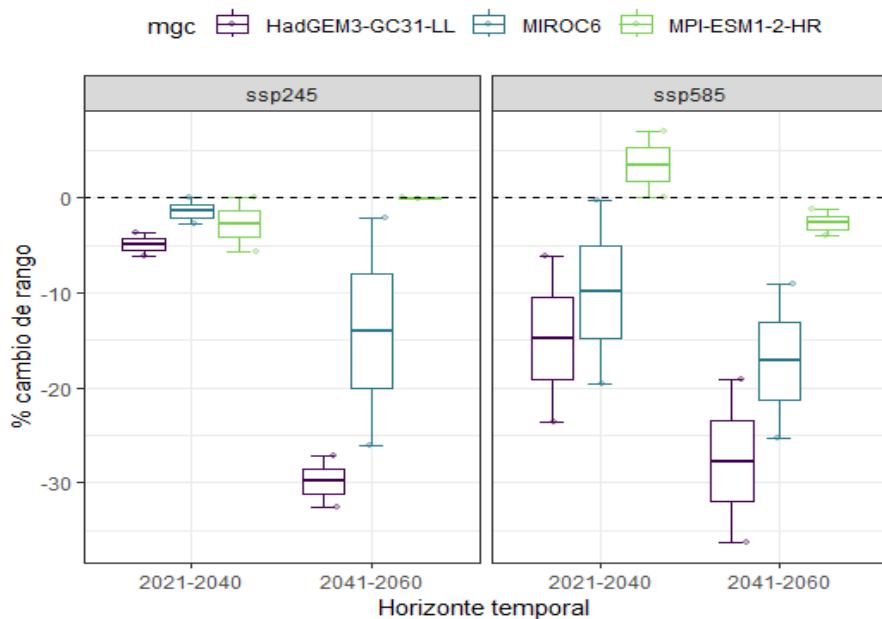
La cantidad de datos de presencia obtenidos después del proceso de depuración permitieron el ajuste de únicamente dos especies de polillas: *Acronyctodes mexicanaria* y *Rindgeria ornata*, ninguna de las cuales resultó altamente vulnerable.

Tabla 65. Número de especies de polillas por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	0	2
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	0	0	2
	2041-2060	0	2	0
5-8.5	2021-2040	0	1	1
	2041-2060	0	1	1
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	0	0	2
	2041-2060	0	1	1
5-8.5	2021-2040	0	1	1
	2041-2060	0	1	1
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	0	2
	2041-2060	0	0	2
5-8.5	2021-2040	0	0	2
	2041-2060	0	0	2

Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 63. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de polillas por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Especies en riesgo-prioritarias

Se prevé que las especies endémicas, amenazadas y en peligro de extinción, perderán más hábitat que otras debido al cambio climático (Li et al., 2013), cuyos impactos serán desproporcionadamente mayores ya que frecuentemente tienen hábitats especializados y son relativamente escasas (Wilkening et al., 2019).

A partir de una iniciativa intersectorial se construyó una lista de especies prioritarias que, por su importancia estratégica, económica o ecológica, los esfuerzos destinados a su conservación tienen un mayor alcance y derrama de beneficios para los ecosistemas en los que se habitan, así como para otras especies asociadas (CONABIO, 2012).

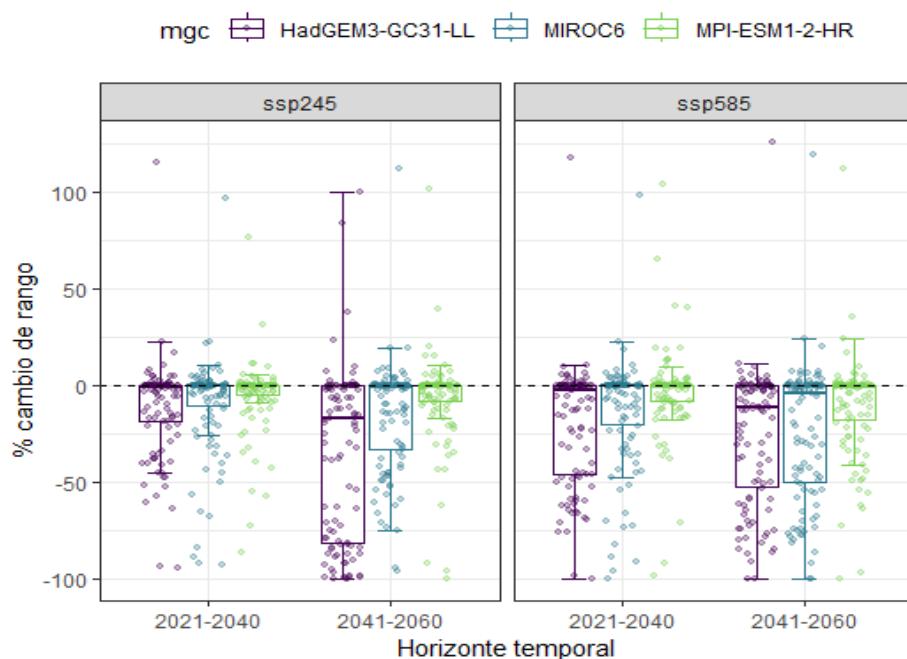
53 especies pertenecientes a estos dos grupos presentan alta vulnerabilidad bajo el modelo HadGEM3-GC31-LL, escenario SSP 2-4.5 y horizonte temporal 2041-2060. Estas representan aproximadamente el 50% del total de las especies evaluadas para este grupo.

Tabla 66. Número de especies en riesgo-prioritarias por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	11	49	46
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	27	42	37
	2041-2060	53	21	32
5-8.5	2021-2040	37	37	32
	2041-2060	43	31	32
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	23	46	37
	2041-2060	31	42	33
5-8.5	2021-2040	28	41	37
	2041-2060	40	36	30
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	17	48	41
	2041-2060	20	47	39
5-8.5	2021-2040	20	47	39
	2041-2060	28	40	38

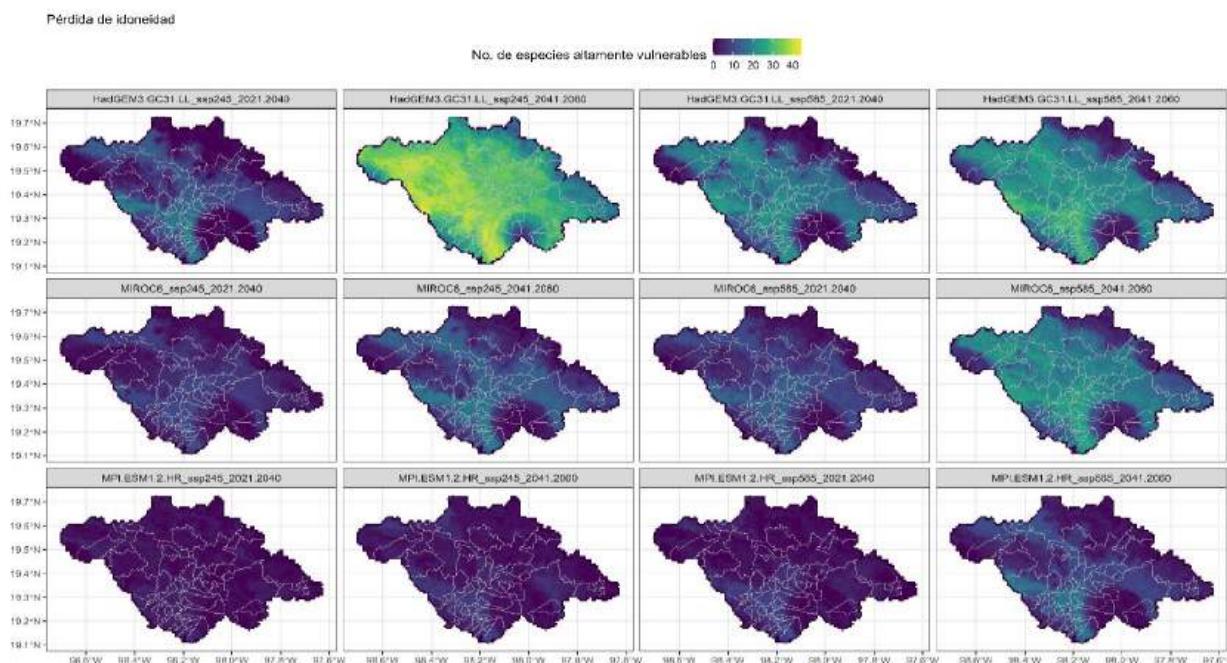
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 64. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies en riesgo-prioritarias por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales

Mapa 62. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies riesgo-prioritarias con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

Subespecies

A partir de los registros de especies con presencia en el estado se seleccionaron 12 subespecies: la cerceta americana (*Anas crecca* subsp. *carolinensis*), la biznaga colmillos de elefante (*Coryphantha elephantidens* subsp. *elephantidens*), la tuza del Eje Neovolcánico (*Cratogeomys fumosus* subsp. *tylorhinus*), la víbora de cascabel de Huamantla (*Crotalus scutulatus* subsp. *salvini*), la mariposa monarca (*Danaus plexippus* subsp. *plexippus*), el enebro azul (*Juniperus monticola* subsp. *compacta*), el nopal cardón (*Opuntia streptacantha* subsp. *streptacantha*), el camaleón de montaña (*Phrynosoma orbiculare* subsp. *cortezii* y *Phrynosoma orbiculare* subsp. *orbiculare*), la lagartija espinosa del mezquite (*Sceloporus grammicus* subsp. *microlepidotus*), la culebra de agua nómada mexicana (*Thamnophis eques* subsp. *eques*) y el trébol de la costa (*Trifolium wormskioldii* subsp. *ortegae*).

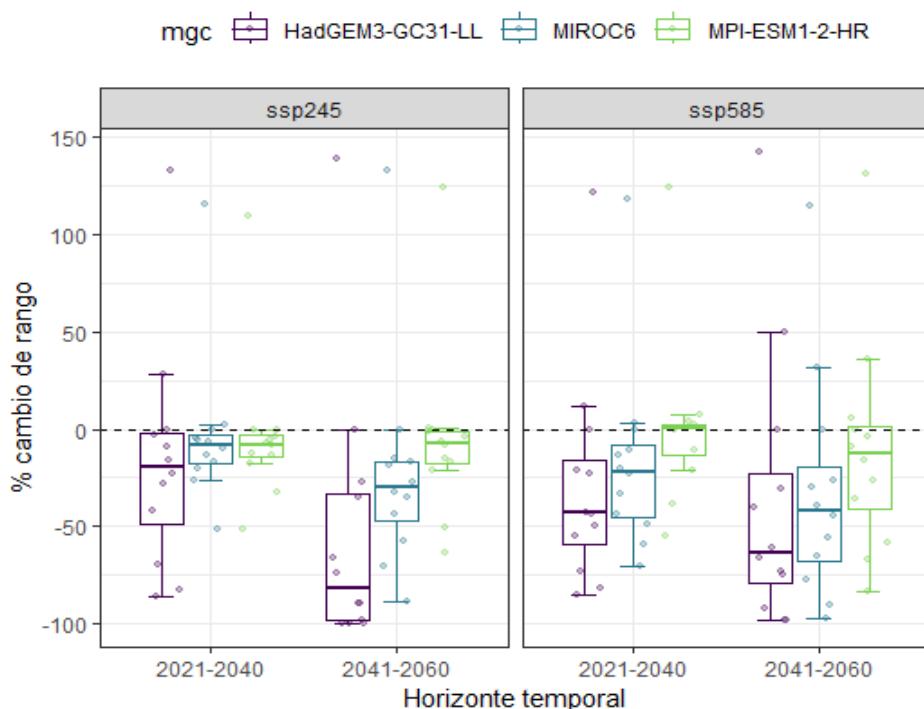
Se espera que 8 de las 12 subespecies evaluadas muestren una alta vulnerabilidad de acuerdo con el modelo HadGEM3-GC31-LL y el escenario SSP 2-4.5 para el periodo 2041-2060.

Tabla 67. Número de subespecies de agaves por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.

SSP	HT	Vulnerabilidad		
		Alta	Media	Baja
Actual				
-	1970-2000	0	0	12
HadGEM3-GC31-LL				
2-4.5	2021-2040	1	4	7
	2041-2060	8	2	2
5-8.5	2021-2040	2	7	3
	2041-2060	6	3	3
MIROC6				
2-4.5	2021-2040	0	4	8
	2041-2060	1	7	4
5-8.5	2021-2040	0	6	6
	2041-2060	3	6	3
MPI-ESM1-2-HR				
2-4.5	2021-2040	0	3	9
	2041-2060	0	4	8
5-8.5	2021-2040	0	2	10
	2041-2060	0	5	7

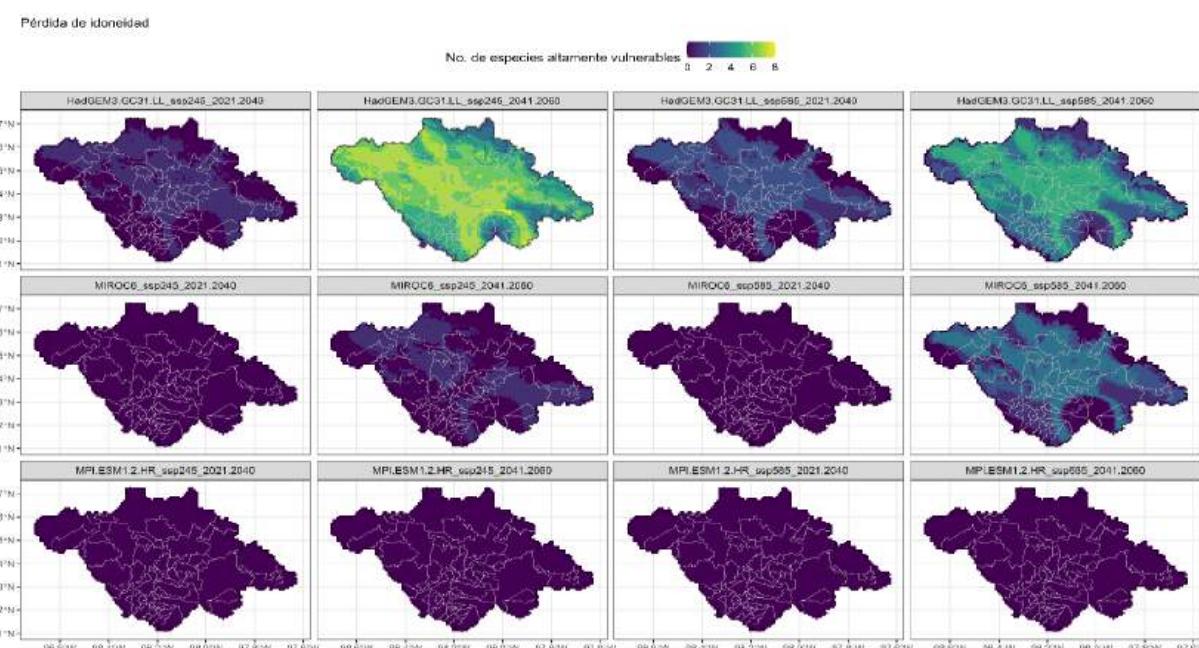
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos de vulnerabilidad.

Gráfica 65. Distribución de los valores de cambio de rango de las subespecies por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida y ganancia individuales.

Mapa 63. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las subespecies con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de pérdida individuales.

6.2 Incidencia del cambio climático sobre el sector hídrico

6.2.1 Recursos hídricos y cambio climático

En diversas partes del planeta, los recursos hídricos están sometidos a una gran presión y se están degradando a un ritmo sin precedentes. Se estima que alrededor de cuatro mil millones de personas viven en regiones donde existe una fuerte escasez de agua y se prevé que a nivel mundial la demanda de agua aumentará entre un 30 y un 50 por ciento para 2050 (Damania, et al., 2017). El crecimiento demográfico, la expansión urbana, los cambios de uso del suelo, las necesidades de producción de alimentos y energía, entre otros factores, afectan la seguridad hídrica⁴ en sus distintas facetas: ambiental, doméstica, económica, urbana y resiliencia ante desastres naturales. La seguridad hídrica es un tema de creciente preocupación que está teniendo cada vez mayor relevancia en la agenda pública (Nature, 2023).

La variabilidad climática exacerbada por el cambio climático global multiplica los riesgos a la seguridad hídrica. Este fenómeno afecta al régimen de temperatura, altera la frecuencia, temporalidad e intensidad de las precipitaciones y origina que los fenómenos meteorológicos extremos sean más frecuentes y severos. Se prevé que las perturbaciones climáticas aumentarán el número de las regiones con escasez de agua e incrementará asimismo la escasez de agua en regiones que ya se encuentran bajo estrés hídrico.

La crisis del cambio climático global está aumentando la variabilidad del ciclo del agua, reduciendo así la previsibilidad de la disponibilidad y demanda de agua, afectando su calidad, agudizando la escasez y amenazando el desarrollo sostenible en el planeta. Un escenario de menor disponibilidad de agua dulce junto con el aumento de la demanda podría conducir a una reducción de la disponibilidad de este recurso tanto para usos ambientales como antrópicos.

Los estudios que evalúan el impacto del cambio climático sobre los ecosistemas acuáticos continentales proporcionan abundante evidencia de que estos ambientes son vulnerables y tienen un alto potencial de verse fuertemente afectados por el cambio climático, con consecuencias de amplio alcance, tanto para las sociedades humanas como para la biodiversidad (Bates, et al., 2008; Ozbayram et al., 2022; Woolway et al., 2022).

Los temas que vinculan los efectos del cambio climático sobre el agua y los ecosistemas acuáticos fueron reconocidos y abordados desde los reportes iniciales del IPCC, entre otros aquellos relacionados con temperaturas más cálidas del agua, alteraciones en los niveles de agua de los lagos, disminución del oxígeno disuelto, mayor probabilidad de proliferación de algas ciano bacterianas y la pérdida de hábitat para especies nativas (IPCC, 2001; IPCC, 2002).

⁴ La seguridad hídrica se define como la capacidad de la sociedad de salvaguardar la disponibilidad sostenible, el acceso y el uso seguro de una cantidad y calidad de agua adecuada, confiable y resiliente para la salud, los medios de vida, los ecosistemas y las economías productivas. La seguridad hídrica no sólo se relaciona con el sector hídrico, es un tema amplio que involucra consideraciones socioeconómicas, ambientales y políticas y está orientada a lograr un manejo exitoso e integral de los recursos y servicios hídricos para cubrir las necesidades de la naturaleza y de las personas. (https://www.tncmx.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/mexico/LAWFP_Fact_Sheet_Espanol_Dic2018.pdf; https://www.globalwaters.org/sites/default/files/2021-11/SWP_Toolkit_1_2021%20Update_0.pdf).

Los ecosistemas acuáticos son componentes críticos del medio ambiente global. Si bien los ecosistemas de agua dulce (ríos, lagos, humedales, aguas subterráneas) cubren menos del 2% de la superficie del planeta, son ambientes con una alta productividad ecológica, desempeñan un papel crucial al albergar un porcentaje alto de especies, influyen en la diversidad y distribución de la biota terrestre y contribuyen al equilibrio del ciclo hidrológico. Asimismo, brindan una variedad de servicios para las poblaciones humanas, incluido agua para beber y para riego, oportunidades recreativas y hábitat para especies de importancia económica (IPCC, 2002; TNC, 2021).

Sin embargo, los sistemas acuáticos enfrentan cada vez mayores amenazas, directas e indirectas, derivadas de las actividades humanas. Además de los desafíos que plantean el cambio de uso de la tierra, la contaminación ambiental y la desviación de los cursos de agua, los sistemas acuáticos enfrentan el estrés adicional del cambio climático global.

Efectos del cambio climático sobre el agua

De acuerdo con el IPCC el incremento de la temperatura provocará otros cambios ambientales, entre los cambios ambientales directos sobre el tema del agua se reconocen los siguientes (IPCC, 2007):

- Aumento de la temperatura del agua
- Cambios en la ubicación, temporalidad, forma y cantidad de precipitación
- Aumento en la intensidad de las tormentas tropicales
- Aumento del nivel del mar
- Cambios en los océanos y en las regiones costeras

El Estado de Tlaxcala es susceptible a ser afectado directamente por los cambios de los dos primeros rubros mencionados y en menor medida por el incremento de los sistemas meteorológicos tropicales.

Aumento de la temperatura del agua

El aumento en la temperatura del aire ocasionará que la temperatura del agua también se incremente lo cual conllevará a mayores problemas de contaminación derivados de cambios fisicoquímicos en los cuerpos de agua y muchos hábitats acuáticos se verán afectados negativamente.

Entre otros, se espera que los aumentos en la temperatura del agua ocasionen los siguientes efectos:

- Aumento de las tasas de evapotranspiración de los cuerpos de agua, lo que resulta en una reducción de la extensión y volumen de agua contenido.

- Niveles más bajos de oxígeno disuelto debido a la relación inversa que existe entre el oxígeno disuelto y la temperatura, a medida que aumenta la temperatura del agua, los niveles de oxígeno disuelto disminuyen.
- Incremento de patógenos, nutrientes y especies invasoras.
- Aumento en las concentraciones de algunos contaminantes como el amoníaco y el pentaclorofenol debido a su respuesta química a temperaturas más cálidas.
- Pérdida de especies acuáticas cuya supervivencia y reproducción dependen de la temperatura y disminución de las poblaciones de algunas especies.

Cambios en la ubicación, temporalidad, forma y cantidad de precipitación

Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua es afectada y se verá mayormente afectada por los cambios interanuales y estacionales de las precipitaciones previstas. El aumento de la temperatura provoca el incremento en las tasas de evaporación lo cual puede favorecer el aumento de las precipitaciones en determinadas regiones, mientras que en otras se observa que la cantidad de lluvia tiende a disminuir. Con el aumento de la temperatura y de la evapotranspiración, se produce un aumento de las necesidades de agua, lo cual es especialmente significativo para la agricultura y la producción de energía (los mayores consumidores de agua) y también para usos municipales, industriales y de otro tipo.

Calidad del agua

Los cambios en la estacionalidad, la intensidad y la duración de las precipitaciones pueden afectar negativamente la calidad del agua. Las inundaciones, resultado del aumento de las precipitaciones y de las intensas tormentas, transportan grandes volúmenes de agua, sedimentos y otros contaminantes a las masas de agua. El exceso de agua también puede sobrecargar los sistemas de drenaje pluvial, de alcantarillado y de aguas residuales, lo que provoca que las aguas contaminadas entren directamente en los cursos de agua. En regiones con mayor frecuencia e intensidad de lluvias, es posible que se produzca más contaminación y sedimentación debido a la escorrentía. La reducción de las precipitaciones también puede originar incendios forestales más frecuentes, lo cual incrementa la vulnerabilidad del suelo a los procesos erosivos.

Aumento en la intensidad de las tormentas tropicales

El cambio climático está ocasionando que las tormentas tropicales y los huracanes se vuelvan más intensos, produzcan vientos máximos más fuertes y aumenten la intensidad de las precipitaciones debido al calentamiento de las temperaturas de la superficie del mar (IPCC, 2007). El aumento de la intensidad de las tormentas tropicales tiene efectos negativos directos e indirectos sobre los recursos hídricos. Las tormentas tropicales más intensas pueden originar inundaciones severas, ocasionar daños a diversos tipos de infraestructura, saturar los sistemas de drenaje y provocar que los contaminantes entren directamente en los

cursos de agua y contaminen los suministros de agua, generar más pérdidas de suelo e incrementar la producción de sedimentos en las cuencas, entre otras consecuencias.

6.2.2 Recursos hídricos en el Estado de Tlaxcala

Aguas superficiales

La posición geográfica del Estado de Tlaxcala, en el centro del país, dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, le confiere mayormente un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, registrando una precipitación promedio de 734.5 mm anuales (UAEMex, 2023). El factor de continentalidad no es tan fuerte en esta parte del país, como ocurre en las regiones áridas del centro-norte de México, en la provincia Mesa del Centro. El estado tiene influencia de sistemas tropicales principalmente provenientes del Océano Atlántico lo cual favorece la entrada de humedad en la temporada de huracanes comprendida entre los meses de junio y noviembre.

Tlaxcala cuenta con una red hidrográfica con 192 kilómetros de ríos permanentes (INEGI, 2010) y una amplia red de tributarios intermitentes. El río más importante del estado es el Zahuapan, el cual se origina en la parte norte del estado, en la sierra de Tlaxco, y discurre en una dirección aproximada de norte a sur, hasta confluir con el río Atoyac en el límite sur de la entidad. Este río recibe aportes del Tequixquiatl, (el cual tiene a su vez como afluentes a los arroyos Texcalac y Amomoloc) y de los arroyos Apipaxco, Contlan, Arroyo de Las Cuevas, Payuca, El Campanario, Martinica, Totoltepec y El Tapón, entre otros. En el oeste y soroeste del estado el escurrimiento natural más importante es el río Ajejela, también afluente del Atoyac, y el cual recibe flujos de los ríos San Juan Cuauhtlilpan y Chico. Al noroeste del estado, se encuentran cabeceras de cuenca del Río de Las Avenidas, donde se originan varios escurrimientos cuyas aguas son captadas por el canal Acopinalco, en el estado de Hidalgo.

Al noreste, dentro de la cuenca del río Tecolutla, en el territorio estatal se encuentra el río Tenexac, y diversos arroyos como: El Gachupín, La Mancera, La Amapola, El Jardín, El Ciprés, entre otros.

Finalmente, al oriente, en la cuenca del Río Libres Oriental, la principal corriente fluvial es el río Altzayanca y entre los escurrimientos intermitentes se encuentran los arroyos Paso Hondo, San Diego, Xonecuila y Santa Ana Ríos.

La Dirección Local de la CONAGUA en Tlaxcala tiene un registro de 16 presas principalmente orientadas a propósitos de riego: San José Atlanga, La Cañada, San Felipe Hidalgo, Pozuelos, Recova, Guridi y Alcocer, El Sol, La Luna, San Fernando, El Muerto, El Centenario, Cardenas, Tenexac, Las Cunetas, Mazapa y Mariano Matamoros. Las presas con mayor capacidad tienen también la función del control de inundaciones (San José Atlanga y Mariano Matamoros). La capacidad de almacenamiento de la presa San José Atlanga es casi el doble que el resto de las presas del estado.

Tabla 68. Principales características físicas e hidráulicas de las presas del estado de Tlaxcala

No.	Nombre de la presa	Municipio	Área de cuenca km ²	Capacidad total (hm ³)	Propósito
1	ATLANGA	ATLANGATEPEC	220.3	54.000	CONTROL DE AVENIDAS Y RIEGO
2	LA CAÑADA	LAZARO CARDENAS	66.2	1.770	RIEGO
3	SAN FELIPE HIDALGO	MARIANO ARISTA	3.7	0.350	RIEGO
4	POZUELOS	MARIANO ARISTA	18.0	0.945	RIEGO
5	RECOVA	HUEYOTLIPAN	19.1	1.322	RIEGO
6	GURIDI Y ALCOCER	HUEYOTLIPAN	20.4	1.385	RIEGO
7	EL SOL	HUEYOTLIPAN	27.8	1.780	RIEGO
8	LA LUNA	HUEYOTLIPAN	9.1		RIEGO
9	SAN FERNANDO	HUEYOTLIPAN	29.2	2.820	RIEGO
10	EL MUERTO	TLAXCO	58.1	1.710	RIEGO
11	EL CENTENARIO	DOMINGO ARENAS	16.1	0.816	RIEGO
12	CARDENAS	TERRENATE	28.3	3.000	RIEGO
13	TENEXAC	TERRENATE	22.5	1.300	RIEGO
14	LAS CUNETAS	TETLA	17.7	1.080	RIEGO
15	MAZAPA	CALPULALPAN	1.6	0.180	RIEGO
16	MARIANO MATAMOROS	IXTACUIXTLA	67.5	5.380	CONTROL DE AVENIDAS Y RIEGO

Fuente: Comisión Nacional del Agua, Dirección Local Tlaxcala, marzo del 2024

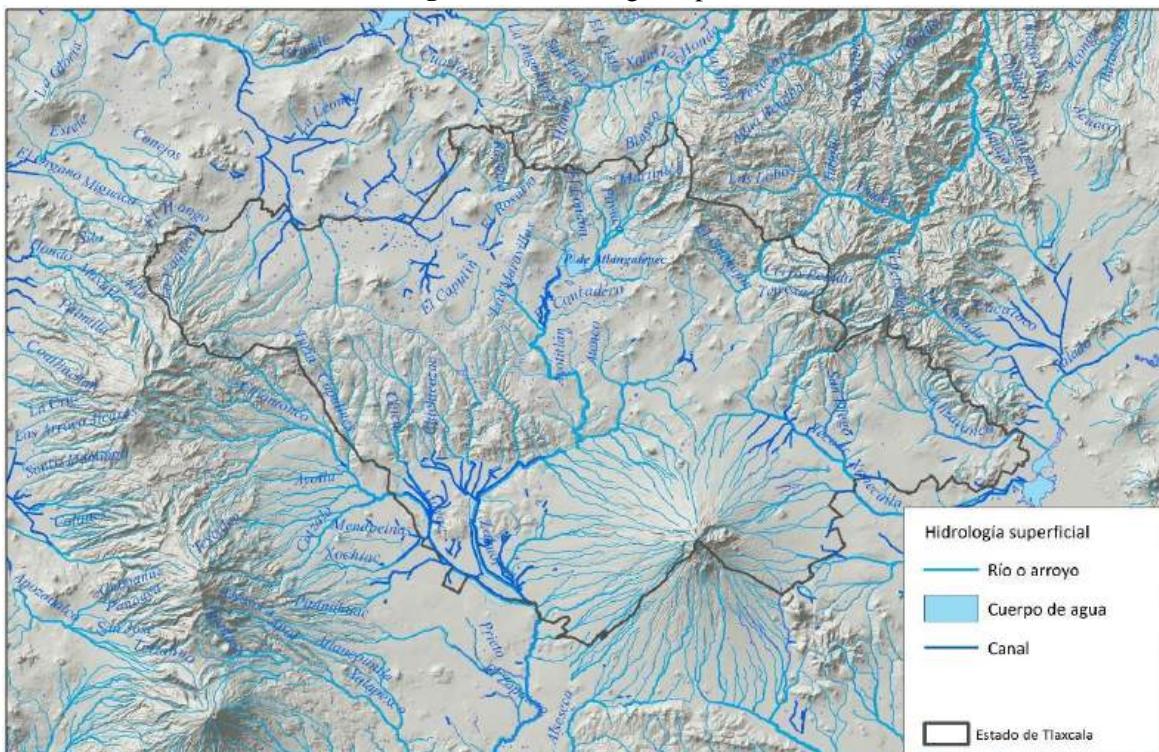
El cuerpo de agua más importante y de mayor extensión en el estado es la Presa San José Atlanga, construida en el río Zahuapan, en el municipio del mismo nombre y puesta en operación en el año 1961. La presa fue construida para la irrigación de cultivos del distrito de riego 056 Atoyac-Zahuapan, y actualmente también es aprovechada para actividades pesqueras y pecuarias.

La Presa San José Atlanga es un humedal de importancia internacional, fue declarada sitio Ramsar en el año 2009 con el nombre de Presa de Atlangatepec. Este cuerpo de agua posee una gran diversidad de flora y fauna, con 125 especies registradas de aves asociadas a los humedales. El sitio es hábitat de una gran diversidad de especies de aves migratorias que se desplazan desde el norte del continente en invierno como son el pato golondrino (*Anas acuta*), el gadwall (*Anas strepera*), el silbón americano (*Anas americana*), el pato cuchara (*Anas clypeata*), el pato mexicano (*Anas diazi*), la Cerceta Aliazul (*Anas discors*), entre otras. La presa alberga también especies catalogadas a nivel nacional como amenazadas, como el pato mexicano (*Anas diazi*, endémico de México), el avetoro americano (*Botaurus lentiginosus*) y la salamandra tigre (*Ambystoma tigrinum*). El sitio

es importante para el control de inundaciones, y por su papel para filtrar contaminantes y el exceso de nutrientes (<https://rsis.ramsar.org/es/ris/1986>).

Otros cuerpos de agua naturales en el territorio estatal registrados por el INEGI (2010), son los siguientes: Apizaquito, Acuitlapilco, De Zacatepec, Jalnene, Guillén, Los Cuates, Guadalupe, Amantla, Tlalcorral, Ocotlán, Ángel Chico y Cazadero.

Figura 26. Hidrología superficial



Fuente: INEGI, 2010. SIATL Simulador de Flujos de Agua de Cuencas.

El sitio Ramsar Presa de Atlangatepec es uno de los pocos humedales interiores en la región central del país, considerando que históricamente el Estado Mexicano promovió la desecación de lagos y humedales (e.g. Lago de Texcoco en la Cuenca de México, lagunas en el alto Lerma). Tlaxcala no ha sido la excepción a este proceso, los ambientes acuáticos dominaron en el pasado el paisaje de vastas áreas en las planicies del suroeste del estado. Sin embargo, a finales del siglo XIX comenzó el proceso de desecación que continuó en el siglo XX y al cual también contribuye la extracción de agua subterránea que se realiza desde la década de los 70 del siglo pasado y que continúa hasta nuestros días. Como parte de este proceso, las lagunas y ciéregos que existían en la planicie aluvial donde se unen los ríos Atoyac y Zahuapan fueron desecadas.

En este sentido cobra una extraordinaria relevancia la presencia de la Presa San José Atlanga, que, si bien es un cuerpo de agua artificial, cumple funciones ambientales sumamente importantes recreando ambientes acuáticos en una región donde los ecosistemas acuáticos naturales fueron eliminados por el hombre.

Las cuencas Río Libres Oriental, Tochac-Tecocomulco y del Río Tecolutla, así como porciones de la cuenca Río de Las Avenidas de Pachuca, son consideradas por la Conabio como regiones hidrológicas prioritarias. Esta zonificación tiene como propósito servir como un marco de referencia para contribuir a la conservación y manejo sostenido de los ambientes acuáticos, tomando en consideración los sitios de mayor biodiversidad y de uso actual y potencial en el país (Arriaga et al., 2002).

Aguas subterráneas

El agua subterránea es aquella que se encuentra bajo la superficie terrestre la cual proviene de la infiltración directa de la precipitación, así como de la infiltración desde ríos, lagos, campos agrícolas de riego, entre otros orígenes. Los procesos de descarga incluyen evapotranspiración, bombeo, flujo base de ríos, entre otros. Este recurso ha adquirido una gran relevancia para el abastecimiento de la sociedad, especialmente en regiones áridas o semiáridas, así como en áreas con escasos recursos de aguas superficiales y que cuentan con grandes demandas, como son las grandes ciudades.

El Estado de Tlaxcala se sitúa en las divisorias continentales del país, los límites de las regiones hidrológicas del Balsas, Pánuco y Norte de Veracruz atraviesan el territorio estatal. A diferencia de regiones bajas, cercanas a las costas, que reciben aportes superficiales desde las partes altas y medias de las regiones hidrológicas, en Tlaxcala los recursos hídricos superficiales dependen casi exclusivamente del agua de lluvia que cae en su territorio. Ante la escasez de agua superficial, en el estado se ha hecho un uso importante de las fuentes de agua subterránea (aproximadamente el 81.87% del agua que se consume en el estado).

El estudio de las aguas subterráneas es mucho más complejo y difícil que el de las aguas superficiales, principalmente por la accesibilidad a las observaciones directas e indirectas. En México, existen estudios de caso sobre diagnósticos de algunos acuíferos, realizados por dependencias de gobierno, por universidades y centros de investigación y por particulares⁵, con diferentes propósitos, metodologías y resultados. La mayor información sobre las aguas subterráneas de México es generada y publicada por CONAGUA, en los reportes periódicos de disponibilidad media de acuíferos, los cuales incluyen usualmente información geohidrológica, de niveles piezométricos y sobre comportamiento hidráulico.

Con relación a las zonas de recarga de las aguas subterráneas, el conocimiento generado es aún muy limitado y circunscrito a cuencas o acuíferos específicos, entre ellos se encuentran aquellos desarrollados por el INEGI sobre zonas hidrogeológicas⁶. Para el Estado de Tlaxcala, no existe un estudio disponible sobre las aguas subterráneas y las zonas de recarga. No obstante, debido a que el agua subterránea es parte del ciclo hidrológico, el conocimiento de su dinámica es muy importante porque afecta no únicamente a los acuíferos, sino también a fuentes de agua superficiales como los manantiales o el flujo base, así como a los ecosistemas dependientes de agua subterránea (humedales y vegetación riparia).

Las características hidrológicas y geológicas del Estado de Tlaxcala originan la existencia de recursos hídricos subterráneos, en el estado han sido delimitados 4 acuíferos por CONAGUA: 2901 Alto Atoyac, 2902 Soltepec, 2903 Huamantla y 2904 Emiliano Zapata.

⁵ https://www.sgm.gob.mx/Gobmx/Informes/estudios_geohidrologicos.html

⁶ <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/?tg=1000>

Permeabilidad

Se les llama así a aquellas áreas en las que la permeabilidad del suelo, la cubierta vegetal y la precipitación media presentan características tales que permiten que el escurrimiento tienda a la uniformidad.

La combinación de los factores mencionados arriba da por resultado un coeficiente de escurrimiento que representa el porcentaje de agua precipitada que escurre superficialmente y que, en un momento dado, puede servir como indicador de los puntos estratégicos para la captación de aguas superficiales mediante obras hidráulicas.

Para la Región Hidrológica No. 18 (Balsas), el coeficiente de escurrimiento para este sector de la región fluctúa entre 10 y 20% en la cuenca A (Río Atoyac), lo que corresponde a una lámina media de 116 mm con algunas variaciones hacia el sur, en la parte que corresponde a la Malinche, donde el porcentaje de escurrimiento asciende a 250 mm de lámina media. Esta área es la que ofrece mayores posibilidades de captación de aguas superficiales mediante obras hidráulicas. Dentro de la misma región hidrológica, al este de la meseta de Tlaxcala, se aprecia una baja en el porcentaje de escurrimiento hasta el rango de 0-5%, que está por debajo de los 47 mm de lámina media. Lo mismo sucede en los lomeríos y llanos del centro y en algunas porciones aisladas de la sierra de Tlaxco.

Casi toda la subcuenca (Río Zahuapan) de esta región hidrológica queda incluida en el Estado de Tlaxcala. Para esta subcuenca se estima una lámina media de 116 mm, que es la dominante en esta parte de la región y presenta características de permeabilidad alta debido a la presencia de tobas de poca consistencia con fracturamiento y de un material aluvial que propicia una elevada infiltración.

La porción que corresponde a la Malinche se caracteriza por una permeabilidad baja debida a material de origen ígneo representado por andesitas, las cuales dan lugar a unidades impermeables. Dentro de la misma región, en la subcuenca del río Totolzingo, se distinguen dos índices de escurrimiento: uno de 10 a 20%, con una lámina media de 112 mm, que se distribuye principalmente en la zona de transición entre el llano y la sierra de Huamantla, constituida por materiales de permeabilidad baja; y otro hacia el sur de esta cuenca, de 5 a 10%, que representa de 27 a 50 mm de lámina media y que, debido a una alta permeabilidad y a un bajo índice de precipitación, reduce la lámina de escurrimiento. Esta zona corresponde a los llanos de Huamantla.

En la parte correspondiente a la subcuenca del Río Texmelucan se aprecia una zona de contrastes de coeficientes de escurrimiento en el área de la meseta de Tlaxcala, con rangos de 0-5%, 5-10% y 10-20% debidos a una compleja combinación de zonas de alta precipitación, presencia de vegetación y uso de suelo variado; pero que, en promedio, dan por resultado una lámina media que varía desde 5 ó 10 mm hasta más de 150 mm. La Región Hidrológica No. 26 (Panuco), ocupa la parte noroeste del Estado, donde sólo quedan partes de la cuenca D (Río Moctezuma), en la que se registran índices de escurrimiento del 10 al 20%, es decir, de 105 mm de lámina media.

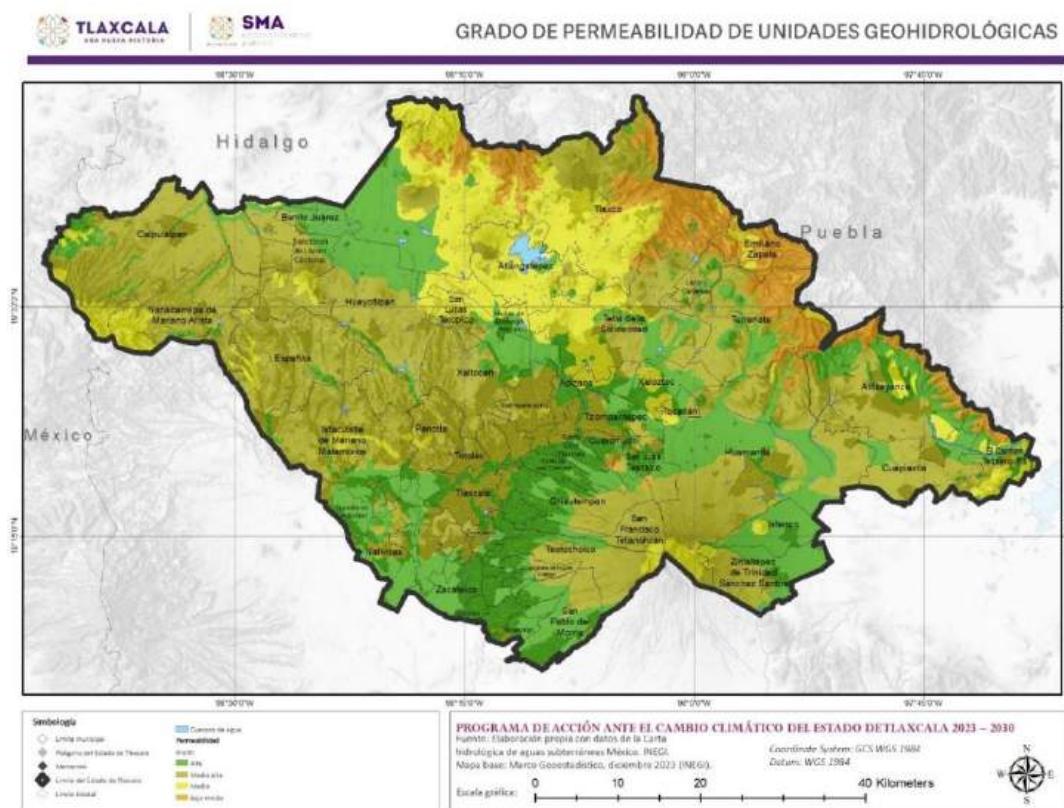
Esta porción incluye parte de la sierra de Tlaxco y los llanos de Apan. En general, esta zona de la región hidrológica del Moctezuma-Pánuco cuenta con una alta permeabilidad, pero las condiciones de precipitación y la falta de vegetación densa favorecen el escurrimiento. Bajo las condiciones geológicas de esta cuenca prevalecen las tobas intermedias del Terciario y zonas aluviales con alto grado de permeabilidad; así como

basaltos y brechas volcánicas lávicas en el extremo oeste en las faldas del cerro Tlaloe, con un índice de permeabilidad baja. En la sierra de Tlaxco se distinguen basaltos, tobas y riolitas con grados altos de permeabilidad.

Por su parte, la Región Hidrológica No. 27 (Tuxpan-Nautla), incluye una mínima parte de la cuenca B (Río Tecolutla). Ahí se aprecian dos índices de escurrimiento: el de 0 a 50% y el de 10 a 20%. La mayor parte de esta fracción de la cuenca tiene un escurrimiento de 112 mm de lámina media y algunas porciones quedan con un índice muy fijo (35 mm) en la parte oeste de la sierra de Huamantla. La litología de esta área se caracteriza básicamente por la presencia de andesitas y tobas con cierto grado de fracturamiento, lo cual propicia la filtración, sobre todo al sur de la sierra de Huamantla.

En el estado, de acuerdo con información de la Carta hidrológica de aguas subterráneas escala 1: 1,000,000 (una a un millón), publicada por el INEGI (1999), se tienen unidades geológicas con diferentes capacidades de infiltración, tanto de materiales consolidados como no consolidados. La geología incide directamente en los procesos de recarga, aunque dentro de este proceso influyen otra serie de factores como la evapotranspiración, pendiente del terreno, geomorfología, textura del suelo, precipitación, entre otros. No obstante, se presenta aquí como un indicador del potencial de la permeabilidad y la posible capacidad de infiltración de las unidades geológicas presentes en el estado (**Mapa 64**).

Mapa 64. Grado de permeabilidad de unidades geohidrológicas



Fuente: Carta hidrológica de aguas subterráneas México. INEGI. 2019.

Las zonas de permeabilidad alta abarcan zonas heterogéneas principalmente en la región central del estado, en unidades litológicas de aluviones, brecha sedimentaria, conglomerado y tobas básicas. La permeabilidad media alta incluye principalmente rocas calizas y tobas intermedias; la permeabilidad media corresponde principalmente a rocas andesitas y tobas ácidas; y finalmente, la permeabilidad baja media incluye rocas andesíticas y dacíticas.

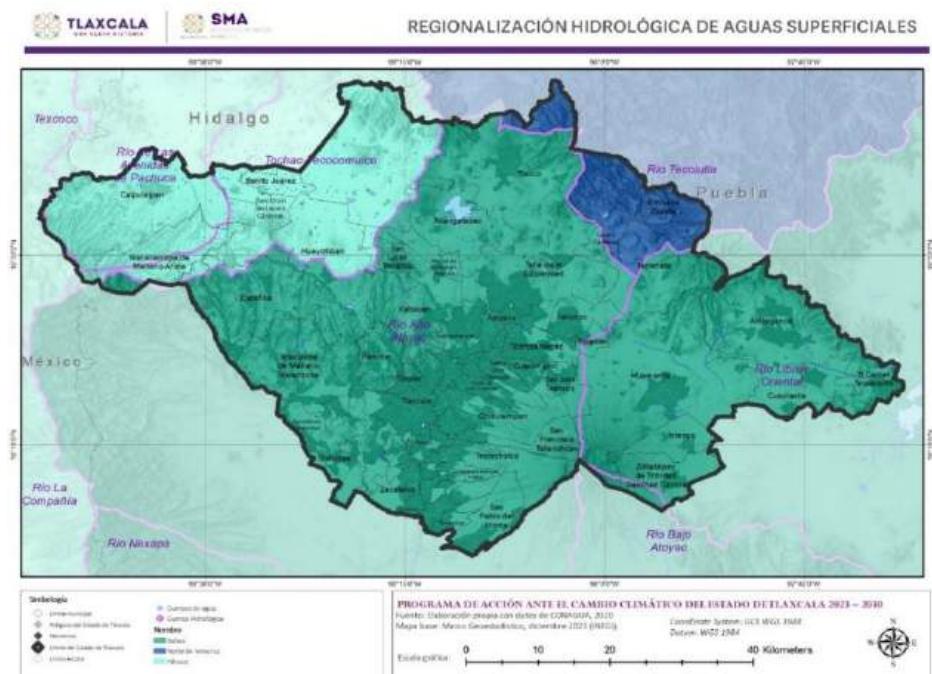
6.2.3 Regionalización hidrológica

Cuencas

De acuerdo con CONAGUA (2020), el Estado de Tlaxcala está comprendido en tres regiones hidrológicas y seis cuencas (**Mapa 65** y **Tabla 69**). Al encontrarse en la divisoria de aguas continentales (el río Balsas desemboca en el Océano Pacífico mientras que el río Pánuco y el sistema de escurrimientos de la región Norte de Veracruz drenan hacia el Océano Atlántico), incluye las cabeceras de distintas cuencas en la parte alta de estas regiones hidrológicas por lo que la disponibilidad de agua superficial depende, casi exclusivamente, de la precipitación captada en el territorio estatal, excepto por los aportes del río Atoyac que fluyen desde las laderas de la Sierra Nevada dentro del territorio del Estado de Puebla, en el poniente de la entidad.

La cuenca del Río Alto Atoyac abarca poco más de la mitad del territorio estatal y es en esta cuenca donde se concentra una alta proporción de la población (78%) así como el grueso de las actividades económicas. En el noroeste del estado, las cuencas de Tochac-Tecocomulco y Río de Las Avenidas de Pachuca drenan hacia el norte, hacia el estado de Hidalgo, en esta región del estado se localizan los municipios de Calpulalpan, Nanacamilpa de Mariano Arista, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez y parcialmente los municipios de Hueyotlipan y Tlaxco, el principal centro urbano es Calpulalpan con 37,704 habitantes en el año 2020.

Mapa 65. Regionalización hidrológica de aguas superficiales (Regiones hidrológicas y cuencas)



Fuente: CONAGUA, 2020

La información de disponibilidad de aguas superficiales determinada por la CONAGUA registra que las cuencas de la región hidrológica del río Balsas no tienen disponibilidad de agua, mientras que las cuencas de las regiones Pánuco y Norte de Veracruz se consideran aún con volúmenes de agua disponibles. No obstante, para las cuencas Tochac-Tecocomulco y Río de Las Avenidas de Pachuca, el volumen de agua disponible es apenas marginal.

Tabla 69. Regionalización hidrológica del Estado de Tlaxcala

Clave RH	Región hidrológica	Área (ha)	Porcentaje	Cuenca	Clasificación	Volumen disponible (Hm ³)	Área (ha)
18	Balsas	297,029.43	74.36	Río Alto Atoyac	Déficit	-4.171	208,168.65
				Río Libres Oriental	Déficit	0.000	87,141.01
				Río Bajo Atoyac	Déficit	-480.858	1,719.76
26	Pánuco	80,591.31	20.18	Tochac-Tecocomulco	Con disponibilidad	0.022	51,409.64
				Río de Las Avenidas de Pachuca	Con disponibilidad	0.119	29,181.67
27	Norte de Veracruz	21,803.99	5.46	Río Tecolutla	Con disponibilidad	6,182.205	21,803.99

Fuente: CONAGUA, DOF: 28/12/2023

Acuíferos

El Estado de Tlaxcala cuenta con cuatro acuíferos, cuyos límites exteriores definidos por CONAGUA coinciden con los límites estatales: 2901 Alto Atoyac, 2902 Soltepec, 2903 Huamantla, 2904 Emiliano Zapata. La descripción de las características: físicas, hidrológicas, geológicas y el detalle de los parámetros utilizados para determinar la disponibilidad media pueden consultarse en los reportes periódicos que publica CONAGUA⁷.

La actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del Estado de Tlaxcala fue publicada en noviembre el 2023 y corresponde a una fecha de corte del 30 de diciembre del 2022.

Tabla 70. Disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del Estado de Tlaxcala

Clave acuífero	Nombre del acuífero	Disponibilidad	Disponibilidad en hm ³	Área (ha)	Porcentaje de área
2901	Alto Atoyac	Con disponibilidad	26.562619	202,210.97	50.63
2902	Soltepec	Con disponibilidad	23.526769	82,478.35	20.65
2903	Huamantla	Con disponibilidad	12.318401	87,582.56	21.93
2904	Emiliano Zapata	Con disponibilidad	0.36326	27,152.84	6.80
Total:			399,424.72	100.00	

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA, DOF: 09/11/2023

⁷ DOF: 09/11/2023 https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5708074&fecha=09/11/2023#gsc.tab=0

Tabla 71. Valores de los parámetros utilizados para determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea

Clave acuífero	Nombre del acuífero	R	DNC	VEAS	DMA	Porcentaje de DMA *
2901	Alto Atoyac	212.4	41.0	144.837381	26.562619	12.51
2902	Soltepec	57.0	16.2	17.273231	23.526769	41.28
2903	Huamantla	96.0	17.9	65.781599	12.318401	12.83
2904	Emiliano Zapata	6.0	4.9	0.76189	0.338110	5.64
Total		371.4	80	222.499481	68.900519	
Porcentaje respecto al volumen de recarga			21.54	61.57	16.89	

* Porcentaje de disponibilidad media anual de agua respecto al volumen de recarga

R: recarga media anual; DNC: descarga natural comprometida; VEAS: volumen concesionado de aguas subterráneas; DMA: disponibilidad media anual de aguas subterráneas.

Volumen de agua medido en hectómetros cúbicos ($\text{hm}^3/\text{año}$) lo cual equivale a un millón de metros cúbicos o a mil millones de litros.

Fuente: CONAGUA, DOF: 09/11/2023

En conjunto, la disponibilidad media anual de aguas subterráneas de los cuatro acuíferos es del 16.89% con relación al volumen de recarga, es decir, constituye el agua que aún puede ser concesionada. El acuífero con las condiciones más críticas en cuanto a la disponibilidad de agua y muy cerca de llegar a un nivel deficitario es el acuífero Emiliano Zapata, el cual cuenta con solo 0.34 hectómetros cúbicos año, que representan solo el 5.64% del volumen de la recarga (**Mapa 66**).

Con el propósito de determinar el comportamiento futuro de la disponibilidad de agua subterránea en los acuíferos del estado, se realizó una modelación estadística empleando el software EViews versión 13⁸, donde se modelaron las proyecciones a través del método de mínimos cuadrados ordinarios, para distintos escenarios temporales.

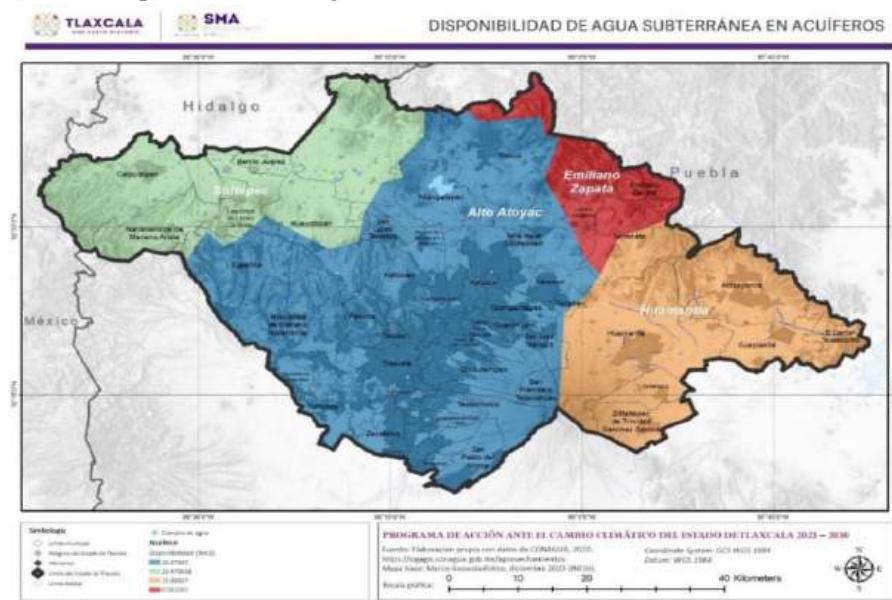
Las estimaciones realizadas se basan en los valores históricos de disponibilidad publicados en los reportes oficiales. De acuerdo con la modelación realizada, se estima que para el año 2050 los cuatro acuíferos estarán en condiciones de déficit. Los datos obtenidos a partir de las estimaciones estadísticas y el año en el que la disponibilidad de agua en cada acuífero comenzará a ser deficitaria se muestran en la **Tabla 72**.

Tabla 72. Proyecciones de disponibilidad de agua en acuíferos (hm^3)

Clave acuífero	Nombre del acuífero	2009	2011	2013	2014	2020	2023	2030	2040	2050	2060	Año déficit
2901	Alto Atoyac	55.21		46.71	46.88	29.38	26.56	7.98	-14.92	-37.82	-60.71	2034
2902	Soltepec	33.52		34.54	34.52	23.47	23.53	16.23	6.63	-2.96	-12.55	2047
2903	Huamantla	26.10		19.94	19.14	15.69	12.32	5.70	-3.36	-12.43	-21.49	2037
2904	Emiliano Zapata		0.84	0.69	0.61	0.36	0.34	-0.17	-0.68	-1.20	-1.71	2027

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de disponibilidad de agua en acuíferos de la CONAGUA

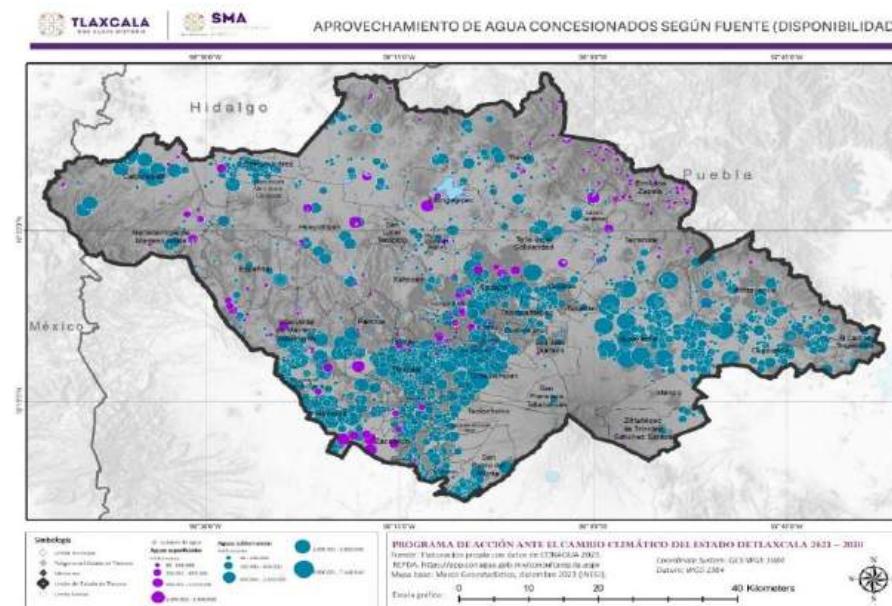
⁸ <https://www.eviews.com/home.html>

Mapa 66. Disponibilidad de agua subterránea en acuíferos del Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA, DOF: 09/11/2023

6.2.4 Aprovechamiento y uso del agua

De acuerdo con el Registro Público de Derechos de Agua REPDA de la CONAGUA, al 19 de octubre de 2023, donde se registran los volúmenes de agua por tipo de aprovechamiento y por tipo de uso de los títulos y permisos otorgados, el 81.87% de los permisos de agua en el estado corresponden a fuentes subterráneas y el 18.13% a fuentes superficiales.

Mapa 67. Aprovechamiento de agua concesionados según fuente

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA 2023. REPDA. [https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx/](https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx;)

El uso agrícola emplea más de la mitad del agua aprovechada en la entidad, siguiendo la tendencia global y nacional como principal sector consumidor de recursos hídricos. El uso público urbano es el segundo uso consuntivo del agua en el estado con más del doble de la proporción nacional relativa a este uso (35.70 vs 14.66%), principalmente por la concentración de población en la parte centro sur del estado en la zona metropolitana de Puebla-Tlaxcala. Las actividades industriales hacen también un uso importante del agua, por encima del promedio nacional, con el 6.43% del agua concesionada (**Tabla 73 y Gráfica 66**).

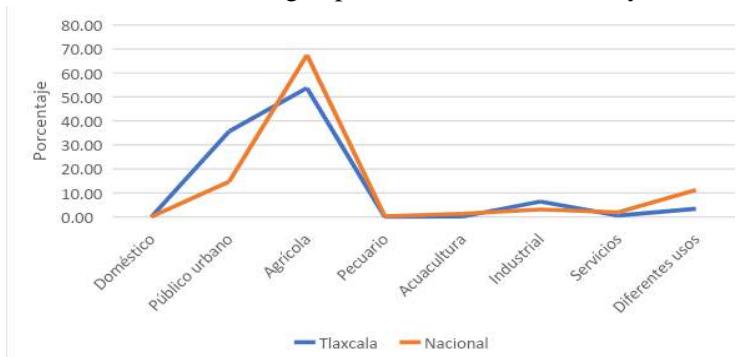
En el Estado de Tlaxcala fue creado el distrito de riego 56 Atoyac-Zahuapan a mediados del siglo pasado, como parte de los procesos de modernización y tecnificación de la agricultura llevado a cabo por el estado mexicano en el periodo postrevolucionario. Este distrito de riego se localiza en dos regiones de la entidad, una de ellas al sur de la presa de Atlanga, en los municipios Atlangatepec y Muñoz de Domingo Arenas; y otra zona al suroeste del estado, en las planicies aluviales formadas entre los ríos Zahuapan y Ajedala, en los municipios de Ixtacuixtla de Mariano Matamoros, Tepetitla de Lardizábal, Natívitas, Panotla, Tetlatlahuca, Tlaxcala, San Damián Texóloc, Santa Ana Nopalucan y Santa Apolonia Teacalco.

Tabla 73. Volumen de aguas subterráneas y superficiales concesionadas según tipo de uso del Estado de Tlaxcala

Uso	Volumen aguas subterráneas m ³	Volumen aguas superficiales m ³	Total m ³ anuales	Porcentaje
Doméstico	2,277.63	30,147.00	32,424.63	0.01
Público urbano	84,276,625.18	8,021,249.35	92,297,874.53	35.70
Agrícola	100,657,808.87	38,341,254.25	138,999,063.12	53.76
Pecuario	41,215.00	55.00	41,270.00	0.02
Acuacultura	29,986.00	298,414.00	328,400.00	0.13
Industrial	16,597,339.52	31,000.00	16,628,339.52	6.43
Servicios	1,288,985.40	122,420.00	1,411,405.40	0.55
Diferentes usos	8,784,424.56	43,605.72	8,828,030.28	3.41
Total:	211,678,662.16	46,888,145.32	258,566,807.48	100.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA 2023. REPDA. <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>;

Gráfica 66. Uso del agua por sector a nivel estatal y nacional



Fuente: CONAGUA 2023. REPDA. <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>; CONAGUA 2020. Usos del agua en México. <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/UsosAgua/>

6.2.5 Requerimientos de agua futuros

El cambio climático está estrechamente relacionado con el agua en el planeta. El incremento de la temperatura altera el ciclo hidrológico en múltiples formas, impacta el escurrimiento, la evapotranspiración, la cantidad de lluvia, el régimen de precipitaciones y la recarga de aguas subterráneas. Los cambios climáticos están generando situaciones de emergencia por la alteración de hábitats y pérdida de biodiversidad, fenómenos meteorológicos extremos más intensos y recurrentes, episodios de sequía más intensos y prolongados e inundaciones en algunas regiones.

El agua es una condición fundamental para la vida y para el desarrollo de la sociedad. La investigación sobre los efectos del cambio climático en los ecosistemas acuáticos, marinos y continentales es una constante debido a los efectos ya observados y a las críticas afectaciones y cambios previstos a causa de este fenómeno global.

Asimismo, en las últimas décadas, las complejas interacciones entre cambio climático y seguridad alimentaria se ha convertido en una preocupación global. A las fuertes alteraciones sobre la extensión y salud de los ecosistemas y a la contaminación del ambiente debido al rápido incremento de la población, se suma ahora la crisis climática de escala planetaria. Los disturbios sobre la base natural de producción de alimentos propicia que las actividades productivas agropecuarias sean extremadamente vulnerables al cambio climático.

Bajo este contexto, se considera fundamental realizar una evaluación tanto de los requerimientos como de la disponibilidad futura de este recurso, con el propósito de contar con bases científicas y técnicas para el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación.

En el presente apartado se realiza una estimación de las necesidades futuras de agua basada en la información disponible, para los principales sectores consumidores de agua: público urbano - doméstico, agrícola, industrial y de servicios. Con relación a los usos pecuario, acuacultura y diferentes usos se consideró una demanda constante de agua.

Uso público urbano y doméstico

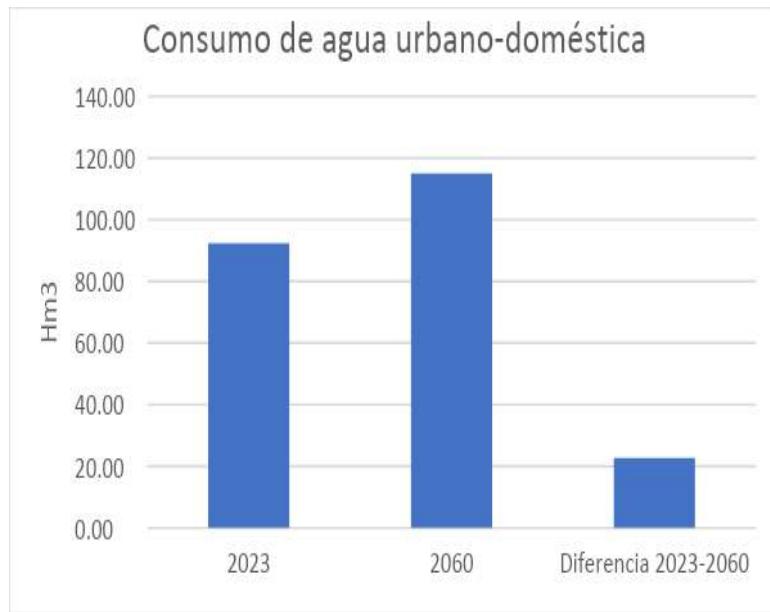
En el Estado de Tlaxcala, la población ha estado en constante aumento de acuerdo con los censos de población realizados en las últimas décadas. Con base a cifras del INEGI, la población del Estado de Tlaxcala creció a una tasa anual de 1.9 entre 1990 y 2020, aumentando 581,700 habitantes en estos 30 años. Las proyecciones de población actualmente disponibles indican que la población estatal no dejará de aumentar hasta el año 2063 a partir del cual se estima que la población comenzará a decrecer gradualmente (CONAPO, 2023).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día)⁹. El consumo de agua por persona en México varía en función de su disponibilidad, al clima de cada región, al nivel socioeconómico de las familias y a los hábitos de las personas. El consumo de agua potable en promedio en las zonas urbanas del país es cercano a 250 litros por habitantes diariamente (Márquez y Ortega, 2015). En zonas rurales, en general, se reconoce que esta cantidad es usualmente inferior, pudiendo encontrarse en aproximadamente 150 litros por persona por día (INFOM, 2010).

⁹ <https://www.un.org/es/global-issues/water>

En el Estado de Tlaxcala, de acuerdo con datos del Registro Público de Derechos de Agua *REPDA, de la Comisión Nacional del Agua de octubre de 2023*, el volumen concedionado de uso doméstico y urbano fue de 92,330,299 m³ anuales. Considerando una población estimada para mediados del 2023 de 1,412,895 habitantes y de acuerdo con proyecciones del Consejo Nacional de Población, el número de litros de agua por persona para consumo diario fue de 179.04 litros. Tomando en cuenta lo anterior, la población proyectada para el año 2060 es de 1,759,848 (346,953 personas más con relación al 2023), eso implica que, con el actual nivel de consumo, la demanda de agua se incrementará a 115,003,091 m³ anuales (22,672,792 m³ más que el consumo actual), es decir, un 24.55% más con relación a la demanda actual.

Gráfica 67. Requerimientos de agua actuales y futuros para el sector urbano y doméstico



Fuente: Elaboración propia a partir de la CONAGUA 2023. REPDA. <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>; y CONAPO 2023.

Agrícola

La proyección de la demanda de agua para la agricultura de riego en el estado de Tlaxcala fue evaluada por Hernández-Rodríguez et al. (2014). La demanda futura de agua se estimó utilizando el Sistema de Evaluación y Planificación del Agua (WEAP por sus siglas en inglés), tomando como base la información del Registro Público de Derechos de Agua (REPDA) y un incremento de la superficie agrícola con riego de 0.5 porciento anual.

De acuerdo con el inventario de vegetación y uso del suelo del INEGI (2018), la agricultura de riego en sus distintas modalidades (cultivos anuales, permanentes y semipermanentes) se desarrolla en una superficie de 25,144 ha, la mayor parte de las cuales se encuentran dentro del Distrito de riego Atoyac-Zahuapan.

Se estima que la demanda de agua para agricultura de riego para el año 2060 será de 199,450,000 m³.

Industrial y de servicios

La demanda de agua del sector industrial y de servicios se realizó tomando como proxy la información oficial de crecimiento de estos sectores entre los años con información disponible, del 2013 al 2023. A partir de los registros históricos del Producto Interno Bruto por Entidad Federativa del INEGI para el estado de Tlaxcala se realizaron proyecciones para el año 2060 por medio del modelo de regresión lineal del software EViews.

A partir de los datos de referencia para el año 2023, para el año 2060 se estima un incremento de la actividad industrial del 86.35% y de 24.04% para el sector servicios. De acuerdo con estas proyecciones, la demanda de agua ascenderá a 30,987,176 y 1,750,714 m³ anuales para los sectores industrial y de servicios, respectivamente, considerando un incremento de 14,358,837 y 339,309 m³ para cada uno de estos sectores en el periodo señalado (14,698,146 m³ en total).

Con base a las estimaciones realizadas, para el año 2060 se prevé que la demanda de agua en el estado ascienda a 356,049,372.68 m³, lo cual representa un incremento del 68.20% más considerando las tendencias de consumo históricas, si estas tendencias no registrarán cambios (*Business as usual*).

Tabla 74. Volumen estimado de demanda de agua para el año 2060 según tipo de uso

Uso	Volumen de agua m3	Porcentaje
Público urbano y doméstico	115,003,091	32.30
Agrícola	199,450,000	56.02
Pecuario	41,270.00	0.01
Acuacultura	328,400.00	0.09
Industrial	30,987,176	8.70
Servicios	1,411,405.40	0.40
Diferentes usos	8,828,030.28	2.48
Total:	356,049,372.68	

Fuente: Elaboración propia a partir de la CONAGUA 2023. REPDA; Hernández-Rodríguez et al., 2014; INEGI,
<https://www.inegi.org.mx/app/tabcuadros/default.aspx?pr=17&vr=7&in=2&tp=20&wr=1&cno=2>.

6.2.6 Disponibilidad futura de agua de acuerdo con escenarios de cambio climático

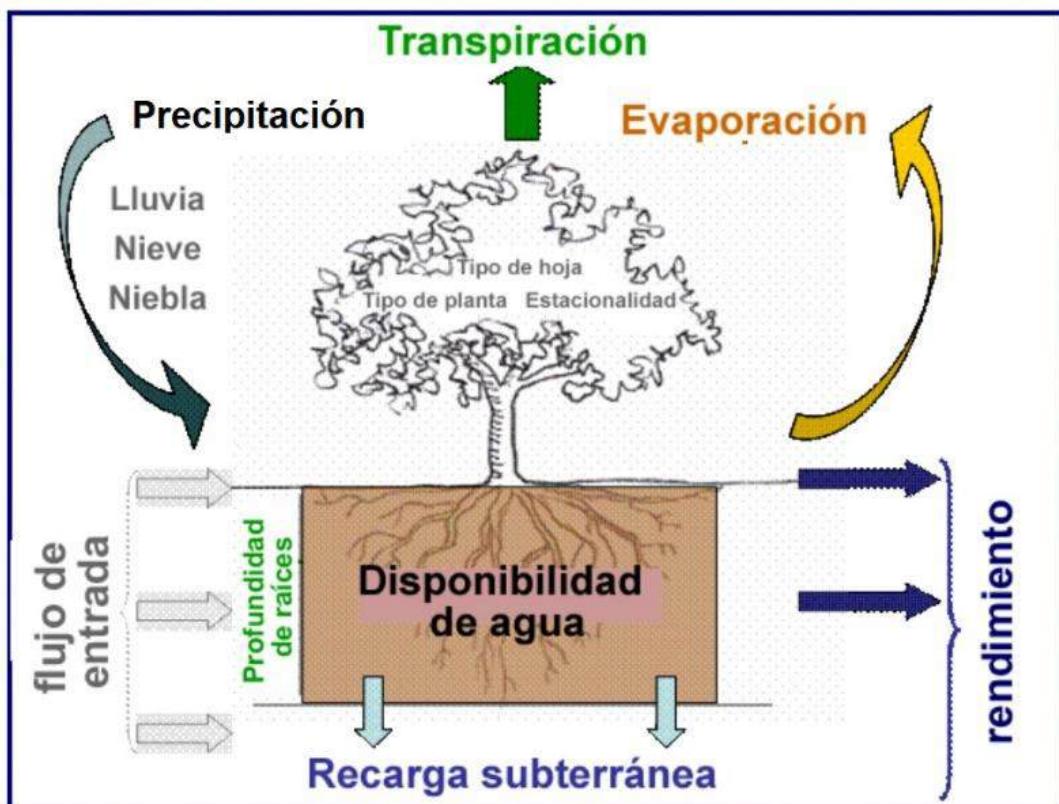
La disponibilidad de agua en el Estado de Tlaxcala está en función del balance entre el agua que entra al territorio estatal por medio de la precipitación y del agua que se evapora de ríos, cuerpos de agua y del suelo, así como por la evapotranspiración de la vegetación. La diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración puede escurrir superficialmente y, eventualmente, llegar a ríos y arroyos, almacenarse en los cuerpos de agua superficiales, o bien, contribuir a la recarga de las aguas subterráneas.

La disponibilidad natural del agua fue estimada en el Estado de Tlaxcala a través de modelos para la evaluación de servicios ecosistémicos. El propósito de esta evaluación es conocer la distribución espacial de la disponibilidad de agua en el estado, así como las zonas donde proporcionalmente habrá un mayor cambio de la existencia de agua derivado del calentamiento global.

Para la estimación de la disponibilidad de agua o rendimiento hídrico fue empleado el modelo de Rendimiento Hídrico (Water Yield), de la Suite de modelos de *InVEST* (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs). Este modelo permite estimar las contribuciones relativas del agua de diferentes zonas de un paisaje, proporcionando información de cómo patrones de uso del suelo afectan el rendimiento anual de agua superficial. El algoritmo se ejecuta en un ambiente raster, con diferentes insumos biofísicos incluidos en mapas y tablas de valores, determina la cantidad de agua que fluye de cada píxel por la precipitación, menos la fracción del agua que es evapotranspirada.

El modelo no diferencia entre el agua que escurre superficialmente, en el subsuelo y en forma de flujo base, sino que supone que todo el rendimiento de agua de un píxel alcanza el punto de interés a través de una de estas vías. Este modelo suma y promedia el rendimiento del agua a escala de unidades espaciales hidrológicas. Los cálculos a nivel de píxeles permiten representar la heterogeneidad de los factores clave del rendimiento de agua, como el tipo de suelo, la precipitación, o el tipo de vegetación; sin embargo, la teoría que se está utilizando como base de este conjunto de modelos se desarrolló a nivel de subcuenca, por lo que el mayor grado de confianza que se alcanza en la interpretación es a esta escala. En la **Figura 26** se muestra el esquema conceptual del modelo utilizado.

Figura 27. Esquema conceptual de modelo de Rendimiento Hídrico



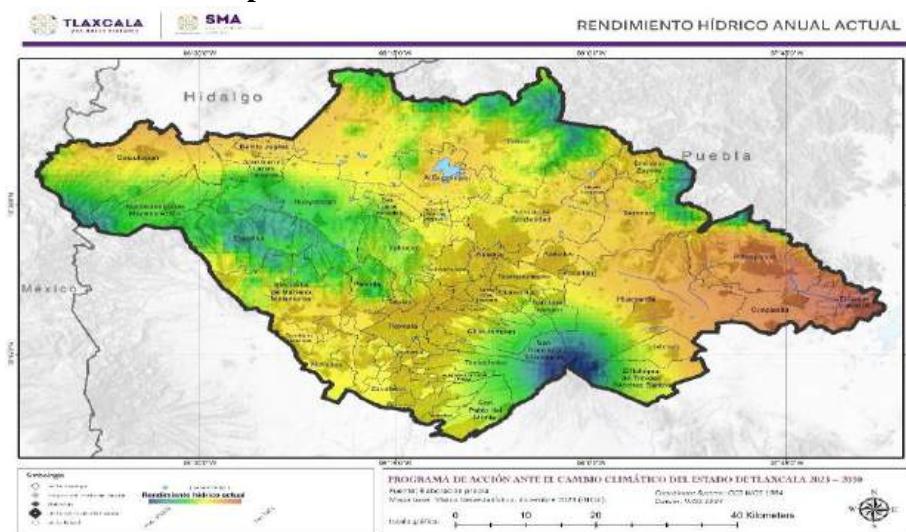
Fuente: User Guide: Reservoir Hydropower Production (Water Yield). http://releases.naturalcapitalproject.org/invest-userguide/latest/en/annual_water_yield.html

Las variables biofísicas requeridas por el modelo y sus respectivas fuentes para la estimación del rendimiento hídrico en el Estado de Tlaxcala son las siguientes:

Variable	Fuente
Uso de suelo y vegetación	Pesaresi, Martino; Politis, Panagiotis (2023): GHS-BUILT-S R2023A - GHS built-up surface grid, derived from Sentinel2 composite and Landsat, multitemporal (1975-2030). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] doi: 10.2905/9F06F36F-4B11-47EC-ABB0-4F8B7B1D72EA PID: http://data.europa.eu/89h/9f06f36f-4b11-47ec-abb0-4f8b7b1d72ea SEMARNAT-CONAFOR. 2014. Inventario Estatal Forestal y de Suelos del Estado de Tlaxcala
Precipitación	WorldClim versión 2.1 datos históricos para el periodo 1970-2000, con resolución ≈ 1 km
Evapotranspiración anual de referencia	Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration (ET0) Climate Database v3, con resolución ≈ 1 km
Profundidad de las raíces de la vegetación	The Nature Conservancy
Agua disponible para las plantas	The Nature Conservancy
Límites de área de estudio	Marco Geoestadístico Municipal 2022. INEGI
Subcuencas	Microcuencas, SAGARPA-FIRCO 2002.

En el **Mapa 68**, se muestra la distribución espacial del rendimiento hídrico en el estado de Tlaxcala, de acuerdo al modelo, los valores más altos de disponibilidad natural de agua se encuentran en las regiones donde se ubica del Volcán la Malinche en el límite sur del estado; en diversas áreas de la Sierra de Tlaxco en el norte; en las elevaciones al oriente del municipio Terrenate; así como en una franja comprendida entre San Simón Tlatlahuitepec y Santa María Atlihuetepec, hasta las laderas nororientales del Volcán Telapón, en la Sierra Nevada.

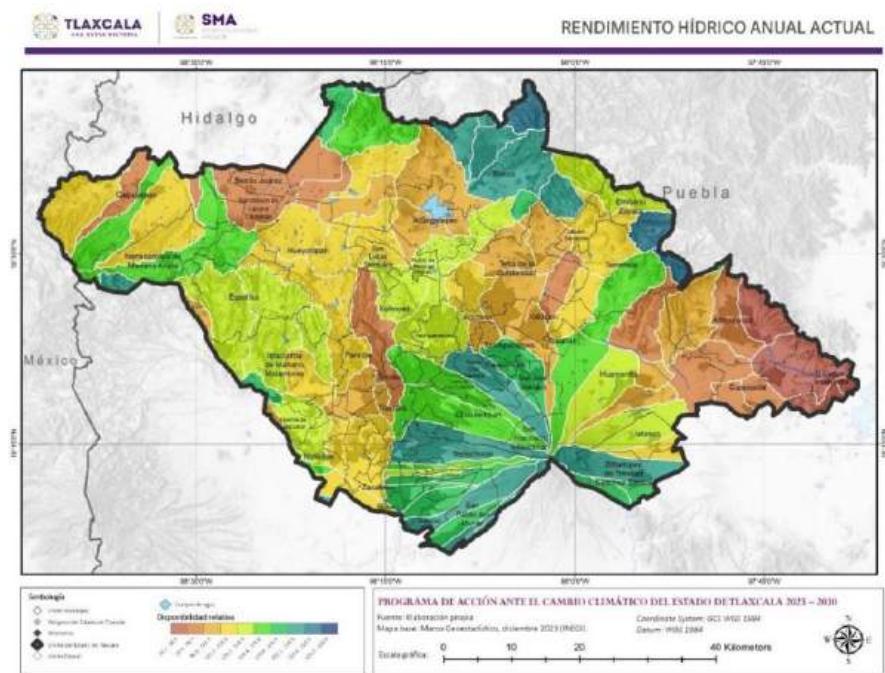
Mapa 68. Rendimiento hídrico anual actual



Fuente: Elaboración propia con base a las fuentes mencionadas en este apartado

A nivel de microcuencas, la información sobre rendimiento hídrico permite identificar áreas muy importantes de mayor disponibilidad de agua en las áreas montañosas, así como el área con menor grado de disponibilidad en el oriente del estado, en los municipios Atlitzayanca, Cuapiaxtla, El Carmen Tequexquitla y Huamantla, dentro de la cuenca Río Libres Oriental (**Mapa 69**).

Mapa 69. Rendimiento hídrico anual actual en microcuenca



Fuente: Elaboración propia con base a las fuentes mencionadas en este apartado

La disponibilidad de agua, intrínsecamente relacionada con la cantidad de precipitación y los niveles de evapotranspiración, es afectada directamente por el cambio climático. El incremento de la temperatura ocasionará cambios en las precipitaciones registradas en Tlaxcala, así como en los niveles de transpiración, lo cual modificará la cantidad de agua disponible de forma diferenciada en distintas zonas del estado. Otro factor que incide directamente sobre los procesos hidroclimáticos es la cobertura del suelo. Entre las consecuencias más importantes de la remoción de la cobertura vegetal natural se encuentran la pérdida de la biodiversidad y de servicios ambientales hidrológicos, por ejemplo, por el incremento de la escorrentía y la disminución del flujo base en la época seca del año.

Con el propósito de evaluar los cambios espacio temporales de la disponibilidad de agua a consecuencia del cambio climático, se modeló el rendimiento hídrico futuro considerando los cambios esperados en la precipitación para lo cual se empleó información sobre el pronóstico de precipitaciones de los modelos GFDL-ESM4 y HadGEM3-GC31-L, para el escenario de emisión de gases de efecto invernadero ssp585 y para el periodo de tiempo 2041-2060¹⁰. Asimismo, se realizó la modelación de los cambios de uso del suelo esperados para el año 2060.

¹⁰ UNAM, <https://ri.atmosfera.unam.mx/AR6/srv/spa/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset>; consultado en octubre de 2023

Las proyecciones de los cambios futuros de usos del suelo se realizaron a través de métodos estadísticos de regresión (mínimos cuadrados ordinarios), analizando información histórica disponible. Para ello fueron procesados los mapas de uso del suelo y vegetación del INEGI, de las series III, IV, V, VII y VII, que corresponden a los años 2005, 2009, 2013, 2016 y 2018 respectivamente, a partir de las cuales se estimó la superficie de coberturas de la tierra para los años 2030, 2040 y 2060.

Las distintas coberturas de los mapas originales fueron reclasificadas y agrupadas en las categorías de vegetación natural y en los usos antrópicos de agricultura, ganadería (pastizales) y asentamientos humanos.

Tabla 75. Superficie de usos del suelo proyectadas

Uso del suelo	Superficie en Km ²							
	2005	2009	2013	2016	2018	2030	2040	2060
Agricultura	2,945.50	2,940.78	2,929.06	2,900.04	2,908.20	2,815.92	2,718.00	2,625.08
Áreas urbanas	44.68	53.57	64.38	146.44	161.35	256.09	349.74	443.40
Pastizal inducido	249.22	244.04	243.65	167.28	166.03	137.01	128.00	114.00
Vegetación natural	754.85	755.85	757.16	780.49	758.66	785.24	798.50	811.77
	3,994.25	3,994.25	3,994.25	3,994.25	3,994.25	3,994.25	3,994.25	3,994.25

Fuente: Elaboración propia a partir de los mapas de vegetación y uso del suelo del INEGI, series III – VII.

A través de las proyecciones de cambio de uso del suelo se estima un ligero incremento de áreas con vegetación natural (vegetación secundaria, sobre tierras actualmente con usos agropecuarios) y de forma importante, un incremento en las áreas urbanas.

En contraparte, se espera una disminución en las áreas agrícolas y pastizales inducidos. Del análisis de expansión de áreas urbanas del año 2005 al 2018, (las cuales pasaron de 41.14 Km² a 161.35 Km² en dicho periodo) se calcula que aproximadamente el 95% del crecimiento de las áreas urbanas en el periodo se dio sobre usos agrícolas y en porcentajes muy bajos sobre pastizales y sobre áreas con vegetación (**Tabla 76**).

Tabla 76. Matriz de cambios de uso de suelo en el período 2005-2018

Serie III 2005	Serie VII 2018				Total General (Km ²)	
	Agricultura	Áreas urbanas	Pastizal inducido	Vegetación natural		
Agricultura	2,748.42	113.72	988.16	72.91	3,923.21	
Áreas urbanas	0.00	41.14	0.00	0	41.14	
Pastizal inducido	59.64	3.76	142.08	43.74	249.22	
Vegetación natural	100.14	2.73	9.96	642.01	754.85	
Total	2,908.20	161.35	1,140.21	758.66	4,968.42	

Fuente: Elaborado a partir de mapas de vegetación y uso del suelo de las series III y VII, escala 1: 250,000, INEGI

La modelación del rendimiento hídrico en condiciones de cambio climático por medio del modelo Water Yield de InVEST requiere de información espacialmente explícita, por lo cual se realizó el modelado geográfico de los cambios de uso del suelo. El algoritmo empleado pertenece también a la suite de modelos de InVEST: Generador de escenarios basado en proximidad (Scenario Generator: Proximity Based) (Berg et al., 2015).

El generador de escenarios basado en proximidad crea un conjunto de mapas de cambio de uso del suelo a partir de un mapa de uso del suelo actual. El usuario especifica qué usos del suelo pueden ser convertidos y en qué se convierten, así como el tipo de patrón, según la proximidad al borde de un hábitat focal.

De esta manera, se puede generar una variedad de patrones de cambio en el uso de la tierra, para el presente análisis, se modela en crecimiento de áreas urbanas y de la vegetación natural desde áreas actualmente ocupadas por estos usos hacia zonas agropecuarias. Con la información generada a través de este modelo, una vez conjuntada, se creó el mapa de uso del suelo proyectado para el año 2060, el cual constituyó un insumo para el modelo de rendimiento hídrico.

Conceptualmente, el modelo requiere del establecimiento de tres tipos de cobertura terrestre:

- 1) La cobertura terrestre focal. Es el uso de suelo que establece las reglas de proximidad desde las cuales se plantearán los escenarios a determinar. El generador de escenarios partirá de este uso actual y mide la distancia hacia dónde ocurrirá la conversión.
- 2) La cubierta terrestre convertible. Es el uso de suelo que se pueden convertir, este uso podría ser el mismo que los de la cobertura terrestre focal, un subconjunto o ser completamente diferente.
- 3) La cubierta de tierra de reemplazo. Es el uso de suelo a la que se convertirán las coberturas de tierra convertibles. Este sólo puede ser un tipo de uso de suelo por cada ejecución del modelo.

El modelo se alimenta con los siguientes insumos:

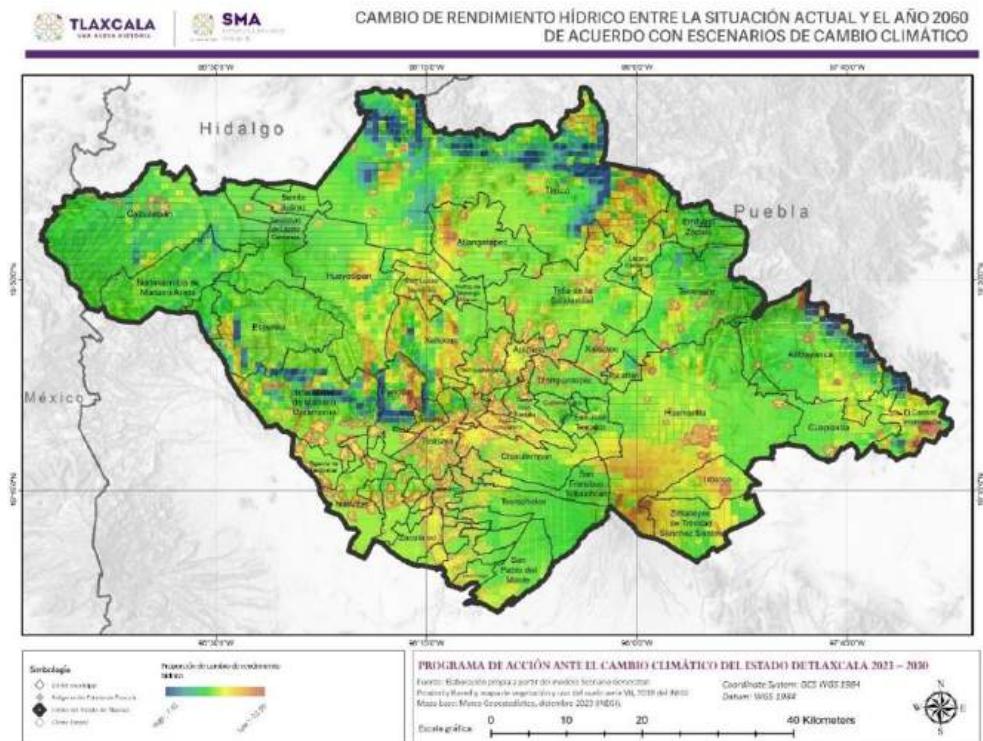
1. Cobertura de uso de suelo actual
2. Número de años que se considerarán
3. Superficie que puede ser transformada
4. Usos sobre los cuales se efectuará la transformación

Las proyecciones futuras de cambio de cobertura se hicieron considerando los cambios históricos registrados. Sin embargo, este es un proceso sumamente dinámico y complejo, donde intervienen una serie de factores diversos, de índole social, economía y política, por lo que la información generada debe ser analizada bajo estas consideraciones.

De acuerdo con los escenarios de cambio climático analizados se pronostica que haya una reducción del rendimiento hídrico en la mayor parte del territorio estatal, con valores porcentuales entre -7.02 y -23.95

respecto al rendimiento hídrico actual. En promedio para el territorio de Tlaxcala se estima una reducción promedio del rendimiento hídrico de 14.27%.

Mapa 70. Cambio de rendimiento hídrico entre la situación actual y el año 2060 de acuerdo con escenarios de cambio climático.



Fuentes: Generación propia a partir del modelo Scenario Generator: Proximity Based y datos de escenarios de cambio climático <https://ri.atmosfera.unam.mx/AR6/srv/spa/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset> consultado en octubre de 2023; SEMARNAT-CONAFOR, 2014

La distribución espacial de los cambios en el rendimiento hídrico o disponibilidad de agua es heterogénea en el estado, los valores más bajos de disminución del rendimiento hídrico se ubican en la región norte del estado, en las zonas con mayor altitud del municipio de Tlaxco y en algunas zonas del centro-oeste del estado en los municipios de Panotla e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros.

La disminución más drástica del rendimiento hídrico se ubicaría en la región nororiental del Volcán La Malinche; en una franja de territorio en la zona central del estado, en áreas de los municipios de: Atlangatepec, San Lucas Tecopilco, Xaltocan, Yauhquemehcan, Apizaco y Panotla y; al poniente en los municipios de Atlitzayanca y El Carmen Tequexquitla.

En el Programa de Acciones para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030, se estimó que la oferta de agua para el Estado de Tlaxcala es cercana a 369 Hm^3 . Considerando que, de acuerdo con los modelos de rendimiento hídrico realizados, se pronostica una reducción promedio de la disponibilidad de agua en el estado del 14.27% para el año 2060, entonces la oferta de agua sería de aproximadamente 316.34 Hm^3 . Teniendo en cuenta que la

demandas de agua en el estado podría ascender a 356.049 Hm³, lo anterior representaría un déficit de 39.70 Hm³ anuales de agua.

Si bien los modelos aquí utilizados constituyen una abstracción de la realidad y los cambios en la precipitación y temperatura estimados por distintos modelos tienen una incertidumbre considerable, especialmente cuando se trata de modelos globales, es importante considerar que en el futuro habrá una menor disponibilidad de agua en el Estado de Tlaxcala, en distintas magnitudes en el tiempo y en el territorio.

La variabilidad climática que se ha ido incrementando en las últimas décadas y que sin duda se intensificará en el futuro, traerá consigo un mayor contraste entre años más húmedos y más secos, y, por lo tanto, esto se verá reflejado en la disponibilidad de agua interanual.

Las tendencias de crecimiento de la población y de las actividades económicas, y, por consiguiente, de la demanda de agua, así como una reducción anual promedio de la disponibilidad de agua en el estado, conlleva a una necesidad imperante de hacer un uso más eficiente de este recurso, y, por lo tanto, se requiere desarrollar estrategias y llevar a cabo acciones correspondientes a los tres ejes de desarrollo sustentable que son ambiental, social y económico, que permitan llevar a cabo acciones de adaptación eficientes.

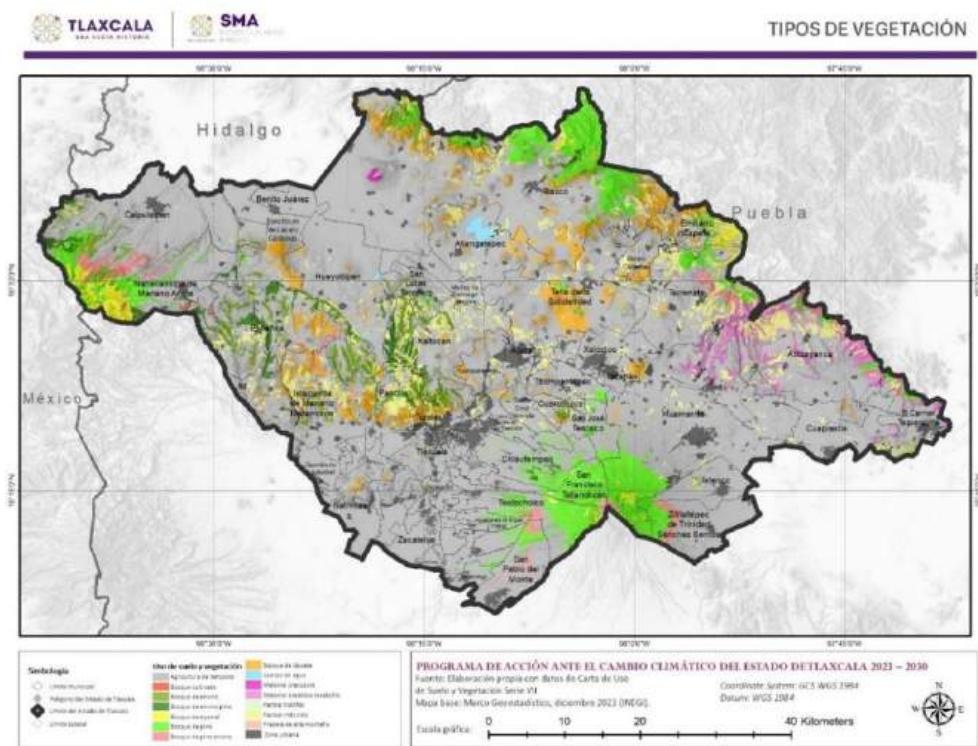
El derecho humano al agua está establecido en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Bajo este principio, la CONAGUA realizó una propuesta para asegurar a la población futura del Estado de Tlaxcala el derecho humano al agua al 2050.

Esta institución calculó los requerimientos futuros de agua para uso Público Urbano teniendo en cuenta la población proyectada para el año 2050 y un consumo diario por persona de 150 litros. Actualmente, solo 6 municipios de la entidad tienen asegurado en sus títulos de asignación suficiente agua para la población al año 2050 (Apizaco, Teolocholco, Totolac, España, El Carmen Tequexquitla y Lázaro Cárdenas) y 54 municipios requieren incrementar el volumen de sus títulos de asignación para la población futura y, por lo tanto, hacer los trámites respectivos ante la CONAGUA.

En el diagnóstico realizado por la CONAGUA se concluye que las condiciones de disponibilidad de agua posibilitan evaluar la instalación de industrias de bajo consumo de este recurso en los acuíferos de Soltepec y Huamantla, mientras que en el acuífero Alto Atoyac los usos industriales se encontrarán fuertemente limitados.

6.3 Incidencia del cambio climático sobre el sector forestal

De acuerdo con el inventario Estatal Forestal y de Suelos del Estado de Tlaxcala 2015-2020, el 18.6 % del territorio está cubierto por superficie forestal (74,170 ha) de las cuales 66,710.9 están ocupados por bosques, conformados por ecosistemas de bosques de encino (10,712.2 ha), bosque de pino-encino (3,117.3 ha), bosque de oyamel (3,859.7 ha), bosque de pino (28,574.3 ha), bosque de pino-encino (4,793 ha), bosque de táscate (15,654.3 ha) y otras asociaciones (71.9 ha) (CONAFOR 2022) (**Mapa 71**).

Mapa 71. Tipos de Vegetación en Tlaxcala

Fuente: Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie VII

En la superficie ocupada por vegetación forestal predominan las especies *Juniperus deppeana*, *Pinus leiophylla*, *Pinus montezumae*, *Pinus teocote*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus Patula*, *Pinus rufida*, *P. hartwegii*, *Pseudotsuga macrolepis*, *Abies religiosa*, *Pseudotsuga menziesii* y *Quercus ssp*, entre otras.

Los recursos forestales de Tlaxcala se ubican en cuatro regiones definidas por su ubicación geográfica.

1. Región Tlaxco-Terrenate

Se caracteriza por ser la principal zona forestal sujeta al manejo forestal para el aprovechamiento comercial. El régimen de la tenencia indica que la superficie forestal está en un 36% como propiedad privada y un 64% como propiedad social. La tala clandestina y el cambio del uso del suelo representan factores de riesgo ecológico de atención prioritaria. Presenta procesos erosivos por la pérdida de la cubierta vegetal.

2. Región Nanacamilpa-Calpulalpan

Región sujeta al manejo forestal. El régimen de propiedad indica que se distribuye en 47% para propiedad privada y 53% de propiedad social. Por su diversificación en el uso forestal esta zona promueve el ecoturismo relacionado con los santuarios de avistamiento de luciérnagas.

3. Parque Nacional de la Malinche

Área Natural Protegida compartida entre los Estados de Tlaxcala (33,155 ha) y Puebla (12,650 ha). La principal

problemática son los bosques irregulares deteriorados por histórica presión demográfica. La tala ilegal está controlada, pero persisten los incendios forestales. En el 2020 y 2021 se reportan 687.9 ha afectadas por problemas sanitarios provocados por el descortezador y plantas parásitas (CONAFOR-Programa Operativo de Sanidad Forestal, 2022).

4. Región Centro-Poniente, caracterizada por vegetación forestal fragmentada.

La vegetación forestal se encuentra fragmentada debido a las actividades de cambio de uso de suelo con fines agropecuarios, así como la extracción de leña para combustible, son efectos de la degradación forestal en esta región. La presencia de descortezador y muérdago, son componentes de la problemática sanitaria.

Los municipios con mayor superficie forestal son Tlaxco, Calpulalpan, Huamantla, España y Nanacamilpa de Mariano Arista. Los bosques desempeñan un papel crucial en la mitigación del cambio climático debido a su capacidad para actuar como sumideros de carbono. Un sumidero de carbono es una entidad que absorbe más dióxido de carbono (CO_2) de lo que emite, lo que ayuda a reducir la concentración de CO_2 en la atmósfera y, por lo tanto, a disminuir el calentamiento global. Los bosques, en particular, desempeñan este papel al absorber CO_2 durante el proceso de fotosíntesis y almacenarlo en su biomasa y suelos, por lo que cambios en los patrones de temperatura y precipitación, además de cambios de uso de suelo derivado del crecimiento de la población alrededor de zonas urbanas, los incendios forestales, las plagas y enfermedades, podrían afectar el desarrollo y distribución de los bosques, con las implicaciones negativas para la propia población y el ambiente.

6.3.1 Importancia de los recursos genéticos y forestales en el Estado de Tlaxcala

En Terrenate, Tlaxcala existe un bosque relicto poblado de la especie *Pseudotsuga menziesii* o también conocido como abeto pinabete. Los árboles de *P. menziesii* producen madera de buena calidad y son demandados en la época navideña como plantas de ornato, debido a la configuración de la copa y la permanencia de sus hojas una vez cortado el árbol, por su importancia comercial se colecta semilla de manera indiscriminada, que ocasiona daños a los árboles, además de que tienen problemas para producir semilla y generar nuevos individuos (Ventura *et al.*, 2010), derivado de lo anterior se consideran la especie se considera en categorías de riesgo por la pérdida de hábitat.

La especie se distribuye en localidades aisladas de algunos estados del centro del país como Hidalgo, Tlaxcala y Puebla. En el Estado de Tlaxcala se ubica una pequeña población de *Pseudotsuga menziesii*. Estas poblaciones se ubican entre 2450 y 3400 m s.n.m. y se desarrollan en cañadas y pendientes pronunciadas. Presenta problemas de fragmentación y afectación por diversos factores de disturbio: naturales y de origen humano (Guerra De La Cruz *et al.*, 2012).

En México el *Pseudotsuga menziesii* se encuentra bajo protección especial de la NOM-059-SEMARNAT-2010, es conocido comúnmente como el abeto, es una especie de árbol que tiene una importancia ecológica y conservacionista. A continuación, se detallan algunos aspectos relevantes:

Hábitat y ecosistema: Esta especie de abeto se encuentra en bosques de montaña, principalmente en zonas con altitudes elevadas y climas frescos. Su presencia en estos ecosistemas contribuye a la estructura y la diversidad

de la vegetación, proporcionando hábitats para una variedad de especies de flora y fauna. Además, los bosques de abeto desempeñan un papel importante en la conservación del suelo, el ciclo del agua y la regulación del clima local.

Valor económico y cultural: El *Pseudotsuga menziesii* tiene un valor económico como fuente de madera de calidad. Su madera se utiliza en la construcción, carpintería y fabricación de muebles, sin embargo, debido a su limitada distribución y a la necesidad de proteger sus poblaciones, su explotación se encuentra regulada y controlada. Además, para algunas comunidades locales, el abeto tiene un valor cultural y es parte de su identidad y tradiciones.

Conservación y protección: Dado que el *Pseudotsuga menziesii* es una especie endémica y sufre presiones de fragmentación del hábitat, se le considera una especie en riesgo. La conservación de esta especie y su hábitat es fundamental para garantizar su supervivencia y preservar la diversidad biológica en la región.

Su presencia en los bosques del municipio de Terrenate es de gran belleza por las características de sus árboles con troncos rectos y alturas mayores de 30 metros y contribuye como banco de semillas. La protección y conservación de esta especie son importantes para garantizar su supervivencia y preservar la riqueza natural. Sin embargo, está amenazado por el cambio climático y las actividades humanas.

Con el propósito de hacer frente a esta problemática, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) ha implementado un Banco de Germoplasma en Xocoyucan. Este banco tiene la capacidad de resguardar hasta una tonelada de semillas de diversas especies forestales, con el objetivo principal de preservar el valioso material genético. Su función abarca desde la recuperación de especies amenazadas hasta proporcionar alternativas cruciales para afrontar los desafíos ambientales. Además, esta iniciativa promueve la investigación en el ámbito forestal y contribuye significativamente al bienestar humano y al equilibrio ecológico.

6.3.2 Principales actividades forestales en el Estado de Tlaxcala

El aprovechamiento de los recursos forestales de manera legal, ordenada y sostenible es una actividad que contribuye al fortalecimiento de las economías locales al tiempo que garantiza la conservación de los bosques y otros ecosistemas forestales.

En Tlaxcala, 10,524 hectáreas están bajo manejo forestal autorizado, de las cuales 147 ha son comunales, 7,479 ejidales y 2,898 ha son particulares; ya sea para producción de madera y sus derivados, o de algún producto forestal no maderable. Se extrae un promedio anual de 31,104 m³r de madera (**Tabla 77**).

Tabla 77. Producción Forestal 2018. Maderable Volumen y Valor por género y grupo de productos.

Género/ Productos	Escuadría	Celulósicos	Chapa y triply	Postes, pilotes y morillos	Leña	Carbón	Durmientes	Total
Productos Maderables (m³r)								
Pino	20,304	0	0	0	3,346	0	0	23,650
Oyamel	7,230	0	0	0	1,589	0	0	8,819

Género/ Productos	Escuadría	Celulósicos	Chapa y triplay	Postes, pilotes y morillos	Leña	Carbón	Durmientes	Total
Otras coníferas	0	0	0	0	0	0	0	0
Encino	3,460	0	0	0	1,528	227	0	5,215
Otras latifoliadas	110	0	0	0	356	0	0	466
Total	31,104	0	0	0	6,819	227	0	38,150
Valor de la Producción Maderable (\$)								
Pino	29,846,549	0	0	0	1,338,380	0	0	31,184,929
Oyamel	10,555,685	0	0	0	635,640	0	0	11,191,325
Otras coníferas	0	0	0	0	0	0	0	0
Encino	2,422,235	0	0	0	611,060	90,840	0	3,124,136
Otras latifoliadas	55,086	0	0	0	142,323	0	0	197,40
Total	41,879,555	0	0	0	2,727,403	90,840	0	45,697,798
Pino	29,846,549	0	0	0	1,338,380	0	0	31,184,929

Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Forestal, 2018

6.3.3 Plantaciones Forestales Comerciales

Las plantaciones de árboles de Navidad generan diversos beneficios; los ambientales, económicos y sociales, donde los productores y consumidores satisfacen una necesidad de bienestar social.

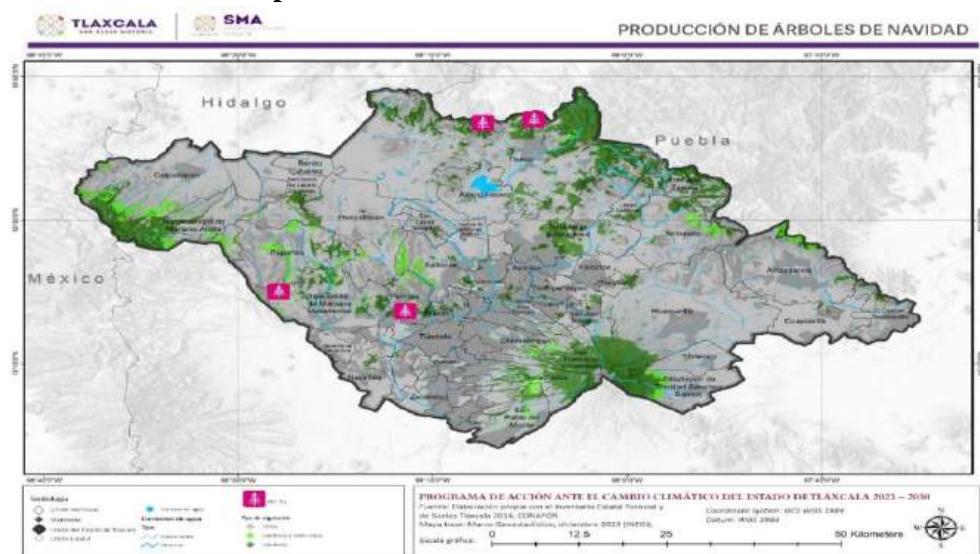
La demanda actual del mercado nacional es de dos millones de árboles, anualmente en México se compra el 45% de los árboles de Navidad que son producidos en el país y el resto se importa de E.U. y Canadá. A nivel nacional Veracruz, Puebla y el Estado de México concentran el 91.2% de la producción (CONAFOR, 2019). Tlaxcala en el 2018 registro una producción de 873 piezas con un valor total en venta de \$392,850 pesos (Anuario Estadístico de la Producción Forestal, 2018).

Las Plantaciones de árboles de navidad, constituyen una actividad prioritaria para contribuir a mejorar el aprovechamiento sustentable de los recursos forestales, restaurar la cobertura arbórea y proveer de servicios ambientales a la población.

Las plantaciones de árboles de Navidad facilitan la filtración de agua y recarga de los mantos acuíferos, la captura de una gran cantidad de carbono durante el crecimiento de estos y contribuye a la prevención de la erosión del suelo. Con base a la información publicada en CONAFOR, en el **Mapa 72** se muestra la ubicación de productores de árboles de navidad en Tlaxcala¹¹.

¹¹ <https://directorioarboles.cnf.gob.mx/>

Mapa 72. Plantaciones de árboles de navidad



Fuente: Elaboración propia con información de CONAFOR (<https://directorioarboles.cnf.gob.mx>).

Los árboles de Navidad artificiales están hechos de diversos materiales, como plástico (polietileno, PVC), metal y otros componentes. La degradación de un árbol artificial depende de la calidad de los materiales utilizados y las condiciones ambientales en las que se encuentra. En general, los árboles de Navidad artificiales pueden tardar cientos de años en degradarse completamente debido a que están compuestos principalmente de materiales no biodegradables. El PVC, que es uno de los materiales comúnmente utilizados para fabricar árboles artificiales, puede tardar siglos en descomponerse en la naturaleza.

Por otro lado, los árboles de Navidad naturales, como se mencionó anteriormente, pueden degradarse más rápidamente y, si se gestionan adecuadamente, pueden ser más amigables con el medio ambiente, ya que pueden ser compostados o reciclados para utilizar su materia orgánica como abono.

Producción de Carbón

En la producción maderable de 2018, se destinó un volumen de 227 m³r principalmente con encino (*Quercus spp*), a los ejidos de San Felipe Hidalgo, en el municipio de Nanacamilpa; San Antonio Mazapa, en Calpulalpan, así como los ejidos de Acopinalco del Peñón y El Rosario, del municipio de Tlaxco, para la producción y comercialización de carbón vegetal. El valor de la producción de carbón es de \$90,840 (Anuario Estadístico de la Producción Forestal, 2018).



Foto: CONAFOR, 2017 (<https://www.gob.mx/conafor/prensa/apoya-conafor-produccion-de-carbon-vegetal-en-tlaxcala>)

Ecoturismo

El turismo en torno a las luciérnagas puede tener un impacto positivo en las economías locales. Las luciérnagas son insectos bioluminiscentes que emiten luz, lo que crea un espectáculo natural único y atractivo para los turistas. Muchas poblaciones humanas han reconocido el valor de este fenómeno y han desarrollado actividades turísticas centradas en las luciérnagas, como excursiones nocturnas para observarlas en su entorno natural (Dangles y Casas, 2019).

Anualmente, los municipios de Nanancamilpa y Calpulalapan son visitados por una gran cantidad de turistas. Entre 2014 y 2016 se observó un incremento sustancial de visitas por turismo, pasando de 76,636 turistas en 2014 a 90,000 en 2016 (García-Trujillo *et al.*, 2018). Para el 2019 se recibieron 120,000 turistas (Lewis *et al.*, 2021).

Las luciérnagas se consideran organismos relativamente sensibles a los cambios ambientales debido a que son poco tolerantes a los disturbios (Maquítico-Rocha y Carrillo-Ruiz, 2019). Las investigaciones muestran como la temperatura, humedad, punto de rocío y el índice de calor, afectan la abundancia de las poblaciones de la especie (Ramírez-Manzano *et al.*, 2023). En este sentido, sus especies son vulnerables e indicadores útiles frente a la rápida modificación de los ecosistemas (Mattoni, *et al.*, 2000). Ramírez-Manzano *et al.*, (2023), resalta dos especies endémicas que habitan el Santuario de las Luciérnagas de Nanacamilpa, Tlaxcala: *Photinus palaciosi* comb. nov. *Macrolampis palaciosi* s. nov. Identificadas por Zaragoza-Caballero, 2012 y *Photinus chapingoensis* identificadas por Zaragoza-Caballero, 2015).

El aumento de la actividad turística puede tener impactos negativos en el medio ambiente y en el comportamiento de las luciérnagas si no se gestiona adecuadamente. La problemática actual del turismo puede conducir indirectamente a la degradación del hábitat a través de la compactación y erosión del suelo, perturbación de la hojarasca, contaminación del agua, contaminación lumínica y la generación de residuos (Lewis, *et al.*, 2021). Es crucial encontrar un equilibrio entre el turismo y la preservación de los ecosistemas para garantizar que las luciérnagas sigan prosperando y que las comunidades locales continúen beneficiándose a largo plazo. Es importante abordar este tipo de turismo de manera sostenible y responsable.

El Estado de Tlaxcala cuenta con diversidad de zonas para realizar ecoturismo o senderismo. Otras zonas donde se realiza ecoturismo son:

- Parque Nacional La Malinche, año con año esta montaña es visitada a fin realizar actividades recreativas en contacto directo con la naturaleza.
- Pueblo Mágico de Tlaxco, se encuentra uno de los parques más imponentes de país y del Estado, llamado Peña del Rey, un sitio perfecto para los amantes del montañismo, senderismo, ciclismo de montaña y demás actividades deportivas. No se cuenta con información de cuánta gente recorre al año este lugar.

El ecoturismo y el senderismo son actividades que, cuando se llevan a cabo de manera responsable, pueden ofrecer beneficios tanto para los visitantes como para el medio ambiente. Sin embargo, también pueden tener impactos negativos si no se gestionan adecuadamente.

Los impactos negativos que conlleva la presencia humana pueden perturbar a la fauna y flora locales, especialmente si no se establecen y respetan límites de acceso. La acumulación de residuos sólidos, plásticos y otros desechos puede afectar negativamente los ecosistemas. Para minimizar estos impactos, es esencial promover prácticas de turismo y senderismo responsables, como la planificación adecuada, la educación ambiental, el establecimiento de límites de capacidad, y la implementación de medidas de conservación y manejo sostenible.

6.3.4 Problemática actual

Deforestación

La deforestación es un problema ambiental de gran magnitud que afecta a nivel global y tiene consecuencias devastadoras para los ecosistemas, la biodiversidad, el clima y la sociedad en su conjunto.

Las causas de la deforestación:

- a. Agricultura: La expansión de la agricultura es una de las principales causas de la deforestación.
- b. Ganadería: La cría de ganado, que requiere grandes extensiones de pastizales, también es una causa importante de la deforestación.
- c. Industria maderera: La tala de árboles para la obtención de madera y productos forestales es una causa directa de deforestación, a menudo realizada de manera insostenible.
- d. Infraestructura: La construcción de carreteras, represas y proyectos de desarrollo a menudo implica la destrucción de bosques.

Los impactos de la deforestación:

- a. Pérdida de biodiversidad: Los bosques albergan una gran variedad de especies, y su destrucción conduce a la extinción de plantas y animales, lo que afecta negativamente a la biodiversidad.
- b. Cambios en los patrones de precipitación: La deforestación puede alterar los patrones de lluvia y sequía, lo que tiene un impacto directo en la disponibilidad de agua dulce.
- c. Erosión del suelo: Los árboles y las plantas en los bosques ayudan a prevenir la erosión del suelo. Sin ellos, se produce una pérdida de suelo fértil y degradación de la tierra e Impactos en comunidades indígenas. Muchas comunidades dependen de los bosques para su sustento y su cultura, la deforestación a menudo desplaza a estas comunidades y socava su modo de vida tradicional.

Incendios forestales

Los incendios forestales y el cambio climático están estrechamente relacionados, y su interacción tiene importantes implicaciones para los ecosistemas forestales, la biodiversidad, la calidad del aire y la seguridad

de las comunidades. Los incendios forestales son un gran peligro en el Estado, debido a la abundancia de materia orgánica con potencial de ignición en bosques, lo cual impacta negativamente a las actividades de conservación forestal, así como al aprovechamiento y producción silvícola. Además, los incendios forestales interfieren negativamente con las acciones de reforestación, restauración de sitios naturales y de prevención de la erosión.

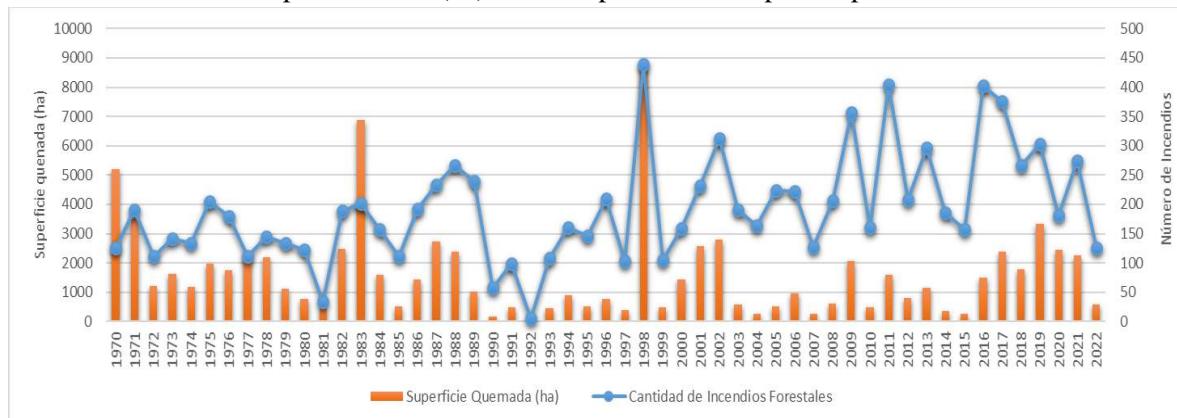
Tabla 78. Número de Incendios y superficie afectada (ha) del periodo 2015-2022.

Año	Número de Incendios	Superficie Afectada (ha)				Estatal	Nacional
		Herbáceo	Arbolado Adulto	Renuevo	Arbustivo		
2015	157	260	0	1	3	267	88,541
2016	402	1,318	4	32	81	1,496	272,778
2017	376	1,714	91	188	338	2,395	726,363
2018	266	1,301	42	20	343	1,767	488,162
2019	303	2,424	38	132	747	3,340	633,678
2020	181	1,484	126	183	643	2,436	378,928
2021	275	1,619.53	9.55	22.47	697.32	2,258.87	660,734.57
2022	126	463.89	0.00	4.20	109.51	577.60	735,205.54

Fuente: Elaboración propia con información de Reporte anuales de incendios forestales. Gerencia de manejo de fuego de la Comisión Nacional Forestal, 2023

El fuego puede tener efectos negativos sobre las especies, no sólo por causar la muerte directa de los individuos, sino también porque provoca efectos indirectos más duraderos como estrés y desaparición de hábitat, territorios, cobijo y alimento. La desaparición de especies de gran importancia para los ecosistemas forestales, tales como polinizadores y descomponedores, puede retardar de forma muy significativa la recuperación del bosque (Arellano y Castillo-Guevara, 2014). La fuerte vinculación entre el fuego y el clima, ponen en manifiesto la relevancia de conocer la relación clima-incendios en distintos tipos de ecosistemas forestales. Los años más críticos por superficie afectada fueron 2016, 2017, 2019 y 2021.

Gráfica 68. Superficie total (ha) afectada por incendios para el periodo 1970 a 2022



Fuente: CONAFOR, Registro Histórico de Incendios Forestales (<https://snif.cnf.gob.mx/download/historico-de-cantidad-de-incendios-forestales-y-superficie-afectada-1970-2022-a-nivel-estatal/>)

Plagas y enfermedades

La superficie boscosa del Estado está compuesta en su mayoría por coníferas y latifoliadas, divididas en bosques naturales con y sin manejo forestal. Entre las problemáticas que se presentan en estos bosques destacan las plagas forestales como descortezadores, defoliadores, barrenadores de yema y brotes, barrenadores de cono y semilla y finalmente las plantas parásitas como el muérdago enano (CONAFOR-Programa Operativo de Sanidad Forestal, 2022). La aparición del descortezador en el área natural protegida "Parque Nacional La Malinche o Matlalcuéyatl" ha presentado desafíos significativos en cuanto a su control. Las restricciones para derribar los árboles afectados, la fragmentación de los terrenos y la indefinición en la tenencia de la tierra han obstaculizado la capacidad de abordar de manera inmediata esta problemática.

La disminución de la precipitación y el aumento de la temperatura son factores primordiales que debilitan los bosques, volviéndolos más propensos a plagas y enfermedades. Además, los incendios forestales, originados principalmente por quemas agrícolas. La tala ilegal, propicia la dispersión de estas plagas al no recibir un tratamiento adecuado. Las sequías y el cambio climático también contribuyen a agravar la situación, exacerbando la vulnerabilidad de los bosques ante estos insectos. De acuerdo con la CONAFOR y otras fuentes, se considera que los brotes de descortezador tienen una relación significativa con la sequía. Estudios realizados, como el de Cervantes-Martínez *et al.* (2019), demuestran que la sequía desempeña un papel crucial al propiciar un desequilibrio que debilita a los árboles, haciéndolos más propensos al ataque de descortezadores. Las temperaturas cálidas ejercen efectos directos en la capacidad reproductiva de estos insectos, creando las condiciones óptimas para la proliferación de un brote.

Mediante los monitoreos a través del programa de Sanidad Forestal de la CONAFOR, se han identificado afectaciones al arbolado principalmente por *Dendroctonus mexicanus*, *D. adjuntus*, *D. frontalis*, *Ips spp.*, *Scolytus mundus*, *Arceuthobium spp.*, *Phoradendron minutifolium* y *Fusarium circinatum*, presentes en especies de *P. leiophylla*, *P. montezumae*, *P. Teocote*, *P. rufa*, *P. pseudostrobus*, *Abies religiosa*, *Quercus spp.*, *Alnus jorullensis*, *prunus seótina*, entre otras.

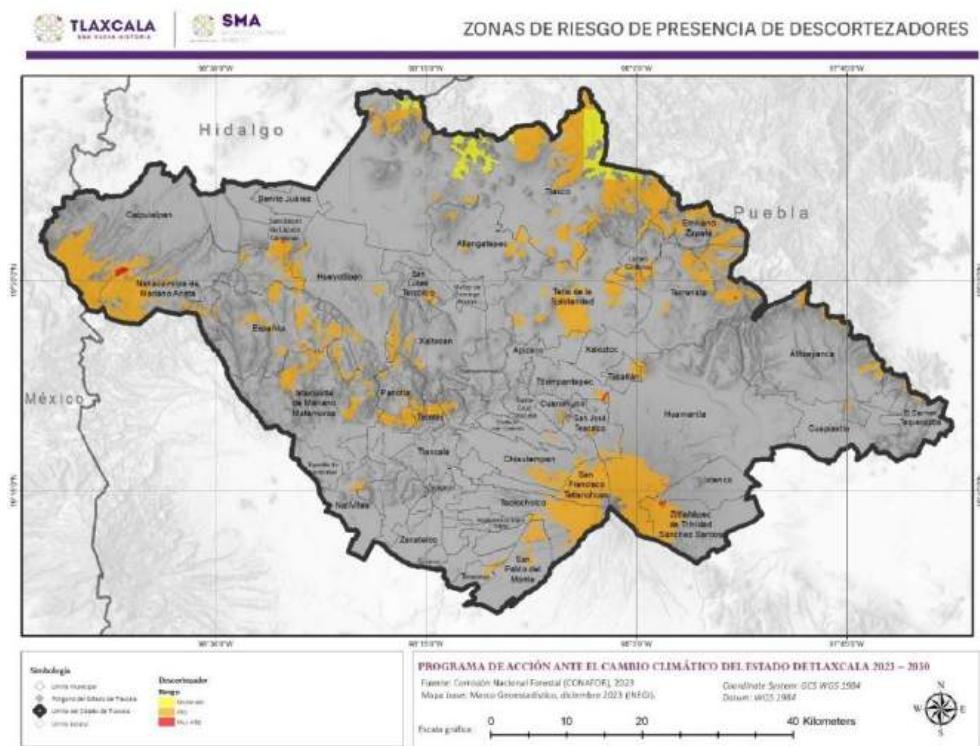
Tabla 79. Superficie afectada (ha) por plagas y enfermedades forestales de 2010 a 2021 en el Estado de Tlaxcala.

Año	Insectos descortezadores	Enfermedades	Plantas parásitas	Superficie total afectada (ha)
2010	2.39	120.00	662.00	784.39
2011	102.02	23.61	1060.00	1185.63
2012	605.32		961.40	1566.72
2013	1122.09	100.29	482.00	1704.38
2014	822.69		845.00	1667.69
2015	1039394		725.00	1040119
2016	65.18		2195.01	2260.19
2017	0.79		2830.43	2831.22
2018	55.00		3451.80	3506.8
2019	70.80	0.13	168.18	239.11
2020	814.78		75.55	890.33
2021	1619.41		182.15	1801.56

Fuente: CONAFOR-Programa Operativo de Sanidad Forestal, 2022

El cambio climático puede tener un impacto significativo en la propagación y proliferación de plagas y enfermedades forestales. Las grandes olas de calor, junto con las sequías, ponen a los bosques al límite de su resistencia y los expone al ataque de insectos. El insecto descortezador es una plaga de importancia nacional, siendo el segundo agente, después de los incendios forestales, de mayor disturbio en bosques de clima templado en México, por la magnitud de superficie afectada y cantidad de arbolado dañado. El Mapa de riesgos, evalúa el riesgo, considerando variables como la información de los Incendios Forestales 2022 (CONAFOR, 2023), el monitor de Sequía en México del mes anterior (CONAGUA, 2023), temperatura mensual, siendo considerado como riesgo alto para la proliferación del descortezador (**Mapa 73**).

Mapa 73. Zonas de riesgo de presencia de descortezadores

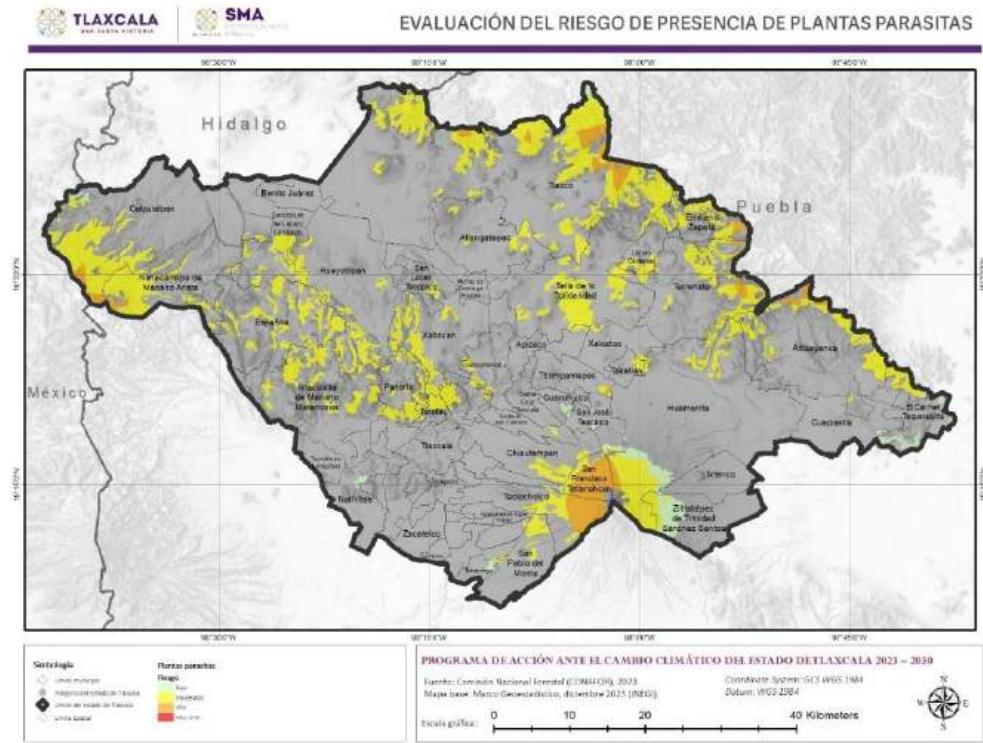


Fuente: CONAFOR 2023

Plantas parásitas

Las plantas parásitas son el segundo agente causal de daño en los ecosistemas forestales. La evaluación del riesgo de presencia de plantas parásitas implica el análisis de diversas variables para determinar la probabilidad de que estas plantas invasoras se establezcan y propaguen en un área específica. Las variables consideradas por la CONAFOR son: Documento “Distribución potencial de barrenadores, defoliadores, descortezadores y muérdagos en bosques de coníferas de México (Sosa et al., 2018, p. 192)” generada a través del Proyecto del Fondo Sectorial CONACYT-CONAFOR-2014 C01-234547, Cobertura Forestal de la Serie VII de Uso del Suelo y Vegetación (INEGI, 2021), Incendios Forestales 2022 (CONAFOR, 2022) y las notificaciones de saneamiento forestal por afectación de Plantas Parásitas registradas en el Sistema Nacional de Gestión Forestal (SEMARNAT/CONAFOR, 2022), periodo de 2018 a 2022. Bajo este análisis Tlaxcala es considerado de moderado a alto riesgo (**Mapa 74**).

Mapa 74. Evaluación del riesgo de presencia de plantas parasitas



Fuente: CONAFOR, 2023.

Degradación del suelo

De acuerdo con un estudio realizado por el Colegio de Postgraduados denominado “Mapa de erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo” de junio de 2016 (Martín A. Bolaños González, 2016), en el caso de Tlaxcala existen zonas con erosión extrema en la parte occidental del estado, en el corredor Hueyotlipan-San Simeón Apizaco, así como en el suroeste, de Nanacamilpa a Villa Mariano Matamoros (límite con Puebla, próximo a San Martín Texmelucan); y en el noroeste, desde Tlaxco hasta el límite con Hidalgo (próximo a Apan). También existen zonas importantes con erosión fuerte, principalmente en la zona de la Malinche y en el corredor central del estado, desde el norte de Apizaco hasta el sur de Tlaxcala y Santa Ana Chiautempan (**Mapa 75 y Tabla 80**).

La clasificación de los niveles de degradación, de acuerdo con Martín A. Bolaños (2016) se describen a continuación:

- **Erosión.** Es el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del hombre.
- **Evidencia de erosión.** Ocurre cuando es posible delimitar e interpretar el grado y forma erosiva de un suelo en una imagen de satélite a partir del conocimiento y experiencia de campo del analista fotointérprete o por medio de evidencias históricas obtenidas mediante trabajo de campo.

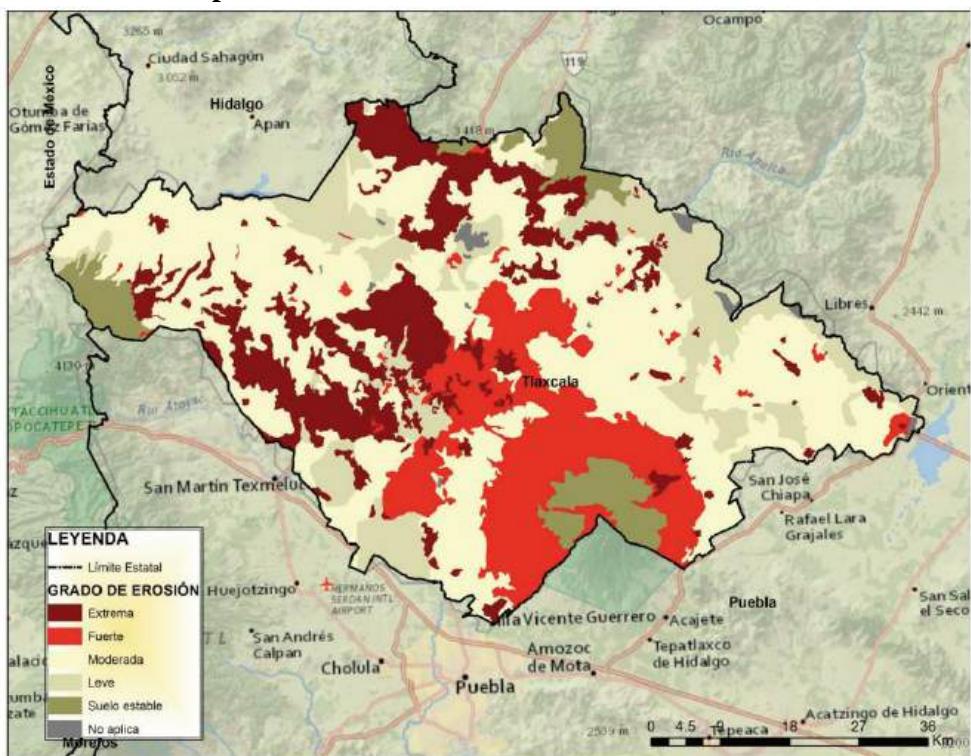
- **Erosión apreciable.** Evidencia visual o documentada en campo de la remoción del horizonte superficial o exposición de la cementación o lecho rocoso. La intensidad de la forma erosiva y la proporción de superficie afectada es el criterio principal para diferenciar el grado fuerte o extremo de la erosión.
- **Erosión no apreciable.** Cuando es necesario un análisis de elementos de fotointerpretación exhaustivo y la disposición de elementos cartográficos adicionales para lograr establecer algunas evidencias de erosión.
- **Erosión extrema.** Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso en más del 90% de la superficie del polígono de erosión cuando la forma erosiva dominante es linear o planar y en cualquier proporción de la superficie cuando la forma erosiva es masiva.
- **Erosión fuerte.** Remoción del horizonte superficial o exposición frecuente de la cementación o lecho rocoso entre un 50 y 90% de la superficie del polígono de erosión cuando esta es linear o planar. Se incluye la erosión masiva, excepto cuando corresponde a un rasgo de exclusión geomorfológica.
- **Erosión moderada.** No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite, por lo que es necesario un análisis de elementos de fotointerpretación tales como patrones de drenaje típicos, coberturas de vegetación abierta, posición en la geoforma relacionada con fenómenos de intensidad gravitacional o mayor evidencia de actividad humana aún en zonas con acumulación o cobertura vegetal cerrada.
- **Erosión leve.** No hay evidencias visuales de erosión fuerte o extrema en la imagen de satélite. El análisis de elementos de fotointerpretación y la disposición de elementos cartográficos adicionales no logró aportar alguna evidencia significativa de erosión tanto por causa antrópica como asociada (natural-antrópica).
- **Zona de exclusión.** Todos aquellos rasgos geográficos con posibles evidencias de erosión, pero no comparables con escorrentimientos superficiales relativamente recientes.
- **Suelo estable.** Cuando el suelo no presenta evidencias de erosión tanto en la imagen de satélite como evidencias de campo que indiquen afectación por escorrentimiento superficial en el terreno. Generalmente sucede cuando la cobertura vegetal es cerrada, la vegetación es prístina o está en fase de sucesión muy temprana

Tabla 80. Superficie relativa afectada (%) por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala

Estado	Extrema	Fuerte	Moderada	Leve	Zona de exclusión	Suelo estable	Total de erosión	Erosión apreciable
Tlaxcala	16.76	16.28	44.39	15.55	0.76	6.25	92.99	33.04

Fuente: Colegio de Postgraduados, 2016.

Mapa 75. Grados de erosión en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Colegio de Postgraduados, 2016.



6.3.5 Vulnerabilidad del sector forestal al cambio climático

El sector forestal está profundamente influenciado por el cambio climático debido a la estrecha interacción entre los bosques y el clima. La vulnerabilidad de la vegetación de México ante el cambio climático refiere que, por efecto de éste, los escenarios predicen. La afectación que se pueda causar en las comunidades vegetales de México relacionada con el cambio climático, así como por factores como la reducción en la superficie, la transformación a otros usos, los cambios en la composición de especies, entre otros.

En general, el estado es muy susceptible a los incendios forestales, es muy importante que se tomen medidas para evitarlos o reducirlos, de lo contrario se podría afectar de manera importante este patrimonio natural.

Los cambios futuros en el clima dependerán de los esfuerzos que se hagan para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para evaluar situaciones futuras y repercusiones de las políticas de mitigación se establecen escenarios climáticos. Los escenarios futuros de cambio climático se basan en las rutas socioeconómicas compartidas utilizadas en el Sexto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, de donde se toman en cuenta dos (2) Trayectorias Socioeconómicas Compartidas delimitadas entre sí: SSP245 y SSP585, para el periodo 2021-2040 en comparación con el periodo 2041-2060 por cada uno de los tres (3) escenarios futuros **HadGEM3-GC31-LL, MIROC6 y MPI-ESM1-2-HR** establecidos para el presente trabajo.

Tabla 81. Trayectorias Socioeconómicas utilizadas para el análisis

SSP245	Considerado como un escenario intermedio o la mitad del camino, donde las emisiones de CO ₂ mantienen los actuales niveles, pero disminuyen en el año 2050. El crecimiento de la población mundial es moderado y la tendencia en la diferencia de los ingresos de los países se va acentuando. Sin embargo, aún se mantiene la cooperación. Los sistemas ambientales comienzan a degradarse.
SSP585	Considerado como el escenario más pesimista, donde las emisiones de CO ₂ se duplican hasta mediados de siglo, el desarrollo económico y social se basa en la explotación intensificada de los recursos de combustibles fósiles con un alto porcentaje de carbón y un estilo de vida intensivo basado en el consumo excesivo de energía.

Fuente: Sexto Reporte del IPCC (AR6), 2022 (<https://esgf-index1.ceda.ac.uk/search/cmip6-ceda/>)

La anomalía para la temperatura media en los municipios de importancia forestal a corto plazo 2021-2040, las proyecciones muestran en todos los escenarios de cambio climático un incremento gradual de la temperatura que va de 1.0°C en el escenario más favorable (MPI-ESM1-2-HRSSP 245), y de 1.9°C en el escenario más pesimista (HadGEM3-GC31-LL SSP245) en el periodo a corto plazo (2021-2040). A mediano plazo (2041-2060), en el escenario más pesimista (HadGEM3-GC31-LL SSP245) la temperatura puede aumentar hasta 2.5°C. En la tabla se puede observar el incremento de la temperatura en los municipios de importancia forestal en el Estado de Tlaxcala (**Tabla 82**).

Tabla 82. Anomalía de la temperatura media en °C para los municipios de importancia forestal, SSP245

MUNICIPIO	Temperatura media (°C)	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas					
		WorldClim 1970-2000		Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060	
				SSP245		SSP245	
		HadGEM3-GC31-LL	MPI-MIROC6	ESM1-2-HR	HadGEM3-GC31-LL	MPI-MIROC6	ESM1-2-HR
Acuamanala de Miguel Hidalgo	14.2	+1.9	+1.1	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5
Calpulalpan	13.2	+1.9	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5
Chiautempan	13.0	+1.9	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5
Contla de Juan Cuamatzi	13.9	+1.9	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5
Espaňita	13.6	+1.9	+1.1	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5

MUNICIPIO	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas						
		Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060				
	Temperatura media (°C)	HadGEM3- GC31-LL	SSP245		HadGEM3- GC31-LL	MIROC6	SSP245	
			MPI- ESM1-2- HR	MPI- ESM1-2- HR			MPI- ESM1-2- HR	MPI- ESM1-2- HR
Huamantla	13.0	+1.8	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
Ixtenco	13.2	+1.8	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
Mazatecochco de José María Morelos	14.4	+1.9	+1.1	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
Nanacamilpa de Mariano Arista	12.6	+1.9	+1.1	+1.0	+2.5	+1.9	+1.6	+1.6
San Francisco Tetlánocan	10.4	+1.9	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
San José Teacalco	12.3	+1.9	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
San Pablo del Monte	14.2	+1.9	+1.1	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
Terrenate	12.7	+1.8	+1.2	+1.0	+2.4	+1.9	+1.5	+1.5
Tlaxco	12.7	+1.8	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5
Ziltlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	12.4	+1.8	+1.2	+1.0	+2.5	+1.9	+1.5	+1.5

Fuente: Elaboración propia con trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés), Sexto Reporte del IPCC (AR6), 2022

Para el periodo 2021-2040, la temperatura media muestra un incremento de entre 1.2°C y 2.0°C, sin embargo, a mediano plazo (2041-2060), el incremento va desde 1.9 a 3.4°C.

Tabla 83. Anomalía de la temperatura media en °C para los municipios de importancia forestal, SSP585

MUNICIPIO	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas						
		Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060				
	Temperatura media (°C)	HadGEM3- GC31-LL	SSP585		HadGEM3- GC31-LL	MIROC6	SSP585	
			MPI- ESM1-2- HR	MPI- ESM1-2- HR			MPI- ESM1-2- HR	MPI- ESM1-2- HR
Acuamanala de Miguel Hidalgo	14.2	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9	+1.9
Calpulalpan	13.2	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+2.0	+2.0
Chiautempan	13.0	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9	+1.9
Contla de Juan Cuamatzi	13.9	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9	+1.9
España	13.6	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+2.0	+2.0
Huamantla	13.0	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9	+1.9
Ixtenco	13.2	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9	+1.9

MUNICIPIO	Temperatura media (°C)	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas				
			Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060		
			SSP585		SSP585		
			HadGEM3- GC31-LL	MIROC6 HR	MPI- ESM1-2- HR	HadGEM3- GC31-LL	MIROC6 HR
Mazatecochco de José María Morelos	14.4	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9
Nanacamilpa de Mariano Arista	12.6	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+2.0
San Francisco Tetlanohcan	10.4	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9
San José Teacalco	12.3	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9
San Pablo del Monte	14.2	+2.0	+1.3	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9
Terrenate	12.7	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.8
Tlaxco	12.7	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9
Ziltlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	12.4	+2.0	+1.4	+1.2	+3.4	+2.4	+1.9

Fuente: Elaboración propia con trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés), Sexto Reporte del IPCC (AR6), 2022

En relación con la precipitación anual, los escenarios indican una proyección de corto plazo (2021-2040) de reducción de aproximadamente 4% para el escenario HADGEM3 GC31-LL hasta un 13% en MIROC6. Estos cambios en los patrones de precipitación tendrán un impacto significativo en las principales comunidades vegetales del Estado, afectándolas de manera diferencial (**Tabla 84**).

Tabla 84. Porcentaje de disminución de precipitación anual en los municipios de importancia forestal, Trayectoria Socioeconómica SSP245.

MUNICIPIO	Precipitación (mm)	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas				
			Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060		
			SSP245		SSP245		
			HadGEM3- GC31-LL (%)	MIROC6 (%)	MPI- ESM1- 2-HR (%)	HadGEM3- GC31-LL (%)	MIROC6 (%)
Acuamanala de Miguel Hidalgo	802.3	-4.1	-10.4	-8.2	-7.0	-9.3	-5.8
Calpulalpan	778.9	-4.5	-11.6	-9.9	-7.0	-10.4	-7.0
Chiautempan	817.8	-4.2	-11.0	-7.7	-7.2	-9.6	-5.4
Contla de Juan Cuamatzi	771.9	-4.3	-11.2	-7.8	-7.0	-9.8	-5.6
Españita	936.9	-4.7	-11.5	-9.5	-6.0	-9.5	-7.2
Huamantla	728.1	-4.2	-11.1	-6.5	-7.5	-9.9	-4.4

MUNICIPIO	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas					
		Corto Plazo 2021-2040 SSP245			Mediano Plazo 2041-2060 SSP245		
		Precipitación (mm)	HadGEM3- GC31-LL (%)	MIROC6 (%)	MPI- ESM1- 2-HR (%)	HadGEM3- GC31-LL (%)	MIROC6 (%)
Ixtenco	725.4	-4.1	-10.4	-6.1	-7.8	-9.6	-3.4
Mazatecochco de José María Morelos	807.2	-4.1	-10.2	-8.4	-6.9	-9.2	-5.8
Nanacamilpa de Mariano Arista	889.8	-4.5	-11.4	-9.8	-6.8	-10.0	-7.0
San Francisco Tetlánocan	986.0	-4.0	-11.0	-7.9	-7.0	-9.7	-5.8
San José Teacalco	827.3	-4.1	-11.2	-7.1	-7.5	-9.8	-4.9
San Pablo del Monte	831.6	-4.1	-9.9	-8.3	-7.1	-9.1	-5.6
Terrenate	742.2	-4.2	-12.4	-6.0	-7.9	-10.5	-4.8
Tlaxco	798.9	-4.9	-13.0	-7.8	-6.6	-10.8	-6.5
Ziltlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	797.0	-4.1	-10.2	-6.7	-7.5	-9.4	-3.9

Fuente: Elaboración propia con trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés), Sexto Reporte del IPCC (AR6), 2022

El estrés hídrico en los bosques puede traer consecuencias como:

Reducción del crecimiento: La falta de agua puede afectar el crecimiento de los árboles, disminuyendo su tamaño y su capacidad para almacenar carbono.

Mayor vulnerabilidad a los incendios forestales, plagas y enfermedades: Los árboles debilitados son más susceptibles a enfermedades y plagas, lo que podría causar brotes devastadores. La falta de humedad puede hacer que el bosque sea más propenso a incendios forestales, que pueden ser más intensos y difíciles de controlar.

A mediano plazo (2041-2060), en el escenario MIROC 6, puede disminuir hasta 13.5% la precipitación para los municipios de Tlaxco y Terrenate. Para la zona de Nanacamilpa de Mariano Arista y Calpulalpan presenta una tendencia a disminuir el 12.5% su precipitación. Para los municipios que conforman la Región de la Malinche presenta una tendencia a disminuir del 12.3% (**Tabla 85**). La disminución de la precipitación puede afectar la capacidad del bosque para proporcionar servicios ecosistémicos como la regulación del clima, la protección del suelo y la captura de carbono.

Tabla 85. Porcentaje de disminución de precipitación anual en los municipios de importancia forestal, Trayectoria Socioeconómica SSP585.

MUNICIPIO	WorldClim 1970-2000	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas					
		Corto Plazo 2021-2040		Mediano Plazo 2041-2060		Largo Plazo 2071-2100	
		SSP585	MPI-ESM1-2-HR (%)	SSP585	MPI-ESM1-2-HR (%)	SSP585	MPI-ESM1-2-HR (%)
Precipitación (mm)	HadGEM3-GC31-LL (%)	MIROC6 (%)	MPI- ESM1- 2-HR (%)	HadGEM3- GC31-LL (%)	MIROC6 (%)	MPI- ESM1-2- HR (%)	MPI- ESM1-2- HR (%)
Acuamanala de Miguel Hidalgo	802.3	-4.6	-10.6	-5.6	-6.6	-12.0	-7.6
Calpulalpan	778.9	-4.9	-10.7	-6.8	-5.6	-12.6	-9.0
Chiautempan	817.8	-4.7	-10.7	-5.4	-6.4	-12.5	-7.1
Contla de Juan Cuamatzi	771.9	-5.0	-10.8	-5.5	-6.8	-12.7	-7.2
Españita	936.9	-4.9	-11.3	-6.8	-5.9	-12.6	-8.7
Huamantla	728.1	-4.8	-10.5	-5.0	-7.0	-12.8	-6.1
Ixtenco	725.4	-4.7	-9.7	-4.4	-6.9	-12.3	-5.8
Mazatecochco de José María Morelos	807.2	-4.6	-10.5	-5.6	-6.5	-11.9	-7.7
Nanacamilpa de Mariano Arista	889.8	-4.8	-10.7	-6.7	-5.7	-12.5	-8.9
San Francisco Tetlanohcan	986.0	-4.6	-11.1	-5.6	-6.2	-12.8	-7.3
San José Teacalco	827.3	-4.7	-10.7	-5.2	-6.4	-12.6	-6.6
San Pablo del Monte	831.6	-4.4	-10.2	-5.6	-6.3	-11.7	-7.7
Terrenate	742.2	-4.9	-11.1	-5.3	-6.6	-13.2	-5.7
Tlaxco	798.9	-5.3	-11.7	-6.5	-6.4	-13.5	-7.2
Ziltlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	797.0	-4.7	-9.7	-4.7	-6.8	-12.2	-6.3

Fuente: Elaboración propia con trayectorias Socioeconómicas Compartidas (SSP, por sus siglas en inglés), Sexto Reporte del IPCC (AR6), 2022

Análisis de la ganancia de idoneidad climática para descortezador

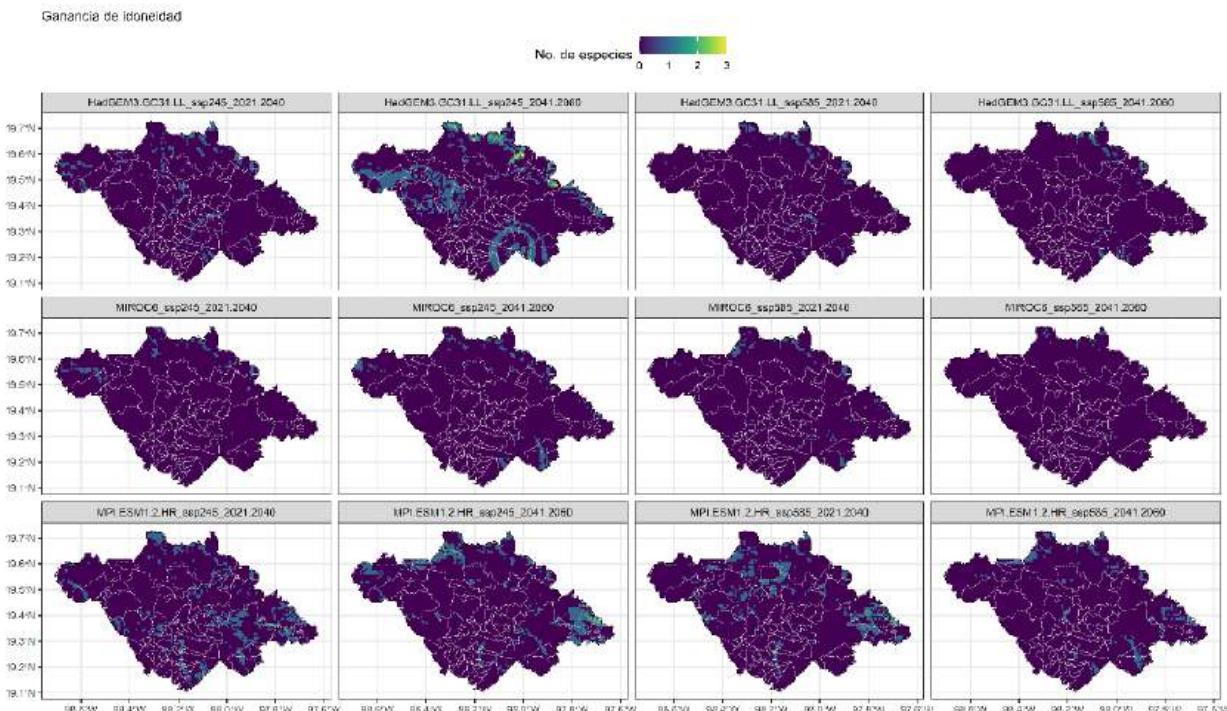
El término "ganancia de idoneidad climática" se refiere al cambio en las condiciones climáticas que se vuelven más favorables para la supervivencia, reproducción o expansión de una determinada especie. En el contexto del descortezador, un tipo de escarabajo de corteza que puede ser una plaga forestal, la ganancia de idoneidad climática indica cómo las condiciones climáticas alteradas, especialmente el aumento de la temperatura, pueden ser beneficiosas para la proliferación de esta especie.

El descortezador es sensible a las condiciones climáticas y su actividad y ciclo de vida están estrechamente relacionados con la temperatura. Los cambios en el clima, como el aumento de la temperatura media anual, pueden generar una ganancia de idoneidad climática para el descortezador de varias maneras:

- El aumento de la temperatura puede acelerar el ciclo de vida del descortezador. Esto significa que pueden reproducirse más rápidamente y en mayores cantidades, lo que conduce a un aumento en el número de generaciones por año.
- El clima cálido puede aumentar la actividad del descortezador. Esto puede resultar en una mayor infestación de árboles, lo que a su vez puede causar daños significativos a los bosques y a la salud de los árboles.
- Los modelos HadGEM3-GC31-LL_ssp245_2041-2060 y el MPI-ESM1-2-HR muestran escenarios con mayor idoneidad climática para esta especie.

La ganancia de idoneidad climática para el descortezador, aunque puede favorecer su proliferación, puede tener consecuencias negativas para los ecosistemas forestales, ya que estos insectos pueden causar daños extensos, afectar la biodiversidad y la salud de los bosques. La comprensión de estos cambios climáticos y su impacto en las poblaciones de plagas forestales es crucial para la gestión y la implementación de estrategias de control adecuadas.

Mapa 76. Ganancia de idoneidad para descortezador



Fuente: Elaboración propia con base a resultados de los escenarios de cambio climático AR6

Comentarios generales

Los ecosistemas forestales son fundamentales para abordar el cambio climático, proteger la biodiversidad, garantizar el suministro de agua y recursos, y proporcionar una serie de beneficios culturales y económicos. La importancia al incorporar estrategias de adaptación que promuevan la conservación y el manejo sostenible de los bosques es esencial para enfrentar los desafíos ambientales y climáticos que enfrentamos en la actualidad.

En el Estado de Tlaxcala, los ecosistemas forestales enfrentan diversas presiones, tanto de origen humano como natural, que los hacen altamente vulnerables ante el cambio climático. Los datos anteriores dan cuenta de los actuales riesgos de recurrencia de incendios forestales, hacia el futuro el cambio climático podría propiciar un mayor estrés en los bosques por el incremento de la aridez. Así, los bosques templados que actualmente representan el 18.6 % de la cobertura arbórea del estado, podrían verse afectados, la cual podría cambiar de un clima húmedo a otro más árido, según los escenarios SSP245 y SSP285 del mediano plazo (2041-2060).

Si los bosques se ven afectados por las condiciones climatológicas, las comunidades locales que dependen de ellos para la madera, alimentos, medicinas u otros recursos podrían enfrentar dificultades económicas.

El incremento de la temperatura puede ocasionar que las especies de árboles busquen condiciones más frescas y se desplacen a altitudes más altas en busca de un clima adecuado.

Las temperaturas más cálidas podrían afectar la época de floración y producción de conos, lo que podría tener implicaciones en la reproducción y dispersión de semillas.

6.4 Incidencia del cambio climático sobre el Sector agrícola al cambio climático

El Estado de Tlaxcala cuenta con una superficie total de 402,450 ha de las cuales de acuerdo con estadísticas de SAGARPA (2010-2022) más del 58.4 % (235,099 ha) se dedican a la agricultura, de éstas 203,977.83 ha son de temporal y 24,901.25 corresponden a la agricultura de riego. En la entidad se registra la producción de 68 cultivos, los principales cultivos que se siembran son: maíz (grano y maíz forrajero en verde), cebada grano, trigo grano, frijol, avena, alfalfa verde y otros como la canola, papa, amaranto, brócoli, tomate verde, durazno y maguey pulquero.

En primavera-verano se cultiva la mayor parte de los cultivos antes mencionados, la mayor superficie se encuentra en zonas de temporal y una pequeña parte en zonas con disponibilidad de riego.

Tabla 86. Superficie sembrada y superficie cosechada por ciclo agrícola por ciclo agrícola

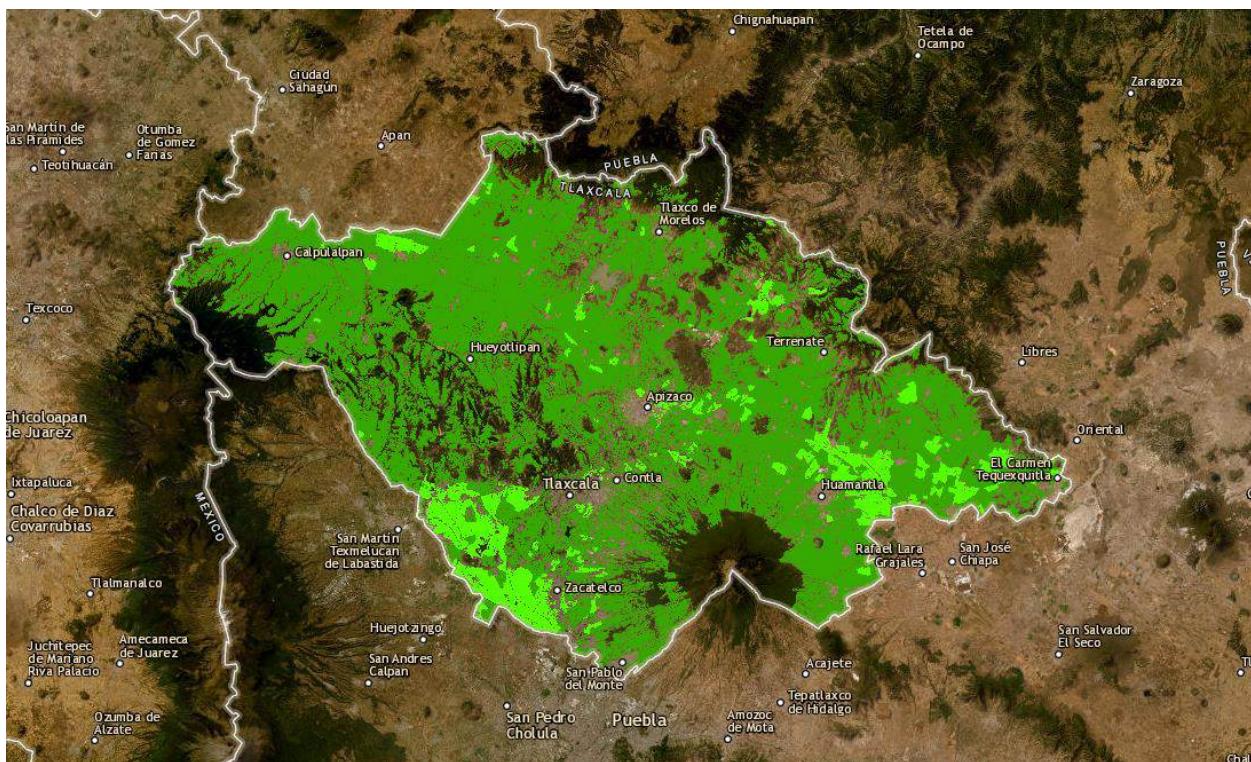
Ciclo Agrícola (Riego + Temporal)	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Valor de producción (miles de pesos)
Primavera-Verano	226,036.33	226,036.33	4,207,512.62
Otoño-Invierno	1,473.00	1,473.00	67,600.76
Perennes	5,841.00	5,768.00	447,219.79
Total	233,350.33	233,277.33	4,722,333.17

Fuente: Servicio del Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2022.

En la **Tabla 86** se presenta la superficie sembrada, superficie cosechada, producción y el valor de producción por ciclo agrícola 2022 a nivel estatal. La mayor superficie cosechada corresponde al ciclo primavera-verano con 226,036.33 hectáreas (96.9%), seguido de perennes con 5,841.00 de hectáreas (2.5%) y otoño-invierno con 1,473.00 hectáreas (2.5%).

Con base a la información obtenida de la frontera agrícola, se encontró que la superficie disminuyó un 6.1% a consecuencia de cambios de uso de suelo, crecimientos urbanos e instalaciones industriales. Principalmente en municipios como: Amaxac de Guerrero, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Xicohtzinco, La Magdalena Tlaltelulco, Santa Isabel Xiloxoxtla, Tenancingo y Totolac en los que se tienen una reducción importante de superficie agrícola (Panorama de la Frontera Agrícola de México, Frontera Agrícola Serie III-SIAP, 2021).

Mapa 77. Frontera agrícola del Estado de Tlaxcala



Fuente: Serie III-SIAP, 2022.

6.4.1 Tipos de siembra

La superficie sembrada en las unidades de riego a nivel Estatal en el año 2022 fue de 28,876 hectáreas distribuida en los ciclos agrícolas otoño-invierno, primavera-verano y perennes (**Tabla 87**).

Tabla 87. Superficie sembrada y cosechada en el Estado de Tlaxcala, 2022

Ciclo Agrícola riego	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Valor de producción (miles de pesos)	Principales Cultivos
Primavera-Verano	24,265.00	24,265.00	1,038,097.10	Maíz grano, Avena forrajera, maíz forrajero, tomate verde, brócoli, lechuga, zanahoria, frijol, haba verde, cilantro.
Otoño-Invierno	1,473.00	1,473.00	67,600.76	Avena forrajera, zanahoria, cilantro, haba, ajo, brócoli, lechuga, cebolla, tomate verde
Perennes	3,138.00	3,128.00	176,459.36	Alfalfa, durazno, esparrago, aguacate, manzana
Total	28,876.00	28,866.00	1,282,157.22	

Fuente: Servicio del Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), cierre agrícola 2022.

Principales Municipios que siembran en punta de riego en sus diferentes ciclos agrícolas:

- a) Primavera-Verano: Huamantla, Cuapiaxtla, Nativitas, Tlaxcala, Tepetitla, Ixtacuixtla, Tetlatlauca.
- b) Otoño-Invierno: Huamantla, Nativitas Apizaco, Tepetitla, Cuapiaxtla, Lázaro Cárdenas; Perennes: Ixtacuixtla, Huamantla, Apizaco, Panotla, Tetlatlahuca, Nativitas, Tlaxco, Cuaxomulco, Altzayanca.

Siembras en temporal estricto

El temporal estricto está limitado al inicio por el establecimiento del temporal y al final del ciclo del cultivo por la presencia de heladas. En esta condición las siembras se establecen en abril-mayo y se encuentran expuestas al daño por las primeras heladas de septiembre. La superficie sembrada en las unidades de temporal a nivel estatal en el año 2022 fue de 204,474.33 hectáreas distribuida en los ciclos agrícolas primavera-verano y perennes (**Tabla 88**).

Tabla 88. Superficie sembrada y cosechada en el Estado de Tlaxcala, 2022

Ciclo Agrícola riego	Superficie Sembrada (ha)	Superficie Cosechada (ha)	Valor de producción (miles de pesos)	Principales Cultivos
Primavera-Verano	201,771.33	201,771.33	3,169,415.52	Maíz grano, cebada grano, trigo grano, avena forrajera, maíz forrajero, haba grano, frijol, amaranto.
Otoño-Invierno	--	--	--	--
Perennes	2,703.00	2,640.00	270,760.43	Durazno, maguey pulquero, manzana, tuna
Total	28,876.00	28,866.00	1,282,157.22	

Fuente: Servicio del Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), cierre agrícola 2022.

Principales Municipios que siembran en punta de riego en sus diferentes ciclos agrícolas:

- a. Primavera-Verano: Todo el estado sin embargo los municipios con mayor extensión son: Tlaxco, Calpulalpan, Huamantla, Altzayanca, Nanacamilpa, Hueyotlipan, Terrenate, Xlatocan, Tetla de la Solidaridad, Españita.
- b. Perennes: Altzayanca, Tlaxco, Calpulalpan, Atlangatepec, Huamantla, Nanacamilpa entre otros.

En el estado se presenta una condición de producción de maíz denominada de “humedad residual” es común en el eje neovolcánico en aquellos suelos ubicados en altitudes mayores de 2500 m s.n.m., que con un manejo eficiente de labranza de postcosecha logran la conservación de la humedad captada en invierno dada sus características de profundidad y textura del suelo. En el Estado de Tlaxcala esta condición de humedad residual se practica en las áreas agrícolas del volcán La Malintzi (San José Teacalco, San Luis Teolocholco y San Pablo Zitlaltepec), la Sierra Norte en Villareal y Zapata, en la Sierra Poniente de Nanacamilpa y Calpulalpan y por su textura arenosa en el Valle de Huamantla-Cuapiaxtla.

6.4.2 Eventos climatológicos extremos que afectan a la agricultura

El cambio climático conlleva que los fenómenos extremos sean más frecuentes, intensos y duraderos, ya sea en forma de sequía, de lluvias torrenciales, con olas de frío o de calor entre lo que destacan los siguientes:

Sequía

La agricultura es una actividad fundamental que implica el cultivo de plantas y la cría de animales con el fin de producir alimentos, fibras, materiales de construcción y otros productos útiles para la sociedad.

La agricultura ha sido una parte esencial de la civilización humana durante miles de años y ha experimentado una evolución significativa a lo largo del tiempo, desde las técnicas agrícolas más primitivas hasta las modernas prácticas agrícolas mecanizadas y basadas en la tecnología.

En la agricultura, las actividades pueden incluir la preparación del suelo, la siembra de semillas o plántulas, el cuidado de los cultivos mediante riego, fertilización y control de plagas, y finalmente la cosecha de los productos agrícolas maduros. Los principales tipos de agricultura incluyen: de subsistencia, comercial, de regadío, orgánica, entre otros.

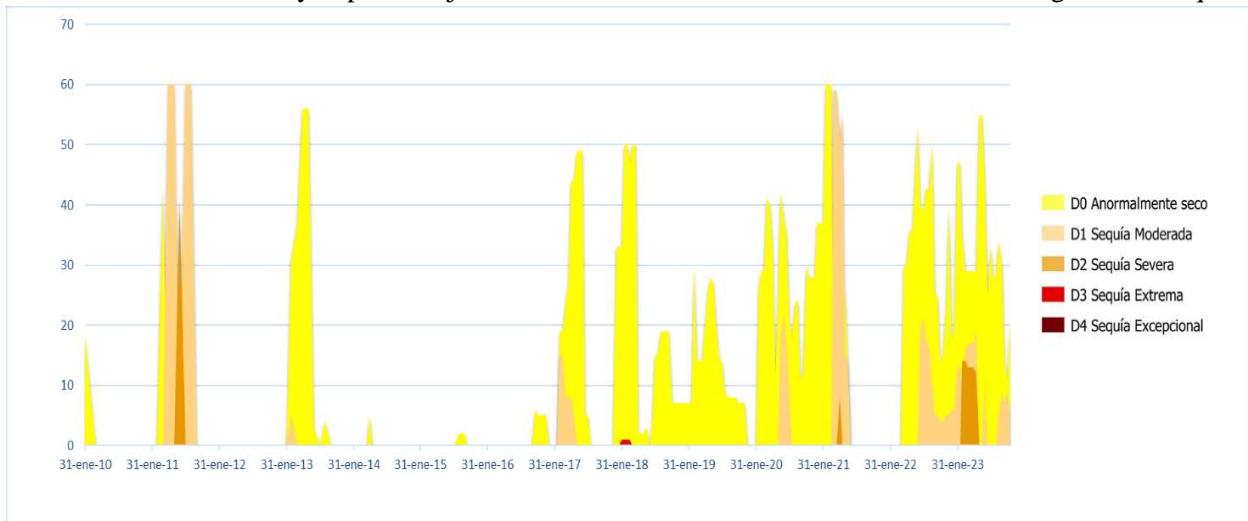
La sequía, por otro lado, es un fenómeno climático que se caracteriza por un período prolongado de escasez de lluvias y condiciones de humedad insuficientes para mantener el crecimiento normal de los cultivos y la vegetación. Las sequías pueden tener efectos devastadores en la agricultura y en la seguridad alimentaria, ya que pueden dar lugar a la pérdida de cultivos, la disminución de la producción de alimentos y la escasez de agua potable para el riego y el consumo humano.

Cuando una región experimenta sequía, los agricultores a menudo enfrentan dificultades para mantener sus cultivos y ganado, lo que puede llevar a la pérdida de ingresos y a la inseguridad alimentaria. Además, las

sequías pueden tener impactos a largo plazo en los ecosistemas y en la disponibilidad de recursos hídricos, lo que afecta a la comunidad en general.

Durante el periodo comprendido entre 2010 y 2023, según los datos proporcionados por el Monitor de Sequías y utilizando la escala de intensidades que abarca desde condiciones anormalmente secas (D0) hasta sequía excepcional (D4), se observa que en el Estado ha prevalecido principalmente una condición de sequía anormalmente seca (D0). Esta situación se atribuye a la disminución de la lluvia en la región durante dicho periodo. (**Gráfica 69**).

Gráfica 69. Evolución y el porcentaje de área del Estado afectado con una o varias categorías de sequía



Fuente: Elaboración propia con datos del Monitor de Sequía en México (MSM) generados en el Servicio Meteorológico Nacional de México (SMN), periodo de análisis 2010-2022.

Huracanes

Los huracanes pueden tener un impacto significativo y negativo en la agricultura al dañar cultivos, suelos y la infraestructura agrícola, lo que puede tener consecuencias económicas y alimentarias importantes en las áreas afectadas. Los agricultores a menudo se enfrentan a desafíos considerables para adaptarse y recuperarse de los efectos de los huracanes.

Los huracanes pueden tener efectos significativos en la agricultura de las regiones afectadas. Estos efectos pueden incluir:

- **Pérdida de cultivos:** Los vientos fuertes y las lluvias torrenciales pueden destruir o dañar gravemente los cultivos en la trayectoria del huracán. Esto puede resultar en pérdidas económicas significativas para los agricultores.
- **Inundaciones:** Las lluvias intensas asociadas a los huracanes pueden provocar inundaciones en las áreas agrícolas, lo que daña las cosechas y puede erosionar el suelo.

Heladas

Las heladas son eventos climáticos que ocurren cuando la temperatura del aire desciende por debajo del punto de congelación, lo que puede dar lugar a la formación de hielo en superficies y vegetación. Las heladas pueden ser perjudiciales para la agricultura de varias maneras:

- **Pérdida de cosechas:** En casos graves, las heladas pueden llevar a la pérdida total de una cosecha, lo que resulta en pérdidas económicas significativas para los agricultores.
- **Impacto en la producción de alimentos:** Las heladas pueden afectar la producción de alimentos, lo que puede llevar a la escasez y al aumento de los precios de los productos agrícolas.
- **Cambio climático:** El cambio climático ha aumentado la preocupación por la variabilidad del clima, lo que incluye eventos de heladas inesperadas en lugares donde no son comunes, lo que puede afectar la planificación agrícola.

6.4.3 Superficie siniestrada por año

La superficie siniestrada en el año agrícola desde el 2022 al 2010 varía en función de los fenómenos adversos como son las lluvias excesivas, granizadas, heladas etc. Según cifras del SIAP-SAGARPA, en promedio la superficie más afectada en diferentes años, de los principales cultivos anuales como son el maíz, cebada y trigo y los cultivos perennes como es la alfalfa y durazno (**Tabla 89**), los datos muestran los años en que más se vieron afectados por siniestros.

Tabla 89. Superficie (ha) siniestrada de los principales cultivos en el Estado.

Año	Maíz grano	Trigo	Cebada	Alfalfa	Durazno
2022	0	0	0	0	0
2021	0	0	0	0	0
2020	425	0	0	0	0
2019	216	0	0	0	0
2018	430	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0
2015	0	0	0	0	0
2014	1,050	130	5,000	0	0
2013	0	50	0	0	0
2012	7,154	0	0	0	0
2011	33,765.29	15,319	22,629.8	0	0
2010	687.5	386	649.5	0	0

Fuente: Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, periodo de análisis 2010-2022. (<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>)

La agricultura en Tlaxcala en su mayoría es de autoconsumo y baja productividad, caracterizados por un bajo nivel de tecnificación y alta vulnerabilidad por el impacto de eventos extremos como sequías, granizo e inundaciones.

6.4.4 La agricultura y el cambio climático

El cambio climático, al provocar alteraciones en los niveles de gases atmosféricos y las temperaturas ambientales, conlleva cambios en la humedad y sequedad del suelo. Esto tiene un impacto directo en los insectos plaga y enfermedades.

El Sexto Informe de Evaluación (AR6) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) proporciona evidencia sólida de la tendencia creciente de la temperatura media global en el siglo XXI. La tendencia al alza de las temperaturas debido a las emisiones de gases de efecto invernadero ha contribuido al calentamiento global. El calentamiento global aumentó + 1.07 °C (0.8-1.3 °C; rango probable) para 2010-2019 en comparación con el período de referencia 1850-1900 (IPCC, 2021).

Las condiciones en que se desarrolla la agricultura en Tlaxcala, tanto de temporal como de riego, determinan también su vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos. En particular, las prácticas agrícolas de temporal son sensibles a cualquier alteración en la precipitación estacional. El fenómeno de El Niño es un evento climático extremo que ha tenido presencia constante, y al que se le atribuyen la mayoría de las sequías de verano causantes de cuantiosas pérdidas en la producción agrícola.

El cambio climático también presenta un riesgo para la agricultura. La razón principal es que el cambio climático está generando aumentos en la temperatura y una reducción de lluvia en ciertas zonas, así como contribuyendo a aumentos en la frecuencia de sequías e inundaciones.

La agricultura y el cambio climático están estrechamente relacionados, ya que la agricultura es tanto una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero como una actividad que se ve afectada por los efectos del cambio climático. Aquí hay algunos puntos clave sobre esta relación relacionados a los Impactos del Cambio Climático en la Agricultura:

- **Variabilidad climática:** El cambio climático provoca un aumento en la variabilidad climática, lo que puede llevar a eventos climáticos extremos más frecuentes, como sequías, inundaciones y tormentas, que afectan la productividad de los cultivos y la ganadería.
- **Cambio en los patrones de lluvia:** Alteraciones en los patrones de lluvia pueden afectar la disponibilidad de agua para riego y producción de cultivos, lo que lleva a la disminución de rendimientos y la inseguridad alimentaria.
- **Incremento de las temperaturas:** El aumento de las temperaturas puede afectar negativamente la fotosíntesis y el desarrollo de los cultivos, lo que puede disminuir los rendimientos y la calidad de los alimentos.
- **Aumento de plagas y enfermedades:** Las temperaturas más cálidas y las condiciones climáticas cambiantes pueden favorecer la proliferación de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos y al ganado.

La agricultura es esencial para la supervivencia de la humanidad, y el cambio climático representa una amenaza significativa para la seguridad alimentaria. Para abordar estos desafíos, es fundamental que se tomen medidas a nivel local, nacional e internacional para promover prácticas agrícolas sostenibles, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y fortalecer la resiliencia de la agricultura frente a los efectos del cambio climático (**Tabla 90**).

Tabla 90. Principales cultivos y las proyecciones ante la variabilidad climática.

Cultivo	Proyección
Maíz	Expansión de áreas dadas las exigencias de temperatura. Impactos negativos en su rendimiento debido al aumento de temperatura (Ureta, C., <i>et al.</i> 2020) Bajos rendimientos
Trigo	El aumento de la temperatura aceleraría el ciclo productivo y reducción del rendimiento. Noches cálidas son favorables al desarrollo de enfermedades.
Cebada	Al aumento de la temperatura la cebada baja considerablemente su rendimiento y los granos no llenan correctamente.
Durazno	Aceleración de la fenología del cultivo, reducción del tiempo de desarrollo y aumento de la precocidad de la madurez. Probable aumento de la incidencia de plagas y enfermedades dado por el aumento de temperaturas.
Avena	La avena es muy sensible al estrés por calor. Las temperaturas extremas y prolongadas pueden reducir el rendimiento de la avena y disminuir su calidad como forraje. Es sensible al estrés por calor, y las altas temperaturas pueden reducir el rendimiento de la planta y disminuir su calidad como forraje.
Alfalfa verde	La alfalfa es una planta que requiere cantidades significativas de agua para crecer de manera óptima.

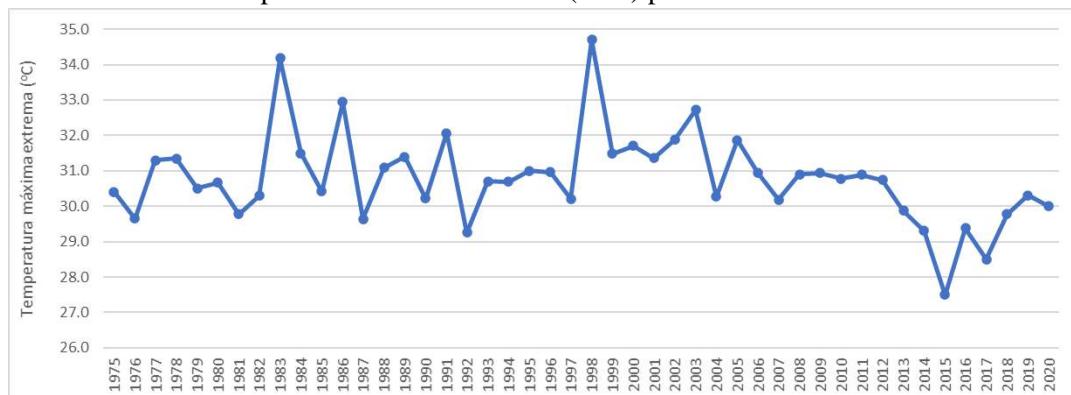
Fuente: Elaboración propia

Los cambios en las precipitaciones y la temperatura con respecto a las condiciones normales pueden afectar significativamente la producción agrícola, el cambio climático afecta la producción agrícola y la economía.

Índices de Cambio Climático

Temperatura máxima extrema (TXx)

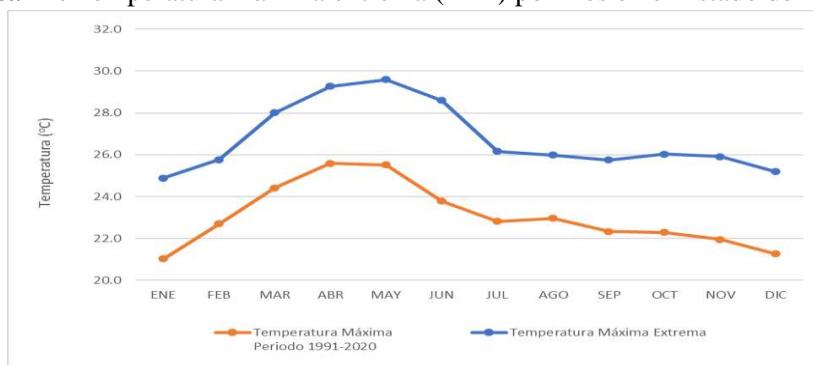
La temperatura máxima extrema (TXx), se refiere a la temperatura máxima más alta registrada durante un período específico, como un día o un año. Es un indicador climático que se utiliza para evaluar las tendencias en las temperaturas máximas extremas en el Estado. El TXx es un indicador importante para el seguimiento de las variaciones en el clima y el cambio climático, ya que las temperaturas máximas extremas pueden tener un impacto significativo en la salud humana, la agricultura, los ecosistemas y la infraestructura. El aumento en las temperaturas máximas extremas puede llevar a eventos de calor extremo y olas de calor, que pueden tener consecuencias graves, como sequías, incendios forestales y riesgos para la salud. Las temperaturas máximas extremas mayores sean registradas en 1983 y 1998 (**Gráfica 70**).

Gráfica 70. Temperatura máxima extrema (TXx) por año en el Estado de Tlaxcala

Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para la variable temperatura máxima del periodo 1975-2020

Las temperaturas máximas extremas pueden afectar la agricultura al causar estrés térmico en los cultivos. El TXx se utiliza para evaluar cómo el cambio climático puede influir en la producción de cultivos. La temperatura ha presentado variaciones importantes en el tiempo y en el espacio, ya sea de manera recurrente, cíclica o atípica, mismas que impactan en diversa forma y grado a las diferentes regiones del Estado, a la sociedad y a su economía.

En la **Gráfica 71** podemos observar para el Estado de Tlaxcala que las temperaturas máximas extremas se han presentado en los meses de marzo a junio, meses en donde el cultivo de maíz puede verse afectado por sus límites máximos según la etapa fenológica en la que se encuentre, aumentando su vulnerabilidad en la agricultura de maíz de temporal y con ello las reducciones en sus rendimientos.

Gráfica 71. Temperatura máxima extrema (TXx) por mes en el Estado de Tlaxcala.

Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para la variable temperatura máxima

Cada planta presenta límites mínimos, óptimos y máximos; algunas son susceptibles a las temperaturas altas en las primeras fases fenológicas y posteriormente pueden resistir altas temperaturas, otras suspenden funciones al estar en condiciones de bajas temperaturas. Igualmente, la oportuna cantidad de agua es vital; una precipitación excesiva en las primeras fases de vida es perjudicial por afectar los retoños, si está es acompañada de granizo y se presenta durante la floración y fructificación causará bajas en la producción. Contrariamente se pueden presentar condiciones de sequía, con lo cual, los cultivos manifiestan cambios en la acumulación de

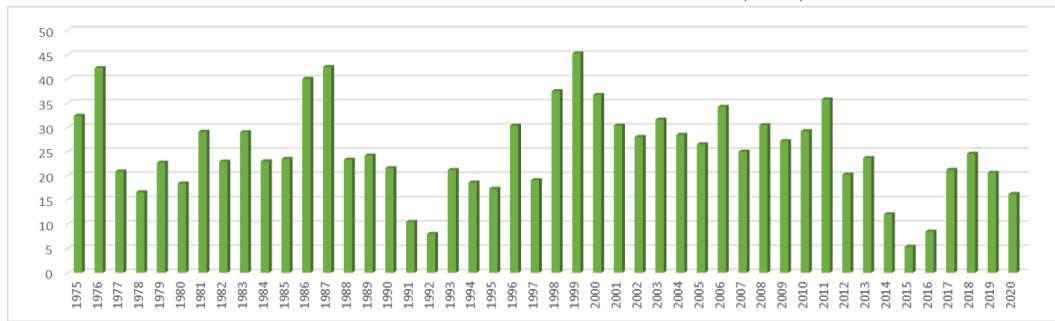
biomasa, en los procesos de asimilación primaria, entre otros y finalmente en el rendimiento (Granados y Sarabia, 2013).

Días de Helada (FD0)

Es un indicador climático utilizado para medir la frecuencia de las temperaturas mínimas por debajo del punto de congelación (0°C), en otras palabras, los FD0 registran la cantidad de días en los que se produce una helada.

El indicador FD0 es relevante en la agricultura y la horticultura, ya que las heladas pueden dañar cultivos sensibles al frío, como las frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Los FD0 se utilizan para evaluar el riesgo de daño por helada y para planificar las prácticas agrícolas y las medidas de protección necesarias (**Mapa 78**). La **Gráfica 72** muestra la frecuencia de heladas, correspondiente al número de días en un año cuando la temperatura mínima es menor a 0°C (FD0), para el Estado de Tlaxcala del periodo de 1975 al 2020.

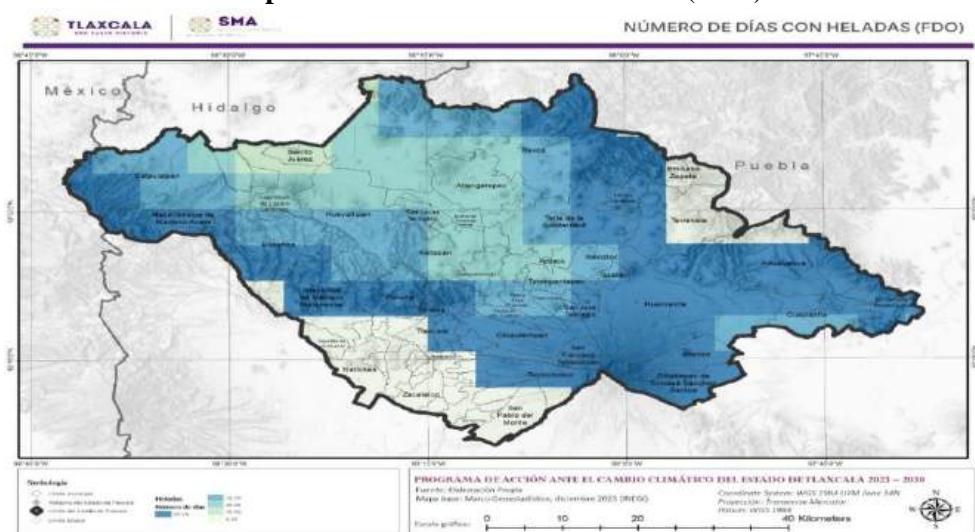
Gráfica 72. Número de días de heladas (FD0)



Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para la variable temperatura mínima del periodo 1975-2020

Los cambios en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos como las heladas afectan de manera significativa a los cultivos.

Mapa 78. Número de días con heladas (FDO)

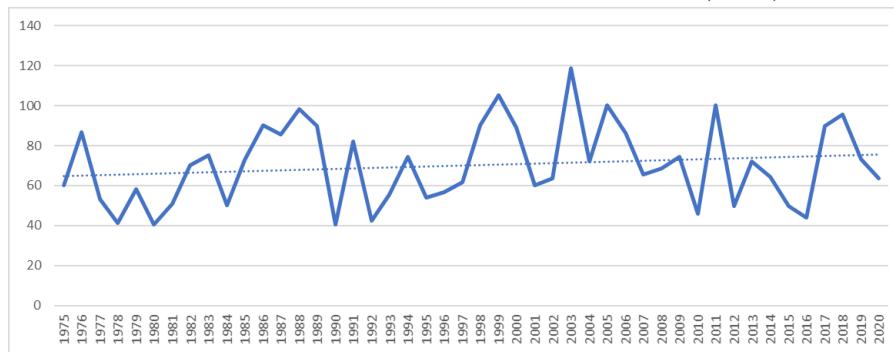


Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para umbral inferior de la temperatura mínima del periodo 1975-2020

Días Secos Consecutivos (CDD)

Los Días Secos Consecutivos (CDD), es un indicador climático utilizado para medir y cuantificar períodos de tiempo consecutivos en los que no se registra precipitación significativa en una determinada área geográfica. Este indicador es importante en el contexto del cambio climático y la variabilidad climática, ya que puede proporcionar información valiosa sobre sequías y eventos de escasez de agua.

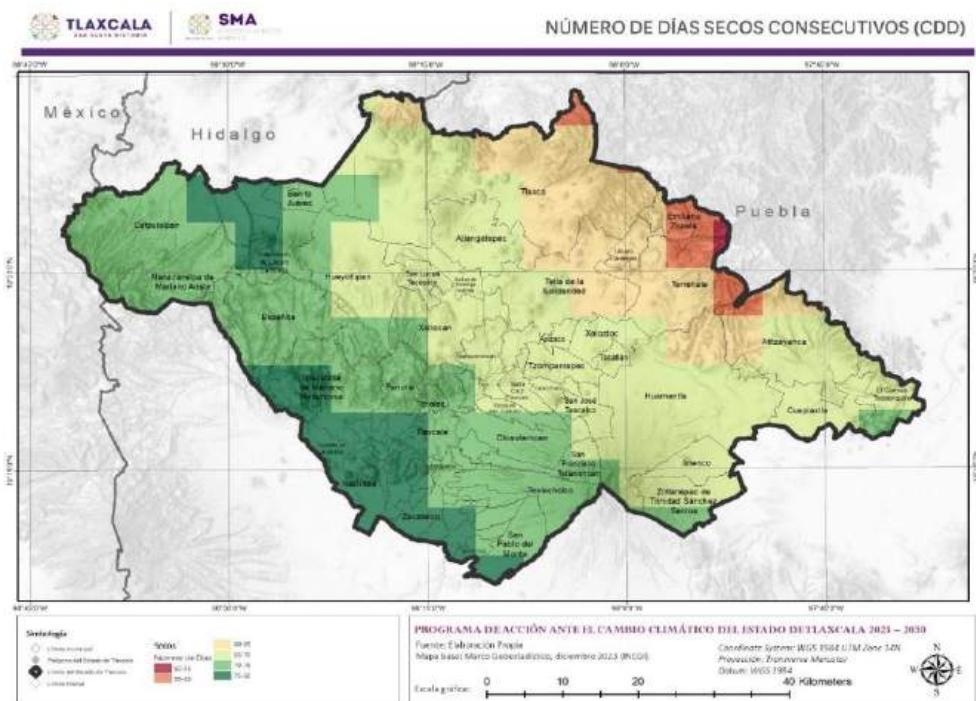
Gráfica 73. Número de días secos consecutivos (CDD)



Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para la variable precipitación anual del periodo 1975-2020

El análisis de CDD es relevante para diversos sectores, incluyendo la agricultura, la gestión del agua, la generación de energía y la gestión de recursos hídricos, ya que los períodos de días secos pueden tener un impacto significativo en la disponibilidad de agua y el funcionamiento de los ecosistemas. Además, los CDD pueden proporcionar información útil para la planificación y la toma de decisiones en situaciones de sequía.

Mapa 79. Número de días secos consecutivos (CDD)



Fuente: Elaboración propia con datos de las estaciones meteorológicas para la variable precipitación anual del periodo 1975-2020

Con base la información histórica del Monitor de sequías, en Tlaxcala no se ha presentado sequía excepcional (**D4**), para el caso de la sequía extrema, el cual es considerada pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua; sequía extrema (**D3**) se caracteriza pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez, se ha presentado en la zona norte del estado. Por otro lado, la sequía severa (**D2**), la cual es considerada con probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua y se ha presentado en municipios como: Hueyotlipan, Huamantla, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Lázaro Cárdenas y Atlangatepec. En relación con la sequía moderada (**D1**) se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua y se ha presentado en Calpulalapan, Nanacamilpa de Mariano Arista, Sanctórum de Lázaro Cárdenas, Ixtacuixtla entre otros municipios. Lo anterior, corresponde a la representación de **Mapa 79**, que representa al número de días secos consecutivos.

Precipitación máxima extrema Q95

La precipitación máxima extrema Q95 es el valor más alto de precipitación que se espera que ocurra solo el 5% de las veces durante un período de referencia. Puede tener impactos significativos en la agricultura, ya que se pueden presentar eventos climáticos inusuales de alta intensidad, tales como:

- **Inundaciones y Erosión del Suelo:** Las precipitaciones extremas pueden causar inundaciones en áreas agrícolas, lo que resulta en la saturación del suelo y la erosión. El exceso de agua puede dañar las raíces de los cultivos, destruir cultivos jóvenes, y lavar los nutrientes del suelo, lo que puede disminuir la calidad de la tierra de cultivo.
- **Pérdida de Cultivos:** Si la precipitación extrema Q95 ocurre durante una etapa crítica del ciclo de crecimiento de los cultivos, como la floración o la maduración, puede provocar la pérdida total o parcial de la cosecha. Las inundaciones pueden ahogar las plantas, mientras que las lluvias intensas pueden dañar los frutos y las estructuras de las plantas.
- **Pérdida de Suelo Fértil:** La erosión causada por las lluvias extremas puede llevarse capas de suelo fértil, lo que disminuye la capacidad productiva del suelo a largo plazo. Esto puede requerir esfuerzos de conservación del suelo para prevenir la pérdida de tierra de cultivo fértil.
- **Dificultades en la Planificación de Siembra:** Las precipitaciones extremas pueden dificultar la planificación de siembra y la gestión de cultivos. Los agricultores pueden tener dificultades para sembrar en el momento adecuado debido a las condiciones climáticas impredecibles, lo que puede afectar negativamente el rendimiento de los cultivos.

Precipitación mínima extrema Q05

Al igual que la precipitación máxima extrema Q95, la precipitación mínima extrema Q05 se utiliza en

hidrología y climatología para describir eventos climáticos excepcionales, pero en este caso se trata de eventos de precipitación extremadamente bajos o mínimos. La precipitación mínima extrema Q05 es relevante para la agricultura, ya que puede indicar condiciones de sequía extrema que pueden afectar negativamente los cultivos, la disponibilidad de agua y otros aspectos relacionados con el clima. Las sequías prolongadas y severas pueden resultar en una escasez de agua que amenaza la producción agrícola y puede requerir medidas de adaptación y gestión para mitigar sus efectos.

Al igual que con la precipitación máxima extrema Q95, la precipitación mínima extrema Q05 se utiliza en la planificación y toma de decisiones en sectores como la agricultura, la gestión del agua, la gestión de recursos naturales y la preparación para eventos climáticos extremos. El monitoreo de estas condiciones climáticas extremas es esencial para garantizar una gestión adecuada de los recursos y la infraestructura, especialmente en un contexto de cambio climático, donde se pueden esperar eventos climáticos más extremos y variables.

Temperatura mínima extrema Q95

La temperatura mínima extrema Q95 se refiere a un valor específico de temperatura mínima que se espera que ocurra el 5% de las veces durante un período de referencia determinado. Este concepto se utiliza para describir eventos climáticos extremadamente fríos y poco comunes. Al igual que en los casos de precipitación máxima extrema Q95 y precipitación mínima extrema Q05, la temperatura mínima extrema Q95 se utiliza en climatología y meteorología para evaluar y planificar infraestructuras y sistemas que son sensibles a las condiciones climáticas extremas. Las temperaturas extremadamente frías pueden dañar los cultivos, especialmente aquellos sensibles al frío. Los agricultores necesitan conocer los valores de temperatura mínima extrema Q95 para tomar medidas de protección, como la cobertura de cultivos o la protección contra las heladas.

Temperatura mínima extrema Q05

La temperatura mínima extrema Q05 es un valor específico de temperatura mínima que se espera que ocurra el 5% de las veces durante un período de referencia determinado. De manera similar a la temperatura mínima extrema Q95, que representa temperaturas extremadamente frías, la temperatura mínima extrema Q05 representa temperaturas extremadamente cálidas o altas. Las temperaturas extremadamente cálidas pueden tener efectos negativos en los cultivos, ya que el estrés térmico puede dañar las plantas y reducir el rendimiento. Los agricultores necesitan conocer estos valores para tomar medidas de protección.

Temperatura máxima extrema Q95

La temperatura máxima extrema Q95 se refiere a un valor específico de temperatura máxima que se espera que ocurra el 5% de las veces durante un período de referencia determinado. En otras palabras, es un indicador de una temperatura máxima extremadamente alta que, en promedio, se supera solo el 5% de las veces durante ese período. Las temperaturas extremadamente elevadas pueden afectar los cultivos, causando daño por calor y estrés térmico en las plantas. Los agricultores necesitan conocer estos valores para tomar medidas de protección, como la gestión del riego y la elección de cultivos resistentes al calor.

6.4.5 Requerimiento Óptimos de los cultivos

Las condiciones ambientales ejercen una influencia determinante en el desarrollo y productividad de los principales cultivos en el estado.

Maíz

La **Tabla 91** concentra los requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de maíz.

Tabla 91. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de maíz.

Fase	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Germinación	13	18-21	30
Crecimiento Vegetativo	15	20-28	35
Floración	20	21-30	30
Precipitación (mm)			
Total del Ciclo vegetativo	400-500	500-800	1000
Germinación		45	
Crecimiento vegetativo		170	
Floración		220	
Formación de fruto: estado lechoso y masoso		215	
Madurez		90	

Fuente: Granados y Sarabia, 2013; Ruiz, et al., 2020

Las plagas más destacadas que afectan las raíces de las plantas en el suelo incluyen la gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), el gusano de alambre y las larvas de diabróptica. En cuanto a las plagas que afectan el follaje de la planta, el gusano cogollero se manifiesta a partir de los 40 días de edad del maíz. Durante la fase de floración, surgen plagas como el frailecillo, el chapulín, el picudo y los adultos de diabróptica.

El cambio climático tiene efectos directos significativos en el sector agrícola, entre los cuales se destacan la alteración del régimen pluviométrico e incremento en las temperaturas (**Tabla 92**) lo cual impactaría negativamente sobre su rendimiento y podría tener importantes consecuencias para la seguridad alimentaria local y regional.

Tabla 92. Requerimientos óptimos del cultivo de maíz y la Trayectoria Socioeconómica SSP585.

Requerimientos climático-óptimos	Trayectorias Socioeconómicas Compartidas							
	Corto Plazo		Mediano Plazo					
	2021-2040		2041-2060					
	SSP585		SSP585					
HadGEM3-GC31-LL (%)	MIROC6 (%)	MPI-ESM1-2-HR (%)	HadGEM3-GC31-LL (%)	MIROC6 ESM1-2-HR (%)				
Temperatura media (°C)	14-18	-+2.0	+1.3	-+1.5	-+3.5	-+2.5	-+1.4	
Precipitación (mm)	450-700	-6%	-12%	-8%	-6.5%	-13.5%	-15%	

Fuente: Elaboración propia.

El maíz se adapta a una amplia variedad de zonas geográficas, pero el potencial de rendimiento está estrechamente relacionado con la cantidad de agua disponible. La disponibilidad de agua es un factor clave que afecta el rendimiento y su regularidad.

Trigo

Tabla 93. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de trigo.

Fase	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
La germinación, la emergencia, el amacollamiento y la elongación de las hojas (la etapa vegetativa)		24	
Crecimiento Vegetativo	15	15-20	40
Madurez	20	20-25	30
Precipitación (mm)			
Total del Ciclo vegetativo		380-700	1000

Fuente: Ruiz, et al., 2020

Para buenos rendimientos las noches deberían ser frescas. En su primera fase de retoño y desarrollo le es favorable un tiempo relativamente frío y, en cualquier caso, padece cuando la temperatura supera los 24°C. El trigo de invierno necesita un periodo frío (vernalización) durante sus primeras etapas de crecimiento, para el desarrollo normal de las espigas durante los días largos.

Durante el desarrollo el trigo es susceptible al daño por heladas cercanas a 0°C. Para los trigos tanto de invierno como de primavera, la temperatura mínima diurna para obtener un crecimiento apreciable es de 5°C. La temperatura media diurna para un crecimiento óptimo y para la producción de renuevos, está entre 15 y 20°C. Es preferible un periodo seco y caluroso para la maduración de 18°C o más. Heladas en trigo de primavera durante la floración y desarrollo de la espiga, producen alto grado de esterilidad. Para buenos rendimientos las noches deberían ser frescas. En su primera fase de retoño y desarrollo le es favorable un tiempo relativamente frío y, en cualquier caso, padece cuando la temperatura supera los 24°C (Ruiz, et al., 2020).

Cebada

Tabla 94. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de cebada.

Fase	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
La germinación, la emergencia, el amacollamiento y la elongación de las hojas (la etapa vegetativa)	5	20-28	30
Crecimiento Vegetativo	15	15-20	40
Madurez	20	20-25	30
Precipitación (mm)			
Total del ciclo vegetativo		380-660	1000

Fuente: Ruiz, et al., 2020

Durante la maduración del grano, las heladas o temperaturas inferiores a 0°C dañan tanto el aspecto físico como su calidad industrial. Tanto las lluvias abundantes como las sequías persistentes afectan a la cebada.

Durazno

La **Tabla 95** concentra los requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de durazno. Es una de las especies de clima templado más susceptibles al daño de las heladas invernales. Requiere de 400 a 1000 horas frío.

Tabla 95. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de durazno

Fase	Temperatura (°C)		
	Mínima	Óptima	Máxima
Desarrollo de fruto		2.4-4.5	
Periodo estival		22-26	40
Precipitación (mm)			
Total del Ciclo vegetativo		1200-1800 Bajo riego	

Fuente: Ruiz, et al., 2020

6.4.6 Estrategias y líneas de acción para la adaptación en el Sector Agrícola

Para hacer frente a la sequía, se pueden implementar las siguientes medidas en el sector agrícola:

- Medidas de gestión del agua, como la construcción de embalses y sistemas de riego más eficientes.
- Prácticas agrícolas sostenibles que ayuden a conservar el agua y a adaptarse a condiciones climáticas cambiantes.
- Investigación e inversión en tecnología agrícola pueden desempeñar un papel crucial en la mitigación de los efectos de la sequía en la agricultura.
- Variedades de cultivos resistentes a la sequía y la diversificación de cultivos. Ajustar las fechas de siembra.
- Rotación de cultivos. Variedades de cultivos de corta duración.
- Impulso al uso de abonos orgánicos.
- Promover la investigación para ajustar los calendarios de siembra.
- Reducir emisiones provenientes del uso de fertilizantes.
- Fomentar prácticas agrícolas sustentables, como la labranza de conservación para mantener las reservas de carbono e incrementar sus capacidades de captura.
- Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales.
- Actualizar los mapas de potencial productivo, una vez identificadas las tierras degradadas y/o con bajo potencial productivo realizar trabajos de restauración.
- Uso productivo de agua tratada para riego agrícola.
- Uso de lodos como subproductos de tratamiento de aguas para mejoramiento de suelos.

- Promover la recuperación de espacios abandonados estatales y municipales para su conversión en espacios verdes.
- Validación de nueva tecnología de producción y paquetes tecnológicos por región.
- Validación de paquetes tecnológicos de labranza de conservación.

6.5 Sector socioeconómico

Como parte de la Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible se aprobó en 2015 la Agenda para el Desarrollo, en la cual México presentó avances sobre los Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS) ante el Foro Político de Alto Nivel en Desarrollo Sostenible. Sin embargo, la presentación de avances significativos, principalmente en torno a la creación de ciudades y comunidades sostenibles, requiere de políticas urbanas transversales que reconozcan la necesidad de avanzar hacia visiones integrales que consideren las interrelaciones entre la superficie y forma urbana, la segregación socioespacial, la accesibilidad a empleos, servicios y equipamientos públicos, la movilidad, los servicios ambientales, los impactos a los ecosistemas y zonas rurales, así como el uso eficiente de la energía y de los recursos naturales, entre otros.

El Índice de Ciudades Sostenibles (ICS) 2021 mide el avance de las zonas metropolitanas de México en el camino hacia los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y ha sido impulsado por Citibanamex y coordinado por el Laboratorio Nacional de Políticas Públicas (LNPP) del Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE), en colaboración con el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) y el Centro Mario Molina (CMM).

Los ODS fueron establecidos para alcanzar un futuro viable en lo económico, sostenible en lo ecológico y equitativo en lo social, además de presentar una guía para la acción mundial, local y personal.

Figura 28. Objetivos del Desarrollo Sostenible



Fuente: Agenda 2030 y los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

En la edición 2021 del ICS, las zonas metropolitanas de México obtuvieron, en promedio, 56.06 puntos. Las ciudades están avanzando en el cumplimiento de la Agenda 2030 de los ODS, que contemplan compromisos de los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas en temas sociales, económicos y medioambientales. En la primera edición de dicho índice, la de 2015, el puntaje promedio fue de 53.18, por lo que el avance durante siete años ha sido de tan solo 2.88 puntos (IMCO 2021).

El estudio se conforma por 92 indicadores repartidos en 16 de los 17 ODS (el ODS 14 “Vida submarina” no se incluye por falta de información disponible), que evalúan el avance de 63 de las 74 zonas metropolitanas de México. Los resultados de cada zona son presentados por medio de un índice (escala de 0 a 100, donde 0 es lo más bajo y 100 es lo máximo que una zona metropolitana podría alcanzar) y un semáforo de control con cinco colores que indican el avance con respecto a la meta.

Para el caso específico del ODS 13, Acción por el clima, las ciudades son causa y solución del cambio climático, y se encuentran en primera línea de batalla en la lucha contra el mayor reto que actualmente enfrenta la humanidad. Únicamente en tres zonas metropolitanas (Guadalajara, Puerto Vallarta y Juárez) todos los municipios disponen de estos instrumentos vigentes al 2020.

Los tres primeros lugares de avance en este subíndice son Guadalajara (100.00), Mazatlán (83.33) y Cuernavaca (74.68), mientras que Orizaba (11.13), Poza Rica (8.87) y Tlaxcala-Apizaco (5.21) se encuentran todavía bastante lejos de las metas. (IMCO 2021).

6.5.1 Economía del Estado de Tlaxcala

El Estado de Tlaxcala, con una población de 1.34 millones de personas - 1.06 por ciento del total del país y registra una aportación al Producto Interno Bruto (PIB) de 0.6 por ciento (INEGI 2020). De lo anterior se desprende que sus niveles de productividad son sensiblemente menores al promedio nacional. Esta afirmación se confirma al comparar el PIB per cápita nacional de MXN127,425.0 con el del estado que a 2020 registra niveles de MXN65,899.0, lo que representa un 51.7 por ciento del rubro en comparación con el promedio del país (INEGI 2020).

La proporción del Estado de Tlaxcala con relación al territorio nacional total representa un 0.2 por ciento, lo que podría limitar su capacidad de generación de economías de escala. Sin embargo, el estado forma parte de la zona metropolitana Puebla – Tlaxcala que se ha caracterizado por un crecimiento poblacional elevado a la vez que por una complementariedad en el clúster automotriz y proveeduría de autopartes por su cercanía con algunas de las plantas armadoras automotrices más importantes del país.

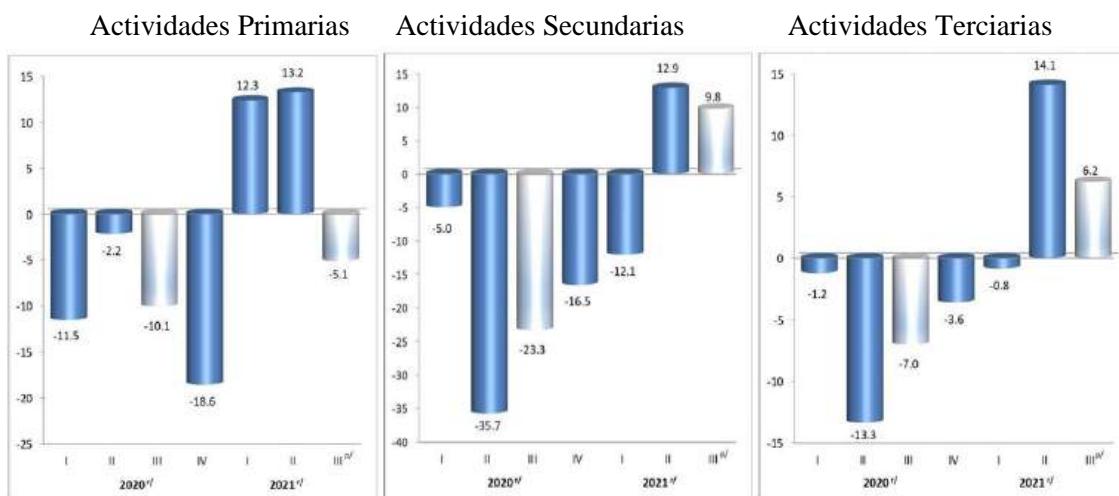
A 2020, el sector terciario representa un 61.6 por ciento de las actividades económicas del estado, mientras que el sector secundario representa el 35.4 por ciento y con una proporción del 3 por ciento se ubican las actividades primarias. En este sentido, destacan dentro de las actividades en el sector secundario, la industria manufacturera con una proporción del 65.7 por ciento del sector.

Asimismo, el sector terciario, siendo el sector con mayor peso específico de las actividades económicas del estado, presenta un mayor nivel de diversificación, en el que destacan servicios inmobiliarios y alquiler de

bienes muebles, las cuales, aportan el 28 por ciento del sector; seguido del comercio al por menor que representa casi el 17 por ciento del sector (INEGI, 2020).

Al igual que el resto del país, Tlaxcala fue sujeto de una pronunciada contracción económica derivada de la pandemia COVID 19, principalmente reflejada en sus indicadores económicos durante el año 2020. El sector más sensible a la pandemia fue el sector secundario que tuvo una variación porcentual en el Indicador Trimestral de Actividad Económica Estatal (ITAE) negativa en 2020 de 5, 35.7, 23.3 y 12.1 trimestres respectivamente comparados con los mismos del año anterior.

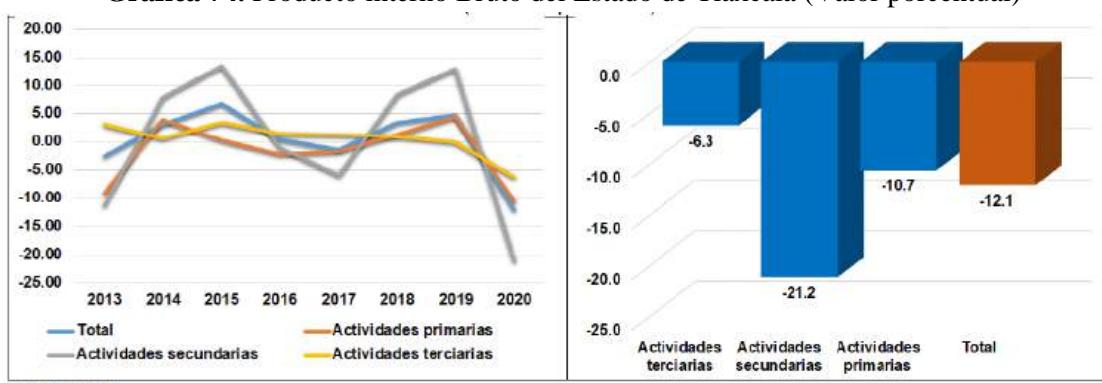
El sector terciario mostró mayor resiliencia a los efectos de la pandemia registrando variaciones porcentuales negativas de 1.2, 13.3, 7 y 3.6 respecto a los mismos trimestres del año anterior. El sector primario mostró una resiliencia mixta y una recuperación más temprana del resto de los sectores, aunque ciertamente con un peso específico poco significativo en la economía estatal.



Fuente: INEGI 2020.

El año 2020 registró una contracción de la actividad económica del estado de 12.1 por ciento, una mayor contracción a la observada a nivel nacional de 8 por ciento.

Gráfica 74. Producto interno Bruto del Estado de Tlaxcala (Valor porcentual)



Fuente: INEGI.

Fuente: INEGI, 2020.

Al primer trimestre 2021, el Indicador Trimestral de Actividad Económica Estatal muestra signos de recuperación, alcanzando niveles de en octavo lugar nacional, con un 7.2 por ciento respecto al mismo periodo del año anterior. Para 2022, el mismo trimestre registró un incremento de 3.4 por ciento respecto al mismo periodo del año anterior. Asimismo, este mismo indicador muestra signos de estabilidad dado que al primer trimestre de 2023 registró un crecimiento de 2.2 por ciento respecto al mismo trimestre del año anterior.

Tabla 96. Indicador Trimestral de Actividad Económica del Estado de Tlaxcala

Variación porcentual

Entidades	2022				2023
	1T	2T	3T	4T	1T
Durango	-0.2	-0.9	-1.3	-1.6	1.2
Guanajuato	1.0	3.6	5.2	5.6	2.6
Guerrero	5.1	2.9	3.6	1.0	2.1
Hidalgo	5.6	10.5	12.4	14.6	7.0
Jalisco	4.1	6.4	7.8	5.9	3.7
México	4.0	3.4	3.8	0.7	1.2
Michoacán de Ocampo	2.3	4.4	0.9	4.6	3.1
Morelos	2.9	3.2	4.4	0.3	4.0
Nayarit	3.9	6.7	4.9	-0.3	3.7
Nuevo León	2.5	3.2	3.3	3.6	3.3
Oaxaca	5.8	2.5	8.9	12.0	8.3
Puebla	0.0	4.4	8.1	8.1	2.9
Querétaro	0.9	5.2	3.2	5.2	4.7
Quintana Roo	20.8	11.8	6.2	7.9	8.0
San Luis Potosí	-0.7	4.1	6.9	6.8	6.8
Sinaloa	1.7	2.9	4.1	4.1	4.6
Sonora	4.7	2.9	3.8	3.1	2.5
Tabasco	20.6	19.8	14.9	14.5	10.7
Tamaulipas	3.5	7.4	3.4	1.6	-0.1
Tlaxcala	3.4	5.4	2.8	1.9	2.2
Veracruz de Ignacio de la Llave	3.4	3.1	2.1	-1.9	2.1
Yucatán	1.5	1.3	2.2	1.7	3.7
Zacatecas	3.7	2.7	1.0	-2.2	3.3

Fuente: <https://www.inegi.org.mx/temas/itaee/>

6.5.2 Población y Actividad Económica por Municipio

La población total de Tlaxcala en 2020 fue 1,342,977 habitantes, siendo 51.6% mujeres y 48.4% hombres. La población del estado se encuentra relativamente dispersa. Esto es, de los 1.34 millones de habitantes, el 7.4 por ciento se concentra en la ciudad capital, 7.3 en el municipio de Huamantla, 6.1 por ciento en el municipio de

San Pablo del Monte, 6.0 por ciento en el municipio de Apizaco, y 5.4 por ciento de su población se concentra en el municipio de Chiautempan. Esto es, los cinco municipios más poblados del Estado de Tlaxcala concentran el 25 por ciento de la población, mientras que, por ejemplo, el municipio de Puebla que concentra el 25.7 por ciento de su población solamente en la capital del estado.

Asimismo, el Estado de Tlaxcala cuenta con cuatro parques industriales, ubicados en los municipios de Huamantla con dos parques industriales, Tlaxco con un parque y Tetla de la Solidaridad con un parque. En el mismo sentido, si comparamos la densidad de parques industriales en Tlaxcala observamos que se encuentran en lugares distintos a los altamente poblados, a diferencia del vecino estado de Puebla que cuenta con ocho parques industriales y cinco de ellos se encuentran en la capital del estado. Lo anterior pudiera explicar el cuello de botella en la infraestructura de transporte público como de carreteras para facilitar la vinculación entre centros de trabajo y zonas de residencia.

6.5.3 Comercio Exterior

En términos de ventas al exterior, a 2022, destaca la venta fibra de vidrio, lana de vidrio y manufacturas derivadas con un 17.3 por ciento del total de ventas al exterior, seguido asientos convertibles o no en camas con 13.3 por ciento, venta de partes y accesorios de vehículos automotores que aportan un 11.2 por ciento del total de las ventas al exterior. En tercer lugar, se encuentra la venta de los polímeros de estireno en formas primarias que aportan el 9.3 por ciento de las ventas internacionales. Así, el principal destino de dichas ventas es Estados Unidos que representa el 87.1 por ciento de las mercancías receptoras.

Por el lado de compras internacionales, resalta un mayor nivel de diversificación que el correspondiente a ventas internacionales, tanto en productos como en destinos. Es así como el 29.5 por ciento de las compras proviene de Estados Unidos, seguido del 23.6 por ciento de las compras internacionales originarias de China, y un 13.1 por ciento de Alemania. El nivel de diversificación de productos tanto de compras como de ventas internacionales es adecuado, mientras que el nivel de diversificación de clientes/proveedores externos no presenta el mismo grado de diversificación, dado que mientras las compras internacionales se concentran en un solo país, Estados Unidos, con un 87.1 por ciento, las ventas se diversifican en Estados Unidos con un tercio, China casi con un cuarto y Alemania con 13.1 por ciento al 2022.

El balance de comercio internacional del Estado de Tlaxcala es positivo a 2022, dado que el total de sus ventas internacionales ascendieron a USD231 millones, mientras que sus compras internacionales registraron niveles de USD82.6 millones. Lo anterior nos lleva a la conclusión de que su balance neto de comercio exterior es positivo en USD148.4 millones.

6.5.4 Niveles de Pobreza Nacionales y su Comparativo con el Estado de Tlaxcala: CONEVAL

De acuerdo con la Ley General de Desarrollo Social (LGDS), el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica, patrimonio propio, autonomía técnica y de gestión, que tiene como atribución normar y coordinar la evaluación de las políticas y programas de desarrollo social que ejecutan las dependencias públicas, así como establecer los lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza en México, garantizando la transparencia, objetividad y rigor técnico.

Conforme al artículo 36 y 37 de la LGDS, el CONEVAL deberá realizar la medición de pobreza con una periodicidad mínima de cada dos años a nivel nacional y entidad federativa, y para ello, en cumplimiento a lo establecido en la LGDS, se debe utilizar la información generada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). De esta manera, el CONEVAL retoma la información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del INEGI como fuente de información para medir la pobreza multidimensional a este nivel de desagregación.

La medición multidimensional de la pobreza se basa en un enfoque de derechos sociales, y es parte de un conjunto de información que genera el CONEVAL para guiar las políticas públicas y aportar información para la toma de decisiones. Como pudimos observar en el reporte de medición de pobreza multidimensional del Consejo Nacional de Evaluación de Política Social (CONEVAL), México ganó territorio a la pobreza medida por la línea de ingresos de 2018 a 2022. La medición de la pobreza multidimensional incluye fundamentalmente dos aspectos. La pobreza por el lado de la línea del ingreso, y la pobreza por causas de carencias sociales.

A nivel nacional podemos observar que la línea de pobreza por ingresos tuvo un comportamiento favorable dado que de 2018 a 2022, los niveles de pobreza medidos por ingreso mostraron una reducción de 51.9 millones en 2018 a 46.8 millones en 2022, lo que significa una reducción del número de pobres en términos generales de 5.1 millones. Sin embargo, si observamos los niveles de pobreza extrema para los mismos años, podemos observar que se incrementaron en alrededor de 400 mil personas. Lo anterior se explica en gran medida por la política pública de transferencias en recursos en efectivo durante esos años, logrando “sacar” a aproximadamente 5 millones de personas en pobreza a niveles de población no pobre y no vulnerable.

Por otro lado, los niveles medidos por carencia en servicios de salud se incrementaron de 2018 a 2022 de 20.1 a 50.4 millones de personas. Esto es, 30.3 millones de personas dejaron de contar con servicios básicos de salud. En el mismo sentido, los niveles de población con al menos tres carencias sociales se incrementaron en el mismo periodo de 25.0 a 32.1 millones de personas, es decir 7.1 millones más de personas en el país presentan tres o más carencias sociales de 2018 a 2022.

Figura 29. Indicador de pobreza en México

Indicadores	Porcentaje				Miles de personas				Carencias promedio			
	2016	2018	2020	2022*	2016	2018	2020	2022*	2016	2018	2020	2022*
Pobreza												
Población en situación de pobreza	43.2	41.9	43.9	36.3	52.2	51.9	55.7	46.8	2.2	2.3	2.4	2.6
Población en situación de pobreza moderada	36.0	34.9	35.4	29.3	43.5	43.2	44.9	37.7	2.0	2.0	2.1	2.3
Población en situación de pobreza extrema	7.2	7.0	8.5	7.1	8.7	8.7	10.8	9.1	3.5	3.6	3.6	3.8
Población vulnerable por carencias sociales	25.3	26.4	23.7	29.4	30.5	32.7	30.0	37.9	1.8	1.8	1.9	2.0
Población vulnerable por ingresos	7.6	8.0	8.9	7.2	9.1	9.9	11.2	9.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Población no pobre y no vulnerable	24.0	23.7	23.5	27.1	28.9	29.3	29.8	34.9	0.0	0.0	0.0	0.0
Privación social												
Población con al menos una carencia social	68.5	68.3	67.6	65.7	82.7	84.6	85.7	84.7	2.1	2.1	2.2	2.3
Población con al menos tres carencias sociales	20.0	20.2	23.0	24.9	24.2	25.0	29.2	32.1	3.5	3.5	3.5	3.6
Indicadores de carencia social												
Rezago educativo	18.5	19.0	19.2	19.4	22.3	23.5	24.4	25.1	2.7	2.8	2.8	3.0
Carencia por acceso a los servicios de salud	15.6	16.2	28.2	39.1	18.8	20.1	35.7	50.4	2.7	2.7	2.8	2.9
Carencia por acceso a la seguridad social	54.1	53.5	52.0	50.2	65.4	66.2	68.0	64.7	2.3	2.3	2.5	2.6
Carencia por calidad y espacios de la vivienda	12.0	11.0	9.3	9.1	14.5	13.6	11.8	11.7	3.1	3.2	3.4	3.6
Carencia por acceso a los servicios básicos en la vivienda	19.2	19.6	17.9	17.8	23.1	24.3	22.7	22.9	3.0	3.0	3.1	3.3
Carencia por acceso a la alimentación nutritiva y de calidad	21.9	22.2	22.5	18.2	26.5	27.5	28.6	23.4	2.6	2.6	2.7	2.9
Bienestar económico												
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza extrema por ingresos	14.9	14.0	17.2	12.1	18.0	17.3	21.9	15.5	2.5	2.5	2.5	2.9
Población con ingreso inferior a la línea de pobreza por ingresos	50.8	49.9	52.8	43.5	61.3	61.8	66.9	56.1	1.9	1.9	2.0	2.2

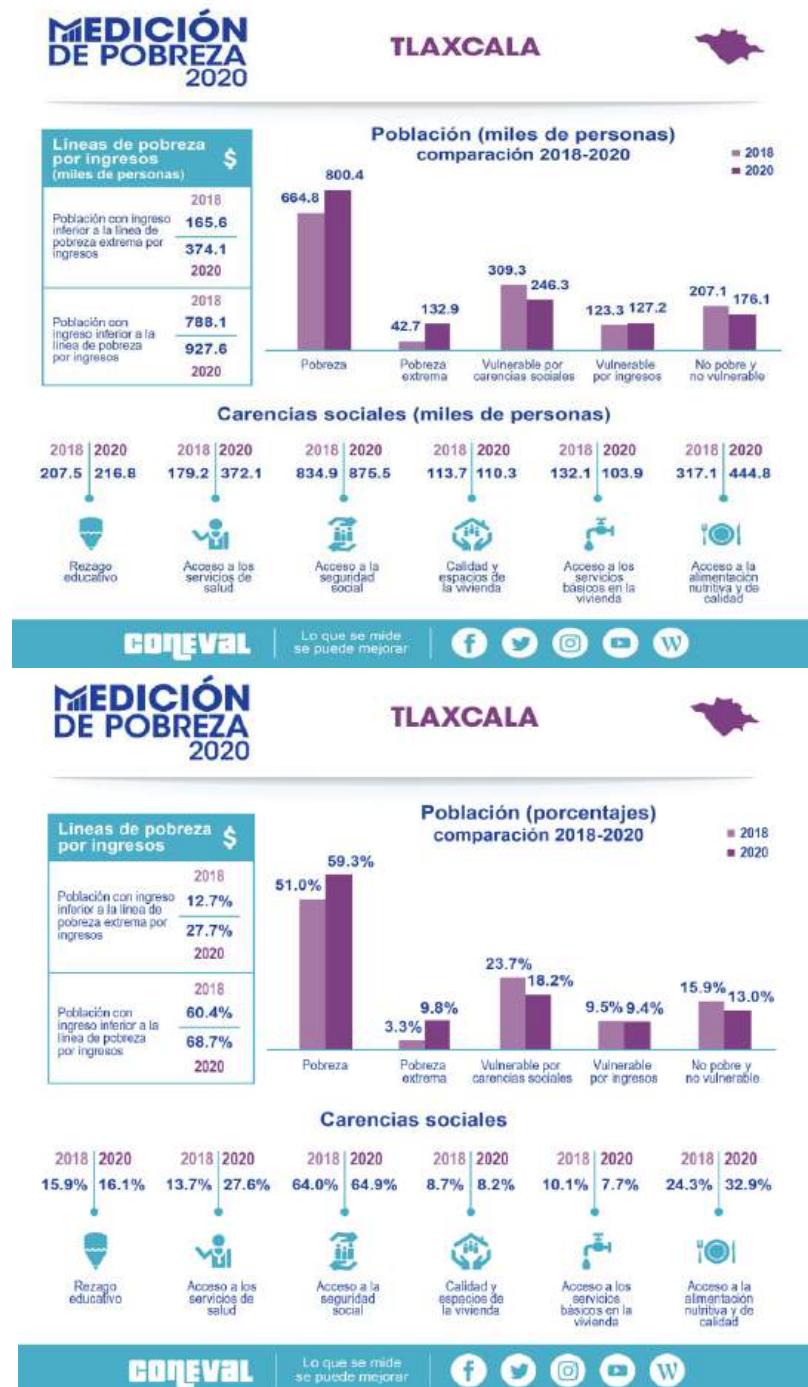
Fuente: estimaciones del CONEVAL con base en la ENIGH 2010, 2018, 2020 y 2022 del INEGI.

* Para un mejor análisis de la información 2022, consultar las notas técnicas, disponibles en: https://www.coneval.org.mx/Medicion/MPI/Paginas/Notas_pobreza_2022.aspx

Fuente: Reporte de medición de pobreza multidimensional del Consejo Nacional de Evaluación de Política Social (CONEVAL)

El CONEVAL presenta las estimaciones de pobreza con un enfoque multidimensional a nivel nacional y para cada entidad federativa, en cumplimiento de la Ley General de Desarrollo Social. Para el caso del Estado de Tlaxcala podemos observar que la población en situación de pobreza se incrementó de 2018 a 2022 de 664,800 a 800,400 personas, 135,600 personas más se encuentran en situación de pobreza en el estado en ese periodo.

Figura 30. Medición de pobreza en el Estado de Tlaxcala 2020



Fuente: Reporte de medición de pobreza multidimensional del Consejo Nacional de Evaluación de Política Social (CONEVAL)

Municipios en mayor situación de pobreza

Hacia el interior del Estado de Tlaxcala, con información de CONEVAL a 2020, los municipios con porcentajes mayores de población en situación de pobreza fueron Mazatecochco de José María Morelos, El Carmen Tequexquitla y Emiliano Zapata. Asimismo, los municipios con el mayor número de personas en situación de pobreza son Huamantla, San Pablo del Monte y Chiautempan. Los municipios en situación de pobreza conforme al CONEVAL en términos de porcentaje y de número no son los mismos dado que para el primer caso se contabiliza el número de habitantes en situación de pobreza sobre la base de municipios que resultan ser relativamente pequeños, y del total de su población se ubican con la proporción más alta de habitantes en situación de pobreza.

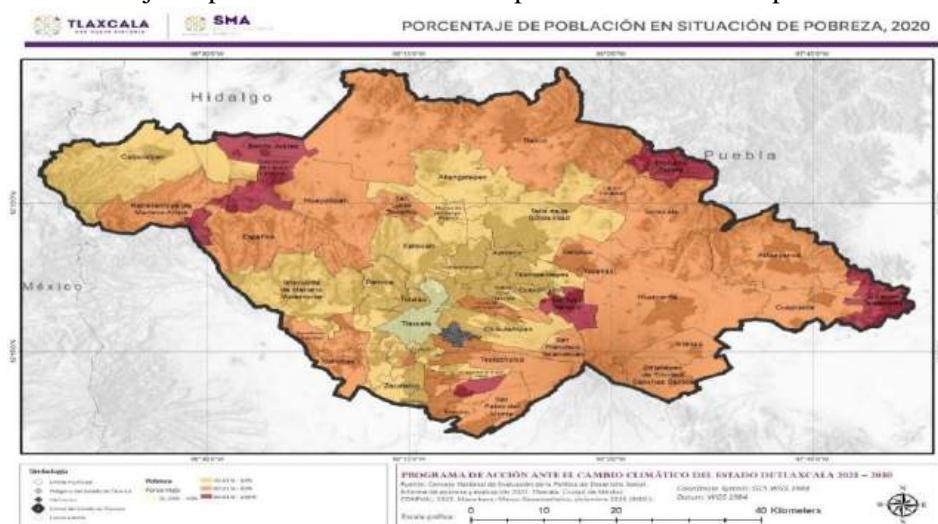
Para el caso de los municipios con mayor número absoluto de habitantes en situación de pobreza, la contabilización es en términos absolutos sobre una base de municipios relativamente más poblados, pero no necesariamente la proporción de habitantes en situación de pobreza se encuentra entre las más altas de la entidad. Asimismo, para el caso de habitantes en situación de pobreza extrema, que se detallan más adelante, aplica el mismo razonamiento.

Tabla 97. Municipios de Tlaxcala con mayor porcentaje y número de personas en situación de pobreza, 2020

Mayor porcentaje de personas en situación de pobreza				Mayor número de personas en situación de pobreza			
No.	Municipio	Porcentaje	Población municipal	No.	Municipio	Número de personas	Población municipal
1	Mazatecochco de José María Morelos	90.4	12,476	1	Huamantla	69,262	108,409
2	El Carmen Tequexquitla	87.8	17,719	2	San Pablo del Monte	64,595	87,509
3	Emiliano Zapata	83.7	5,116	3	Chiautempan	44,176	75,921
4	Sanctórum de Lázaro Cárdenas	81.3	9,746	4	Apizaco	36,252	82,018
5	San José Teacalco	81.0	6,650	5	Calpulalpan	31,690	52,931

Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de pobreza y evaluación 2022. Tlaxcala.

Mapa 80. Porcentaje de población en situación de pobreza en los municipios de Tlaxcala, 2020



Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de pobreza y evaluación 2022. Tlaxcala.

Municipios en mayor situación de pobreza extrema

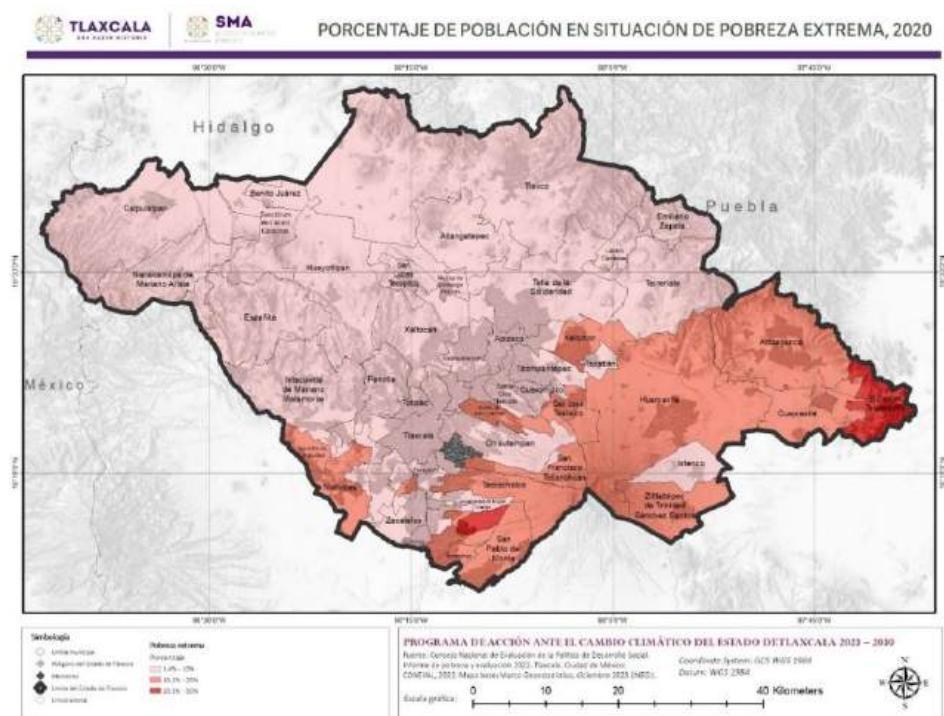
De acuerdo con datos de CONEVAL 2020, los municipios con los mayores porcentajes de población en situación de pobreza extrema fueron: Mazatecochco de José María Morelos, El Carmen Tequexquitla y San Pablo del Monte. Por su parte, municipios con el mayor número de personas en situación de pobreza son: San Pablo del Monte, Huamantla y Chiautempan.

Tabla 98. Municipios de Tlaxcala con mayor porcentaje y número de personas en situación de pobreza extrema, 2020

Mayor porcentaje de personas en situación de pobreza extrema			Mayor número de personas en situación de pobreza extrema				
No.	Municipio	Porcentaje	Población total	No.	Municipio	Número de personas	Población total
1	Mazatecochco de José María Morelos	27.3	12,476	1	San Pablo del Monte	15,730	87,509
2	El Carmen Tequexquitla	22.9	17,719	2	Huamantla	14,887	108,409
3	San Pablo del Monte	18.0	87,509	3	Chiautempan	6,879	75,921
4	Zitlaltépec de Trinidad Sanchez Santos	17.1	9,513	4	Contla de Juan Cuamatzi	5,247	39,890
5	Tenancingo	15.6	13,098	5	Papalotla de Xicohténcatl	4,442	36,573

Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de pobreza y evaluación 2022. Tlaxcala.

Mapa 81. Porcentaje de población en situación de pobreza extrema en los municipios de Tlaxcala, 2020



Fuente: Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. Informe de pobreza y evaluación 2022. Tlaxcala.

En términos de la incidencia de pobreza extrema en la entidad a nivel municipal, podemos observar que el mayor porcentaje de población en situación de pobreza extrema se concentra en la parte sur y este del estado, mientras que los menores porcentajes se ubican en la parte central, oeste y norte de la entidad.

6.5.5 Impacto del cambio climático sobre el sector socioeconómico en el Estado de Tlaxcala

En 2022, la economía de Tlaxcala presentó un Producto Interno Bruto (PIB) nominal de 175 098 millones de pesos. Las actividades primarias participaron en el producto total de la entidad con 3.4 %; las secundarias con 36.5 %; las terciarias con 55.0 % (INEGI 2023). Si bien el impacto del Cambio Climático presenta características asimétricas entre los países que registran mayor peso específico en la aportación de Gases Efecto Invernadero (GEIs) y los países que resultan más vulnerables a los efectos del Cambio Climático. De acuerdo con el reporte de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de 2014, se estiman algunos de los principales costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe relacionados con un aumento de 2.5 °C de temperatura hacia el año 2050 oscilan entre el 1.5% y el 5% del PIB. En este sentido, conforme al PIB de Tlaxcala a 2022 podríamos calcular un costo de entre 2.6 a 8.75 mil millones de pesos al año por los potenciales efectos del cambio climático sobre los distintos sectores económicos del estado.

6.6 Índice de vulnerabilidad por municipio del Estado de Tlaxcala

La evaluación de la vulnerabilidad realizada en el presente documento se complementa con el Índice de Vulnerabilidad desarrollado a continuación. Si bien se han realizado varias propuestas de estos Índices en nuestro país, se eligió el propuesto por Monterroso y colaboradores¹² debido a los aspectos que considera en su evaluación, ya que incluye no solo factores climáticos sino también aspectos sociales, económicos, de salud, entre otros, lo que constituye un enfoque integral. Así, el Índice de Vulnerabilidad se integra por tres componentes que evalúan la Exposición, Sensibilidad y la Capacidad adaptativa del Estado de Tlaxcala, siendo estos conceptos definidos como se muestra a continuación por los autores:

Exposición. *Se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos.*

Sensibilidad. *Se refiere al grado en que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. Esta medida determina el grado en el que un municipio se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por el cambio climático.*

Capacidad adaptativa. *Se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados. La capacidad*

¹² Monterroso R. A., A. Fernández E., R. I. Trejo V., A. C. Conde A., J. Escandón C., L. Villers R. y C. Gay G. 2014. Vulnerabilidad y adaptación a los efectos del cambio climático en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera. Programa de Investigación en Cambio Climático Universidad Nacional Autónoma de México.

adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos para enfrentar de una mejor manera o anticiparse a los factores que impulsan el cambio.

Cada uno de los componentes mencionados se integra por un conjunto de dimensiones que reflejan el estado de ese aspecto. Así, el componente de Exposición considera a su vez la Frecuencia de eventos extremos, la Problemática ambiental presente en el territorio de análisis, y el Clima y Cambio Climático. El componente de Sensibilidad considera los aspectos relacionados a la Población, la Salud y el sector Productivo del territorio. Por su parte, el componente de Capacidad Adaptativa considera el Capital Humano, Social, Financiero y Natural con que el territorio analizado puede hacer frente a los efectos adversos del Cambio Climático.

Estos aspectos se reflejan mediante una batería de variables relacionados con el tema en cuestión, mismos que fueron adaptados del estudio original en función de la disponibilidad de la información, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 99. Variables empleadas en los componentes del Índice de Vulnerabilidad

Componente	Dimensión	Variable empleada
Exposición	Frecuencia de eventos extremos	Total de Heladas reportadas
		Total de Lluvias intensas reportadas
		Total de Otros problemas reportados
	Problemática ambiental	Unidades de Producción (%) en un municipio que reportaron pérdidas por cuestiones climáticas
		Unidades de Producción (%) en un municipio que reportaron pérdidas por falta de fertilidad
	Clima y Cambio Climático	Razón de cambio ($^{\circ}\text{C}$) entre temperatura media y la proyectada
Sensibilidad	Población	Razón de cambio (mm) entre precipitación media y la proyectada
		% población municipal con jefe de familia femenino
		% población municipal indígena
	Salud	% población municipal en pobreza alimentaria
		% de personas sin acceso a servicios de salud
		% de superficie municipal en actividades primarias
Capacidad Adaptativa	Capital Humano	% de superficie municipal que no cuenta con riego
		% de población municipal dedicada a actividades primarias
		% cambio en población al 2030
		% de Población en el municipio que sabe leer
	Capital Social	% de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
		% de población total alfabetizada en el municipio
	Capital Financiero	% de Unidades de Producción en un municipio que no tienen litigio por la tierra
		% de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener falta de capacitación
		% de Unidades de Producción en un municipio que señalaron no tener dificultad para acceder a créditos
		% de Unidades de Producción en un municipio que reciben remesas de país extranjero
		% de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener ahorros
		% de Unidades de Producción en un municipio que señalaron tener crédito

Componente	Dimensión	Variable empleada
Capital Natural		% de población que recibe más de 2 salarios mínimos mensuales de ingreso
		Relación de superficie municipal con bosque o selva
		Relación de hectáreas reforestadas

Fuente: Elaboración propia.

Las fuentes de información empleadas incluyeron los escenarios climáticos desarrollados, los censos (población, vivienda, agropecuarios) e Inventarios estatales realizados por INEGI, las declaratorias de emergencia de desastres, entre otras fuentes de información, tratando de obtener la información que refleje mejor el aspecto del que se trata.

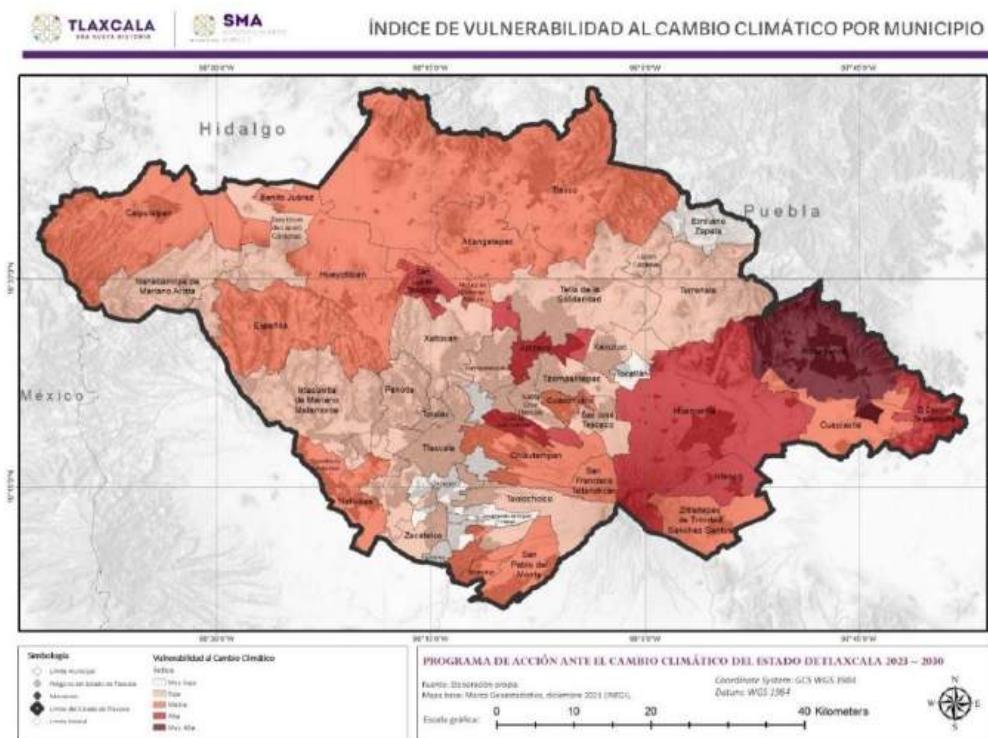
Los componentes así evaluados se relacionan con el Índice de Vulnerabilidad según la siguiente expresión de los autores:

$$\text{Vulnerabilidad} = f[(\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Capacidad de Adaptación}]$$

Debido a que cada componente considera un número distinto de variables, sus valores se normalizaron conforme a la propuesta de los autores, de manera que cada componente tenga un valor máximo igual a los demás.

Finalmente, los resultados se llevaron a un software SIG para la elaboración de un mapa que permita apreciar los municipios más vulnerables al cambio climático. Los resultados se muestran a continuación.

Mapa 82. Índice de Vulnerabilidad al cambio climático por municipio.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 100. Índice de Vulnerabilidad por municipio

Municipio	Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático	Municipio	Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático		
Santa Catarina Ayometla	0.032	Muy baja	Panotla	0.218	Baja
La Magdalena Tlaltelulco	0.056	Muy baja	Santa Ana Nopalucan	0.223	Baja
Acuamanala De Miguel Hidalgo	0.059	Muy baja	Xaloztoc	0.227	Baja
San Jerónimo Zacualpan	0.061	Muy baja	Terrenate	0.231	Baja
San Lorenzo Axocomanitla	0.075	Muy baja	Tetla De La Solidaridad	0.233	Baja
Tocatlán	0.080	Muy baja	Mazatecochco De José María Morelos	0.234	Baja
Santa Cruz Quilehtla	0.097	Muy baja	Hueyotlipan	0.241	Media
Apetatitlán De Antonio Carvajal	0.108	Muy baja	Tepetitla De Lardizábal	0.254	Media
Xicohtzinco	0.112	Muy baja	Chiautempan	0.256	Media
Tepeyanco	0.115	Muy baja	Benito Juárez	0.264	Media
Emiliano Zapata	0.118	Muy baja	Papalotla De Xicohténcatl	0.264	Media
Sanctórum De Lázaro Cárdenas	0.123	Baja	Cuaxomulco	0.276	Media
San Damián Texoloc	0.130	Baja	San Francisco Tetlanohcan	0.280	Media
Lázaro Cárdenas	0.143	Baja	San Pablo Del Monte	0.291	Media
Santa Isabel Xiloxoxtla	0.147	Baja	Calpulalpan	0.299	Media
Yauhquemecan	0.161	Baja	Zitlaltepec De Trinidad Sánchez Santos	0.300	Media
Santa Apolonia Teacalco	0.164	Baja	Natívitas	0.303	Media
Totalac	0.168	Baja	Muñoz De Domingo Arenas	0.309	Media
Xaltocan	0.176	Baja	Atlangatepec	0.311	Media
Tlaxcala	0.185	Baja	Españita	0.320	Media
Zacatelco	0.187	Baja	Cuapiaxtla	0.348	Media
San José Teacalco	0.196	Baja	Tenancingo	0.357	Media
Amaxac De Guerrero	0.198	Baja	Tlaxco	0.359	Media
Nanacamilpa De Mariano Arista	0.202	Baja	Contla De Juan Cuamatzi	0.365	Alta
Tetlatlahuca	0.205	Baja	Huamantla	0.377	Alta
San Juan Huactzinco	0.205	Baja	San Lucas Tecopilco	0.380	Alta
Tzompantepec	0.206	Baja	El Carmen Tequexquitla	0.391	Alta
Ixtacuixtla De Mariano Matamoros	0.206	Baja	Apizaco	0.423	Alta
Teolocholco	0.206	Baja	Ixtenco	0.462	Alta
Santa Cruz Tlaxcala	0.207	Baja	Altzayanca	0.573	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 100** se muestran los resultados del Índice de vulnerabilidad de forma cuantitativa, siendo los municipios con mayor valor los más vulnerables a los efectos adversos. Esto no implica que un municipio con un valor cercano a cero esté exento de los estragos causados por el Cambio Climático, sino que cuenta con la suficiente Capacidad Adaptativa para hacer frente a dichos efectos. Por otra parte, se espera que los municipios con un valor mayor enfrenten o bien efectos de mayor intensidad o efectos de intensidad media, pero sin los recursos para hacerles frente de la mejor manera.

Así, se tienen 11 municipios con muy baja vulnerabilidad, seguidos de 25 municipios con baja vulnerabilidad, 17 con vulnerabilidad media, 6 con vulnerabilidad alta, y uno con vulnerabilidad muy alta.

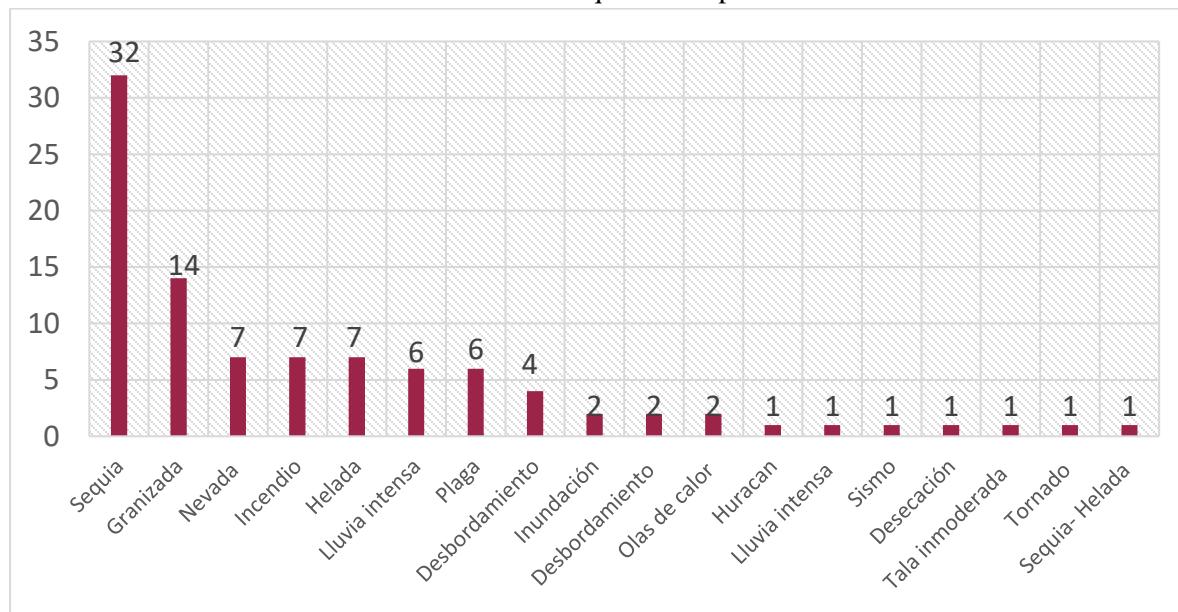
Análisis

Como se mencionó con antelación, en el proceso de elaboración del presente estudio, se realizaron talleres de diagnósticos, donde los representantes de los distintos sectores de la población (académicos, industriales, población en general y autoridades municipales, estatales y federales) identificaban mediante preguntas detonadoras:

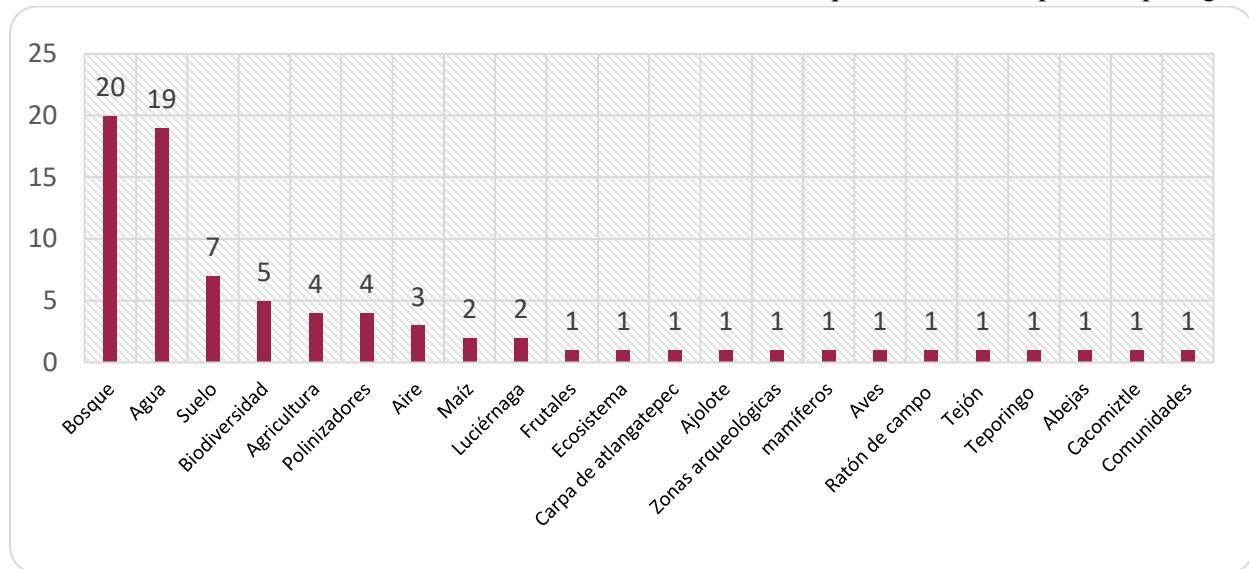
¿Qué consideraban importante proteger y cómo consideraban que se tenía que proteger?, ¿Qué eventos relacionados con cambio climático han ocurrido en el pasado y cómo lo habían afrontado? ¿Qué riesgos identificaban en el estado de Tlaxcala y donde ocurrían con mayor frecuencia?

Esto se realizó tanto de manera presencial como en línea. Derivado de lo anterior, se obtuvieron los siguientes resultados:

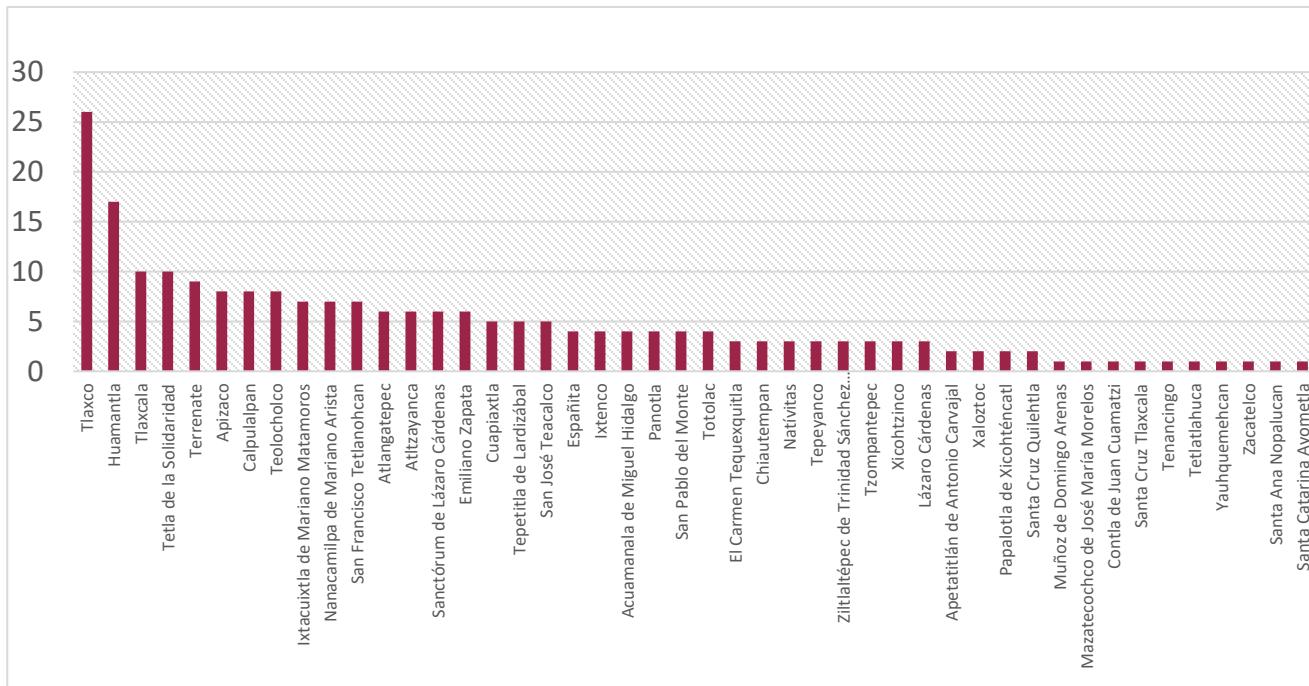
Gráfica 75. Frecuencia de eventos que se han presentado en el Estado de Tlaxcala



Fuente: Elaboración propia con resultados de los talleres presenciales de diagnóstico y consulta en línea.

Gráfica 76. Frecuencia de mención de los sectores ambientales que consideran importante proteger

Fuente: Elaboración propia con resultados de los talleres presenciales de diagnóstico y consulta en línea.

Gráfica 77. Frecuencia de mención de riesgos identificados por municipio

Fuente: Elaboración propia con resultados de los talleres presenciales de diagnóstico y consulta en línea.

De acuerdo con lo anterior y relacionando los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad con la memoria y conocimiento local de la población se encuentran las siguientes semejanzas entre ambos métodos utilizados.

Tabla 101. Análisis de resultados del grado de vulnerabilidad Vs Talleres presenciales

No.	Municipio	Análisis de vulnerabilidad	Número de menciones de riesgos identificados por municipio en talleres de diagnóstico
1	Tlaxco	Media	26
2	Contla de Juan Cuamatzi	Alta	
3	Huamantla	Alta	17
4	San Lucas Tecopilco	Alta	
5	El carmen Tequexquitla	Alta	8
6	Apizaco	Alta	
7	Ixtenco	Alta	
8	Altzayanca	Muy alta	6
9	Tlaxcala		10
10	Tetla de solidaridad		10

Fuente: Elaboración propia con resultados del análisis de vulnerabilidad y talleres presenciales de diagnóstico y consulta en línea.

El municipio con el mayor grado de vulnerabilidad (“Muy alto”), es Altzayanca, mismo que también, en los talleres, se mencionó con una frecuencia de 6 riesgos hidrometeorológicos y antropogénicos que se han presentado, además de ser uno de los municipios con mayor porcentaje de población en pobreza extrema. Siguiendo este orden con respecto a los municipios con vulnerabilidad “Alta”, 2 de ellos fueron mencionados en los talleres como municipios con mayor número de riesgos hidrometeorológicos y antropogénicos, los cuales son Huamanta y el Carmen Tequexquitla, mismos que al igual que Altzayanca, se encuentran entre los municipios con mayor porcentaje de población en pobreza extrema.

Con respecto al municipio de Tlaxco clasificado como el primer municipio con una vulnerabilidad “Media”, es decir, se ubica inmediatamente después de los municipios con vulnerabilidad “Alta”. Este municipio, de acuerdo con lo recabado en los talleres presenciales y en línea, es el que presenta la mayor cantidad de riesgos hidrometeorológicos y antropogénicos, siendo los más mencionados la sequía, la tala clandestina, así como plagas y enfermedades.

Finalmente, si bien los municipios de Tlaxcala y Tetla de solidaridad tienen una vulnerabilidad “Baja” de acuerdo con el análisis realizado, esto no significa que no se presentan eventos hidrometeorológicos extremos, mismos que se mencionaron en los talleres presenciales con 10 menciones cada uno, más bien, la calificación resultante del análisis de vulnerabilidad es resultado de que son municipios donde las variables económicas presentan niveles aceptables, de tal manera que se incrementa su capacidad adaptativa.

De este análisis, se concluye que tanto la metodología utilizada para la identificación de los municipios más vulnerables como lo recabado en los talleres presenciales y en línea, si bien no coinciden completamente, presentan una consistencia en sus resultados. Siendo además consistentes con lo mencionado por el IPCC, donde se enfatiza que el grado de vulnerabilidad se acentúa en las localidades más pobres, ya que generalmente no saben leer o escribir, tienen un menor acceso a servicios básicos, sufren una mayor incidencia de enfermedades y perciben ingresos bajos e inestables, dando lugar a que un evento natural se convierta en una catástrofe por la falta de capacidad de la población para enfrentarlo.



7. Diseño de políticas, estrategia, líneas de acción y metas de atención al cambio climático.

7.1 Metodología

La estructura metodológica obedece a un diseño que permita dar seguimiento a cada una de las medidas, esta estructura es retomada de las secciones de medidas de los *PEACC's* de INECC y los *Proaires* de SEMARNAT elaborados por las distintas entidades federativas, y que es tropicalizada para este caso de estudio de la siguiente manera, en primer lugar se tiene el *Objetivo* que consiste en presentar de manera breve el alcance de la medida y su foco de atención, la *justificación*, es el porqué es importante realizar dicha medida en la entidad, o que obligaciones se tienen al respecto para implementarla.

Posteriormente, se presentan todas las *líneas de acción* necesarias para llevar a cabo dicha medida, después de ello, se señalan los indicadores que permitan darle un seguimiento preciso y puntual, así como un análisis de los *Actores involucrados*, para identificar quiénes son los sujetos obligados, responsables o los vínculos para realizar tal medida, posteriormente, la *Instrumentación y aplicación* por línea de acción, para conocer los pasos a seguir, así como las atribuciones de los involucrados, para implementar tal medida. Despues de ello, contar con una breve y genérica estimación de la inversión requerida para el caso que aplique.

7.2 Políticas y estrategia en materia de cambio climático

Es necesario establecer las medidas de mitigación pertinentes ante el cambio climático, mediante la identificación de las principales fuentes de gases y compuestos de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global, así como establecer criterios para reducir las emisiones de manera local. Asimismo, se establecen las acciones de Adaptación para reducir el riesgo, aumentar la resiliencia y minimizar la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los potenciales efectos del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.

Para ello, se construyeron las medidas y líneas de acción con base en el diagnóstico y escenarios del clima, vulnerabilidades por sector ecosistémico y los riesgos asociados. Asimismo, se tomaron en consideración las demandas y hallazgos retomados de los talleres participativos de diagnóstico, así como de la presentación de propuestas de medidas y líneas de acción. A continuación, se presentan las medidas de mitigación y adaptación correspondientes.

7.3 Establecimiento de la estrategia, ejes medidas de mitigación y adaptación ante el cambio climático

Los ejes estratégicos, medidas y líneas de acción se organizaron de acuerdo con lo plasmado en la **Tabla 102**.

Tabla 102. Resumen de ejes estratégicos, medidas y líneas de acción

Eje 1. Regulación, control y reducción como criterios de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala.		
Medida		Líneas de acción
M 1.1	Elaboración de inventarios y monitoreo de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el establecimiento de la línea base de mitigación	<p>1.1.1 <i>Actualización de los inventarios y monitoreo de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero en el Estado de Tlaxcala.</i></p> <p>1.1.2 <i>Establecer un sistema de monitoreo de contaminantes climáticos de vida corta como es el Carbono Negro (BC), de gases Metano (CH₄), Ozono Troposférico, Óxidos de Nitrógeno (NO_x) e Hidrofluoroclorocarbonos.</i></p> <p>1.1.3 <i>Identificación y caracterización de principales actividades o fuentes de la entidad que generen gases de efecto invernadero y/o contaminantes climáticos de vida corta.</i></p>
M 1.2	Control y reducción de emisiones GyCEI generadas en el sector de Desechos	<p>1.2.1 <i>Fomentar el adecuado manejo de residuos orgánicos en hogares, mercados, supermercados, restaurantes, entre otros, mediante sistemas de compostaje.</i></p> <p>1.2.2 <i>Promover el establecimiento de Centros de Valorización de residuos orgánicos.</i></p> <p>1.2.3 <i>Promover la aplicación de políticas de Economía Circular enfocado a la generación, uso y disposición final de productos orgánicos.</i></p> <p>1.2.4 <i>Promover estrategias de cero residuos en establecimientos comerciales y hogares, mediante el adecuado manejo y reducción de restos de comida y el compostaje de orgánicos no comestibles.</i></p> <p>1.2.5 <i>Implementar dentro de los rellenos sanitarios sistemas de control de gases y lixiviados generadores de metano.</i></p>
M 1.3	Reducción de emisiones de GyCEI provenientes de la Agricultura y Ganadería.	<p>1.3.1 <i>Crear estrategias, de la mano con agricultores, para evitar la quema de restos de cultivos para la limpieza de terrenos.</i></p> <p>1.3.2 <i>Establecer un programa para disminuir el uso de fertilizantes químicos o sintéticos, que contribuyan a exacerbar el cambio climático por su alto contenido de nitrógeno, así como por su impacto durante su producción y transporte.</i></p> <p>1.3.3 <i>Fomentar el adecuado manejo de las excretas en granjas.</i></p> <p>1.3.4 <i>Establecer un programa de control de metano y descomposición orgánica en los rastros y mataderos.</i></p>
M 1.4	Regulación de emisiones de GyCEI derivadas por cuerpos de agua contaminados.	<p>1.4.1 <i>Fortalecer la red de Plantas de tratamiento de agua de la entidad.</i></p> <p>1.4.2 <i>Fortalecer la fase secundaria y biológica en plantas de tratamiento.</i></p> <p>1.4.3 <i>Establecer programas de restauración de cuerpos de agua con alta demanda bioquímica y química de oxígeno por contenido orgánico.</i></p> <p>1.4.4 <i>Fortalecer la inspección de plantas de tratamiento de agua del servicio público, concesionados y de particulares (industrias).</i></p>
M 1.5	Reducción de emisiones de GyCEI en el sector industrial, comercial y de servicios	<p>1.5.1 <i>Coordinar con los municipios la regulación de fuentes de emisiones de GyCEI en servicios y comercios.</i></p> <p>1.5.2 <i>Fortalecer los instrumentos de regulación de fuentes fijas en los ámbitos federal, estatal y municipal para regular sus emisiones, a través de la efectiva aplicación de las licencias de funcionamiento o de la Cédula de Operación Anual (COA).</i></p> <p>1.5.3 <i>Fomentar la implementación de equipos de control en la industria, servicios y comercios.</i></p>

		<p>1.5.4 Fomentar la migración a combustibles limpios.</p> <p>1.5.5 Establecer sistemas de energías renovables para la reducción de emisiones indirectas en el sector industrial y comercial.</p> <p>1.5.6 Implementar programas de impuestos de emisiones de CO₂ Equivalente.</p> <p>1.5.7 Fortalecer la inspección y vigilancia en industrias, comercios y servicios, para garantizar el estricto cumplimiento a la normatividad vigente.</p> <p>1.5.8 Verificar que los estudios de emisiones en industrias y establecimientos sean realizados por laboratorios vigentes y acreditados por una entidad de acreditación.</p>
M 1.6	Reducción de emisiones GyCEI por cambio de uso de suelo	<p>1.6.1 Fortalecimiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial.</p> <p>1.6.2 Incorporar en los Programas Municipales de Desarrollo del estado la variable ambiental y de conservación.</p> <p>1.6.3 Declarar Áreas Naturales Protegidas, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Reservas Ecológicas Estatales, Pagos por servicios Ambientales, elaboración de Programas de Conservación para el Desarrollo Sostenible, entre otros instrumentos de preservación.</p>
M 1.7	Movilidad urbana sostenible	<p>1.7.1 Desarrollar un Plan de Movilidad Urbana Sostenible para el Estado de Tlaxcala.</p> <p>1.7.2 Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria del Estado de Tlaxcala.</p> <p>1.7.3 Fomentar la Electromovilidad mediante el impulso a la adquisición de vehículos y motocicletas eléctricas.</p> <p>1.7.4 Implementación de esquemas de renovación de parque vehicular público y privado.</p> <p>1.7.5 Fomentar la reducción a la necesidad de movilidad mediante la digitalización de trámites y trabajo remoto.</p> <p>1.7.6 Trabajar con los ayuntamientos para fomentar la Infraestructura vial sostenible, fortalecer la infraestructura para vehículos no motorizados, así como la priorización a la movilidad peatonal.</p>
M 1.8	Fomentar la fabricación y el uso de productos neutros en carbono o de bajas emisiones.	<p>1.8.1 Fomentar la fabricación y el uso de productos de bajas emisiones o neutros en carbono.</p> <p>1.8.2 Fomentar la fabricación y el uso de materiales de construcción para la edificación e infraestructura de bajas emisiones o neutros en carbono.</p> <p>1.8.3 Coadyuvar con la Federación para fomentar la producción y uso de combustibles bajos en emisiones o neutros en carbono.</p>
M 1.9	Reducir la quema de biomasa	<p>1.9.1 Trabajar en conjunto con las autoridades y las zonas rurales para implementar Programas de eficiencia energética mediante la reducción de uso de biomasa en cocinas rurales.</p> <p>1.9.2 Fortalecer los sistemas de monitoreo y detección del fuego en la entidad.</p> <p>1.9.3 Fortalecer la capacidad de respuesta del estado ante el manejo del fuego.</p> <p>1.9.4 Implementar campañas de socialización para evitar la generación de incendios derivados por omisiones humanas.</p>

Eje 2. Gestión de la energía (Generación, abastecimiento y consumo)		
Medida		Líneas de acción
M 2.1	Reducción de la intensidad energética	2.1.1 Reducir pérdidas energéticas por transmisión y distribución. 2.1.2 Reducir pérdidas por bombeo de agua. 2.1.3 Eficientizar el consumo eléctrico del Alumbrado público.
M 2.2	Fomentar el uso de energías limpias	2.2.1 Fomento del uso de sistemas de generación eléctrica y térmica mediante energías renovables en hogares, comercios, servicios e industria. 2.2.2 Coadyuvar con la Federación y municipios para implementar programas de Incentivos y créditos verdes para la adquisición de sistemas de calefacción solar y sistemas fotovoltaicos en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (PyMES) y hogares. 2.2.3 Coadyuvar con la Federación y la iniciativa privada para implementar parques de generación eléctrica a través de fuentes renovables en la entidad.
M 2.3	Eficiencia energética	2.3.1 Implementar dentro de los edificios gubernamentales e infraestructura pública programas de eficiencia energética. 2.3.2 Trabajar de la mano con los sectores industrial, comercial y de servicios para implementar programas de eficiencia energética. 2.3.3 Dar seguimiento a los programas existentes, y trabajar en coordinación con la población y autoridades correspondientes para crear nuevos programas que ayuden a mejorar la eficiencia energética dentro de los hogares.
M 2.4	Gestionar la distribución de Combustibles limpios	2.4.1 Trabajar de la mano con la Federación con la finalidad de que sean surtidos combustibles de mejor calidad a la entidad, así como combustibles neutros en carbono. 2.4.2 Generar un diagnóstico y registro de los combustibles que se utilizan y consumen dentro de la Entidad por actividad y de su potencial impacto atmosférico.
Eje 3. Preservación de los sumideros naturales de carbono		
Medida		Líneas de acción
M 3.1	Establecer un Programa Estatal de Captura y Almacenamiento de Carbono	3.1.1 Manejo sustentable de los recursos madereros. 3.1.2 Regulación y permisos de explotación y comercialización. 3.1.3 Programas de preservación del carbono en el suelo.
M 3.2	Fortalecer los Programas de Reforestación y Restauración de suelos degradados.	3.2.1 Fortalecer los programas de reforestación. 3.2.2 Fortalecer los programas de control de la erosión y restauración de suelos degradados.
M 3.3	Enverdecimiento de áreas y bosques urbanos, aumentando los metros cuadrados por habitante.	3.3.1 Ampliar la cobertura de metros cuadrados por habitante en las zonas urbanas, fortaleciendo y manteniendo las áreas destinadas a parques y jardines. 3.3.2 Implementar programas en colaboración con la iniciativa privada y sector social para enverdecer las zonas urbanas.
Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad		
Medida		Líneas de acción
M 4.1	Identificación de los Objetos de Conservación Socioambiental (OCSA's) de mayor impacto.	4.1.1 Identificar y priorizar los principales sistemas ecológicos que brindan los medios de vida y servicios ecosistémicos a la población. 4.1.2 Priorizar estudios del grado de vulnerabilidad y resiliencia de cada uno de los Objetos de Conservación Socioambiental.

M 4.2	Garantizar la Seguridad Alimentaria.	<p>4.2.1 Fortalecimiento de la cobertura de los seguros ante eventos climáticos extremos para el sector agrícola y pecuario.</p> <p>4.2.2 Implementación de programas de cultivos resistentes al cambio climático.</p> <p>4.2.3 Establecimiento de bancos de germoplasma de especies forestales y no forestales.</p>
M 4.3	Implementación de corredores biológicos.	<p>4.3.1 Elaborar y actualizar el inventario de los nichos de distribución de la biodiversidad del Estado de Tlaxcala y su distribución espacial georreferenciada.</p> <p>4.3.2 Identificar los principales vectores y forzantes que afecten la distribución de la biodiversidad y las potenciales amenazas.</p> <p>4.3.3 Establecer mecanismos intersectoriales concurrentes entre las autoridades correspondientes, con la finalidad de construir corredores biológicos.</p>
M 4.4	Reducir el riesgo hidrometeorológico.	<p>4.4.1 Establecer un sistema de alerta temprana y prevención de riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos en el Estado de Tlaxcala.</p> <p>4.4.2 Elaborar el Atlas de Riesgo al Cambio Climático del Estado de Tlaxcala.</p>
M 4.5	Fortalecer la apicultura en el Estado de Tlaxcala	<p>4.5.1 Fortalecer los programas de manejo sustentable de la apicultura en el Estado de Tlaxcala.</p>
M 4.6	Control de plagas y enfermedades en cultivos y bosques	<p>4.6.1 Fortalecer los programas del control, sanidad y erradicación de plagas y enfermedades en el sector forestal.</p> <p>4.6.2 Establecer un programa de atención inmediata contra el escarabajo descortezador.</p>

Eje 5. Gestión sostenible del agua.

Medida	Líneas de acción
M 5.1	<p>Manejo del agua sostenible en la agricultura y ganadería.</p> <p>5.1.1 Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.</p> <p>5.1.2 Revisar los Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través del REPDA para evitar la sobre explotación de los mantos acuíferos.</p> <p>5.1.3 Uso productivo de agua tratada para riego agrícola</p> <p>5.1.4 Uso de lodos, como subproducto del tratamiento de aguas residuales como mejorador de suelos</p>
M 5.2	<p>Manejo sostenible del agua en zonas urbanas y rurales.</p> <p>5.2.1 Revisar y fortalecer la operación de los Sistema de Agua Potable, estableciendo criterios de eficiencia y optimización. Asimismo, reducir las pérdidas por distribución.</p> <p>5.2.2 Reactivación y optimización operativa de plantas de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>5.2.3 Promover la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia (SCALL).</p>
M 5.3	<p>Recarga natural e inducida de acuíferos.</p> <p>5.3.1 Realizar obras para evitar la erosión del suelo y escorrentías, como es la reforestación, construcción de sistemas de filtración inducida, barreras vivas, acequias, zanjas a nivel, barreras de piedra, entre otros.</p> <p>5.3.2 Impedir la intrusión salina, de lixiviados y de contaminantes a los acuíferos, así como el control y reducción de fugas de drenaje.</p> <p>5.3.3 Fomentar el drenaje separativo y pavimento permeable en localidades urbanas para aprovechar el agua pluvial.</p>

Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.		
Medida		Líneas de acción
M 6.1	Revisión del marco legislativo y normativo.	
	<p>6.1.1 Revisar de manera continua los instrumentos legales y normativos vinculados en materia de Cambio Climático.</p> <p>6.1.2 Incluir en la legislación vigente las bases e instrumentos para propiciar la captura y almacenamiento de carbono.</p> <p>6.1.3 Establecer los mecanismos para propiciar la comercialización de un mercado de carbono estatal, así como la creación de fondos verdes.</p> <p>6.1.4 Incluir en la legislación la figura del Registro Nacional de Emisiones (RENE), así como el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para las industrias de competencia estatal.</p>	
M 6.2	Fortalecimiento institucional.	
	<p>6.2.1 Fortalecer las capacidades institucionales en los tres órdenes de gobierno, con la finalidad de incrementar su capacidad de atención y respuesta en materia de riesgo, mitigación y adaptación.</p> <p>6.2.2 Establecer programas concurrentes en materia de atención a eventos hidrometeorológicos extremos y de resiliencia al cambio climático.</p> <p>6.2.3 Promover el desarrollo de programas municipales de adaptación al cambio climático.</p> <p>6.2.4 Fortalecer los mecanismos de recopilación de información en las dependencias estatales y municipales para la actualización periódica del inventario de emisiones de GyCEI.</p>	
M 6.3	Fuentes de financiamiento.	
	<p>6.3.1 Fortalecer los recursos humanos y del erario estatal en temas de atención al riesgo y adaptación ante el cambio climático.</p> <p>6.3.2 Establecer mecanismos de vinculación entre el sector privado, organizaciones no gubernamentales, la sociedad y los tres niveles de gobierno, para realizar obras y actividades conjuntas de atención al cambio climático.</p> <p>6.3.3 Incrementar y fortalecer la investigación y capacitación en temas de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.</p> <p>6.3.4 Construir un fondo estatal para la atención a desastres hidrometeorológicos extremos y la realización de acciones de fortalecimiento en materia de resiliencia ambiental.</p>	
Eje 7. Socialización del PACCET.		
Medida		Líneas de acción
M 7.1	Socialización y difusión.	
	<p>7.1.1 Establecer redes de colaboración interinstitucional, así como programas de difusión, comunicación y educación del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.</p> <p>7.1.2 Elaborar por parte de los tres órdenes de gobierno contenidos de comunicación e información estratégica, dirigidos a los diferentes sectores de la población, para sensibilizar y buscar la participación en materia de mitigación, adaptación y atención oportuna al riesgo.</p> <p>7.1.3 Fortalecer la gestión del conocimiento entre los sectores de la educación formal y no formal, para establecer estrategias de “comunicación efectiva y psicología del cambio” correspondiente a los efectos del cambio climático, los criterios de adaptación y de resiliencia humana y natural.</p>	

Fuente: Elaboración propia.

Eje 1. Regulación, control y reducción como criterios de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala**Medida 1.1 Elaboración de inventarios y monitoreo de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el establecimiento de la línea base de mitigación.****> Objetivo:**

Actualizar periódicamente los inventarios de emisiones de Gases y Compuestos de efecto invernadero (GyCEI), así como buscar mecanismos de monitoreo de estos compuestos y gases, para establecer acciones de mitigación.

> Justificación:

Es necesario desarrollar estrategias para fortalecer la generación de información mediante el monitoreo y generación de diagnósticos para identificar las principales fuentes de generación de GyCEI, con la finalidad de brindar a las autoridades las herramientas necesarias para la toma de decisiones. Es necesario establecer el monitoreo de GyCEI, así como identificar los potenciales escenarios futuros. Lo anterior, toda vez que esto sentará el cimiento para identificar la línea base y estrategias a llevar a cabo por parte de las autoridades y la población.

> Líneas acción:**1.1.1 Elaborar y actualizar periódicamente los inventarios de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.**

Para las autoridades de una entidad, es primordial contar con la información necesaria que les brinde las herramientas correspondientes para la toma de decisiones, en este caso, los inventarios de emisiones representan un diagnóstico y proyección de la situación ambiental.

1.1.2 Establecer un sistema de monitoreo de contaminantes climáticos de vida corta como es el Carbono Negro (BC), de gases Metano (CH₄), Ozono Troposférico, Óxido de Nitroso (N₂O) e Hidrofluorocarbonos (HFC's).

Dentro del diagnóstico situación actual de la entidad, es necesario identificar y monitorear la generación y presencia de GyCEI en la Entidad.

1.1.3 Identificación y caracterización de principales actividades o fuentes de la entidad que generen gases de efecto invernadero y/o contaminantes climáticos de vida corta.

De esta manera, las autoridades podrán trabajar conjuntamente y establecer estrategias para disminuir su aporte de emisiones a la atmósfera, identificando las potenciales fuentes de generación.

› *Indicadores:*

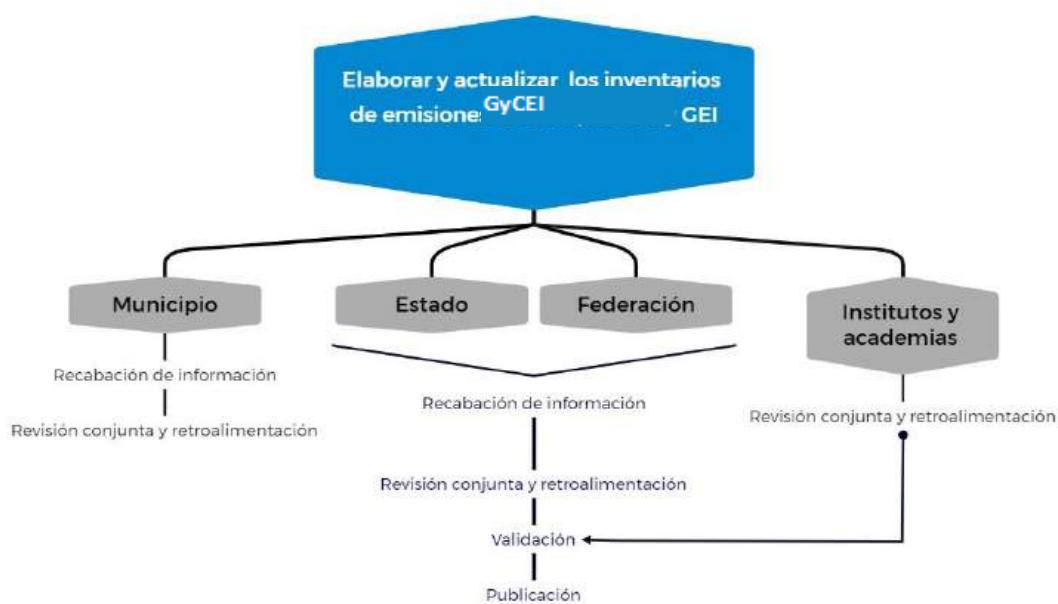
1. Un inventario cada dos años de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala.
2. Un Programa de monitoreo de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala.

› *Actores involucrados:*

Actores involucrados	Líneas de acción		
	1.1.1	1.1.2	1.1.3
Gobiernos municipales	X	X	X
Gobierno estatal	X	X	X
Gobierno federal	X	X	X
Institutos y Academia	X		X
Organizaciones no gubernamentales		X	

› *Instrumentación y aplicación por la línea de acción:*

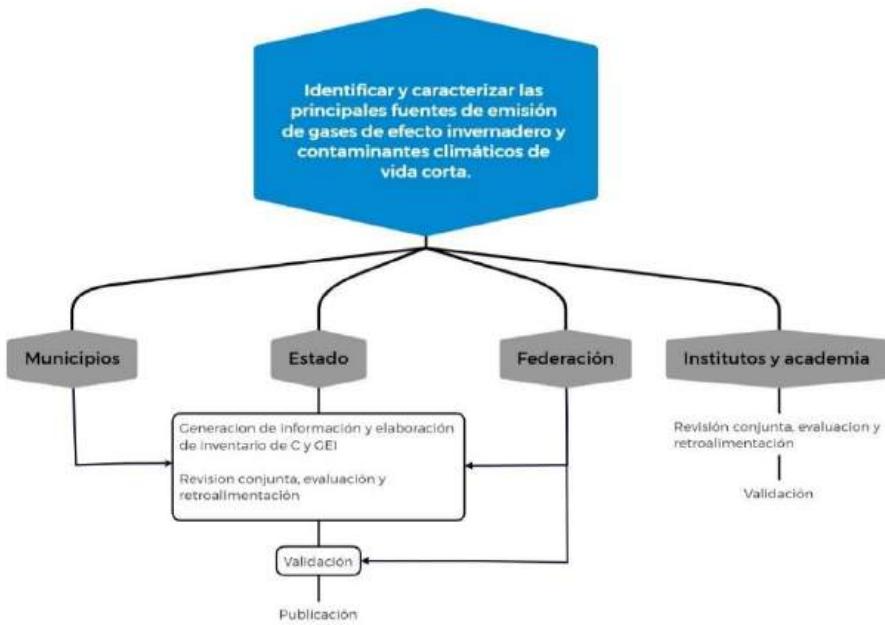
- 1.1.1 Elaborar y actualizar periódicamente los inventarios de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero.



- 1.1.2 Establecer un sistema de monitoreo de contaminantes climáticos de vida corta como es el Carbono Negro (BC), de gases Metano (CH₄), Ozono Troposférico, Óxido de Nitroso (N₂O) e Hidrofluorocarbonos (HFC's).



1.1.3 Identificación y caracterización de principales actividades o fuentes de la entidad que generen gases de efecto invernadero y/o contaminantes climáticos de vida corta.



➤ *Inversión estimada:*

8 MDP, actualizando cada 2 años.

Medida 1.2- Control y reducción de emisiones GyCEI generadas en el sector de Desechos**> *Objetivo:***

Desarrollar estrategias que permitan a las autoridades regular de manera efectiva las fuentes de emisión y a los particulares aplicar acciones que reduzcan las emisiones provenientes de la generación de residuos sólidos urbanos orgánicos. Lo anterior, a través de diagnósticos del estado actual de la generación, transporte y disposición de residuos sólidos urbanos en el Estado de Tlaxcala y sus líneas de acción. Además de integrar a los municipios en el cumplimiento e implementación, actualización o creación de los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos PMGIRSU.

> *Justificación:*

La inadecuada disposición y manejo de los residuos sólidos urbanos en su componente orgánico generan emisiones atmosféricas de metano, y tomando en consideración que el Estado de Tlaxcala genera al día 1.2 millones de kilogramos de residuos, de las cuales, 57% son residuos orgánicos, se tiene que el impacto generado por el metano emitido es de gran impacto para la entidad. En este sentido, es necesario establecer criterios para controlar y reducir las emisiones a la atmósfera de la fuente antes descrita.

> *Líneas acción:***1.2.1 Fomentar el adecuado manejo de residuos orgánicos en hogares, mercados, supermercados, restaurantes, entre otros, mediante sistemas de compostaje**

Un gran porcentaje de los residuos generados en hogares, mercados, supermercados, restaurantes, entre otros, son residuos orgánicos, mismos que al echarse a perder, en lugar de tener un adecuado procedimiento de compostaje, genera emisiones de gases de efecto invernadero, por lo que es necesario disponer dichos residuos en centros de manejo de residuos correspondientes.

1.2.2 Promover el establecimiento de Centros de Valorización de residuos orgánicos

Para poder cubrir la demanda de manejo de residuos orgánicos, es necesario establecer, junto con la población, Centros de Manejo de Residuos Orgánicos, mismos que tengan la capacidad de cubrir la demanda y territorio de la entidad.

1.2.3 Promover la aplicación de políticas de Economía Circular enfocado a la generación, uso y disposición final de productos orgánicos

Trabajar de la mano con cámaras de comercio y demás industrias de la entidad, se podrá fomentar la implementación de acciones encaminadas a alargar la vida útil de los productos, disminuyendo así la cantidad de residuos generados.

1.2.4 Promover estrategias de cero residuos en establecimientos comerciales y hogares, mediante el adecuado manejo y reducción de restos de comida y el compostaje de orgánicos no comestibles

Un gran porcentaje de residuos generados son orgánicos, por lo que disminuir que estos se vuelvan desperdicios mediante la donación de alimentos a comedores, así como la disposición de orgánicos no comestibles en los centros correspondientes para su adecuado manejo es primordial para la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero.

1.2.5. Implementar dentro de los rellenos sanitarios sistemas de control de gases y lixiviados generadores de metano

Durante el proceso de descomposición del material orgánico, este libera gases y lixiviados, que contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero como el metano. Es primordial implementar sistemas de control de gases y lixiviados que coadyuven a disminuir las emisiones a la atmósfera.

1.2.6 Implementación o creación de centros de transferencia y separación de RSU

Una estrategia importante es la pre - separación de los residuos en centros de transferencia, ya que esto permitiría dar un uso primario a los residuos orgánicos, los cuales contribuyen en su descomposición a la generación del gas metano.

➤ *Indicadores:*

1. Toneladas de metano emitidas a la atmósfera por residuos orgánicos.
2. Toneladas de metano evitadas por compostaje, valorización y adecuada gestión de residuos orgánicos.
3. Toneladas anuales de residuos orgánicos dispuestos en rellenos sanitarios.
4. Toneladas anuales de residuos orgánicos compostados.

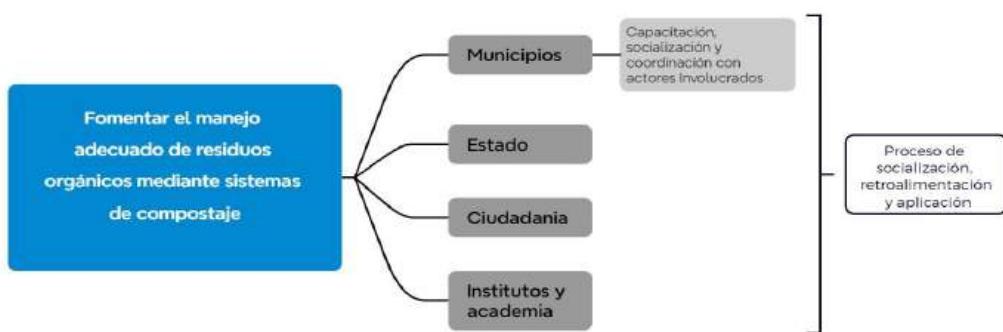
➤ *Actores involucrados:*

Actores involucrados	Líneas de acción						
	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5	1.2.6	
Gobierno municipal	X	X	X	X	X	X	
Gobierno estatal	X	X	X	X	X	X	
Gobierno federal			X				
Academia	X	X	X		X		
Sistemas de recolección, transporte y disposición de residuos		X			X	X	
Centros de compostaje	X	X		X		X	
Sociedad	X		X	X			
Sector privado (hotelero, restaurantero, supermercados, comedores, mercados, etc.)	X	X		X			

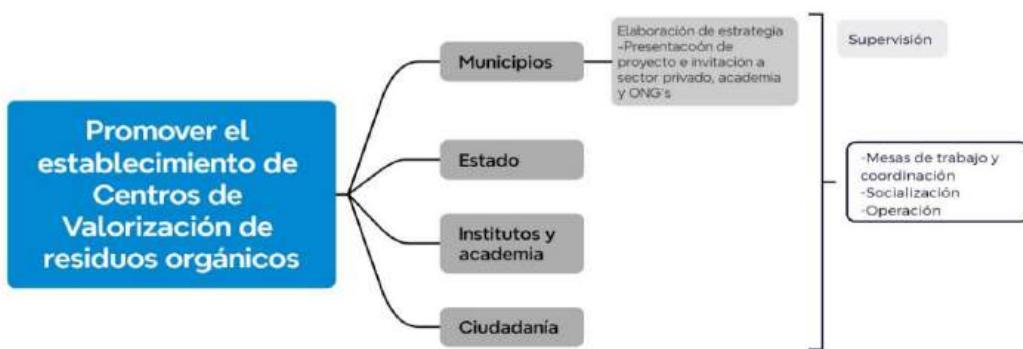
Sector Industrial			X		
Medios de comunicación	X		X	X	

› **Instrumentación y aplicación:**

1.2.1 Fomentar el adecuado manejo de residuos orgánicos en hogares, mercados, supermercados, restaurantes, entre otros, mediante sistemas de compostaje



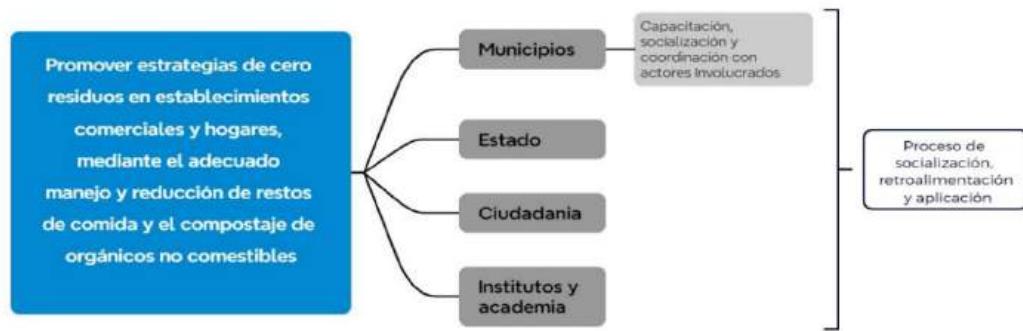
1.2.2 Promover el establecimiento de Centros de Valorización de residuos orgánicos



1.2.3 Promover la aplicación de políticas de Economía Circular enfocado a la generación, uso y disposición final de productos orgánicos.



1.2.4 Promover estrategias de cero residuos en establecimientos comerciales y hogares, mediante el adecuado manejo y reducción de restos de comida y el compostaje de orgánicos no comestibles.



1.2.5. Implementar dentro de los rellenos sanitarios sistemas de control de gases y lixiviados generadores de metano



1.2.6 Implementación o creación de centros de transferencia y separación de RSU



➤ *Inversión inicial estimada: 200 MDP*

Medida 1.3- Reducción de emisiones GyCEI provenientes de la Agricultura y Ganadería.**> *Objetivo:***

Desarrollar una estrategia para trabajar en conjunto con los agricultores y productores de la industria ganadera con la finalidad de desarrollar una estrategia y trabajo en conjunto para disminuir las emisiones a la atmósfera provenientes de dichos sectores. Cabe señalar que el uso de fertilizantes y las técnicas tradicionales generan emisiones de GyCEI.

> *Justificación:*

Actualmente, la industria ganadera es una de las principales fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera, pues los animales de crianza, sobre todo los bovinos, generan emisiones de metano mediante sus heces fecales y gases. Asimismo, el cambio de uso de suelo para pastoreo y agricultura, así como para la limpieza y preparación de terrenos para la agricultura, significa una liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera, previamente retenidos por la población vegetal y en el subsuelo.

> *Líneas acción:***1.3.1 Crear estrategias, de la mano con agricultores, para evitar la quema de restos de cultivos para la limpieza de terrenos.**

Al quemar cultivos para la limpia de terrenos previo al proceso de sembrado, se libera a la atmósfera todo el CO₂ equivalente almacenado por las plantas y el suelo afectado, es por ello por lo que se requiere aplicar otro tipo de prácticas, de la mano de los agricultores, de coadyuver a evitar dicha liberación de contaminantes a la atmósfera.

1.3.2 Establecer un programa para disminuir el uso de fertilizantes químicos o sintéticos, que contribuyan a exacerbar el cambio climático por su alto contenido de nitrógeno, así como por su impacto durante su producción y transporte

Los fertilizantes químicos o sintéticos suelen ser producidos industrialmente generando un impacto en el medio durante su producción, transporte e incluso su uso, ya que contienen grandes cantidades de nitrógeno que no pueden ser completamente aprovechadas por los cultivos, siendo liberados al ambiente.

1.3.3 Fomentar el adecuado manejo de las excretas en granjas

Las excretas generadas por los animales en granjas generan principalmente metano, mismo que tiene un alto nivel de calentamiento, en comparación con el CO₂, por lo que deben disponerse adecuadamente para evitar la fuga de dichos gases a la atmósfera.

1.3.4 Establecer un programa de control de metano y descomposición orgánica en los rastros y mataderos

Dentro de los rastros y mataderos se genera una alta cantidad de piel y sangre que generan principalmente metano, mismo que su presencia en la atmósfera coadyuva al incremento de temperatura en la atmósfera. Actualmente el tratamiento de los desechos sólidos y líquidos en los rastros y mataderos municipales es deficiente. Sin embargo, es importante que se aprovechen, ya que esto puede reducir los impactos ambientales como es la emisión de gases de efecto invernadero, a través del uso de biodigestores como un proceso eficiente para evitar la salida de gas metano a la atmósfera. Existen evaluaciones técnico-económica, que muestran que los costos de inversión, operación y mantenimiento son una opción rentable, además del aprovechamiento para energía eléctrica.

› *Indicadores:*

1. Toneladas de fertilizantes químicos o sintéticos usados.
2. Toneladas de metano y nitrógeno evitados por programas implementados.

› *Actores involucrados:*

Actores involucrados	Líneas de acción				
	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5
Gobierno municipal	X	X	X	X	X
Gobierno estatal	X	X	X	X	X
Gobierno federal		X			
Academia	X	X	X	X	X
Agricultores	X	X	X		
Ganaderos				X	X
Sector Industrial		X			
Medios de comunicación	X	X	X	X	X

› *Instrumentación y aplicación:*

1.3.1 Crear estrategias, de la mano con agricultores, para evitar la quema de cultivos para la limpieza de terrenos.



1.3.2 Establecer un programa para disminuir el uso de fertilizantes químicos o sintéticos, que contribuyan a exacerbar el cambio climático por su alto contenido de nitrógeno, así como por su impacto durante su producción y transporte



1.3.3 Fomentar el adecuado manejo de las excretas en granjas



1.3.4 Establecer un programa de control de metano en los rastros y mataderos



➤ *Inversión estimada:*

6 MDP por instalación de un sistema

Medida 1.4 Regulación de emisiones de GyCEI derivadas por cuerpos de agua contaminados.**> *Objetivo:***

Desarrollar una estrategia integral para disminuir las emisiones de GyCEI derivado de la presencia de material orgánico de cuerpos de agua contaminados. Para ello es importante el fortalecimiento de las plantas para aumentar su eficiencia el funcionamiento y operación en cada una de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Para ello se deberán realizar diagnósticos y modelaciones de los contaminantes en las aguas superficiales y el costo de su remoción.

> *Justificación:*

Derivado de uso de los recursos hídricos para las actividades diarias de la población, así como para los procesos dentro de las industrias, es necesario contar con una Red de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en la Entidad que operen en óptimas condiciones. Asimismo, cuenten con los procesos suficientes para evitar la emisión de gases y compuestos de efecto invernadero a la atmósfera derivado de la descomposición del material orgánico presente.

> *Líneas acción:***1.4.1 Fortalecer la red de Plantas de tratamiento de agua de la entidad**

Actualmente el Estado de Tlaxcala cuenta con un total de 82 plantas de tratamiento de aguas residuales, no obstante, muchas de ellas no cuentan con las condiciones óptimas de operación. Así como, con procesos que no garantizan la óptima limpieza del agua. Es por ello, que el fortalecimiento a la red de Plantas de tratamiento en la entidad significa uno de los principales focos de atención para que éstas operen correctamente.

1.4.2 Fortalecer la fase secundaria y biológica en plantas de tratamiento

Durante dichas etapas de tratamiento de aguas es donde se transforma la materia orgánica biodegradable por la acción biológica en materia estable, con la finalidad de eliminar los sólidos en suspensión y los compuestos orgánicos que, al descomponerse, liberan gases de efecto invernadero a la atmósfera.

1.4.3 Establecer programas de restauración de cuerpos de agua con alta demanda bioquímica y química de oxígeno por contenido orgánico

La contaminación de los ríos en México es un problema ambiental. Las fuentes de materia orgánica son diversas y entre ellas se encuentran las actividades agrícolas, industriales y las aguas residuales generadas en las zonas urbanas y rurales. Por ello, es necesario evaluar la cantidad de materia orgánica en su fase de demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Según Muñoz-Nava *et al.* (2012), se seleccionaron doce puntos donde se realizaron muestreos. Se determinaron once parámetros fisicoquímicos siguiendo las normas mexicanas correspondientes.

La carga de DBO (gs-1) se estimó multiplicando la concentración de DBO por el gasto de cauces. Por medio del Programa TAS se definieron las microcuenca de los puntos de muestreo. En la subcuenca del Río Zahuapan viven más de 600 mil personas, que representan alrededor del 67 % de la población que habita en el área de influencia de los puntos de muestreo.

Los trece puntos de muestreo son: El Pardo, Tlaxco, Atlangatepec, Muñoz, Xaltocan, San Benito, Amaxac, Dos Arroyos, Jardín Botánico, Trébol, Texoloc, Zacatelco y la localidad de San Bernardino Contla. Los resultados indican que en el 100 % de las muestras, las concentraciones de nitrógeno amoniacial, sulfatos y coliformes fecales, evaluadas sobrepasaron el límite establecido en los criterios normativos de calidad del agua. El OD, SAAM y fosfatos lo excedieron en un 70 %, mientras que la DBO, NT y cloruros presentaron porcentajes menores a 5 %.

La correlación entre la DBO y la DQO mostró los valores más altos de r^2 ; de manera general se obtuvo un valor de 0.733. En las microcuenca donde no hay actividad industrial ni agrícola a gran escala, se encontró el mayor número de coeficientes de determinación > 0.8 entre pares de parámetros fisicoquímicos. Por el contrario, en las microcuenca con actividad industrial y agrícola no se encontraron coeficientes de determinación con valor mayor a 0.8 entre los parámetros fisicoquímicos. En total hay 295 localidades en la subcuenca del río Zahuapan.

En este sentido, es importante establecer programas de restauración de cuerpos de agua con alta demanda bioquímica y química de oxígeno por contenido orgánico en coordinación con las autoridades correspondientes, debido a las emisiones de metano generado.

1.4.4 Fortalecer la inspección de plantas de tratamiento de agua del servicio público, concesionados y de particulares (industrias)

Fortalecer la inspección y vigilancia por parte de las autoridades competentes para verificar que las plantas de tratamiento que se encuentren operando dentro de las industrias de competencia estatal o federal funcionen conforme a la normatividad aplicable, salvaguardando la calidad del agua que reintegran a los cuerpos de agua de la nación, o en su caso al sistema de drenaje público. Asimismo, los municipios deben establecer con anticipación los presupuestos para la operación de las PTAR para garantizar su adecuada operación.

➤ *Indicadores:*

1. Inventario y cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Plantas de tratamiento que cuentan con fase secundaria y biológica en operación.
3. Toneladas de GyCEI evitados por programas de restauración de cuerpos de agua con alta Demanda Biológica de Oxígeno por contenido orgánico.

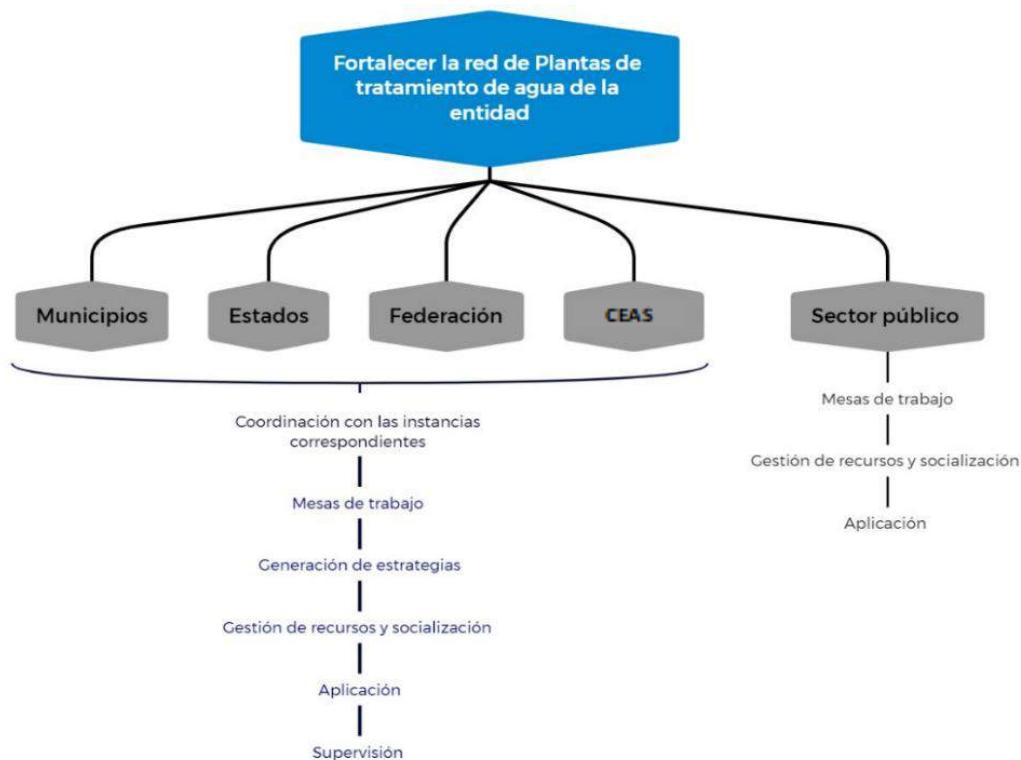
› *Actores involucrados:*

Líneas de acción				
Actores involucrados	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4
Gobierno municipal	X	X	X	X
Gobierno estatal (SMA & CEAS)	X	X	X	X
Gobierno federal	X		X	X
CONAGUA	X	X	X	X
Academia	X	X	X	
Organismos públicos descentralizados (CEAS)*	X	X		
Sector Industrial con plantas de tratamiento	X	X		

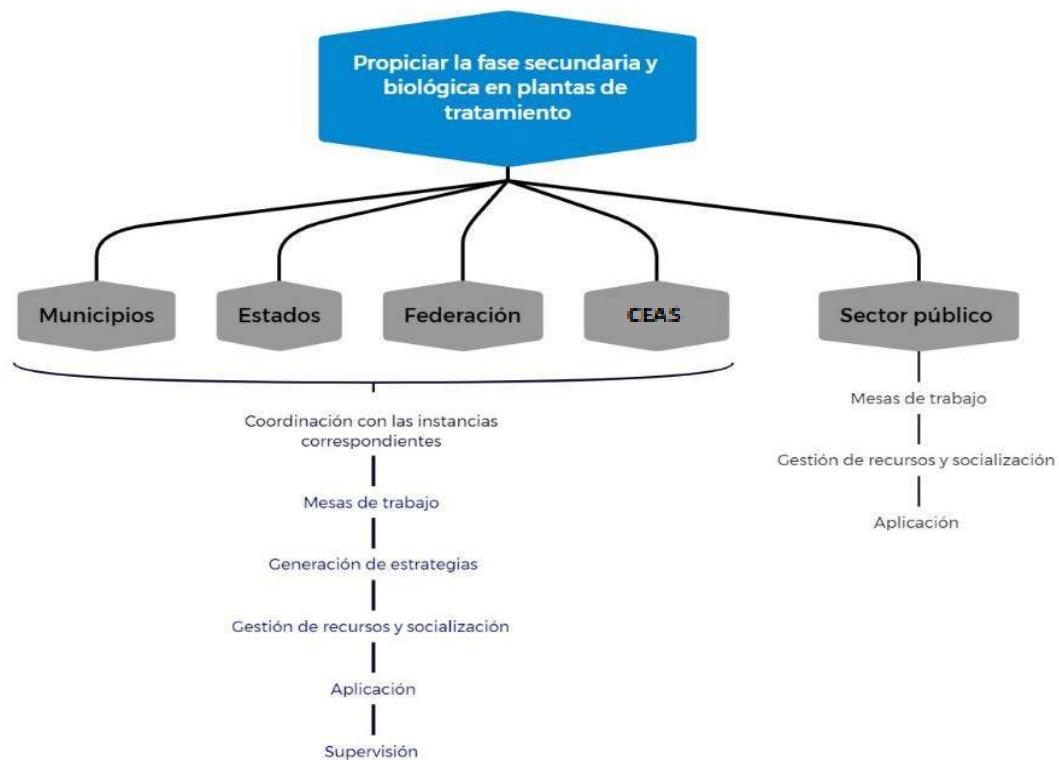
*Comisión Estatal del Agua y Saneamiento del Estado de Tlaxcala

› *Instrumentación y aplicación:*

1.4.1 Fortalecer la red de Plantas de tratamiento de agua de la entidad



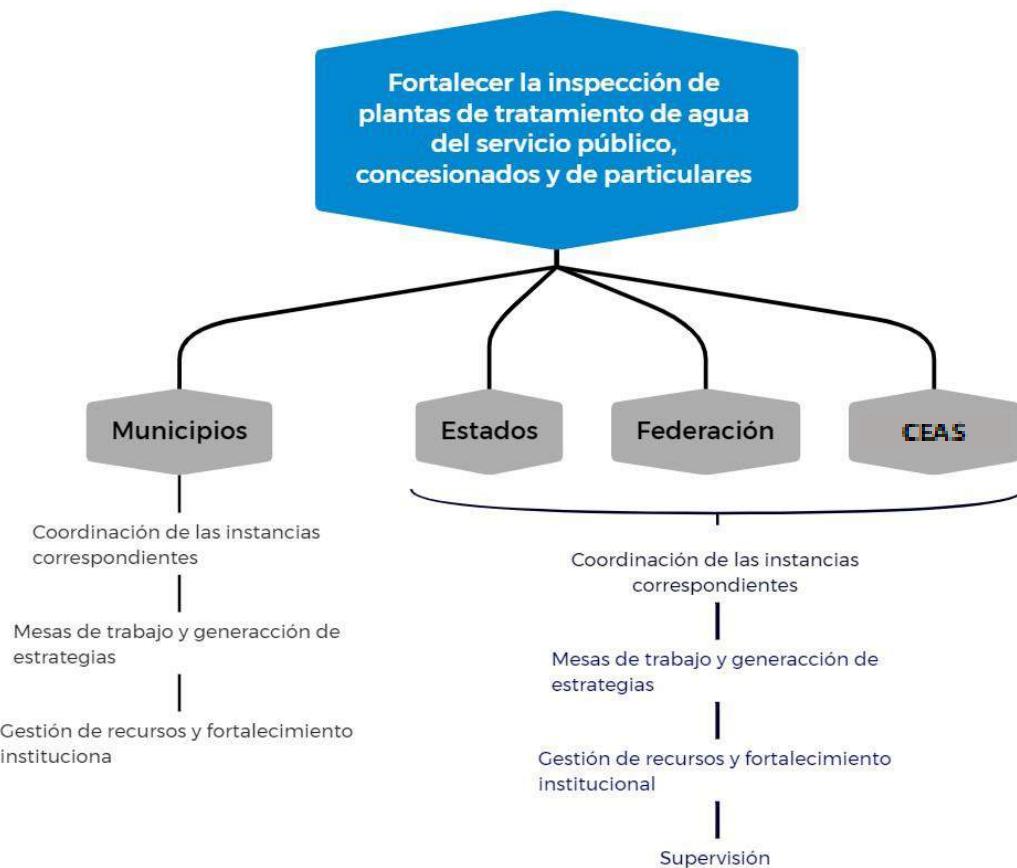
1.4.2 Propiciar la fase secundaria y biológica en plantas de tratamiento



1.4.3 Establecer programas de restauración de cuerpos de agua con alta demanda bioquímica y química de oxígeno por contenido orgánico



1.4.4 Fortalecer la inspección de plantas de tratamiento de agua del servicio público, concesionados y de particulares (industrias)



➤ ***Inversión estimada:***

Dependerá de los proyectos a realizar

Medida 1.5 Reducción de emisiones de GyCEI en el sector industrial, comercial y de servicios.

➤ ***Objetivo:***

Desarrollar estrategias y acciones de la mano con el sector privado, para disminuir la emisión de GyCEI.

➤ ***Justificación:***

Los comercios, servicios e industrias son una importante fuente de generación de GyCEI como consecuencia de sus procesos de operación, producción y transporte, por lo que identificar los principales giros que generan

la mayor cantidad emisiones, así como desarrollar estrategias y acciones para disminuir su emisión, es importante para disminuir el impacto al cambio climático.

➤ *Líneas acción:*

1.5.1 Coordinar con los municipios la regulación de fuentes de emisiones de GyCEI en servicios y comercios.

Trabajar conjuntamente entre autoridades coadyuvará a fortalecer las capacidades técnicas y operativas de los municipios para regular los comercios y servicios dentro de su jurisdicción.

1.5.2 Fortalecer los instrumentos de regulación de fuentes fijas en los ámbitos federal, estatal y municipal para regular sus emisiones, a través de la efectiva aplicación de las licencias de funcionamiento en materia de atmósfera o de la Cédula de Operación Anual (COA).

Fortalecer los instrumentos de regulación de fuentes fijas en los ámbitos: federal, estatal y municipal para regular sus emisiones, a través de la efectiva aplicación de las licencias de funcionamiento en materia de atmósfera o de la Cédula de Operación Anual (COA) con la finalidad de identificar las principales actividades y giros comerciales e industriales que generan GyCEI.

1.5.3 Fomentar la implementación de equipos de control en la industria, servicios y comercios.

Dentro de las fuentes fijas de emisión a la atmósfera se pueden implementar equipos de control de emisiones, mismos que pueden llegar a reducir hasta el 80% de sus emisiones, dependiendo de sus características, por lo que es necesario fomentar su implementación.

1.5.4 Fomentar la migración a combustibles limpios

Actualmente se cuentan con combustibles que son netos en carbono. No obstante, son tecnologías que aún no son económicamente atractivas, por lo que es necesario impulsar la participación de la entidad en la investigación y desarrollo de estos, aumentando la competitividad tecnológica de Tlaxcala, por lo que es necesario mejorar la calidad de los combustibles que actualmente se usan.

1.5.5 Establecer sistemas de energías renovables para la reducción de emisiones indirectas en el sector industrial y comercial

Los combustibles comercializados dentro de la entidad tienen una composición que al combustionar libera una gran cantidad de GyCEI a la atmósfera, resultando primordial fomentar el uso de combustibles más limpios.

1.5.6 Implementar programas de impuestos de emisiones de CO₂ Equivalente

Trabajar con la Federación para la implementación de programas de impuestos de emisiones de CO₂ equivalente que coadyuve a disminuir las emisiones a la atmósfera.

1.5.7 Fortalecer la inspección y vigilancia en industrias, comercios y servicios, para garantizar el estricto cumplimiento a la normatividad vigente

Es necesario fortalecer la capacidad de inspección y vigilancia de las autoridades para asegurar que las industrias, comercios y servicios operen dentro de la normatividad aplicable. Asimismo, cerciorarse de la adecuada evaluación por parte de los laboratorios y consultores que brindan sus servicios a los particulares.

1.5.8 Verificar que los estudios de emisiones sean realizados por laboratorios vigentes y acreditados por una entidad de acreditación.

Los estudios de emisiones a la atmósfera son el principal sustento de la regulación de las emisiones, es por ello que es necesario verificar que los sujetos obligados se encuentren realizando dichos estudios con estricto apego a la normatividad vigente.

› *Indicadores:*

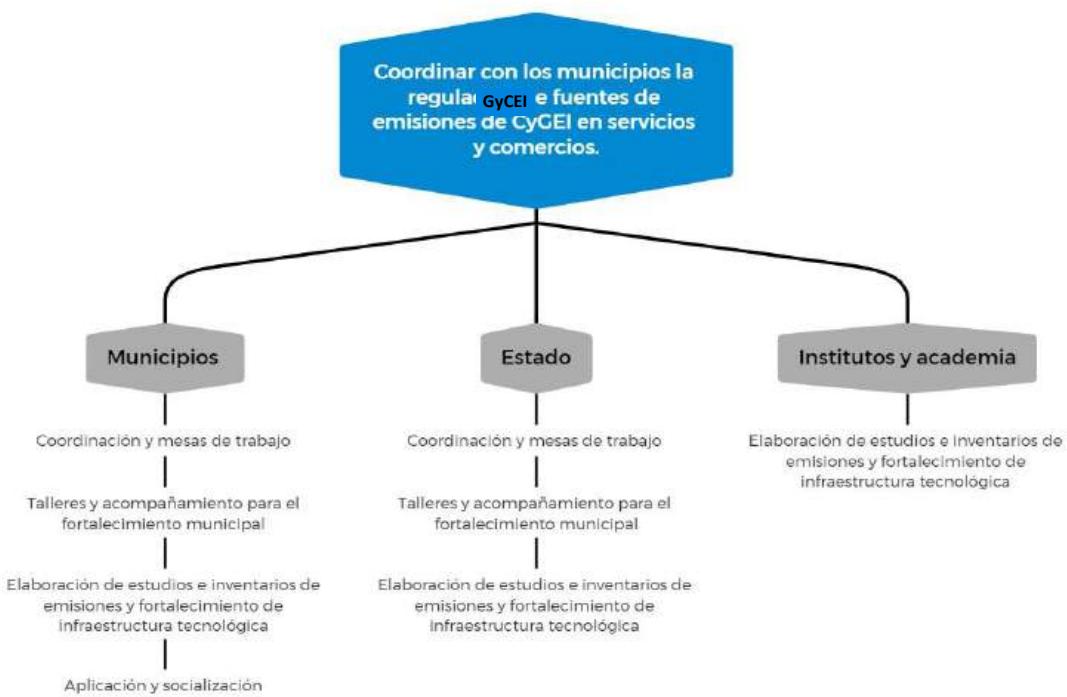
1. Toneladas de contaminantes evitados por el sector industrial, comercial y de servicios derivado de la implementación de acciones y estrategias para disminuirlos.
2. Porcentaje de industrias, comercios y servicios regulados en la entidad.

› *Actores involucrados:*

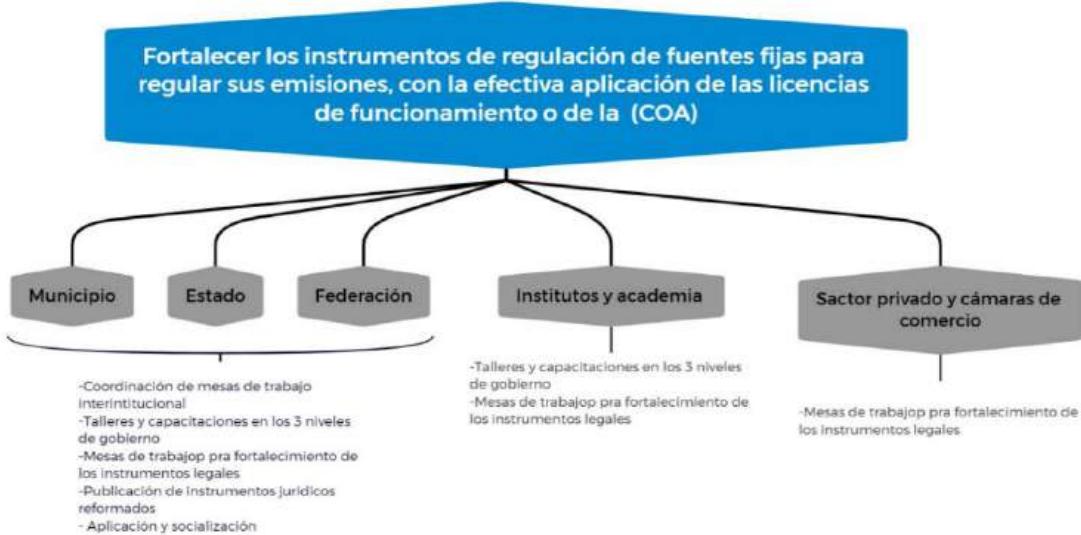
Líneas de acción							
Actores involucrados	1.5.1	1.5.2	1.5.3	1.5.4	1.5.5	1.5.6	1.5.7
Gobierno municipal	x	x	x	x	x	x	x
Gobierno estatal	x	x	x	x	x	x	x
Gobierno federal		x	x	x	x	x	x
Comisiones públicas (CFE, CONUEE, CREE)					x	x	x
Academia		x	x	x	x	x	
Consultores ambientales autorizados	x	x	x				
Iniciativa privada			x	x	x		
Laboratorios de emisiones a la atmósfera							x

› *Instrumentación y aplicación:*

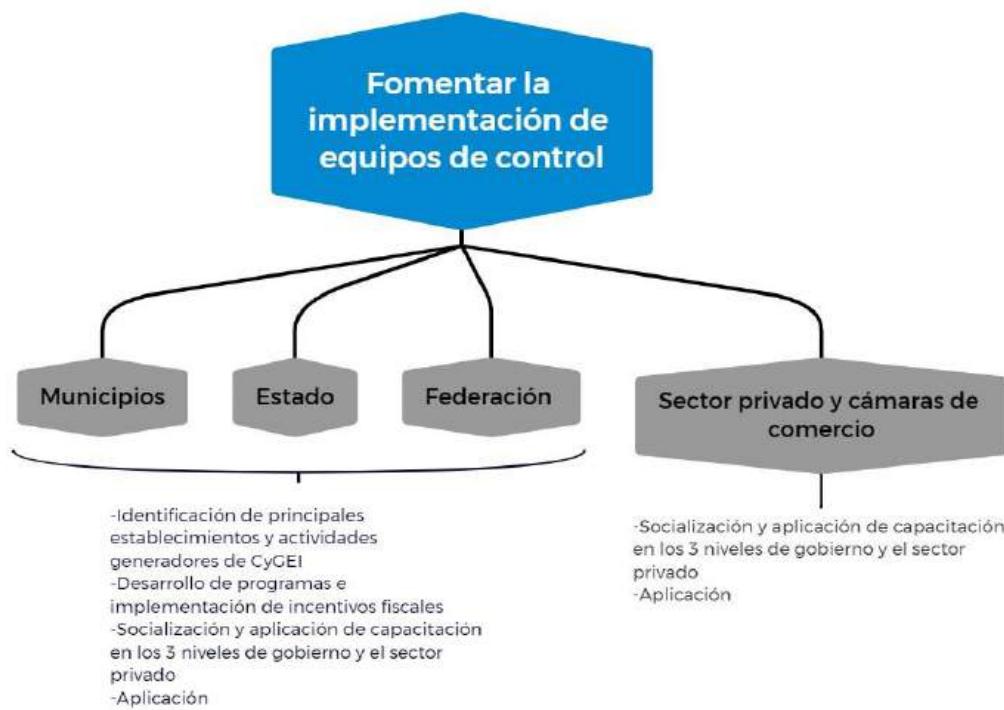
1.5.1 Coordinar con los municipios la regulación de fuentes de emisiones de GyCEI en servicios y comercios.



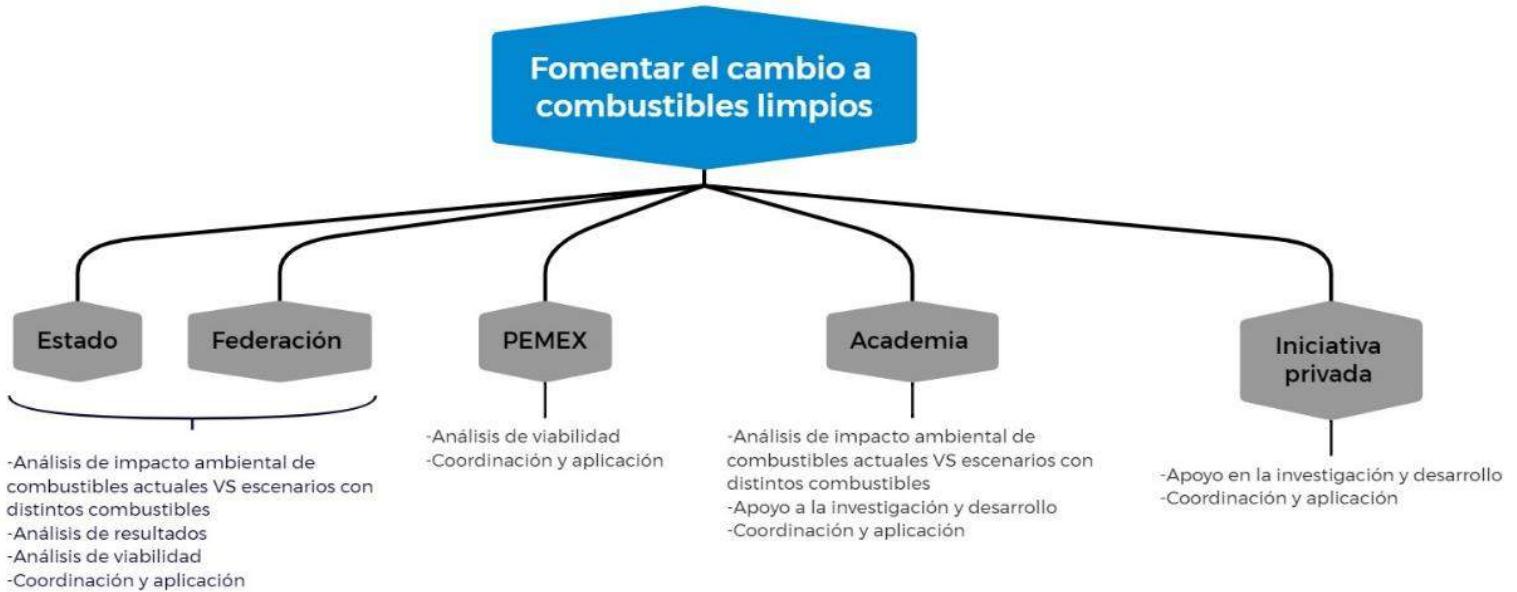
1.5.2 Fortalecer los instrumentos de regulación de fuentes fijas en los ámbitos federal, estatal y municipal para regular sus emisiones, a través de la efectiva aplicación de las licencias de funcionamiento o de la Cédula de Operación Anual (COA).



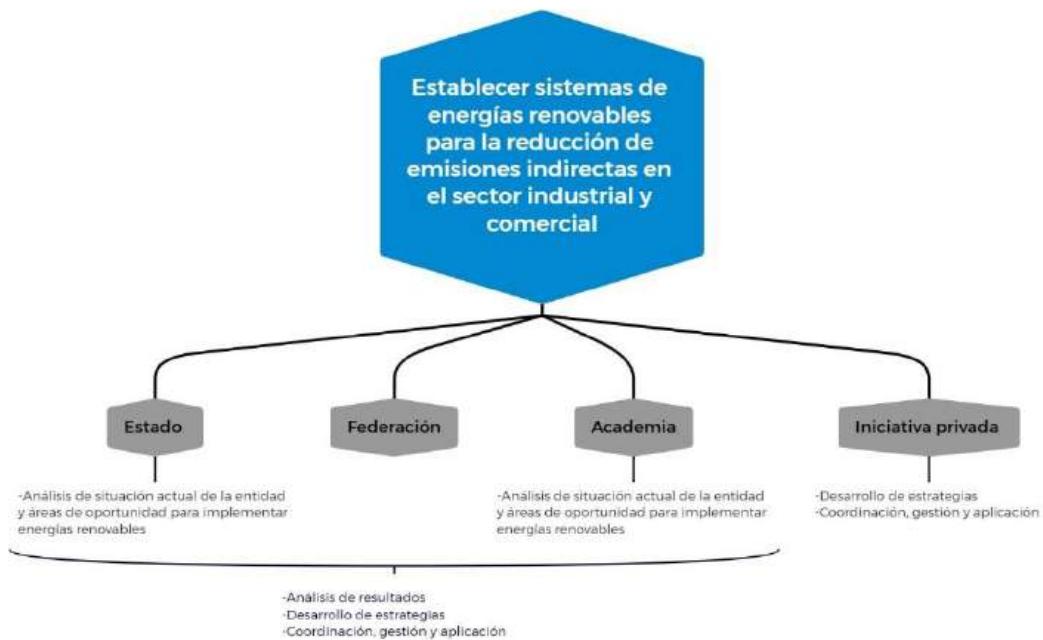
1.5.3 Fomentar la implementación de equipos de control



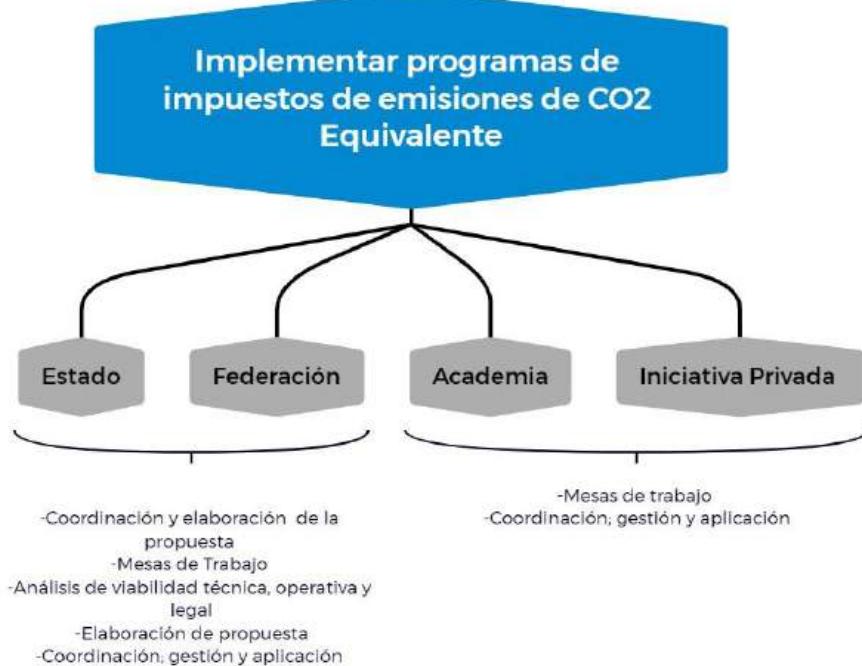
1.5.4 Fomentar el cambio a combustibles limpios



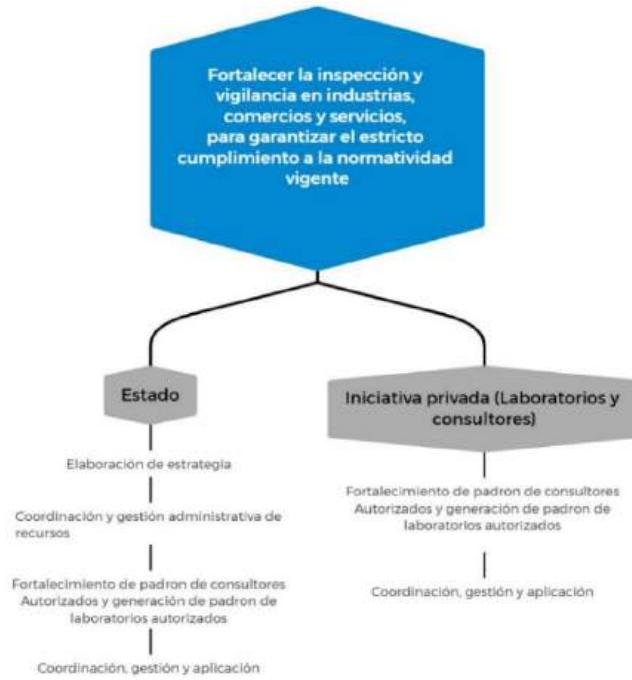
1.5.5 Establecer sistemas de energías renovables para la reducción de emisiones indirectas en el sector industrial y comercial



1.5.6 Implementar programas de impuestos de emisiones de CO₂ Equivalente



1.5.7 Fortalecer la inspección y vigilancia en industrias, comercios y servicios, para garantizar el estricto cumplimiento a la normatividad vigente.



1.5.8 Verificar que los estudios de emisiones en industrias y establecimientos sean realizados por laboratorios vigentes y acreditados por una entidad de acreditación.



› *Inversión estimada:*

Gastos propios de particulares.

Medida 1.6 Reducción de emisiones GyCEI por cambio de uso de suelo

› *Objetivo:*

Disminuir la liberación de emisiones de GyCEI, así como reducir las que ya se encuentran en la atmósfera mediante la conservación de suelos forestales y la adecuada regulación de usos de suelo.

› *Justificación:*

Las zonas forestales representan una importante fuente de captación y almacenamiento de gases de efecto invernadero que se encuentran en la atmósfera, mismas que, al ser alteradas eliminando la masa forestal, vuelven a liberar todo el CO₂ almacenado en la vegetación y suelo.

› *Líneas acción:*

1.6.1 Fortalecimiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial

Los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial son Instrumentos de la política ambiental concebidos mediante una planeación para maximizar el consenso y minimizar el conflicto entre los diferentes sectores sociales y las autoridades en una región tomando en consideración las características ambientales de la entidad, motivo por el cual, el fortalecimiento de dichos programas representa la base para un adecuado uso de suelo en el Estado. A través del cumplimiento de los instrumentos de regulación ambiental en actividades y obras mediante el impacto ambiental.

1.6.2 Incorporar en los Programas Municipales de Desarrollo del estado la variable ambiental y de conservación

Trabajar con los municipios para incorporar las variables ambientales y de conservación representarán la incorporación de políticas públicas durante la administración que estén encaminadas al cuidado del ambiente de la entidad.

1.6.3 Declarar Áreas Naturales Protegidas, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Reservas Ecológicas Estatales, Pagos por servicios Ambientales, elaboración de Programas de Conservación para el Desarrollo Sostenible, entre otros instrumentos de preservación.

Los Programas de Restauración Ambiental son necesarios y tienen como objetivo llevar a cabo acciones tendientes a la restauración o recuperación de ecosistemas y los recursos naturales, que por diversas causas fueron dañados o están deteriorados; así como apoyar el desarrollo de actividades encaminadas a la

conservación directa a través del manejo y protección de los ecosistemas y su biodiversidad, incluyendo su uso sostenible en armonía con los medios de vida que dependen de ello. Lo anterior se consigue a través del apoyo a proyectos o programas dirigidos a estos fines. Lo importante, es el adecuado manejo y protección.

› *Indicadores:*

1. Cantidad de programas de Ordenamiento Ecológico Territorial.
2. Declaratoria de Áreas Naturales Protegidas, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Reservas Ecológicas Estatales u otros.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción			
Actores involucrados	1.6.1	1.6.2	1.6.3
Gobierno municipal	x	x	x
Gobierno estatal	x	x	x
Gobierno federal			x
Academia		x	

› *Instrumentación y aplicación:*

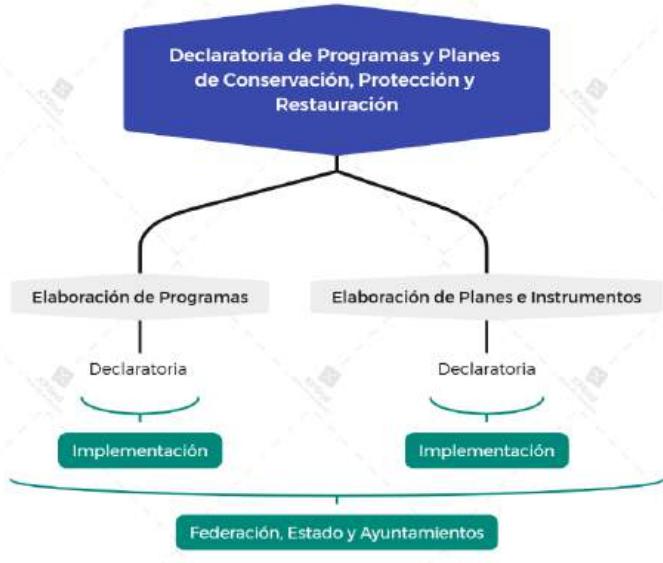
1.6.1 Fortalecimiento de los Programas de Ordenamiento Ecológico Territorial



1.6.2 Incorporar en el Plan Municipal de Desarrollo la variable ambiental y de conservación



1.6.3 Declarar Áreas Naturales Protegidas, Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación (ADVC), Reservas Ecológicas Estatales, Pagos por servicios Ambientales, elaboración de Programas de Conservación para el Desarrollo Sostenible, entre otros instrumentos de preservación.



Inversión estimada:

Dependerá del alcance territorial de cada programa

Medida 1.7 Movilidad urbana sostenible**> *Objetivo:***

Identificar las principales acciones a implementar para mejorar la movilidad urbana asegurando la protección al medio ambiente, la mejora de calidad de vida a los ciudadanos y el desarrollo económico en la entidad.

> *Justificación:*

La movilidad urbana dentro de una entidad representa uno de los mayores retos dentro de los gobiernos, ya que ésta influye directamente en la productividad económica y la calidad de vida de sus ciudadanos. El Estado de Tlaxcala actualmente cuenta con una infraestructura urbana y medios de transporte público poco eficientes y altamente contaminantes que dificultan la movilidad dentro de la entidad.

> *Líneas acción:***1.7.1 Desarrollar un Plan de Movilidad Urbana Sostenible para el Estado de Tlaxcala.**

Realizar estudios de origen-destino dentro de la Entidad para identificar la dinámica de movilidad dentro de la entidad, identificando las rutas y nuevos medios de transporte masivo bajo en emisiones.

1.7.2 Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria del Estado de Tlaxcala

Revisar el marco normativo en materia de Comunicaciones y Transportes del Estado, además de realizar estudios de origen - destino dentro de la entidad para identificar la dinámica de movilidad dentro de la entidad, identificando las rutas y nuevos medios de transporte masivo bajo en emisiones. Además de Desarrollar un Sistema Integrado de Transporte Urbano Regional (SITUR) para la ZM Tlaxcala-Puebla, con base en el Corredor Tlaxcala-Santa Ana Chiautempan–Puebla y Tlaxcala – Apizaco -Huamantla. Mediante la Factibilidad técnica con el análisis de la demanda, diseño físico y operacional, así como costos de inversión y operación.

1.7.3 Fomentar la Electromovilidad mediante el impulso a la adquisición de vehículos y motocicletas eléctricas

Realizar campañas de difusión de información e Implementar acciones que beneficien a la ciudadanía que adquiera vehículos automotores eléctricos.

1.7.4 Implementación de esquemas de renovación de parque vehicular público y privado

Trabajar de la mano con las áreas gubernamentales correspondientes, con la finalidad de implementar incentivos para la renovación de parque vehicular a vehículos más eficientes del servicio público y privado. Es importante señalar las concesiones, ya que es a través de ellas que se puede exigir y actualizar la antigüedad del parque vehicular, así como a través de programas de fomento y apoyo a la des-chatarrización.

1.7.5 Fomentar la reducción a la necesidad de movilidad mediante la digitalización de trámites y trabajo remoto.

Fortalecer el trabajo de mejora regulatoria para digitalizar los trámites gubernamentales, así como, exhortar al sector privado para que, dentro de lo posible, implemente esquemas de trabajo remoto.

1.7.6 Trabajar con los ayuntamientos para fomentar la Infraestructura vial sostenible, fortalecer la infraestructura para vehículos no motorizados, así como la priorización a la movilidad peatonal.

Trabajar coordinadamente con los distintos Ayuntamientos para implementar acciones que minimicen el tráfico vehicular mediante semáforos inteligentes, aumento de velocidad de circulación promedio y disminución de puntos muertos.

Indicadores:

1. Porcentaje de población que usa el transporte público.
2. Programas e incentivos para la renovación de parque vehicular.
3. Porcentaje de transporte público con menos de 10 años de antigüedad.

Actores involucrados:

Actores involucrados	Líneas de acción					
	1.7.1	1.7.2	1.7.3	1.7.4	1.7.5	1.7.6
Gobierno municipal	x			x	x	x
Gobierno estatal	x	x	x	x	x	x
Gobierno federal	x		x	x		
Academia	x					
Iniciativa privada			x		x	

Instrumentación y aplicación:

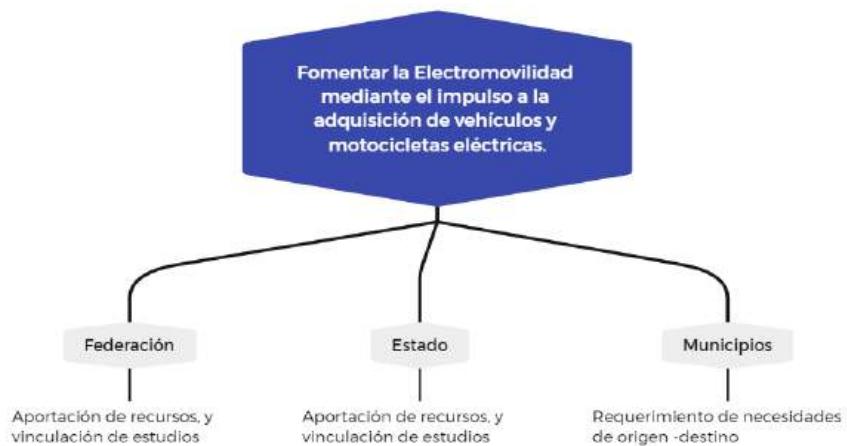
1.7.1 Desarrollar un Plan de Movilidad Urbana Sostenible para el Estado de Tlaxcala.



1.7.2 Fortalecer el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria del Estado de Tlaxcala



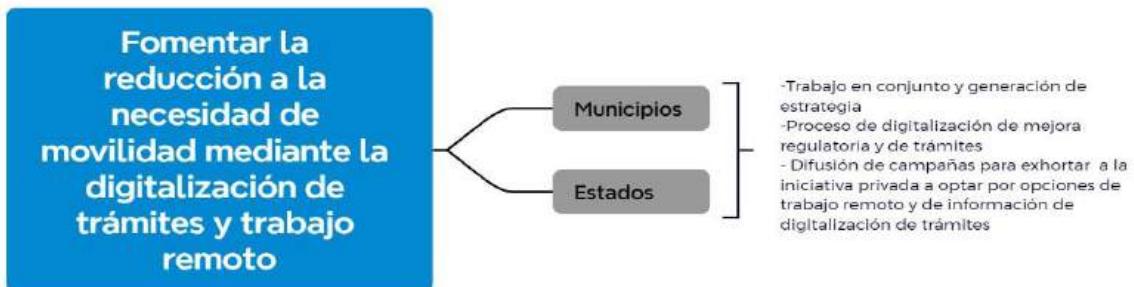
1.7.3 Fomentar la Electromovilidad mediante el impulso a la adquisición de vehículos y motocicletas eléctricas.



1.7.4 Implementación de esquemas de renovación de parque vehicular público y privado



1.7.5 Fomentar la reducción a la necesidad de movilidad mediante la digitalización de trámites y trabajo remoto.



1.7.6 Trabajar con los ayuntamientos para fomentar la Infraestructura vial sostenible, fortalecer la infraestructura para vehículos no motorizados, así como la priorización a la movilidad peatonal



Inversión estimada: Dependerá del alcance y territorialidad de cada Programa

Medida I.8 Fomentar la fabricación y el uso de productos neutros en carbono o de bajas emisiones.

➤ **Objetivo:**

Reducir la huella de carbono mediante el fomento y apoyo a empresas que implementen procesos de producción neutros en carbono, así como implementar mecanismos dentro la legislación Estatal para priorizar la adquisición de ellos dentro de las compras gubernamentales, así como en PyMES.

➤ **Justificación:**

El Estado juega un papel muy importante dentro del impulso a la inversión privada que apuesta por adoptar procesos que reduzcan y/o neutralicen el carbono liberado como consecuencia de los procesos productivos, motivo por el cual, es de vital importancia que se implementen estrategias que fomenten la adopción y migración a economías más sustentables.

› *Líneas acción:*

1.8.1 Fomentar la fabricación y el uso de productos de bajas emisiones o neutros en carbono.

Establecer programas de apoyo a proyectos, investigaciones, así como a pequeñas y medianas empresas originarias de la Entidad para que incorporen procesos bajos o neutros en carbono. Asimismo, coadyuvar con ellos para dar valor agregado a sus productos mediante el apoyo a las certificaciones.

1.8.2 Fomentar el uso de productos, así como materiales de construcción para la edificación e infraestructura de bajas emisiones o neutros en carbono.

Implementar dentro de la legislación del Estado la priorización de adquisición de productos y materiales bajos o neutros en carbono.

1.8.3 Coadyuvar con la Federación para fomentar la producción y uso de combustibles bajos en emisiones o neutros en carbono.

Trabajar en conjunto con la Federación con la finalidad de gestionar la mejora de calidad de los combustibles suministrados a la Entidad.

› *Indicadores:*

1. PyMES originarias del Estado de Tlaxcala que cuenten con procesos de bajas emisiones o neutros en carbono.
2. Número de adquisiciones del Estado provenientes de procesos bajos en emisiones o neutros en carbono.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción				
Actores involucrados	1.8.1	1.8.2	1.8.3	
Gobierno estatal	x	x	x	
Gobierno federal	x		x	
Iniciativa privada	x			
Academia	x			

› *Instrumentación y aplicación:*

1.8.1 Fomentar la fabricación y el uso de productos de bajas emisiones o neutros en carbono.



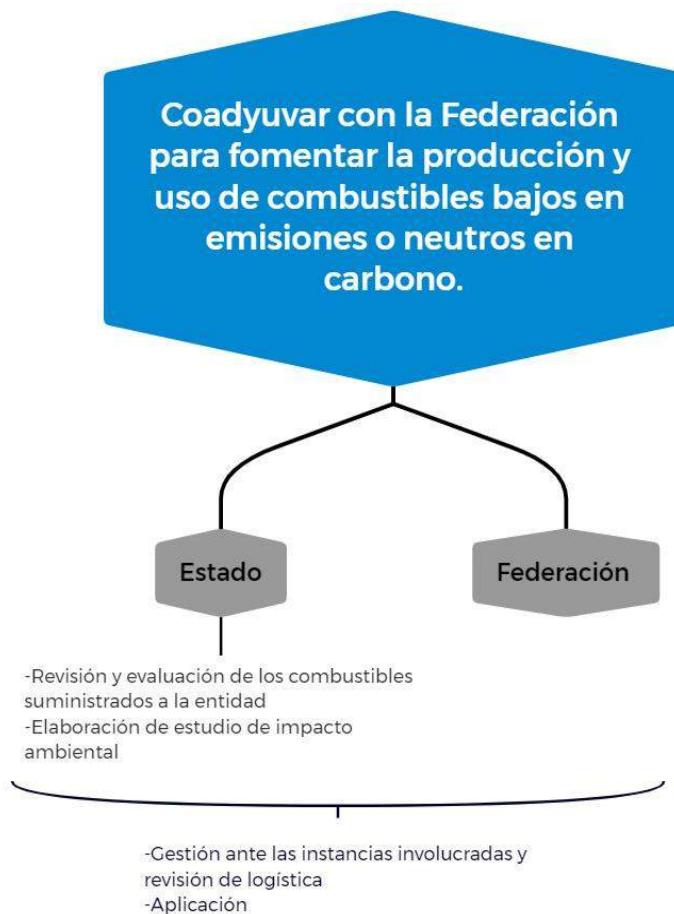
1.8.2 Fomentar la fabricación y el uso de materiales de construcción para la edificación e infraestructura de bajas emisiones o neutros en carbono.

Fomentar el uso de productos, así como materiales de construcción para la edificación e infraestructura de bajas emisiones o neutros en carbono.

Estado

- Generación de estrategia
- Revisión y actualización de la legislación
- Implementación

1.8.3 Coadyuvar con la Federación para fomentar la producción y uso de combustibles bajos en emisiones o neutros en carbono.



➤ *Inversión estimada: Inversión propia de los privados*

Medida 1.9 Reducir la quema de biomasa

➤ *Objetivo:*

Evitar la liberación del carbono almacenado en las zonas forestales mediante la reducción del uso de la biomasa como combustible, así como mediante el fortalecimiento al manejo del fuego. En Tlaxcala, se estima que el 20% de la población utiliza leña para cocinar sus alimentos y calentar sus hogares (Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala 2020). La mayor parte de esta población se localiza en las áreas rurales. (INEGI, 2010). La leña cumple una función importante en el consumo doméstico. La leña es el combustible preferido en el medio rural, ya que casi siempre puede obtenerse fácilmente para ser usados a través de fogones abiertos, así como en fogones tradicionales, por ello la importancia de incorporar tecnologías mejoradas, más limpias y eficientes que emitan menos emisiones y reduzcan el consumo de leña.

› *Justificación:*

Las zonas forestales no solo brindan servicios ecosistémicos de captura del carbono que se encuentra en la atmósfera, sino también de almacenamiento. No obstante, cuando esta es quemada, todo el carbono que había sido capturado y almacenado vuelve a liberarse a la atmósfera contribuyendo al aumento de gases de efecto invernadero, motivo por el cual es importante evitar su quema.

› *Líneas acción:*

1.9.1 Trabajar en conjunto con las autoridades y las zonas rurales para implementar Programas de eficiencia energética mediante la reducción de uso de biomasa en cocinas rurales

Trabajar de manera conjunta con las autoridades de las principales comunidades donde aún se utiliza la biomasa como principal medio de generación de energía.

1.9.2 Fortalecer los sistemas de monitoreo y detección del fuego en la entidad

Fortalecer los sistemas de monitoreo y detección del fuego en la entidad mediante la adopción de tecnologías, infraestructura, capacitación de personal e incremento de recursos humanos.

1.9.3 Fortalecer la capacidad de respuesta del estado ante el manejo del fuego.

Desarrollar estrategias para reducir el tiempo de respuesta ante los incendios, así como para evitar su rápida proliferación.

1.9.4 Implementar campañas de socialización para evitar la generación de incendios derivados por omisiones humanas

Implementar campañas de difusión y socialización en conjunto con los ayuntamientos, con la finalidad de brindar información a la población para evitar la generación de incendios causados por omisiones humanas.

› *Indicadores:*

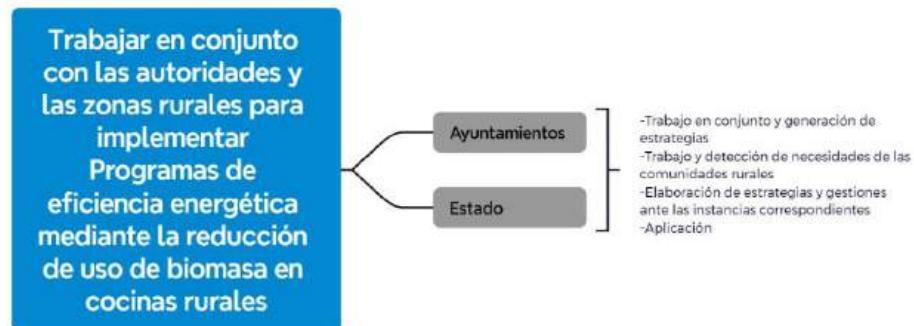
1. Cantidad de hectáreas anuales siniestradas por incendios forestales.
2. Tiempo de respuesta ante incendios
3. Número de apoyos para el uso eficiente de la leña (Estufas ahorradoras/ecológicas)

› *Actores Involucrados:*

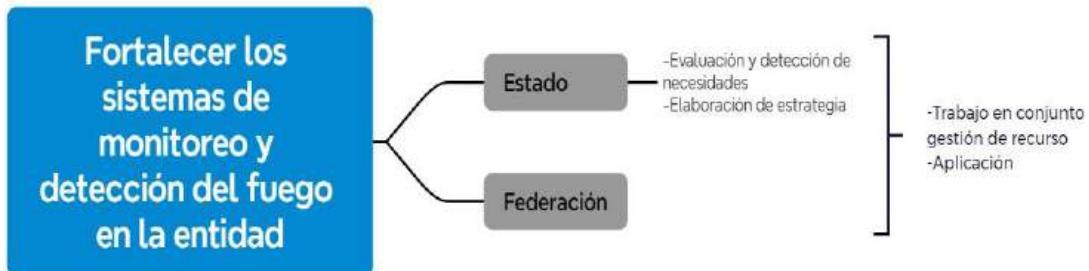
Líneas de acción				
Actores involucrados	1.9.1	1.9.2	1.9.3	1.9.4
Gobierno municipal	X	X		X
Gobierno estatal	X	X	X	X
Gobierno federal	X	X	X	X

➤ *Instrumentación y aplicación:*

1.9.1 Trabajar en conjunto con las autoridades y las zonas rurales para implementar Programas de eficiencia energética mediante la reducción de uso de biomasa en cocinas rurales



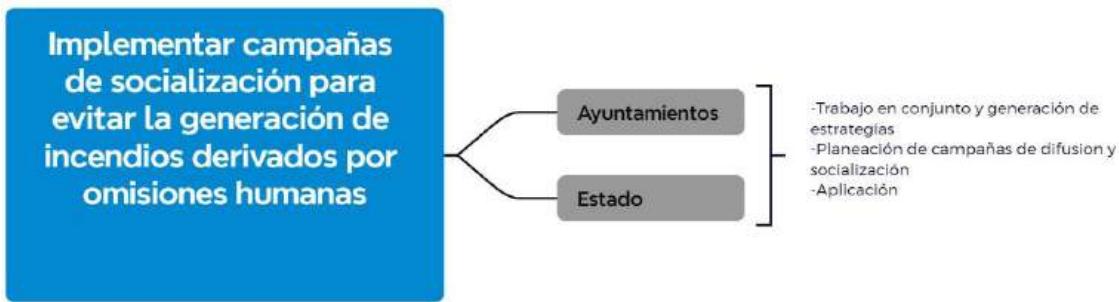
1.9.2 Fortalecer los sistemas de monitoreo y detección del fuego en la entidad



1.9.3 Fortalecer la capacidad de respuesta del estado ante el manejo del fuego



1.9.4 Implementar campañas de socialización para evitar la generación de incendios derivados por omisiones humanas



Inversión estimada: Dependerá de cada programa implementado.

Eje 2. Gestión de la energía (Generación y consumo)

Medida 2.1 Reducción de la intensidad energética

➤ *Objetivo:*

Implementar estrategias que permitan disminuir la demanda eléctrica mediante la implementación de eficiencia energética, así como la disminución de pérdidas de producto durante su proceso de distribución. A través de un balance energético.

➤ *Justificación:*

La intensidad energética representa la cantidad de energía requerida para producir un peso de Producto Interno Bruto, por lo que implementar sistemas de eficiencia energética, así como de disminución de pérdidas generará una disminución de demanda eléctrica.

➤ *Líneas acción:*

2.1.1 Reducir pérdidas energéticas por transmisión y distribución

Trabajar de la mano con la Federación, para la renovación de equipos de transmisión y distribución eléctrica que disminuyan las pérdidas eléctricas.

2.1.2 Reducir pérdidas por bombeo de agua

Trabajar de la mano con la Federación, para la renovación de equipos de distribución de agua que disminuyan las pérdidas eléctricas, así como disminuir las pérdidas de agua en el sector agrícola y pecuario.

2.1.3 Eficientizar el consumo eléctrico del Alumbrado público

Trabajar de la mano con la Federación, para la renovación de equipos de alumbrado público que disminuyan las demanda y pérdidas eléctricas.

› *Indicadores:*

1. Actualización de un balance energético del estado Tlaxcala.
2. Agua bombeada VS agua consumida.
3. Energía suministrada VS energía consumida por el alumbrado público

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción		2.1.1	2.1.2	2.1.3
Actores involucrados				
Gobierno municipal				x
Gobierno estatal	x	x	x	
Gobierno federal	x	x	x	
Sector agrícola y pecuario	x			
CONAGUA		x		
CFE	x	x	x	

› *Instrumentación y aplicación:*

2.1.1 Reducir pérdidas por distribución



2.1.2 Reducir pérdidas por bombeo de agua



2.1.3 Eficientizar el consumo eléctrico del Alumbrado público



➤ **Inversión estimada:**

Dependerá de cada proyecto implementado

Medida 2.2 Fomentar el uso de energías limpias

› *Objetivo:*

Colaborar con la Federación con la finalidad de incrementar la generación y consumo de energía provenientes de fuentes renovables.

› *Justificación:*

La mayor parte de la generación y consumo de energía de la entidad proviene de combustibles fósiles, mismos que son generadores de gases y compuestos de efecto invernadero, motivo por el cual, migrar a fuentes de generación de bajo impacto ambiental es de vital importancia para el desarrollo sustentable del Estado.

› *Líneas acción:*

2.2.1 Fomento del uso de sistemas de generación eléctrica y térmica mediante energías renovables en hogares, comercios servicios e industria.

Trabajo de la mano con la Federación, con la finalidad de implementar mecanismos de incentivación para implementar sistemas de generación eléctrica y térmica mediante energías renovables en hogares, comercios y servicios.

2.2.2 Coadyuvar con la Federación y municipios para implementar programas de Incentivos y créditos verdes para la adquisición de sistemas de calefacción solar y sistemas fotovoltaicos a nivel Macro, Media y Micro escala, así como en la Pequeñas y Medianas empresas (PyMEs) y hogares.

Trabajo de la mano con la Federación, con la finalidad de implementar mecanismos para aplicar Incentivos y créditos verdes para la adquisición de sistemas de calefacción solar y sistemas fotovoltaicos en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y hogares.

2.2.3 Coadyuvar con la Federación y la iniciativa privada para implementar parques de generación eléctrica a través de fuentes renovables en la entidad.

Es importante diferenciar la generación de energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos a baja escala (consumo propio en casa habitación o comercios), a mediana escala (autoabastecimiento de servicios e industria) o la implementación a gran escala (venta de energía). Tlaxcala tiene el potencial de generar energía eléctrica a través de sistemas fotovoltaicos a cualquier escala.

Los parques solares, son centrales fotovoltaicas que están creciendo en diferentes regiones del mundo y México, gracias a los beneficios que aportan, estas pueden variar en tamaño, forma, tipo y propósito. Desde el consumo directo o porteo para suministrar electricidad a la red y después deducirla en otra parte. Los parques solares varían mucho en tamaño, las centrales fotovoltaicas más grandes del mundo producen más de 2,000 MW de energía, mientras que las más pequeñas producen menos de 1 MW.

Las de gran escala pertenecen a compañías eléctricas que venden su electricidad a los particulares. Mientras que las granjas solares comunitarias, que generan energía para devolverla a la red, en realidad son inversiones de particulares que buscan reducir sus pagos de servicio, conocidos como sistemas de interconexión.

Los parques solares a gran escala suelen producir 3 MW de energía o más, entregan la energía de la planta a la red y la venden a hogares y empresas, otras plantas, pertenecen a empresas privadas que venden la electricidad que producen a empresas de servicios públicos mediante acuerdos de compra de energía.

El Estado de Tlaxcala tiene la capacidad para instalar parques solares, primeramente, porque tiene una ubicación geográfica privilegiada y un potencial de radiación solar que oscila entre los 340 a los 900 Watts por metro cuadrado¹³, además de contar con la superficie disponible en distintos puntos. En este tenor, un parque solar puede necesitar entre 3.5 hectáreas para tener una capacidad instalada de 1 MW. Además, que el retorno de inversión por lo general no supera los 5 años, cuando la vida útil será mayor a 12 años promedio, lo que lo hace rentable ambiental y económicoamente.

En la actualidad es importante tener apertura y acceso a esta forma de energía, segura y a bajo costo. Esta tendencia ha propiciado que un gran número de países reformaran sus leyes para fomentar el desarrollo de proyectos de generación energética a través de fuentes renovables que permitan garantizar su competitividad, como es el Gobierno de México y sus entidades, del cual Tlaxcala no debe ser la excepción. Por otra parte, los avances tecnológicos la convierten en una fuente de generación de las más competitivas del mercado. En este sentido, es importante fortalecer en Tlaxcala el programa “Energía para tu vivienda” que busca llevar aquellos hogares rurales con carencias de iluminación este servicio.

En el Estado de Tlaxcala, se reconoce la importancia de los sistemas solares, por lo que cualquier proyecto de fotovoltaico deberá cumplir cabalmente con las normas correspondientes de la Comisión Federal de Electricidad, Secretaría de Energía, Centro Nacional de Control de Energía, Comisión Reguladora de Energía y las que apliquen, donde se establece la distancia a asentamientos humanos, asimismo, se deberán cumplir con las normas, permisos, autorizaciones, factibilidades y licencias que le apliquen tanto de carácter federal, estatal y municipal en materia ambiental, urbana y agraria.

Energía eólica.

La energía eólica se entiende como la transformación de la fuerza del viento en electricidad, el aprovechamiento del viento requiere de la instalación de parques eólicos, Tlaxcala por sus condiciones geográficas y topográficas tiene un excelente potencial para explotar este recurso. Los aerogeneradores aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo, donde Tlaxcala tiene la virtud de brindar esas velocidades. La capacidad eléctrica media de un aerogenerador oscila entre 2 a 3 megavatios (MW) dependiendo su tecnología.

Energía minihidráulica.

La energía minihidráulica es rentable en el Estado de Tlaxcala, primero por su potencial al contar con afluentes de agua abajo, además de la experiencia que ya existe al respecto en la región, la energía

¹³ <https://smn.conagua.gob.mx/es/>

minihidráulica se obtiene canalizando el agua por ciertas tuberías para obtener diferencial y gradientes de presiones para generar electricidad.

➤ *Indicadores:*

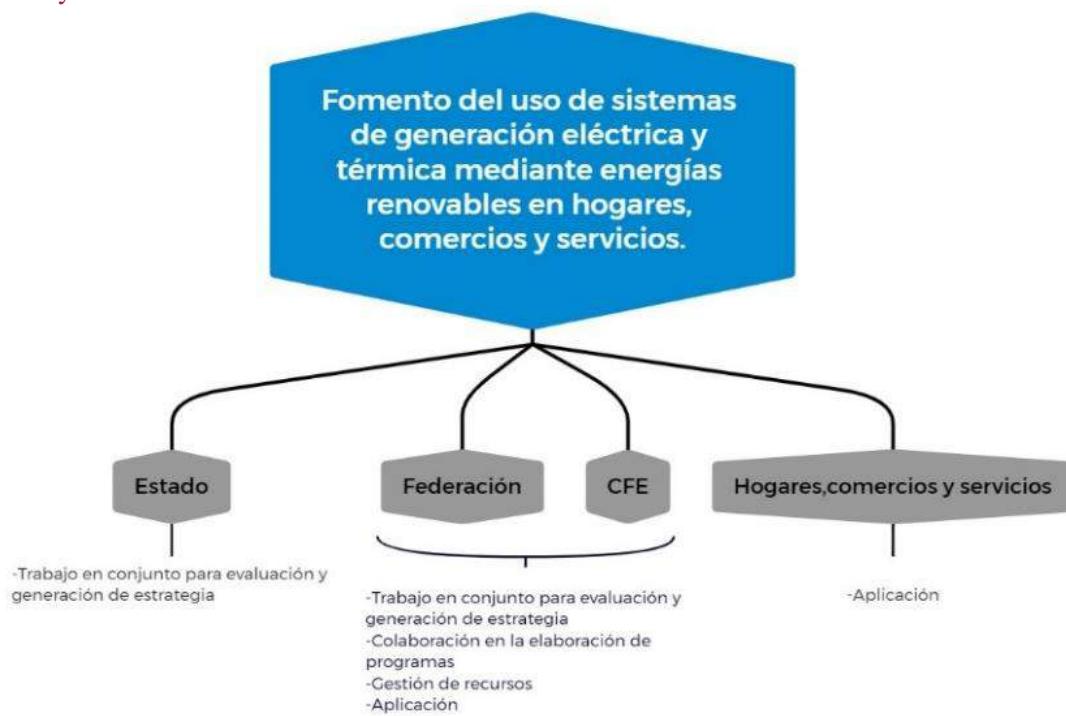
1. Número de hogares, comercios, servicios e industrias que cuentan con fuentes de generación de energía renovable.
2. Cantidad de energía consumida en la entidad proveniente de fuentes renovables.

➤ *Actores involucrados:*

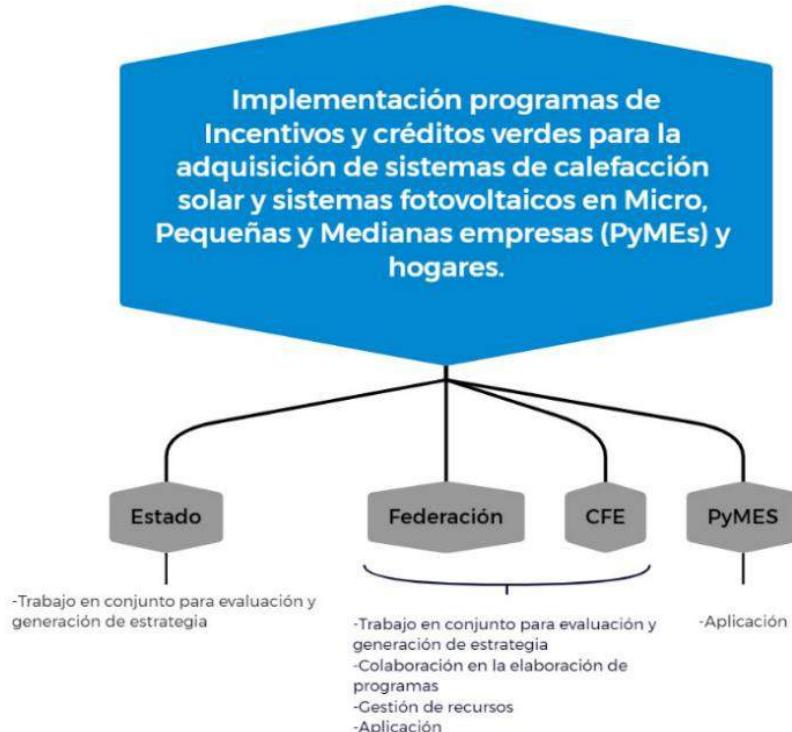
Líneas de acción				
Actores involucrados	2.2.1	2.2.2	2.2.3	
Gobierno estatal	x	x	x	
Gobierno federal	x	x	x	
CFE	x	x	x	
PYMES	x	x		
Particulares	x	x		

➤ *Instrumentación y aplicación:*

2.2.1. Fomento del uso de sistemas de generación eléctrica y térmica mediante energías renovables en hogares, comercios y servicios.



2.2.2 Coadyuvar con la Federación y municipios para implementar programas de Incentivos y créditos verdes para la adquisición de sistemas de calefacción solar y sistemas fotovoltaicos en Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) y hogares.



2.2.3 Coadyuvar con la Federación y la iniciativa privada para implementar parques de generación eléctrica a través de fuentes renovables en la entidad.



➤ **Inversión estimada:** Solo Inversión privada. No obstante, es importante captar la inversión para que el programa pueda ser viable, estableciendo programas a mediano y largo plazo con los distintas niveles de gobierno y la vinculación con la iniciativa privada.

Medida 2.3 Eficiencia energética

› *Objetivo:*

Implementar programas de eficiencia energética que contribuyan a reducir la demanda energética de la Entidad.

› *Justificación:*

El consumo energético está directamente relacionado con la generación de gases y compuestos de efecto invernadero, toda vez que la mayor parte de la energía consumida en la entidad proviene de combustibles fósiles.

› *Líneas acción:*

2.3.1. Implementar dentro de los edificios gubernamentales e infraestructura pública programas de eficiencia energética.

Disminuir la huella de carbono del servicio público mediante la implementación de programas de eficiencia energética dentro de los edificios gubernamentales y demás infraestructura pública.

2.3.2 Trabajar de la mano con los sectores industrial, comercial y de servicios para implementar programas de eficiencia energética.

Trabajar de manera conjunta con la finalidad de crear, con base en las necesidades específicas de cada sector, programas de eficiencia energética.

2.3.3 Dar seguimiento a los programas existentes, y trabajar en coordinación con la población y autoridades correspondientes para crear nuevos programas que ayuden a mejorar la eficiencia energética dentro de los hogares.

Trabajar de la mano con la Federación con la finalidad de que se fortalezcan los actuales programas de eficiencia energética y se puedan agregar mayores acciones para incrementar el nivel de eficiencia.

› *Indicadores:*

1. Programas de eficiencia energética en la entidad.
2. Cantidad de edificios gubernamentales y espacios públicos que cuentan con sistemas de eficiencia energética

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción		2.3.1	2.3.2	2.3.3
Actores involucrados				
Gobierno estatal	X	X	X	
Gobierno federal	X	X	X	
Iniciativa privada		X		
CFE	X		X	

› *Instrumentación y aplicación:*

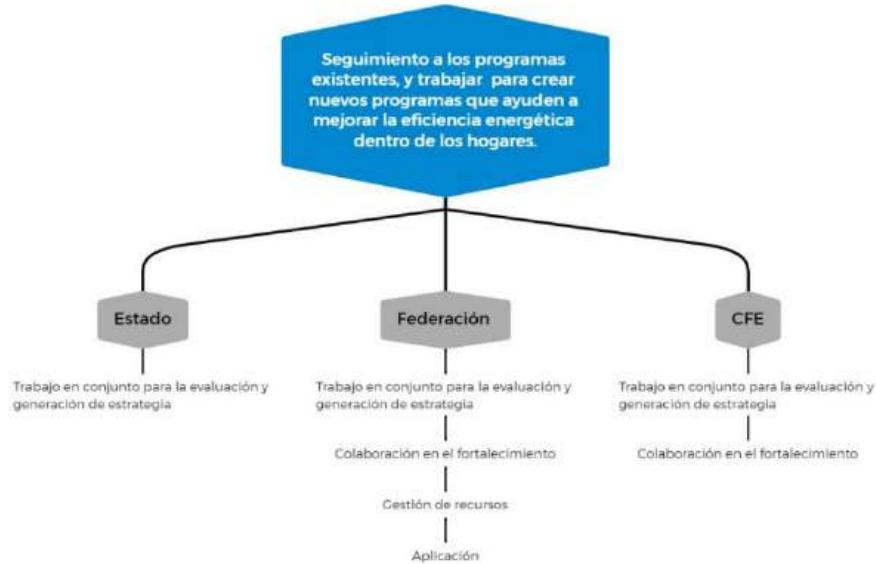
2.3.1. Implementar dentro de los edificios gubernamentales e infraestructura pública programas de eficiencia energética.



2.3.2 Trabajar de la mano con los sectores industrial, comercial y de servicios para implementar programas de eficiencia energética.



2.3.3 Dar seguimiento a los programas existentes, y trabajar en coordinación con la población y autoridades correspondientes para crear nuevos programas que ayuden a mejorar la eficiencia energética dentro de los hogares.



➤ *Inversión estimada:*

Dependerá de cada proyecto o programa implementado con base en su alcance y territorialidad.

Medida 2.4 Gestiónar la distribución de Combustibles limpios

➤ *Objetivo:*

Disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera a través de la producción y distribución de combustibles bajos en emisiones y de mejor calidad, mediante el trabajo en conjunto con la Federación.

➤ *Justificación:*

Actualmente, el Estado de Tlaxcala cuenta con combustibles que cuentan con mayor índice de volatilidad que los que son distribuidos en otros estados de la República Mexicana, motivo por el cual, es necesario mejorar la calidad de los combustibles distribuidos y consumidos en la entidad para emitir una menor cantidad de contaminantes a la atmósfera.

➤ *Líneas acción:*

2.4.1 Trabajar de la mano con la Federación con la finalidad de que sean surtidos combustibles de mejor calidad a la entidad, así como combustibles neutros en carbono.

Colaborar con la Federación para gestionar ante las instancias correspondientes la distribución de mejores combustibles para la entidad, así como el fomento a la generación de combustibles neutros en carbono.

2.4.2 Generar un diagnóstico y registro de los combustibles que se utilizan y consumen dentro de la Entidad por actividad y de su potencial impacto atmosférico.

Colaborar con los ayuntamientos y la Federación para gestionar y conformar un inventario de combustibles utilizados en la entidad, con la finalidad de contar con más información que permita la toma de decisiones.

➤ *Indicadores:*

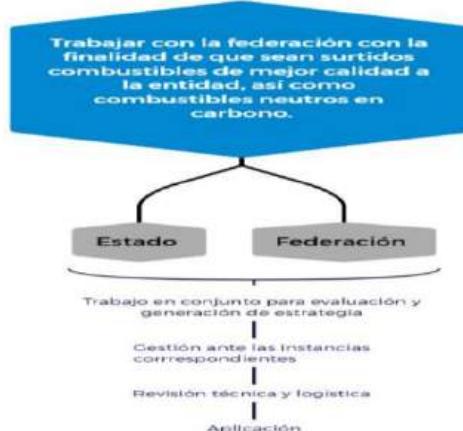
1. Un estudio de caracterización sobre la calidad y composición de los combustibles distribuidos y consumidos en la entidad.
2. Volumen distribuido anual de combustibles limpios.

➤ *Actores involucrados:*

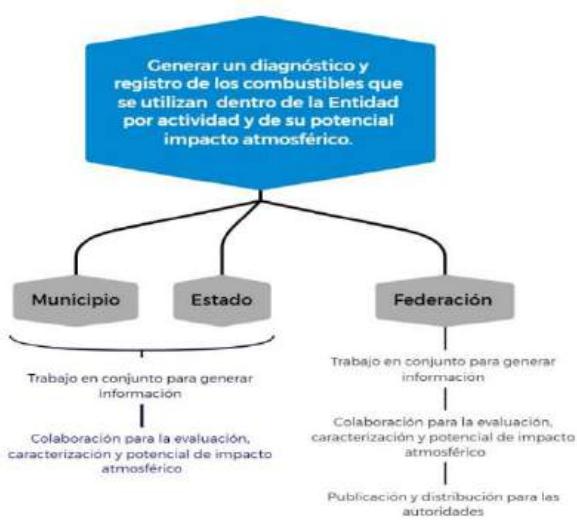
Líneas de acción			
Actores involucrados	2.4.1	2.4.2	
Gobierno municipal			x
Gobierno estatal	x		x
Gobierno federal	x		x

➤ *Instrumentación y aplicación:*

2.4.1 Trabajar de la mano con la Federación con la finalidad de que sean surtidos combustibles de mejor calidad a la entidad, así como combustibles neutros en carbono.



2.4.2 Generar un diagnóstico y registro de los combustibles que se utilizan y consumen dentro de la Entidad por actividad y de su potencial impacto atmosférico.



➤ *Inversión estimada:*

3 MDP anuales (2024, 2026, 2028 y- 2030)

Eje 3. Preservación de los sumideros naturales de carbono

Medida 3.1 Establecer un Programa Estatal de Captura y Almacenamiento de Carbono.

➤ *Objetivo:*

Crear el Programa estatal de captura y almacenamiento de carbono, que garantice consolidar y conservar reservorios naturales de carbono en el Estado de Tlaxcala.

➤ *Justificación:*

Derivado de los últimos reportes del IPCC, donde se establece que, para poder cumplir con las metas establecidas y compromisos contraídos por México, es necesario no solo dejar de emitir carbono, si no también extraerlo de la atmósfera y almacenarlo. En este sentido, es imperativo que el Estado de Tlaxcala cuente con su programa y estrategia para cumplir con los objetivos de desarrollo sustentable.

➤ *Líneas acción:*

3.1.1 Manejo sustentable de los recursos madereros

La explotación y mal manejo de los reservorios de carbono con fines comerciales o como medio de vida, libera el carbono contenido en la masa forestal y el suelo, el cual, por defecto, en su mayoría se acumula en la atmósfera contribuyendo a incrementar los niveles y concentraciones. En este tenor, es necesario garantizar el mantener en condiciones originales superficies destinadas a la conservación por largo plazo, al mismo tiempo evitando plagas, así como incendios forestales.

3.1.2 Regulación y permisos de explotación y comercialización

Colaborar con la federación, estado y municipios para fortalecer los procesos de regulación y permisos de explotación y comercialización de los recursos forestales. Debido a que se estima que el mayor porcentaje de la explotación se realiza fuera de ley y sin las condiciones técnicas apropiadas. Para ello, se debe garantizar el irrestricto cumplimiento normativo, a través de la inspección y vigilancia in situ, así como en las vías de comunicación. Identificando núcleos y asociaciones de poder y corrupción, para ello es necesario auxiliarse de la Defensa Nacional, los Bandos de policía y buen gobierno, así como de la policía estatal.

3.1.3 Programas de preservación del carbono en el suelo

Colaborar con los Ayuntamientos y la Federación con la finalidad de evitar el cambio de uso de suelo en zonas forestales, que, al ser intervenidas por el hombre, puedan liberar a la atmósfera el carbono equivalente a lo almacenado. Asimismo, implementar estrategias que permitan incrementar la captura y secuestro de carbono en la Entidad. Como son pagos por servicios ambientales.

➤ *Indicadores:*

1. Un programa de captura y almacenamiento de carbono.
2. Número de proyectos de conservación y restauración forestal implementados.

➤ *Actores involucrados:*

Líneas de acción			
Actores involucrados	3.1.1	3.1.2	3.1.3
Gobierno municipal			x
Gobierno estatal	x	x	x
Gobierno federal	x	x	x

➤ *Instrumentación y aplicación:*

3.1.1 Manejo sustentable de los recursos madereros



3.1.2 Regulación y permisos de explotación y comercialización



3.1.3 Programas de preservación del carbono en el suelo



➤ *Inversión estimada:*

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
3.1.1 Manejo sustentable de los recursos madereros	\$ 15,000,000.00	\$ 15,000,000.00	\$ 17,000,000.00	\$ 18,000,000.00	\$ 19,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$124,000,000.00
3.1.2 Regulación y permisos de explotación y comercialización	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 1,350,000.00	\$ 4,050,000.00
3.1.3 Programas de preservación del carbono en el suelo	\$ 3,000,000.00			\$ 5,000,000.00				\$ 8,000,000.00
								Gran Total \$136,050,000.00

Medida 3.2 Fortalecer los Programas de Reforestación y Restauración de Suelos Degrados

➤ *Objetivo:*

Fortalecer los programas de reforestación y restauración de suelos degradados para mejorar la capacidad adaptativa y de respuesta ante eventos hidrometeorológicos extremos, para incrementar el grado de resiliencia en el Estado.

➤ *Justificación:*

La recuperación de los bosques es la principal acción para mitigar el cambio climático. Los bosques son esenciales para regular el ciclo hídrico, proveer comida, medios de vida, materias primas, mejorar la calidad del aire y conservar la biodiversidad.

➤ *Líneas acción:*

3.2.1 Fortalecer los programas de reforestación.

Colaborar entre los tres niveles de gobierno con la finalidad de fortalecer los programas de reforestación de la entidad, así como para mejorar la colaboración interinstitucional.

3.2.2 Fortalecer los programas de control de la erosión y restauración de suelos degradados

Colaborar entre los tres niveles de gobierno con la finalidad de fortalecer los programas de control de erosión y restauración de suelos degradados de la entidad, así como para mejorar la coordinación interinstitucional.

➤ *Indicadores:*

1. Hectáreas reforestadas.
2. Hectáreas de recuperación de suelos degradados.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción		3.2.1	3.2.2
Actores involucrados			
Gobierno municipal		x	X
Gobierno estatal		x	X
Gobierno federal		x	X

› *Instrumentación y aplicación:*

3.2.1 Fortalecer los programas de reforestación.



3.2.2 Fortalecer los programas de control de la erosión y restauración de suelos degradados



Inversión estimada:

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2025	2027	2028	2029	2030	Total
3.2.1 Fortalecer los programas de reforestación.	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$12,000,000.00	\$84,000,000.00
3.2.2 Fortalecer los programas de control de la erosión y restauración de suelos degradados.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$7,000,000.00	\$7,000,000.00	\$7,000,000.00	\$41,000,000.00
Gran Total								\$125,000,000.00

Medida 3.3 Enverdecimiento de áreas y bosques urbanos, aumentando los metros cuadrados por habitante.**> *Objetivo:***

Incrementar el área verde y de bosques urbanos dentro de las zonas urbanas del Estado de Tlaxcala.

> *Justificación:*

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), las ciudades deben de contar con un área mínima de entre 10 m² y 15 m² de zonas verdes por habitante, con el fin de que estos mitiguen los impactos generados por la contaminación de las ciudades y cumplan una función de amortiguamiento.

> *Líneas acción:***3.3.1 Ampliar la cobertura de metros cuadrados por habitante en las zonas urbanas, fortaleciendo y manteniendo las áreas destinadas a parques y jardines.**

Trabajar de manera conjunta entre las autoridades municipales correspondientes con la finalidad de implementar estrategias que incrementen las áreas verdes en las zonas urbanas de la entidad, brindando una mayor cantidad de espacios públicos a la ciudadanía.

3.3.2 Implementar programas en colaboración con la iniciativa privada y sector social para enverdecer las zonas urbanas

Colaborar con los diferentes sectores de la sociedad, principalmente el industrial con la finalidad de implementar programas que coadyuven al compromiso y colaboración de toda la sociedad para incrementar las áreas verdes y dar mantenimiento pertinente en las zonas urbanas.

> *Indicadores:*

1. Hectáreas de áreas verdes en las zonas urbanas.
2. Metros cuadrados de área verde por habitante en las zonas urbanas.

Actores involucrados:

Líneas de acción		3.3.1	3.3.2
Actores involucrados			
Gobierno municipal		X	X
Gobierno estatal		X	X
Iniciativa privada			X
Sociedad			X

➤ ***Instrumentación y aplicación:***

3.3.1 Ampliar la cobertura de metros cuadrados por habitante en las zonas urbanas, fortaleciendo y manteniendo las áreas destinadas a parques y jardines.



3.3.2 Implementar programas en colaboración con la iniciativa privada y sector social para enverdecer las zonas urbanas



➤ *Inversión estimada y calendario:*

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
3.3.1 Ampliar la cobertura de metros cuadrados por habitante en las zonas urbanas, fortaleciendo y manteniendo las áreas destinadas a parques y jardines.	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$5,000,000.00	\$35,000,000.00
3.3.2 Implementar programas en colaboración con la iniciativa privada y sector social para enverdecer las zonas urbanas.	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$1,000,000.00	\$7,000,000.00
Gran Total								\$42,000,000.00

Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad

4.1 Identificación de los Objetos de Conservación Socioambiental (OCSA's) de mayor impacto.

➤ *Objetivo:*

Identificación y priorización de los Objetos de Conservación Socioambiental (OCSA's) de importancia focal para la conservación de especies, ecosistemas o sistemas naturales del Estado de Tlaxcala, que al mismo tiempo brinden la provisión de medios de vida para las comunidades.

➤ *Justificación:*

Un Objeto de Conservación Socioambiental (OCSA) es un elemento de importancia focal para la conservación (especies, ecosistemas o sistemas naturales, recursos hídricos, medios de vida, entre otros), con una contribución relevante al funcionamiento de los ecosistemas o en la generación de servicios ecosistémicos

prioritarios, de los cuales se benefician las comunidades humanas, y que tiene un papel relevante en vulnerabilidades climáticas identificadas, por lo que resulta de suma importancia la protección de los OCSA para continuar con la provisión de los servicios ecosistémicos de los que depende la biodiversidad y la subsistencia de las sociedades (CONANP, 2023). En este se requiere identificar cuáles son estos Objetos para garantizar su restauración en caso de ser necesario y su conservación.

➤ *Líneas acción:*

4.1.1 Identificar y priorizar los principales sistemas ecológicos que brindan los medios de vida y servicios ecosistémicos a la población

Las comunidades urbanas y rurales requieren de bienes y servicios ecosistémicos de manera directa o indirecta, por ello, la importancia de identificar, priorizar y conservar estos servicios ecosistémicos, ya que contribuyen a la mitigación y adaptación, además de ser reconocidos como una de la principales herramienta para reducir la vulnerabilidad y aumentar la resiliencia natural y humana, como lo establece el Acuerdo de París, la Contribución Nacionalmente Determinada de México (NDC, por sus siglas en inglés), el Marco de Sendai, el Plan Estratégico de la Convención para la Diversidad Biológica (PECDB), las Metas de Aichi, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

4.1.2 Priorizar estudios del grado de vulnerabilidad y resiliencia de cada uno de los Objetos de Conservación Socioambiental.

Identificar el grado de vulnerabilidad natural y humana localmente ante la variabilidad climática, así como sus dimensiones, su medición y distribución en el territorio. Por otra parte, la resiliencia, entendida como capacidad de adaptación a una situación extrema y atípica, ambas como una herramienta para la prognosis que posibilita avanzar hacia sociedades más sostenibles.

➤ *Indicadores:*

1.- Número de Objetos de Conservación Socioambiental identificados y priorizados.

2.- Número de Servicios Ecosistémicos salvaguardados.

3.- Cantidad de medios de vida identificados.

➤ *Actores involucrados:*

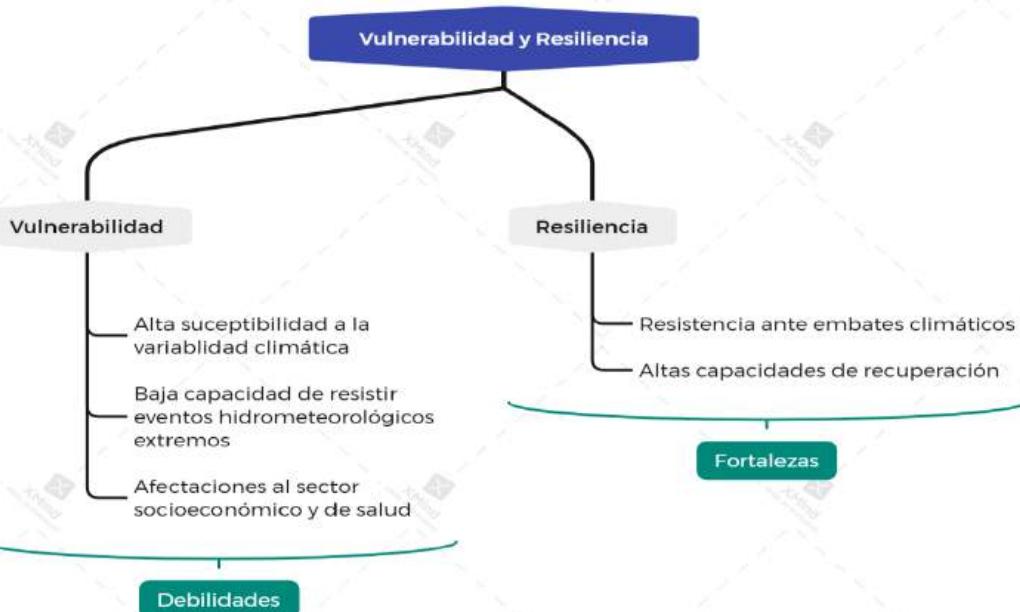
Líneas de acción			
Actores involucrados	4.1.1	4.1.2	
Gobierno municipal	x	x	
Gobierno estatal	x	x	
Gobierno federal	x	x	

› *Instrumentación y aplicación:*

4.1.1 Identificar y priorizar los principales sistemas ecológicos que brindan los medios de vida y servicios ecosistémicos a la población



4.1.2 Identificar el grado de vulnerabilidad y resiliencia de cada uno de los Objetos de Conservación Socioambiental.



- › *Inversión estimada: Dependerá de los alcances de los proyectos a realizar*

4.2 Garantizar la Seguridad Alimentaria.

- › *Objetivo:*

Establecer estrategias que garanticen la suficiencia alimentaria en cantidad y calidad para las generaciones presentes y futuras en el Estado de Tlaxcala, con base en la tendencia agropecuaria derivadas de los potenciales escenarios climáticos futuros.

- › *Justificación:*

Los eventos extremos y la variabilidad climática de las estaciones del año derivadas del cambio climático vienen afectado la seguridad alimentaria, ocasionando bajos rendimientos de los cultivos y productividad del ganado, como son cambios en la distribución, abundancia, reproducción, floración y crianza. El cambio climático empeorará las condiciones de vida y trabajo de agricultores. Sabemos que existen poblaciones ya de por sí vulnerables y en condiciones de inseguridad alimentaria actualmente. Sabemos que aumentará el hambre, las comunidades rurales, especialmente las que viven en entornos frágiles, se enfrentan a un riesgo inmediato y creciente de pérdida de las cosechas y del ganado. Limitando el acceso y aumentando el costo de los insumos alimenticios.

- › *Líneas acción:*

4.2.1 Fortalecimiento de la cobertura de los seguros ante eventos climáticos extremos para el sector agrícola y pecuario.

El sector agropecuario está altamente expuesto a amenazas climáticas, presentando múltiples vulnerabilidades, implicando riesgos asociados, es preciso identificar las vulnerabilidades y blindar el sector mediante la gestión integral y coordinada de los diversos actores. El poder contar con un aseguramiento es parte fundamental de la respuesta, y la factibilidad y sostenibilidad contra riesgos. Los seguros agrícolas forman parte de la gestión de riesgos para la producción agropecuaria. En particular, contribuyen a gestionar los peligros inherentes a la cadena de valor y fomentan la inversión. Asimismo, deriva en un impacto positivo sobre la resiliencia y, por ende, en el desarrollo económico, ayudan a proteger a los productores contra los efectos de fenómenos climatológicos adversos que afectan la producción y ofrecen cobertura contra las desviaciones financieras asociadas al riesgo, dando certeza a los productores para invertir con confianza.

Coberturas contra Incendio, huracán, ciclón, tornado, tromba o vientos tempestuosos, granizo, inundación, inundación por lluvia y/o tromba, exceso de humedad, falta de piso para cosechar, sequía (sólo en cultivos de temporal), helada, bajas temperaturas y altas temperaturas, por invasión de plagas, depredadores y enfermedades.

4.2.2 Implementación de programas de cultivos resistentes al cambio climático

El Cambio Climático obliga a los cultivos a hacer frente al estrés al que están sometidos y estarán más aún, a medida que crezca la población de nuestro caluroso planeta, vamos a necesitar variedades que sean capaces de hacer frente a las olas de calor y a la sequía. No solo con el uso de pesticidas, para tener una mayor resistencia a las plagas y enfermedades, los cultivos modificados genéticamente requieren menos aplicaciones de pesticidas, lo que reduce la exposición de los agricultores y minimiza los efectos sobre el medio ambiente, no obstante, ello afecta otros sectores de la seguridad alimentaria y atenta contra la agricultura de semillas criollas. Por ello, la importancia de promover la distribución de semillas mejoradas y resistentes a climas extremos, establecer programas de protección contra plagas y enfermedades, fomentar los sistemas aeropónico, hidropónico y acuapónico. Siendo fundamental establecer bancos de germoplasma de especies agrícolas, forestales y no forestales.

› *Indicadores:*

- 1.- Una clasificación de cultivos resistentes a la variabilidad climática.
- 2.- Contar con al menos un *Banco de Germoplasma* en el Estado de Tlaxcala.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción			
Actores involucrados	4.2.1	2.2.2	
Gobierno municipal			
Gobierno estatal	X	X	
Gobierno federal	X	X	

Instrumentación y aplicación:

- 6.2.1 Fortalecimiento de la cobertura de los seguros ante eventos climáticos extremos para el sector agrícola y Pecuario.



4.2.2 Implementación de programas de cultivos resistentes al cambio climático



Inversión estimada:

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
4.2.1 Fortalecimiento de la cobertura de los seguros ante eventos climáticos extremos para el sector agrícola y pecuario.	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$ 100,000,000.00	\$700,000,000.00
4.2.2 Implementación de programas de cultivos resistentes al cambio climático	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 8,000,000.00	\$ 24,000,000.00
Gran Total								\$724,000,000.00

4.3 Implementación de corredores biológicos

➤ ***Objetivo:***

Establecer la implementación de Corredores Biológicos en aquellas regiones donde exista fragmentación de las poblaciones de flora y fauna, para garantizar la supervivencia de aquellas especies que estén en riesgo de quedar extintas de ciertas regiones por falta de expansión o conectividad con otros nichos biológicos.

➤ ***Justificación:***

El crecimiento urbano, la creación de nuevas vías de comunicación, los cambios de uso de suelo, así como los cambios de clima, inciden en la modificación de los nichos de distribución espacial de las especies. Esto nos obliga a construir Corredores Biológicos en territorios donde se haya fragmentado el hábitat de ciertas especies, y que esto atente contra su supervivencia.

Un corredor biológico en teoría y en la práctica proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats, sean estos naturales o modificados, asegurando el mantenimiento, manutención y sobrevivencia de la diversidad biológica y los procesos ecológicos necesarios entre estos. Se implementan mediante estrategias participativas de conservación de la biodiversidad, que integra a los gobiernos, las comunidades, la academia, la sociedad civil y a las agencias de cooperación internacional en el marco de un modelo de desarrollo en armonía con la naturaleza.

Los corredores son puentes naturales que conectan dos o más regiones. Pueden ser franjas estrechas de vegetación, bosques ribereños, túneles por debajo de carreteras, plantaciones, vegetación remanente o grandes extensiones de bosques naturales. El requisito indispensable es que mantengan la conectividad entre los extremos para evitar el aislamiento de las poblaciones, evitando que existan especies en zonas aisladas.

➤ *Líneas acción:*

4.3.1. Elaborar y actualizar el inventario de los nichos de distribución de la biodiversidad del Estado de Tlaxcala y su distribución espacial georreferenciada.

La Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO), define la distribución biológica de una especie, como el espacio territorial que brinda las condiciones naturales y endémicas de hábitat, en las que una población puede sobrevivir y reproducirse, el cual está limitado por fronteras ya sean geológicas, climáticas, ecosistémicas que proporcionan una relación mutua y simbiótica, creando asociaciones entre organismos de especies diferentes que comparten un mismo territorio para beneficiarse mutuamente en su desarrollo vital. En este sentido, es importante y necesario clasificar las especies de flora y fauna del Estado de Tlaxcala, sobre todo aquellas altamente vulnerables al cambio climático, identificando su georreferenciación espacial, y saber si mantiene un equilibrio o una tendencia que pueda conducirla a su extinción.

4.3.2. Identificar los principales vectores y forzantes que afecten la distribución de la biodiversidad y las potenciales amenazas.

Con el aumento de la temperatura y el cambio de la precipitación, esto sumado a otras variables, acentúan la pérdida de biodiversidad, los hábitats se han ido reduciendo significativamente, los recursos vitales de los cuales dependen escasean, los elementos del equilibrio de su simbiosis desaparecen, los entornos que antes resguardaban su hábitat ahora son inhabitables para la misma biodiversidad.

Es sabido por la comunidad científica internacional en materia de cambio climático, que para que las plantas y animales sobrevivan ante el cambio climático, tienen dos opciones: adaptarse o desplazarse. Pero con la gran velocidad del cambio climático que ya estamos experimentando, resulta casi imposible que las especies se adapten lo suficientemente rápido para que se mantengan en su hábitat, que a la par, presenta un entorno cambiante, el cual atenta contra su sobrevivencia, aunado desafortunadamente a la destrucción de hábitats a propia mano del ser humano. En este tenor, es importante conocer las variables, vectores y forzantes que atentan contra la sobrevivencia de las especies, además de la variabilidad climática y sus escenarios. El cambio climático puede significar que las especies desaparezcan de los lugares donde alguna vez prosperaron, o que se lleguen a extinguir completamente. Una publicación de Science, señala que una de cada seis especies está en peligro de extinción como consecuencia del cambio climático, si es que no hacemos nada al respecto.

4.3.3. Establecer mecanismos intersectoriales concurrentes entre las autoridades correspondientes, con la finalidad de construir corredores biológicos.

Una vez identificadas y tipificadas las especies vulnerables a la variabilidad climática, tanto en salud, georreferenciación, como extensión; se deberá evaluar si su entorno espacial brinda las condiciones necesaria de resiliencia, que les permita a las especies sobrevivir; en caso negativo, identificar la existencia de otro espacio natural que les brinde los suministros necesarios, en caso de ser positivo, analizar la pertinencia de interconectar estos espacios a través de un corredor biológico.

➤ *Indicadores:*

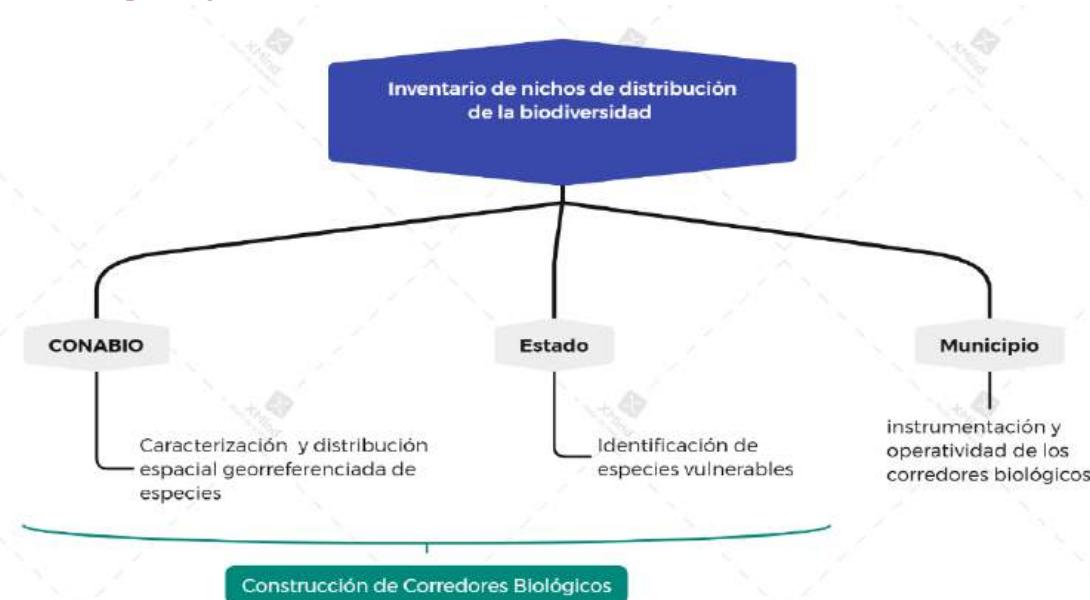
- 1.- Un inventario de nichos biológicos.
- 2.- Una clasificación de los vectores y forzantes que atentan contra la biodiversidad.
- 3.- Número de corredores biológicos en la entidad.

➤ *Actores involucrados:*

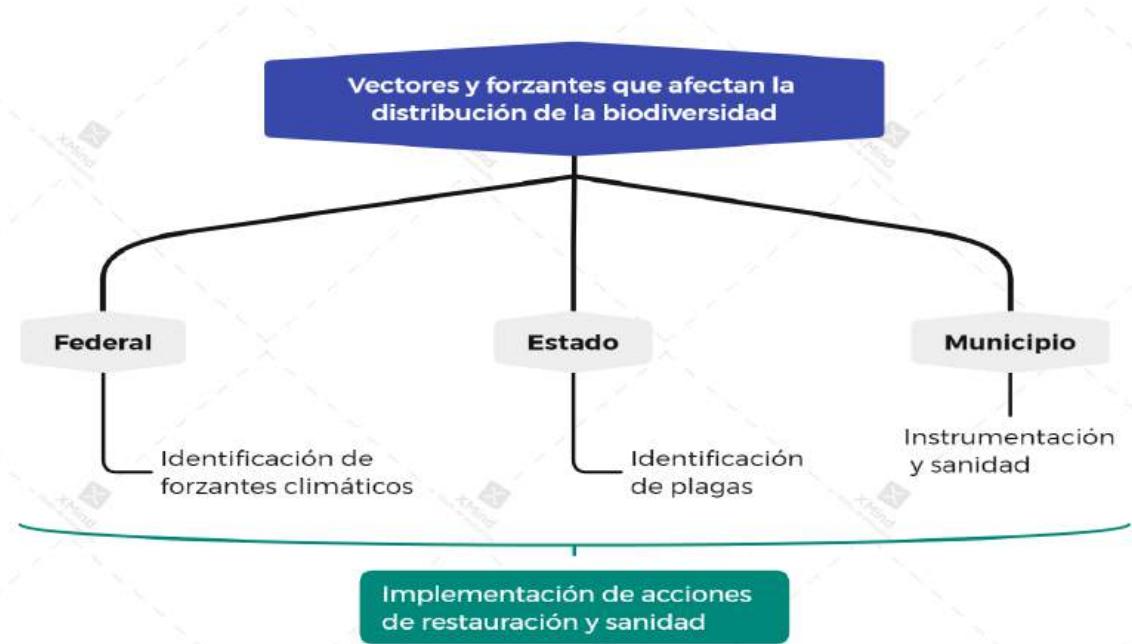
Actores involucrados	Líneas de acción		
	4.3.1	4.3.2	4.3.3
Gobierno municipal		X	X
Gobierno estatal	X	X	X
Gobierno federal	X	X	X

➤ *Instrumentación y aplicación:*

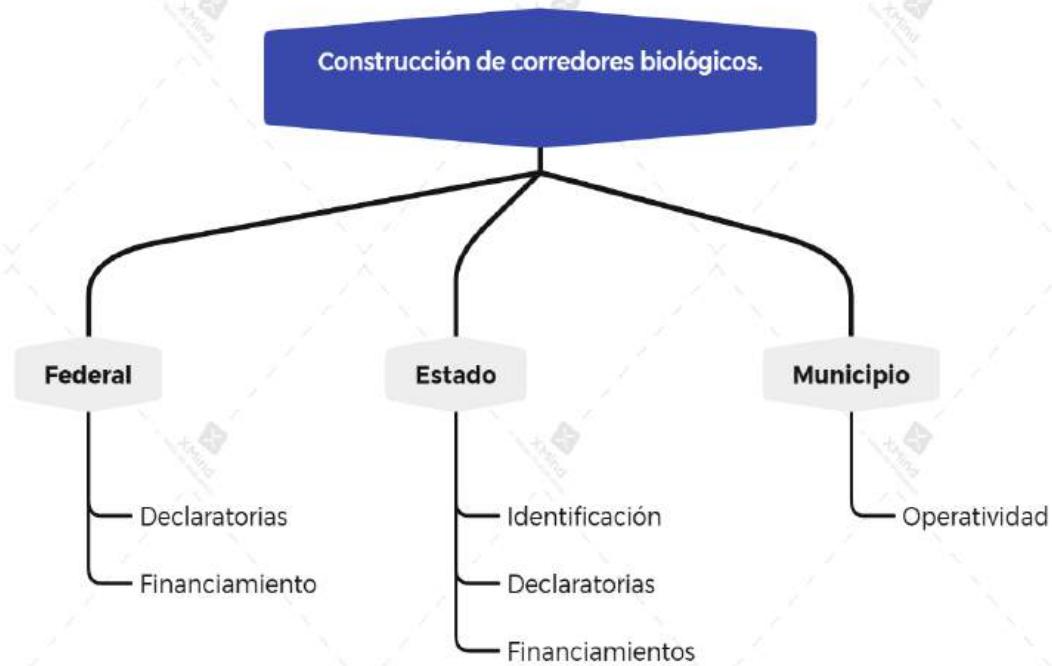
4.3.1. Elaborar y actualizar el inventario de los nichos de distribución de la biodiversidad del Estado de Tlaxcala y su distribución espacial georreferenciada.



4.3.2. Identificar los principales vectores y forzantes que afecten la distribución de la biodiversidad y las potenciales amenazas.



4.3.3. Establecer mecanismos intersectoriales concurrentes entre las autoridades correspondientes, con la finalidad de construir corredores biológicos.



➤ *Inversión estimada:*

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
4.3.1. Elaborar y actualizar el inventario de los nichos de distribución de la biodiversidad del Estado de Tlaxcala y su distribución espacial georeferenciada.	\$ 3,000,000.00				\$ 4,000,000.00			\$ 7,000,000.00
4.3.2. Identificar los principales vectores y forzantes que afecten la distribución de la biodiversidad y las potenciales amenazas.	\$ 1,350,000.00				\$ 1,350,000.00			\$ 1,350,000.00
4.3.3. Establecer mecanismos intersectoriales concurrentes entre las autoridades correspondientes, con la finalidad de construir corredores biológicos.								Por definir
								Gran Total \$ 8,350,000.00

4.4 Reducir el riesgo hidrometeorológico

➤ *Objetivo:*

Reducir el impacto a los eventos hidrometeorológicos extremos, así como establecer un sistema de alerta temprana para la adecuada gestión del riesgo.

➤ *Justificación:*

Los riesgos hidrometeorológicos son eventos atípicos que se presentan derivados de las condiciones extremas del clima, su origen se relaciona con las condiciones extremas del clima, asociados con el Cambio Climático. Su origen se relaciona con los fenómenos que se originan en el sistema atmósfera-hidrosfera, generando variaciones en la presión atmosférica y en la temperatura, que resultan en la aparición de vientos de gran velocidad y/o precipitaciones muy intensas, mismos que cada vez se exacerban más por el Cambio Climático. Entre ellos destacan, los ciclones tropicales, huracanes, tormentas, inundaciones y sequías.

Estos eventos extremos son los que producen mayores pérdidas, tanto de vidas humanas y fauna, como económicas. Tlaxcala por su ubicación geográfica y su grado de resiliencia es potencialmente vulnerable a estos eventos, por ello, se deben tomar las medidas pertinentes a través de una herramienta de alerta temprana, que permita con anticipación tomar la acciones que minimicen el potencial riesgo.

➤ *Líneas acción:*

4.4.1 Establecer un sistema de alerta temprana y prevención de riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos en el Estado de Tlaxcala.

Un Sistema de Alerta Temprana local, es una herramienta de coordinación de alertamiento a la población y de acción de respuesta institucional, ante una potencial amenaza climática, básicamente es el mecanismo mediante el cual Protección Civil Estatal y/o municipal, informa a la población con oportunidad y anticipación a través de la redes sociales y medios de comunicación masiva, del potencial impacto por venir, indicando las fases de actuación que debe tomar la población para reducir el riesgo, detonando las actividades específicas y sistematizadas para cada uno de los sectores involucrados. Lo anterior, conforme a lo establecido en la Ley de Protección Civil para el Estado de Tlaxcala y su Reglamento.

4.4.2 Elaborar el Atlas de Riesgo Climático del Estado de Tlaxcala.

El Atlas de riesgo climático, describe y analiza espacialmente las problemáticas relacionadas con el clima, muestra la vulnerabilidad territorial considerando las condiciones actuales y los escenarios futuros. Asimismo, permite identificar las regiones, sectores o poblaciones vulnerables. Lo cual contribuye a tomar las estrategias de diseño, focalización e implementación de procesos de minimización del riesgo y la adaptación. Esta herramienta nos permite tomar oportunamente las recomendaciones específicas a un nivel de escala regional o local, y así precisar la política pública de adaptación a los eventos extremos del clima.

De acuerdo con la Ley General de Cambio Climático promulgada en 2012 y reformada en 2018, la vulnerabilidad se define como “el grado en que los sistemas pueden verse afectados adversamente por el cambio climático, dependiendo de si éstos son capaces o incapaces de afrontar los impactos negativos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos”, lo que permite ponderar la capacidad de la sociedad de anticiparse, enfrentar, resistir y recuperarse de un determinado impacto climático. Entendiendo como exposición al grado de amenaza climática, misma que está en función de la sensibilidad del sujeto o comunidad, y, por ende, de su capacidad adaptativa para atender los impactos potenciales del cambio climático. En este sentido, se debe elaborar el Atlas de Riesgo Climático del Estado de Tlaxcala.

➤ ***Indicadores:***

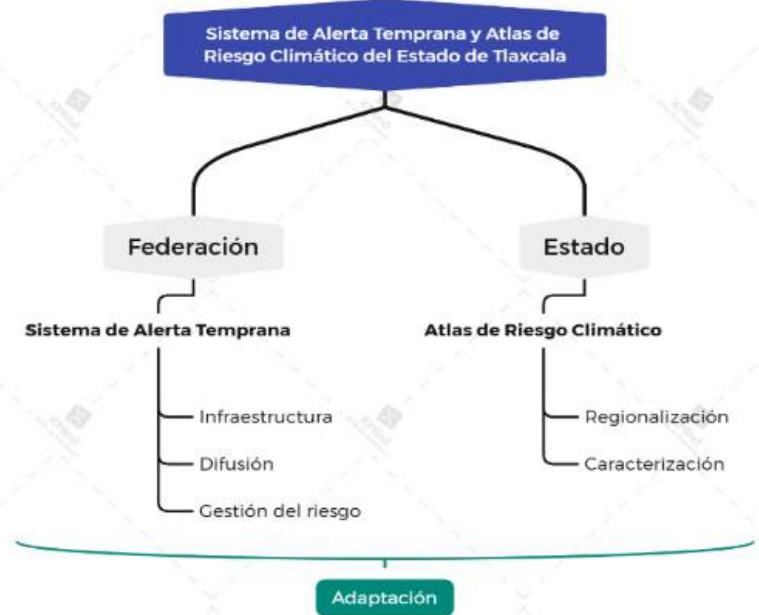
- 1.- Implementación de un sistema de alerta temprana del Estado de Tlaxcala.
- 2.- Elaboración de Un Atlas de riesgo climático del Estado de Tlaxcala.

➤ ***Actores involucrados:***

Líneas de acción		
Actores involucrados	4.4.1	4.4.2
Gobierno municipal	X	
Gobierno estatal	X	X
Gobierno federal	X	X

➤ ***Instrumentación y aplicación:***

4.4.1 Establecer un sistema de alerta temprana y prevención de riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos en el Estado de Tlaxcala y 4.4.2 Elaborar el Atlas de Riesgo Climático del Estado de Tlaxcala.



➤ *Inversión estimada:*

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
4.4.1 Establecer un sistema de alerta temprana y prevención de riesgos ante eventos hidrometeorológicos extremos en el Estado de Tlaxcala.		\$ 25,000,000.00					\$ 30,000,000.00	\$ 55,000,000.00
4.4.2 Elaborar el Atlas de Riesgo Climático del Estado de Tlaxcala.	\$ 4,000,000.00				\$ 5,000,000.00			\$ 9,000,000.00
Gran Total								\$ 64,000,000.00

4.5 Fortalecer la apicultura en el Estado de Tlaxcala

➤ *Objetivo:*

Establecer programas que fortalezca la apicultura en el Estado de Tlaxcala.

➤ *Justificación:*

La polinización es muy necesaria para atender el problema del cambio climático y la restauración ambiental, Science Advances afirma que, el aumento de la temperatura está reduciendo los hábitats de las plantas con flores, provocando en consecuencia una disminución de los insectos que las polinizan, hasta en un 61%.

La transferencia de granos de polen de la parte masculina de una flor a una de parte femenina (estigma) de otra o de la misma flor, es un proceso ecológico de gran importancia, el nuevo cigoto formado contiene la carga genética de ambos padres con la que se formarán nuevas semillas, frutos y una nueva generación de plantas. La transferencia de polen puede llevarse a cabo mediante el viento, o el agua, pero en la gran mayoría se lleva a cabo a través de animales polinizadores. Mariposas, abejas, colibríes, murciélagos y muchos otros grupos de animales que buscan alimento en el néctar y polen de las flores. Es así como, la polinización es benéfica para muchas especies de plantas y organismos.

Tlaxcala a nivel nacional es la tercera entidad en materia de apicultura, en este sentido, existe una Ley de Apicultura en el estado, que regula el manejo sustentable de la producción de miel, además de ser un excelente aliado contra el cambio climático porque favorece la polinización. En Tlaxcala existen aproximadamente 350 apicultores activos y 22 mil 773 colmenas que anualmente producen mil 100 toneladas de miel.

➤ *Líneas acción:*

4.5.1 Fortalecer los programas de manejo sustentable de la apicultura en el Estado de Tlaxcala.

Establecer criterios de rentabilidad en el manejo de la industria de la apicultura en el Estado de Tlaxcala, fortaleciendo el conocimiento de la biología de las abejas, así como de las técnicas del manejo sustentable de las colmenas. Creando programas de apoyo, así como brindando espacio para el desarrollo de este.

➤ *Indicadores:*

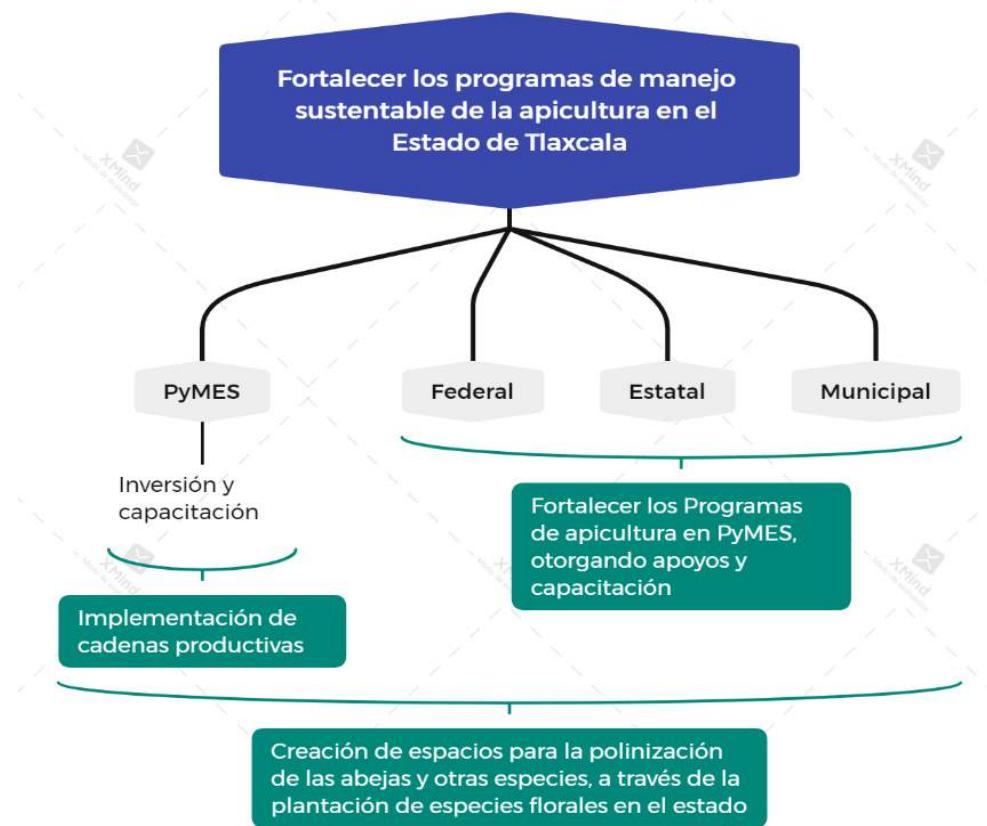
1.- Número de colmenas bajo manejo en el Estado de Tlaxcala.

➤ *Actores involucrados:*

Líneas de acción	
Actores involucrados	4.5.1
Gobierno municipal	X
Gobierno estatal	X
Gobierno federal	X

➤ *Instrumentación y aplicación:*

4.5.1 Fortalecer los programas de manejo sustentable de la apicultura en el Estado de Tlaxcala.



› *Inversión estimada:*

Con base en los programas realizados en PyMES

4.6 Control de plagas y enfermedades en cultivos y bosques

› *Objetivo:*

Establecer las estrategias y programas para reducir el impacto de plagas y enfermedades en los bosques del Estado de Tlaxcala.

› *Justificación:*

Las principales plagas que afectan los bosques de México son, en orden de importancia, los escarabajos descortezadores, los gusanos defoliadores y las plantas parásitas, como los muérdagos. El Estado de Tlaxcala no es la excepción, ya que se han detectado múltiples predios forestales que sufren esta problemática.

➤ *Líneas acción:*

4.6.1 Fortalecer los programas del control, sanidad y erradicación de plagas y enfermedades en el sector forestal

Diseñar un plan de manejo de plagas para mantener los huertos de manera que el daño de enfermedades y plagas sea bajo y económicamente aceptable. Eso también reduce el riesgo de la salud humana y el costo de los productores. Estableciendo medidas de control y mantener la sanidad vegetal de enfermedades y plagas. Como es la restauración del suelo, abonamiento, riego y drenaje, dando atención a los cultivos y bosques a través de medidas de control.

4.6.2 Establecer un programa de atención inmediata contra el escarabajo descortezador

El escarabajo descortezador es una plaga común en muchos árboles. Los más afectados son los pinos y otras coníferas. Es importante reconocer que incide la sequía, enfermedades o heridas, esto los hace más propensos a sufrir daños. Es importante, saber que no es a través únicamente de insecticidas que se pueden salvar árboles infestados. La mejor práctica es remover de inmediato los árboles afectados y proteger los que están sanos mediante un cuidado adecuado.

➤ *Indicadores:*

1.- Un Programa de atención a plagas y enfermedades en cultivos y zonas forestales.

2.- Un programa para reducir el impacto del escarabajo descortezador

➤ *Actores involucrados:*

Líneas de acción		
Actores involucrados	4.6.1	4.6.2
Gobierno municipal	x	x
Gobierno estatal	x	x
Gobierno federal	x	x
Particulares	x	x

➤ *Instrumentación y aplicación:*

4.6.1 Establecer un programa para el control de plagas y enfermedades



4.6.2 Establecer un programa para reducir el impacto del escarabajo descortezador



➤ *Inversión estimada:*

Dependerá de los predios afectados (hectáreas).

Eje 5. Gestión sostenible del agua

5.1 Manejo del agua sostenible en la agricultura y ganadería

➤ *Objetivo:*

Mejorar el uso del agua en la agricultura y ganadería, controlar la erosión y la compactación del suelo, aplicar técnicas de conservación como la siembra directa y la rotación de cultivos, utilizar cultivos de cobertura, reducir el uso de la labranza, promover la diversificación de los cultivos, reducir el volumen de agua por tonelada de cultivo, minimizar el uso de fertilizantes y herbicidas. Hacer más eficientes los bebederos para reducir el consumo de agua.

➤ *Justificación:*

En la agricultura, la escasez de agua disminuye el rendimiento de los cultivos entre un 20 y 50 % (Shrivastava & Kumar, 2015), provocando un crecimiento desacelerado de la economía, de tal forma que, según el Banco Mundial (2021) en 2050, no habrá agua suficiente para mantener grandes extensiones de cultivos con agua subterránea o superficial, lo cual repercutirá en la seguridad alimentaria. Además de reducir la disponibilidad y dotación del agua para otros usos.

➤ *Líneas acción:*

5.1.1 Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.

El riego tecnificado se refiere al aprovechamiento eficiente del agua, a partir del uso adecuado de la tecnología, diseñado para saber cuándo, cómo y cuánto regar. La eficiencia del riego tecnificado se puede expresar como la cantidad de agua por producto agrícola obtenido, con base a un indicador de rendimiento por metros cúbicos aplicados por tonelada, esto puede variar dependiendo el tipo de cultivo, el clima y la cantidad de agua utilizada. Además, de evitar pérdidas de extracción por bombeo.

5.1.2 Revisar los Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través del REPDA para evitar la sobre explotación de los mantos acuíferos.

No existe una equidad en la distribución y dotación del agua, todos los datos son estimaciones, aproximaciones y todo es a través de estadísticas, el líquido no se puede distribuir sin una adecuada planeación social, económica y de sostenibilidad. Las grandes empresas a menudo cuentan con la mayor participación en los beneficios para el otorgamiento de títulos, entre tanto, las clases marginadas, en muchos casos están fuera de contar con algún título. En este sentido, se deben “revisar” las concesiones, ya que la ley detalla cuáles son los principios para otorgar estos permisos de explotación y descarga. Sin embargo, existen una serie requerimientos que retrasan el trámite, asimismo, exacerbán la sobre-concesión y sobreexplotación de este vital recurso.

5.1.3 Uso productivo de agua tratada para riego agrícola

Las aguas tratadas son las aguas residuales que se han utilizado previamente de manera doméstica, en servicios, en comercios, en la industria u otra actividad, y que fueron canalizadas a un sistema de tratamiento o pretratamiento, ya sea este primario, secundario o hasta terciario, que son métodos físicos, biológicos y/o

químicos. Por esta razón, es entendible que presentan, aun así, trazas de contaminantes biológicos y químicos. Tal como sólidos inorgánicos, sólidos disueltos, materia orgánica, metales pesados, materiales flotantes (aceite y grasa), microorganismos, nutrientes, etc. No obstante, su concentración ha sido significativamente reducida. El uso de agua tratada obedece a la escasez de agua, que cada vez se va a volver más recurrente, en este tenor, se deben encauzar los esfuerzos al tratamiento y reutilización de aguas residuales. Cabe señalar que hay distintas fuentes de obtener agua, pero muchas de ellas muy costosas como el agua desalinizada. Por lo tanto, ya no es opción en estos momentos y menos en el futuro el uso del agua tratada para la agricultura, sector que se sabe requiere de una alta demanda de este. En este sentido, lo primero es la recuperación y canalización del agua residual de alguna actividad, su adecuado tratamiento bajo los estándares correspondientes y su adecuado reúso. Esto es mucho mejor, que vertirlos a los cuerpos de agua pura, de donde se extrae el agua potable.

Es claro señalar que las aguas tratadas tienen beneficios y prejuicios, entre los que están respectivamente contar con nutrientes necesarios para el cultivo, lo que ayuda a reducir o eliminar la necesidad de usar fertilizantes químicos y garantizar que se tenga suficiente suministro de agua. En conclusión, derivado de los escenarios climáticos en el estado de Tlaxcala, no es una opción reusar las aguas tratadas en la agricultura, es ya y será una necesidad su uso obligado en el futuro, esto por la tendencia en la escasez y menor disponibilidad del agua, por ello, debemos ir armando las estrategias correspondientes.

5.1.4 Uso de lodos, como subproducto del tratamiento de aguas residuales como mejorador de suelos.

Uno de los grandes retos actuales que se tienen en materia agro-ecológica, forestal y de suelos degradados, es la capacidad de recuperación de los suelos, mismos que mantienen un equilibrio en muchos aspectos para la biota del Planeta y sus ecosistemas. No obstante, gran parte de estos se han perdido o alterado por los cambios de usos de suelos, la erosión, la sobreexplotación agrícola, la contaminación, entre otros. En este tenor, deben buscarse alternativas que contribuyan a su mejoramiento, y sobre todo a aquellas, que rentablemente sean más viables y rentables, y que además contribuyan a eliminar otros problemas en otros sectores, y que mejor que reutilizar los lodos derivados de los subproductos del tratamiento de las aguas residuales, mismos que tienen un alto contenido de nutrientes, además de que su disponibilidad es alta y de bajo costos para su transportación y disposición. Para ello, estos lodos que son extraídos de los procesos de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales tienen un contenido de sólidos que varían entre el 5 y el 20% de su peso. Los lodos deben ser previamente estabilizados, espesados y desinfectados, antes de llevarlos a su reúso final.

➤ *Indicadores:*

- 1.-** Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.
- 2.-** Un estudio de viabilidad de los títulos y permisos otorgados de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes.
- 3.-** Porcentaje y volumen en metros cúbicos destinados a la agricultura.
- 4.-** Porcentaje y volumen lodos destinados al mejoramiento de suelos.

› *Actores involucrados:*

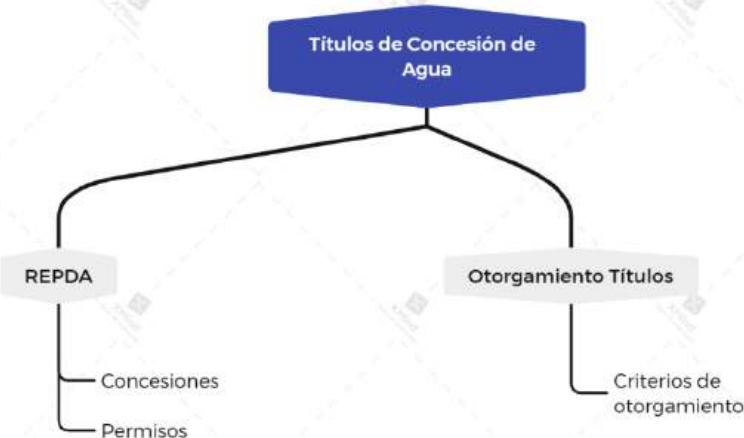
Actores involucrados	Líneas de acción			
	5.1.1	5.1.2	5.1.3	5.1.4
Gobierno municipal			X	X
Gobierno estatal	X	X	X	X
Gobierno federal	X	X	X	X
Particulares	X	X	X	X

› *Instrumentación y aplicación:*

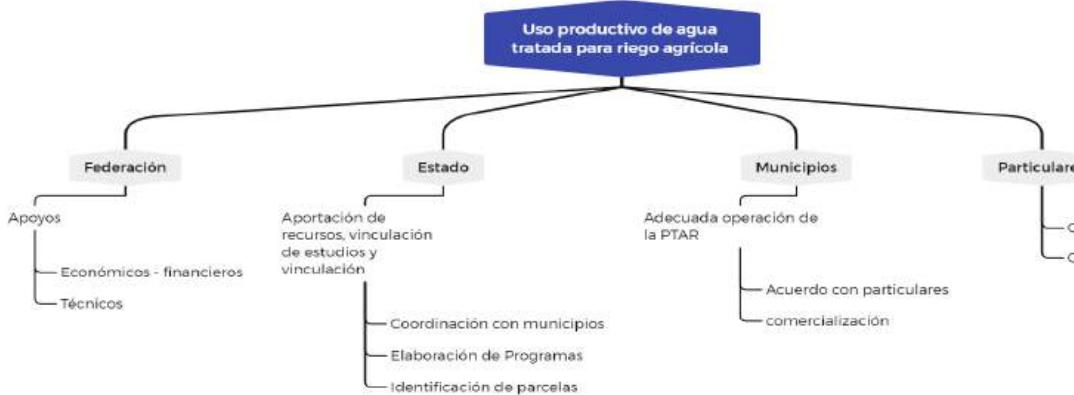
5.1.1 Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.



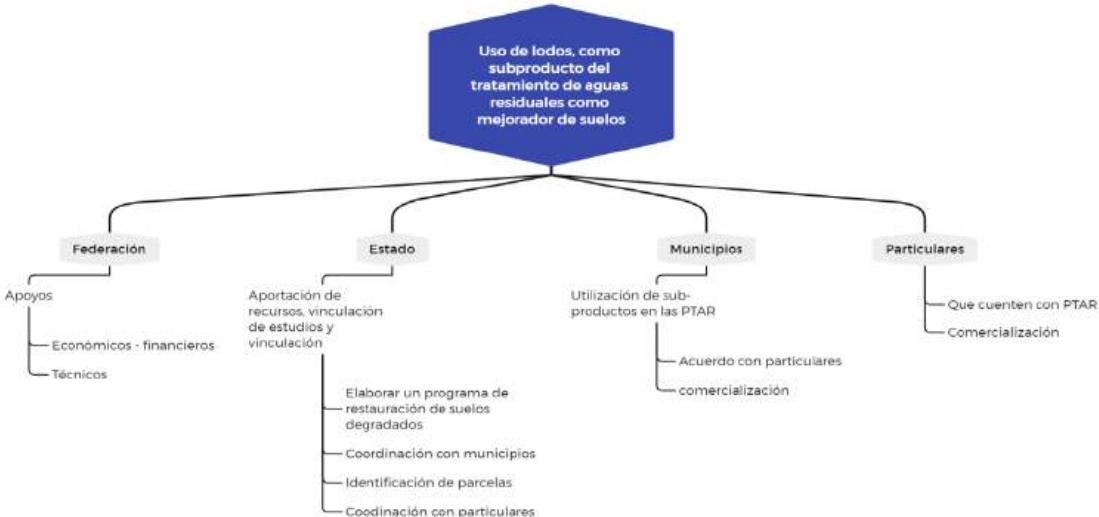
5.1.2 Revisar los Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través del REPDA para evitar la sobre explotación de los mantos acuíferos.



5.1.3 Uso productivo de agua tratada para riego agrícola



5.1.4 Uso de lodos, como subproducto del tratamiento de aguas residuales como mejorador de suelos.



Inversión estimada:

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
5.1.1 Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 20,000,000.00	\$ 140,000,000.00
5.1.2 Revisar los Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través del REPDA para evitar la sobre explotación de los mantos acuíferos.	\$ 1,000,000.00			\$ 1,000,000.00			\$ 1,000,000.00	\$ 3,000,000.00
5.1.3 Uso productivo de agua tratada para riego agrícola	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 5,000,000.00	\$ 35,000,000.00
5.1.4 Uso de lodos, como subproducto del tratamiento de aguas residuales como mejorador de suelos.	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 3,000,000.00	\$ 21,000,000.00
							Gran Total	\$ 199,000,000.00

5.2 Manejo sostenible del agua en zonas urbanas y rurales

➤ *Objetivo:*

Establecer una estrategia estatal del manejo sustentable del agua para garantizar su adecuada distribución, acceso, adecuado uso, potenciar la recarga en el subsuelo y superficial, así como actualizar los mecanismos de saneamiento.

➤ *Justificación:*

No podemos como sociedad seguir usando el agua como si fuera un recurso inagotable. Debemos cambiar el paradigma de la gestión gubernamental y social sobre el manejo y consumo del agua. Debemos garantizar la conservación y sanidad de las fuentes de abastecimiento, una parte se refiere al suministro en cantidad y calidad de los servicios de agua potable y otra al tratamiento de las aguas residuales. La sustentabilidad inicia por lo local, satisfaciendo nuestras necesidades, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. En este sentido, si no realizamos una estrategia de sostenibilidad, posiblemente en un futuro inmediato estemos sufriendo los estragos y carencia de un mal manejo del agua.

➤ *Líneas acción:*

5.2.1 Revisar y fortalecer la operación de los Sistemas de Agua Potable, estableciendo criterios de eficiencia y optimización. Asimismo, reducir las pérdidas por distribución.

Existen en Tlaxcala como en el resto del país, sistemas operadores de agua potable y alcantarillado, gran parte de ellos administrados por los ayuntamientos o están concesionados a particulares. No obstante, en un gran porcentaje su desempeño dista bastante de ser eficiente, primero por el deficiente manejo financiero, segundo por la tecnología obsoleta y escaso mantenimiento, y tercero, por la deficiente operación y falta de capacitación.

En este sentido, es necesario el fortalecimiento de los Sistemas Operadores que se refleje en el incremento de la cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, requiriendo en muchos casos de la ampliación y rehabilitación de la infraestructura, que permita satisfacer la demanda y cobertura de los servicios. Al mismo tiempo, fortalecer y conservar las fuentes de abastecimiento, así como la distribución del agua. Para ello, no es secreto que se requiere de estrategias que incrementen la capacidad instalada e incentiven el tratamiento de aguas residuales, con base en el cumplimiento de la normatividad aplicable.

5.2.2 Reactivación y optimización operativa de plantas de tratamiento de aguas residuales.

El porcentaje de tratamiento de las aguas residuales en Tlaxcala solo representa alrededor del 37% de una descarga estimada de 60 millones de metros cúbicos de aguas residuales producidas al año, operando alrededor de 125 sistemas de tratamiento, pero operando de manera correcta unas 30. Algunas de ellas por parte de la iniciativa privada, una parte operada por el gobierno estatal y otra parte, operada por los ayuntamientos. En este sentido, es necesaria la reactivación y optimización operativa de las plantas de tratamiento de aguas

residuales, a través de la inyección de inversión, la designación de un presupuesto de operación (sobre todo para el pago de energía eléctrica), y la capacitación técnico-operativa.

5.2.3 Promover la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia (SCALL).

La sustentabilidad inicia por lo local, satisfaciendo nuestras necesidades, sin comprometer los recursos de las generaciones futuras. En este sentido, si no realizamos una estrategia de sostenibilidad hídrica, posiblemente en un futuro inmediato estemos sufriendo los estragos y carencia de un mal manejo del agua, por otra parte, la sobreexplotación y contaminación del agua subterránea está llevando a los acuíferos a límites críticos, lo que atenta contra la disponibilidad del vital líquido y en consecuencia, a su distribución y abastecimiento, pero al mismo tiempo, eleva los costos por extracción y bombeo, ya que cada vez es más profunda su extracción según estudios piezométricos.

En conclusión, apostar la disponibilidad únicamente a fuentes de agua subterránea o cuerpos de agua superficial, conlleva costos implícitos muy altos. Tlaxcala por su ubicación, posee un promedio de precipitación pluvial anual de 720 mm, lo cual es viable para poder captar y usar este servicio ecosistémico, aprovechando el agua de lluvia en aquellas regiones que faciliten su uso. Existe un sistema de captación de lluvia, llamado SCALL por sus siglas, que recolecta, conduce y almacena el agua a través de una serie de componentes para su posterior aprovechamiento. En este tenor, se debe promover esta técnica en zonas urbanas y rurales con el apoyo del Gobierno, de la iniciativa privada y la academia.

› *Indicadores:*

- 1.- Número de plantas de tratamiento en operación.
- 2.- Número de organismos operadores con rentabilidad operativa - financiera.
- 3.- Número de plantas de tratamiento rehabilitadas.
- 4.- Un programa SCALL en el Estado de Tlaxcala.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción			
Actores involucrados	5.2.1	5.2.2	5.2.3
Gobierno municipal	X	X	X
Gobierno estatal	X	X	X
Gobierno federal			X

➤ *Instrumentación y aplicación:*

5.2.1 Revisar y fortalecer la operación de los Sistema de Agua Potable, estableciendo criterios de eficiencia y optimización. Asimismo, reducir las pérdidas por distribución.



5.2.2 Reactivación y optimización operativa de plantas de tratamiento de aguas residuales.



5.2.3 Promover la implementación de sistemas de captación y almacenamiento de agua de lluvia (SCALL)



➤ **Inversión estimada:**

Inversión estimada por concepto de línea de acción.	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total
5.1.1 Incentivar la implementación de sistemas de riego de alta eficiencia, aumentar la eficiencia de bombeo y desincentivar el riego rodado.	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$20,000,000.00	\$140,000,000.00
5.1.2 Revisar los Títulos y permisos de aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes, a través del REPDA para evitar la sobre explotación de los mantes acuíferos	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00	\$ 3,000,000.00

Gran Total \$143,000,000.00

5.3 Recarga natural e inducida de acuíferos

➤ **Objetivo:**

Establecer acciones de recarga natural e inducida y evitar la contaminación de los acuíferos en el Estado de Tlaxcala, para garantizar su disponibilidad en cantidad y calidad.

➤ **Justificación:**

Es importante mantener la disponibilidad del agua en los acuíferos, evitando que entren en sobreexplotación o se contaminen con intrusión de lixiviados, metales o salinización. La línea base para evaluar los acuíferos son los datos de sus principales variables, lo que permite conocer su disponibilidad. A continuación, con

información de la CONAGUA (2023) se presenta la siguiente tabla que muestra las condiciones actuales de los acuíferos que brindan un servicio hidrológico al Estado de Tlaxcala.

Clave	Acuífero	R hm ³ anuales	DNC hm ³ anuales	VEAS hm ³ anuales	DMA hm ³ anuales
2901	ALTO ATOYAC	212.4	41.0	144.837381	26.562619
2902	SOLTEPEC	57.0	16.2	17.273231	23.526769
2903	HUAMANTLA	96.0	17.9	65.781599	12.318401
2904	EMILIANO ZAPATA	6.0	4.9	0.761890	0.338110

- Recarga Media Anual (R)
- Descarga Natural Comprometida (DNC)
- Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas (VEAS)
- Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea (DMA)

Recarga Media Anual (R): Es el volumen de agua que recibe un acuífero, en un intervalo de tiempo específico, se obtiene dividiendo la recarga total deducida del balance de aguas subterráneas, entre el número de años del intervalo de tiempo utilizado (CONAGUA, 2023).

La Descarga Natural Comprometida (DNC), se determina sumando los volúmenes de agua concesionados de los manantiales y del caudal base de los ríos que está comprometido como agua superficial, alimentados por el acuífero, más las descargas que se deben conservar para no afectar a los acuíferos adyacentes; sostener el gasto ecológico y prevenir la migración de agua de mala calidad hacia el acuífero, que corresponde a las salidas subterráneas que presenta el acuífero (CONAGUA, 2023).

Disponibilidad Media Anual de Agua Subterránea (DMA): Es el volumen medio anual de agua subterránea que, cuando es positivo, puede ser extraído de un acuífero para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en peligro el equilibrio de los ecosistemas. Cuando este valor es negativo indica un déficit (CONAGUA, 2023).

Volumen de Extracción de Aguas Subterráneas (VEAS): Se determina sumando los volúmenes anuales de agua asignados o concesionados por la Comisión mediante títulos inscritos en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), (CONAGUA, 2023).

En conclusión, los acuíferos del Alto Atoyac y el de Huamantla presentan signos de una tendencia hacia la sobreexplotación, por lo cual se deben tomar las medidas pertinentes para su cuidado y uso.

➤ *Líneas acción:*

5.3.1 Realizar obras para evitar la erosión del suelo y escurrimientos, como es la reforestación, construcción de sistemas de filtración inducida, barreras vivas, acequias, zanjas a nivel, barreras de piedra, entre otros.

Cuando no existe infiltración oportuna en el suelo del agua superficial, sobre todo pluvial, se generan corrientes y escorrentías en la superficie que degrada los suelos, se llevan la parte orgánica, genera deslaves, derrumbes y provoca inundaciones.

El suelo es un recurso que puede tardar miles de años en renovarse, esa es la razón por la que se necesita hacer lo que sea necesario para prevenir la erosión del suelo y fortalecer la infiltración del agua superficial, como son métodos de agricultura que reducen la erosión, atenuar el pastoreo excesivo, evitar la tala árboles en de laderas empinadas, recuperar las tierras que han sido degradadas, plantar árboles y otras plantas para proteger el suelo desnudo, usar barreras vivas para prevenir la escorrentía.

5.3.2 Impedir la instrucción salina, de lixiviados y de contaminantes a los acuíferos, así como el control y reducción de fugas de drenaje.

La intrusión del agua salada permanente o temporal tierra adentro, afecta los acuíferos, desplazando al agua dulce y/o alterando su composición, afecta entre varias características su dureza, si no se controlan adecuadamente afecta su disposición para el consumo humano. Otro elemento son los lixiviados, que pueden contaminar los suelos, las aguas superficiales y subterráneas (acuíferos). Como se trata de un proceso contaminante que se produce de manera lenta, sus efectos no suelen percibirse hasta varios años después, por su contaminación puede incidir indirectamente sobre la salud humana.

5.3.3 Fomentar el drenaje separativo y pavimento permeable en localidades urbanas para aprovechar el agua pluvial.

Se define un pavimento permeable como una superficie de rodamiento compuesta por una mezcla de cemento u otros materiales y agregados, que se caracteriza por un nivel de porosidad tal que permite al agua infiltrarse en las capas inferiores, por ello, la importancia de fomentar y promover este tipo materiales, sobre todo en zonas urbanas caracterizadas por ser grandes planchas de concreto y asfalto. El problema de que no ingrese la humedad en el subsuelo afecta a que este pierda su densidad, provocando hundimientos, socavones, entre otras fallas geológicas de origen antropogénico estructurales. Además de no brindar un adecuado nivel freático para su potencial disponibilidad.

➤ *Indicadores:*

- 1.- Número de obras de restauración del suelo.
- 2.- Número de rellenos sanitarios con lagunas para lixiviados conforme a norma
- 3.- Número de programas de pavimentación permeable en el Estado.

› *Actores involucrados:*

Líneas de acción			
Actores involucrados	5.3.1	5.3.2	5.3.3
Gobierno municipal	X	X	X
Gobierno estatal	X		
Gobierno federal	X		

› *Instrumentación y aplicación:*

5.3.1 Realizar obras para evitar la erosión del suelo y escurrimientos, como es la reforestación, construcción de sistemas de filtración inducida, barreras vivas, acequias, zanjas a nivel, barreras de piedra.



5.3.2 Impedir la instrucción salina, de lixiviados y de contaminantes a los acuíferos, así como el control y reducción de fugas de drenaje.



5.3.3 Fomentar el drenaje separativo y pavimento permeable en localidades urbanas para aprovechar el agua pluvial.



- *Inversión estimada:* Depende de los proyectos a realizar.

Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.

6.1 Revisión del marco legislativo y normativo

- *Objetivo:*

Revisar todo el marco legislativo y normativo que rige en la entidad con la finalidad de verificar que éste contemple todas las necesidades de la sociedad. Asimismo, realizar las propuestas de actualización correspondientes.

- *Justificación:*

El marco legislativo y normativo es la base para cualquier acción que el Estado realice, es por ello por lo que es de vital importancia que ésta brinde las herramientas necesarias a las autoridades para llevar a cabo las acciones correspondientes para el cuidado del medio ambiente procurando el bienestar social y económico de la ciudadanía, así como de sus derechos humanos.

- *Líneas acción:*

6.1.1. Revisar de manera continua los instrumentos legales y normativos vinculados en materia de Cambio Climático.

Revisar de manera conjunta entre todos los actores involucrados todos los instrumentos legales y normativos vinculados en materia de cambio climático, así como realizar los ajustes necesarios.

6.1.2 Incluir en la legislación vigente las bases e instrumentos para propiciar la captura y almacenamiento de carbono.

Para que el Estado de Tlaxcala pueda dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible a los que México se ha comprometido, es necesario incluir dentro de la legislación y normatividad vigente la captura y almacenamiento de carbón, así como el impulso al uso de combustibles y tecnologías bajas en emisiones y netos cero.

6.1.3 Establecer los mecanismos para propiciar la comercialización de un mercado de carbono estatal, así como la creación de fondos verdes.

Trabajar de la mano con las autoridades federales para introducir los mecanismos de regulación de un mercado de carbono estatal que facilite la regulación de emisiones. Asimismo, crear un fondo verde que permita a las autoridades implementar proyectos que ayuden a regular y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

➤ *Indicadores:*

1. Instrumentos legales revisados
2. Instrumentos legales actualizados

➤ *Actores involucrados:*

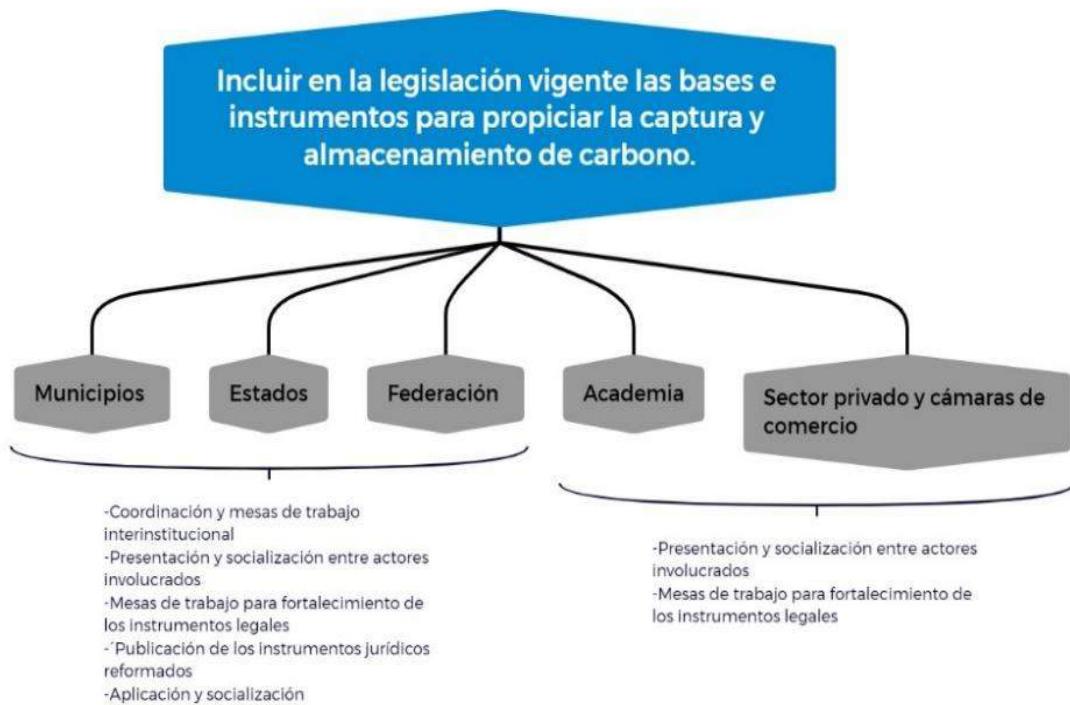
Líneas de acción				
Actores involucrados	6.1.1	6.1.2	6.1.3	
Gobierno municipal	x	x		
Gobierno estatal	x	x	x	
Gobierno federal	x	x	x	
Academia	x	x	x	
Iniciativa privada y cámaras de comercio	x	x	x	

➤ *Instrumentación y aplicación:*

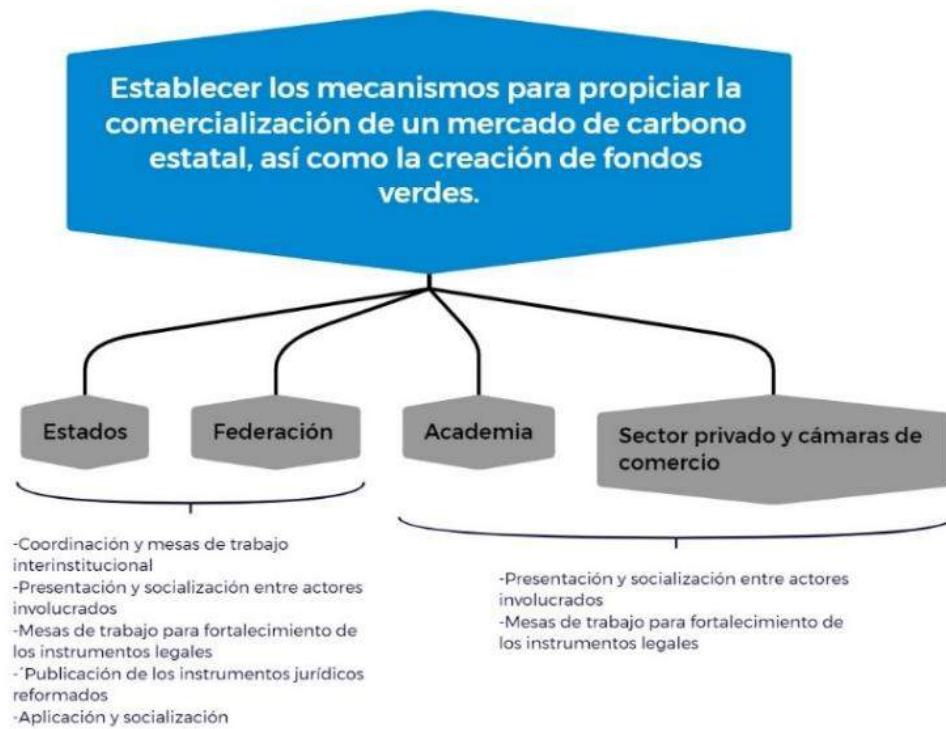
6.1.1. Revisar los instrumentos legales y normativos vinculados en materia de Cambio Climático.



6.1.2 Incluir en la legislación vigente las bases e instrumentos para propiciar la captura y almacenamiento de carbono.



6.1.3 Establecer los mecanismos para propiciar la comercialización de un mercado de carbono estatal, así como la creación de fondos verdes.



- **Inversión estimada:** Se estima en 0.5 MDP.

6.2 Fortalecimiento institucional

- **Objetivo:**

Fortalecer las capacidades institucionales de la entidad priorizando la eficacia, responsabilidad y transparencia en todos los niveles.

- **Justificación:**

Es necesario contar con instituciones fuertes que tengan la capacidad económica, humana, de infraestructura y tecnología para poder cubrir las necesidades ambientales de la entidad.

- **Líneas acción:**

6.2.1. Fortalecer las capacidades institucionales en los tres órdenes de gobierno, con la finalidad de incrementar su capacidad de atención y respuesta en materia de riesgo, mitigación y adaptación.

Trabajar de manera interinstitucional entre los tres niveles de gobierno, con la finalidad de identificar los actores clave en el desempeño ambiental de la entidad y desarrollar estrategias que permitan fortalecer dichas instituciones incrementando su capacidad de atención y respuesta en materia de riesgo, mitigación y adaptación en la entidad.

6.2.2 Establecer programas concurrentes en materia de atención a eventos hidrometeorológicos extremos y de resiliencia al cambio climático.

Trabajar de manera conjunta con los tres niveles de gobierno, la academia y la sociedad para identificar las áreas de mayor riesgo ante desastres meteorológicos y establecer un programa de resiliencia ante el cambio climático.

➤ *Indicadores:*

1. Programas implementados para incrementar la capacidad de atención y respuesta en materia de riesgo, mitigación y adaptación en la entidad.
2. Eventos meteorológicos de riesgo anuales en la entidad.
3. Desastres naturales derivados de eventos meteorológicos extremos en la entidad.

➤ *Actores involucrados:*

Líneas de acción		
Actores involucrados	6.2.1	6.2.2
Gobierno municipal	x	x
Gobierno estatal	x	x
Gobierno federal	x	x
Academia		x
Sociedad		x

➤ *Instrumentación y aplicación:*

6.2.1. Fortalecer las capacidades institucionales en los tres órdenes de gobierno, con la finalidad de incrementar su capacidad de atención y respuesta en materia de riesgo, mitigación y adaptación.



6.2.2 Establecer programas concurrentes en materia de atención a eventos hidrometeorológicos extremos y de resiliencia al cambio climático.



➤ **Inversión estimada:**

Depende de casos propios.

6.3 Fuentes de financiamiento

➤ *Objetivo:*

Identificar las principales fuentes de financiamiento en las que Tlaxcala puede obtener recursos para realizar estudios o implementar programas y/o estrategias.

➤ *Justificación:*

Dentro de la administración pública, la falta de recursos económicos es la principal limitante para realizar acciones en pro del medio ambiente, motivo por el cual, es importante que las autoridades hagan una buena gestión de sus recursos. Asimismo, puedan acceder a fondos nacionales o internacionales.

➤ *Líneas acción:*

6.3.1 Fortalecer los recursos humanos y del erario estatal en temas de atención al riesgo y adaptación ante el cambio climático.

Trabajar con los distintos órganos de gobierno con la finalidad de incrementar el recurso destinado a la capacitación, atención y adaptación ante el cambio climático en las zonas de mayor riesgo, así como para capacitar a los servidores públicos en la aplicación y obtención de recursos internacionales.

6.3.3 Incrementar y fortalecer la investigación y capacitación en temas de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.

Trabajar de manera coordinada con las autoridades correspondientes, academias, así como con los consejos que promueven la educación e investigación, con la finalidad de incrementar el apoyo a la capacitación, investigación y proyectos enfocados a temas de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.

➤ *Indicadores:*

1. Presupuesto destinado a temas de atención y adaptación ante el cambio climático
2. Cantidad de apoyos otorgados a educación enfocada a la adaptación y resiliencia ante el cambio climático
3. Cantidad de apoyos otorgados a investigación enfocada a la adaptación y resiliencia ante el cambio climático
4. Cantidad de apoyos otorgados al desarrollo de proyectos enfocados a la adaptación y resiliencia ante el cambio climático

➤ *Actores involucrados:*

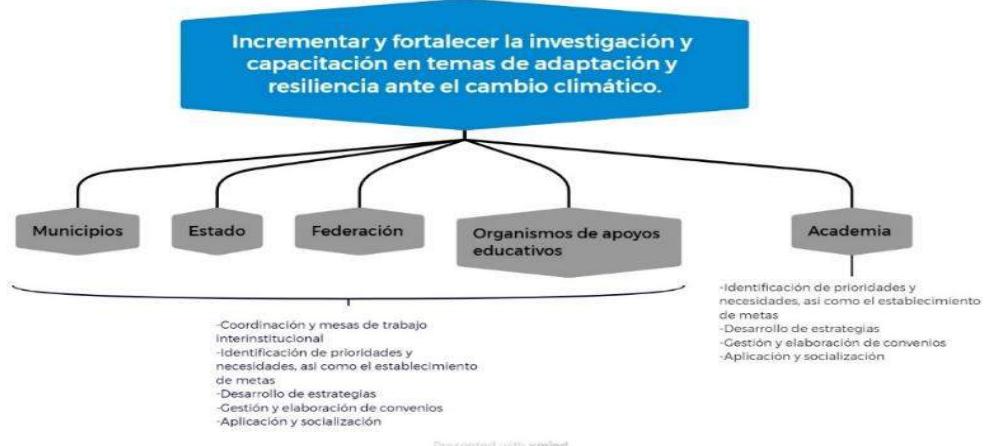
Líneas de acción		6.3.1	6.3.2
Actores involucrados			
Gobierno municipal		X	X
Gobierno estatal		X	X
Gobierno federal		X	X
Organismos internacionales		X	
Academia			X
Consejos dedicados al incentivo a la educación, investigación y aplicación de proyectos			X

➤ **Instrumentación y aplicación:**

6.3.1 Fortalecer los recursos humanos y del erario estatal en temas de atención al riesgo y adaptación ante el cambio climático.



6.3.2 Incrementar y fortalecer la investigación y capacitación en temas de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.



- *Inversión estimada: Se estima en 3 MDP.*

Eje 7. Socialización del PACCET

7.1 Socialización y difusión

- *Objetivo:*

Difundir entre los distintos actores de la sociedad el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala (PACCET).

- *Justificación:*

Es necesario hacer de conocimiento a toda la entidad cuál es el escenario actual del Estado de Tlaxcala, los objetivos que se desean alcanzar, así como las estrategias que la entidad implementará, con la finalidad de que toda la sociedad, desde su contexto, trabaje para coadyuvar a alcanzar los objetivos estatales.

- *Líneas acción:*

7.1.1 Establecer redes de colaboración interinstitucional, así como programas de difusión, comunicación y educación del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.

Colaborar interinstitucionalmente y con la academia para crear estrategias de difusión, comunicación y programas educativos dirigidos a la sociedad referentes al cambio climático. Hablar acerca del cambio climático significa formar, movilizar e incorporar al público para que se tomen medidas participativas ante los potenciales efectos del cambio climático. Todos podemos aportar algo, si hacemos que se nos escuche y escuchamos, compartimos soluciones a partir de nuestras diferentes experiencias y trincheras, así como contextos culturales y valores, se deben tener en cuenta lo siguientes para convertir la comunicación en contenido útil, eficaz y fiable. La desinformación y la información errónea sobre el cambio climático están muy generalizadas, por lo que son obstáculos importantes para avanzar. Los contenidos falsos o engañosos distorsionan la percepción acerca de la ciencia sobre el cambio climático e impiden la adecuada participación social.

Debemos comprobar las fuentes de información, evitar la información errónea, buscar canales de confianza, usar información científica acreditada, transmitir el problema y también las soluciones, empoderar a las personas y sectores más vulnerables, relacionar la mitigación y adaptación con la justicia, evitar estereotipos y comparaciones, movilizar grupos afines a la causa, transmitir el sentido de urgencia, centrarse en las oportunidades de actuar, hacer cosas relevantes, buscar la participación de los jóvenes y nuevas tecnologías y redes de comunicación.

7.1.2 Elaborar por parte de los tres órdenes de gobierno contenidos de comunicación e información estratégica, dirigidos a los diferentes sectores de la población, para sensibilizar y buscar la participación en materia de mitigación, adaptación y atención oportuna al riesgo.

Colaborar interinstitucionalmente entre los tres niveles de gobierno para desarrollar estrategias de comunicación e información adaptadas a cada sector de la población, con la finalidad de hacer de conocimiento de la sociedad el PACCET, así como sus líneas de acción, buscando la sensibilización y participación de la ciudadanía en el combate al cambio climático.

7.1.3 Fortalecer la gestión del conocimiento entre los sectores de la educación formal y no formal, para establecer estrategias de “comunicación efectiva y psicología del cambio” correspondiente a los efectos del cambio climático, los criterios de adaptación y de resiliencia humana y natural.

Brindar capacitación gratuita a servidores públicos y población en general, para promover y mejorar las estrategias de educación ambiental, mediante la implementación de estrategias de comunicación efectiva y psicología del cambio, para mayor éxito en los programas, estrategias y acciones implementadas referentes al cambio climático.

Entre los aspectos más relevantes en materia de la socialización del cambio climático está el fomento de la cultura del agua, queatraiga la participación activa de la sociedad, para garantizar el vital ciclo del agua, para abastecimiento a nivel urbano y sub-urbano. Por otra parte, promover prácticas sustentables para la extracción, cosecha y distribución del agua.

En este sentido, es importante incorporar estrategias, como es el método denominado “*Adaptación basada en ecosistemas*”, procesos que promueven el uso de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas para ayudar a las personas a reducir los efectos adversos de la variabilidad que aprovecha las soluciones que se apoyan en la naturaleza y los servicios. Por ejemplo, la reforestación puede contener la erosión del suelo y recargar las reservas de agua subterránea, o propiciar con obras de conservación el mantener el flujo y volumen de las masas de agua en ríos y los lagos.

En este tenor, existen los Consejos de Cuenca y los Comités Técnicos de Aguas del Subsuelo como organizaciones auxiliares, que se crean con el objetivo de formular, promover, ejecutar y dar seguimiento a los programas y acciones que contribuyan a la estabilización y recuperación de los acuíferos. Además, de evaluar los usos consuntivos del agua, dando mayor peso en materia de cambio climático al reuso del agua, ya que nuestra cultura, desafortunadamente, es el no regresarla a su fuente o cuerpo de agua del cual procede. En este contexto, se debe fomentar el uso sostenible de nuestro más vital líquido.

➤ ***Indicadores:***

1. Número de programa en materia de cambio climático formales y no formales
2. Programas de comunicación y educativos implementados en redes

› *Actores involucrados:*

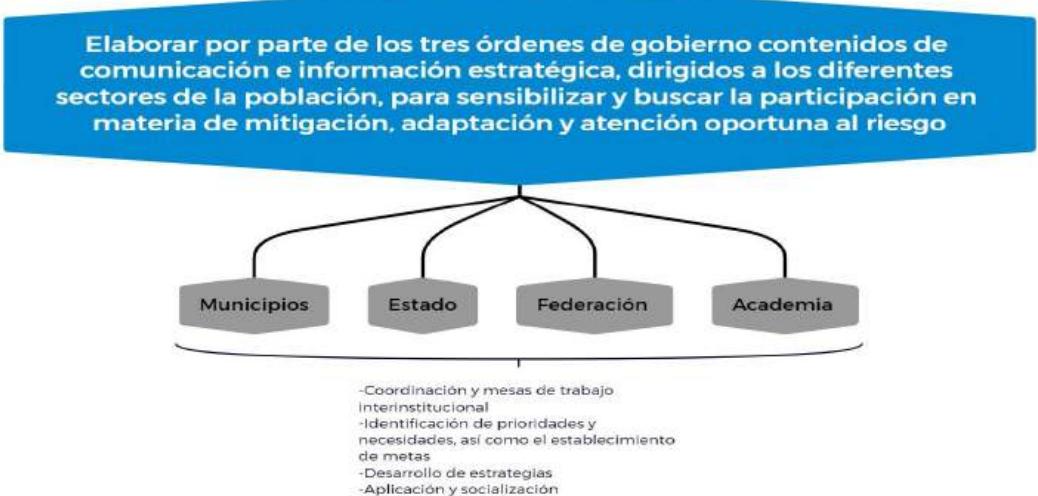
Líneas de acción			
Actores involucrados	7.1.1	7.1.2	7.1.3
Gobierno municipal	x	x	X
Gobierno estatal	x	x	X
Gobierno federal	x	x	X
Academia	x	x	X

› *Instrumentación y aplicación:*

7.1.1 Establecer redes de colaboración interinstitucional, así como programas de difusión y comunicación del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.



7.1.2 Elaborar por parte de los tres órdenes de gobierno contenidos de comunicación e información estratégica, dirigidos a los diferentes sectores de la población, para sensibilizar y buscar la participación en materia de mitigación, adaptación y atención oportuna al riesgo en el Estado de Tlaxcala.



7.1.3 Fortalecer la gestión del conocimiento entre los sectores de la educación formal y no formal, para establecer estrategias de “comunicación efectiva y psicología del cambio” correspondiente a los efectos del cambio climático, los criterios de adaptación y de resiliencia humana y natural.



➤ **Inversión estimada:** Se estima en 3 MDP.

7.4 Priorización de medidas

Para el análisis de priorización de medidas se utilizó la “*Metodología para la Priorización de Medidas de Adaptación frente al Cambio Climático*” (SEMARNAT-GIZ, 2015). Dicha metodología consta de siete pasos que presentan una secuencia lógica en la cual se plantean elementos pertinentes de identificar. A través de la selección de criterios de priorización, aplicando una valoración cualitativa y cuantitativa, y de esta manera obtener una lista de medidas priorizadas.

Dados los retos conceptuales de la adaptación previamente descritos, se considera que los análisis multi-criterio son una herramienta útil para realizar una priorización de medidas de adaptación ante el cambio climático, pues el uso de múltiples criterios permite evaluar las acciones más viables de adaptación considerando sus distintas facetas.

Criterios de priorización

Los criterios seleccionados se basan en los Criterios para la priorización de medidas de adaptación contenidos en la Estrategia Nacional de Cambio Climático, Visión 10-20-40, que se describen a continuación:

<i>Criterio</i>	<i>Grupo de criterios</i>	<i>Nombre del criterio</i>
C1	Institucionales	Transversalidad
C2		Coordinación de actores
C3		Fortalecimiento de capacidades
C4		Factibilidad técnica
C5		Evaluación y monitoreo
C6	Económicos	Factibilidad económica
C7	Sociales	Atención a grupos vulnerables
C8		Aumento de capacidad adaptativa
C9	Ambientales	Conservación de ecosistemas
C10		Asegura servicios ecosistémicos

- **C1_Transversalidad con políticas, programas o proyectos.** La medida es coherente y se articula con instrumentos de política de cambio climático, tales como la ENCC Visión 10-20-40, los programas estatales y municipales de cambio climático, programas sectoriales de diferentes órdenes de gobierno, entre otros.
- **C2_Coordinación de actores.** La medida favorece la participación de los diferentes órganos de gobierno, así como del sector privado, académico y población en general.
- **C3_Fortalecimiento de capacidades.** La medida promueve el fortalecimiento de las capacidades individuales, de grupos o redes en materia de adaptación al cambio climático.
- **C4_Factibilidad técnica.** La medida considera la capacidad institucional y técnica que permite su implementación y sostenibilidad.
- **C5_Evaluación y monitoreo.** Los resultados de la implementación de la política permiten la evaluar la efectividad de la misma, mediante indicadores de cumplimiento.
- **C6_Factibilidad económica.** El costo de la medida es bajo en comparación con su efectividad o sus beneficios para la reducción de vulnerabilidad.
- **C7_Atención a grupos vulnerables.** La medida da prioridad al apoyo de las poblaciones cuyas condiciones las hacen más vulnerables ante los efectos del cambio climático.
- **C8_Aumento de capacidad adaptativa.** La medida fomenta la adaptación planeada a partir de un enfoque preventivo y apuesta por la prevención más que por la reacción.
- **C9_Conservación de los ecosistemas.** La medida contempla preservar y restaurar los ecosistemas y frenar los procesos de deterioro, promoviendo el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- **C10_Asegura los servicios ecosistémicos.** La medida contempla conservar los servicios que proveen los ecosistemas para aumentar la resiliencia al cambio climático.

Rangos de calificación de criterios

Criterio	Grupo de criterios	Nombre del criterio	Rangos de calificación
C1	Institucionales	Transversalidad	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –No hay transversalidad (0). –Es transversal con 1 o 2 políticas, programas o proyectos (1-5). –Es transversal con más de 2 políticas (6-10).
C2		Coordinación de actores	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –No existe coordinación (0). –Se coordina con un sector o institución (1-5). –Se coordina con más de 2 sectores o instituciones (6-10).
C3		Fortalecimiento de capacidades	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –No promueve capacidades (0). –Promueve medianamente las capacidades (1-5). –Alta promoción de capacidades (6-10).
C4		Factibilidad técnica	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –No es técnicamente factible (0). –Es medianamente factible técnicamente (1-5). –Es técnicamente factible (6-10).
C5		Evaluación y monitoreo	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –No se puede monitorear (0). –No tiene mecanismos de monitoreo, pero se pueden desarrollar (1-5). –Se cuenta con mecanismos de evaluación y monitoreo (6-10).
C6	Económicos	Factibilidad económica	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –Beneficios muy bajos o ausentes y costo alto (0). –Costo alto y beneficios medios (1-5). –Costo bajo y beneficios altos (6-10).
C7	Sociales	Atención a grupos vulnerables	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –La medida no atiende o empeora las condiciones de vulnerabilidad (0). –La medida está medianamente focalizada en la atención de la población más vulnerable (1-5). –La medida está fuertemente focalizada en la atención a la población más vulnerable (6-10).
C8		Aumento de capacidad adaptativa	<p>Rangos de Calificación (0 a 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> –La medida no promueve la capacidad de adaptación (0). –La medida promueve medianamente las capacidades adaptativas (1-5). –La medida promueve altamente las capacidades adaptativas (6-10).

Criterio	Grupo de criterios	Nombre del criterio	Rangos de calificación
C9	Ambientales	Conservación de ecosistemas	Rangos de Calificación (0 a 10) <ul style="list-style-type: none"> –Nula promoción a la conservación de ecosistemas (0). –Nivel medio de conservación y contribución a la resiliencia (1-5). – Nivel alto de conservación y contribución a la resiliencia (6-10).
C10		Asegura servicios ecosistémicos	Rangos de Calificación (0 a 10) <ul style="list-style-type: none"> –La medida no asegura ningún servicio ecosistémico (0). –La medida asegura la permanencia de 1-2 servicios ecosistémicos (1-5). –La medida asegura la permanencia de más de 2 servicios ecosistémicos (6- 10).

Resultados

Para la validación y priorización de medidas se realizaron tres talleres en distintas regiones del estado. El primer taller se realizó para la región centro del Estado de Tlaxcala en la Universidad Autónoma de Tlaxcala. El segundo taller en la Universidad Tecnológica del Estado de Tlaxcala en el municipio de Huamantla, ubicado en los límites con Veracruz. Finalmente, el tercer taller se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162 ubicado en el municipio de Nanacamilpa cerca de los límites con el Estado de México.

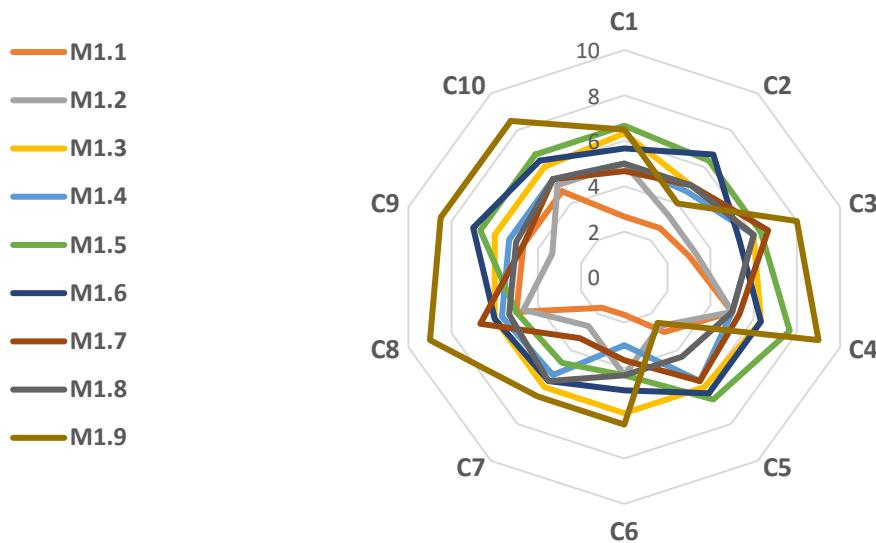
Imagen 7. Taller realizado en la Universidad de Tlaxcala



A continuación, se muestran los resultados de la priorización de medidas para cada uno de los ejes estratégicos del presente Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala. Con respecto a la priorización de medidas del Eje Estratégico 1, Regulación, control y reducción de GyCEI en el Estado de

Tlaxcala, la medida con mayor calificación fue la M1.9, relativa a reducir la quema de biomasa en el Estado de Tlaxcala. (**Gráfica 78**)

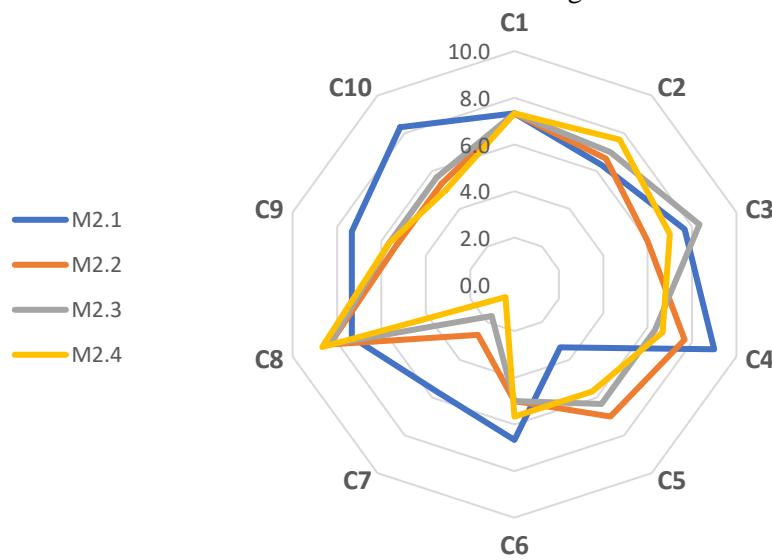
Gráfica 78. Priorización de medidas: Eje Estratégico 1, Regulación, control y reducción de GyCEI en el Estado de Tlaxcala.



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres.

Para el caso del Eje Estratégico 2 Gestión de la energía, la medida con mayor calificación fue la M2.1 Reducción de la intensidad energética. (**Gráfica 79**)

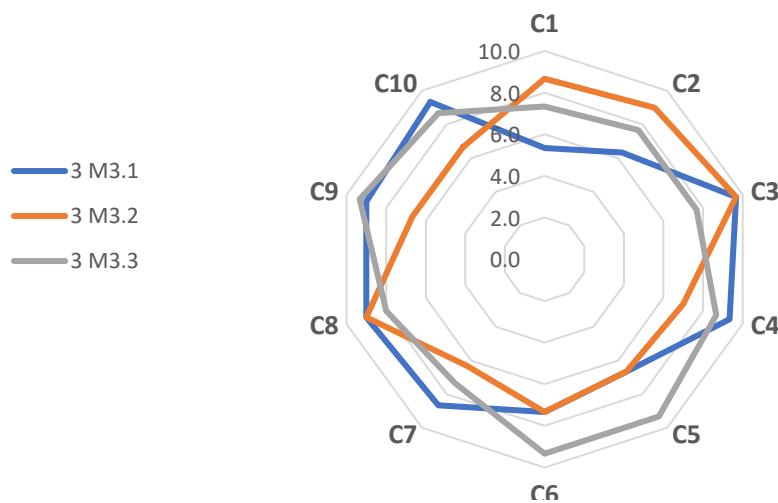
Gráfica 79. Priorización de medidas Estratégico 2 Gestión de la energía



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres.

Para el Eje Estratégico 3. Preservación de los sumideros naturales de carbono, la medida con mayor calificación fue la M3.3 Enverdecimiento de áreas y bosques urbanos, aumentando los metros cuadrados de áreas verdes por habitante. (**Gráfica 80**)

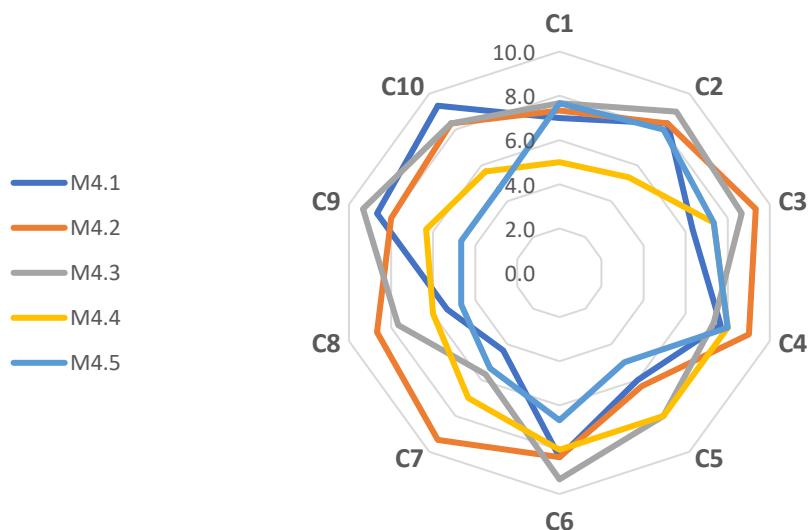
Gráfica 80. Priorización de medidas: Eje 3 Preservación de los sumideros naturales de carbono



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres.

Respecto a el Eje Estratégico 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad, la medida con mayor calificación fue la M3.3 Garantizar la Seguridad Alimentaria. (**Gráfica 81**)

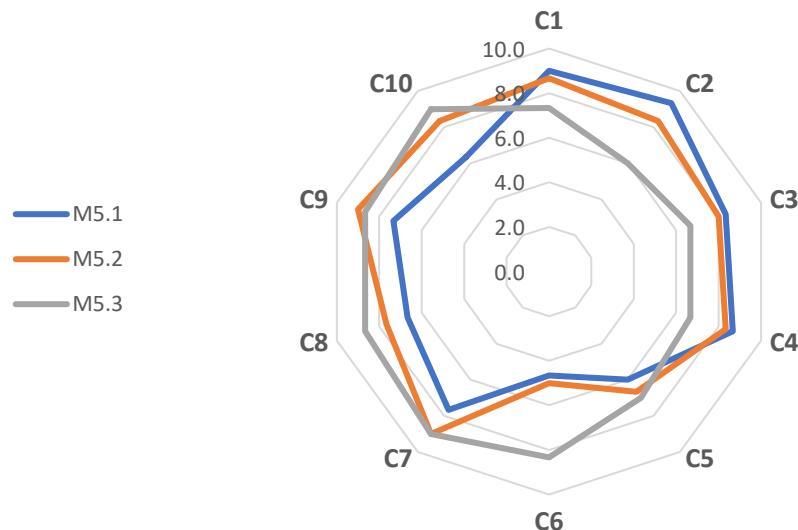
Gráfica 81. Priorización de medidas: Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres.

Para el Eje Estratégico 5. Preservación de los sumideros naturales de carbono, la medida con mayor calificación fue la M5.2 Manejo sostenible del agua en zonas urbanas y rurales.

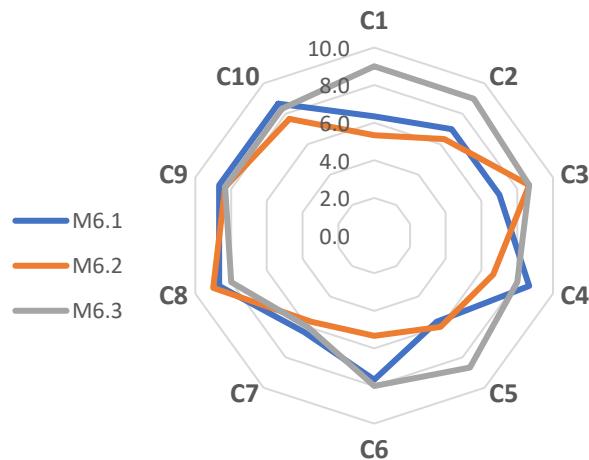
Gráfica 82. Priorización de medidas: Eje 5. Gestión sostenible del agua



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres

Finalmente, para el Eje Estratégico 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos, la medida con mayor calificación fue la M6.3 Fuentes de financiamiento. (**Gráfica 83**)

Gráfica 83. Priorización de medidas: Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.



Fuente: Elaboración propia con base en resultados de talleres.

7.5 Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV)

Eje 1. Regulación, control y reducción como criterios de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero en el Estado de Tlaxcala

Medida 1.1 Elaboración de inventarios y monitoreo de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero para el establecimiento de la línea base de mitigación.



Medida 1.2 Control y reducción de emisiones generadas en el sector de Desechos



Medida 1.3 Reducción de emisiones provenientes de la Agricultura y Ganadería.**Medida 1.3**

Reducción de emisiones provenientes de la Agricultura y Ganadería.

MONITOREO

1. Toneladas de fertilizantes químicos o sintéticos usados
2. Toneladas de CH₄ y N₂O evitados por programas enfocados a la agricultura y ganadería implementados

REPORTE

Reporte anual del mapeo e inventario de los fertilizantes químicos y sintéticos usados en la entidad, así como programas o estrategias implementadas para la disminución de emisiones de dichos sectores y resultados del desempeño ambiental de su implementación.

**VERIFICACIÓN**

La SMA de Tlaxcala a través de la Dirección de Desarrollo Sostenible, en coordinación con la SIA, realizarán la verificación con base en los lineamientos del IPCC e INECC y con base al control de calidad interna.

Medida 1.4 Regulación de emisiones de GyCEI derivadas por cuerpos de agua contaminados.**Medida 1.4**

Regulación de emisiones de CyGEI derivadas por cuerpos de agua contaminados.

MONITOREO

1. Inventario y cobertura de plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Plantas de tratamiento que cuentan con fase secundaria y biológica en operación
3. Toneladas de CyGEI evitados por restauración de cuerpos de agua con alta DBO.

**VERIFICACIÓN**

La SMA de Tlaxcala y CEAS Tlaxcala realizarán la verificación con base en los lineamientos del IPCC e INECC y con base al control de calidad interna.

Medida 1.5 Reducción de emisiones de GyCEI en el sector industrial, comercial y de servicios**Medida 1.5**

Reducción de emisiones de CyGEI en el sector industrial, comercial y de servicios

MONITOREO

1. Toneladas de contaminantes evitados por el sector industrial, comercial y de servicios derivado de la implementación de acciones y estrategias de mitigación
2. Porcentaje de Industrias, comercios y servicios regulados en la entidad

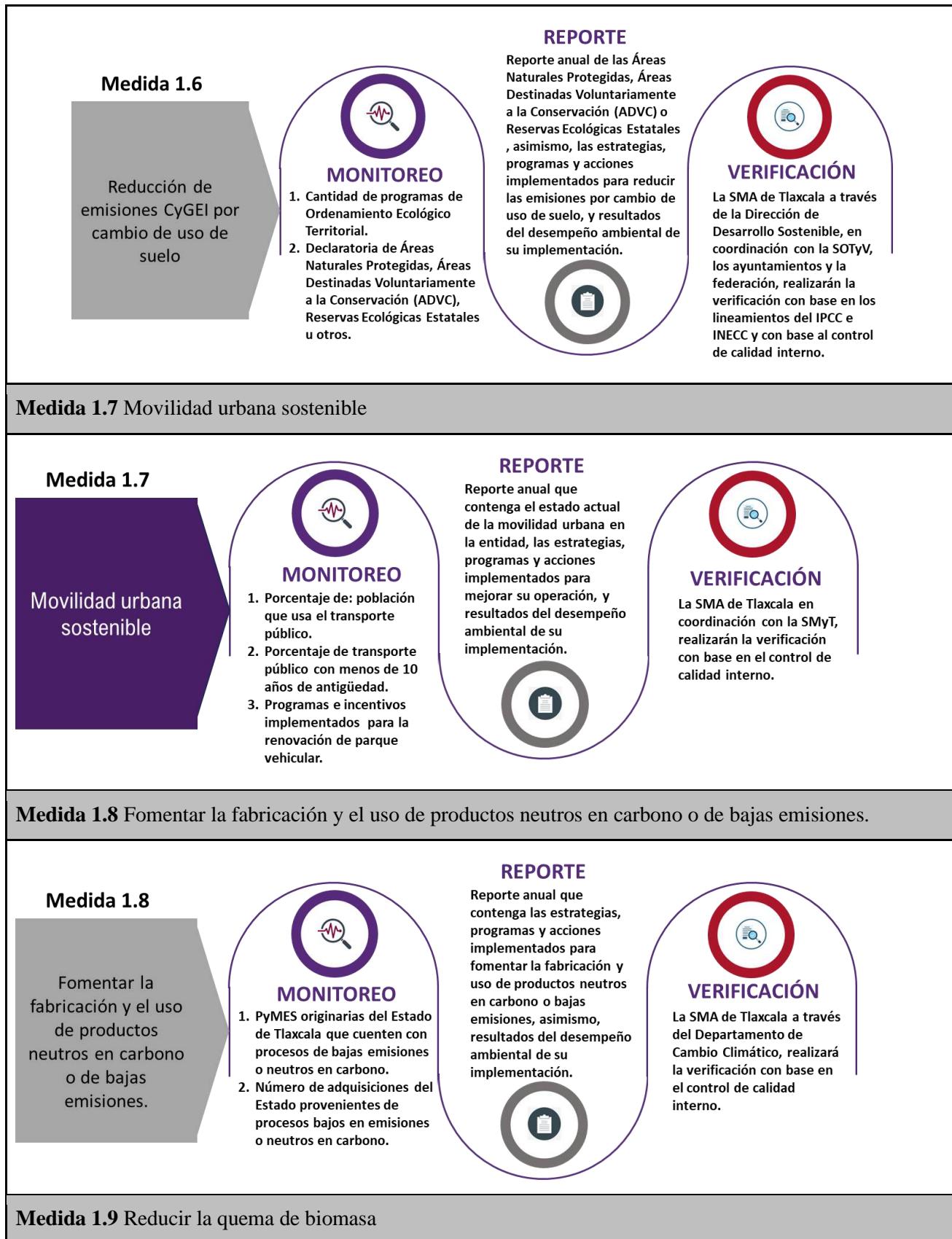
REPORTE

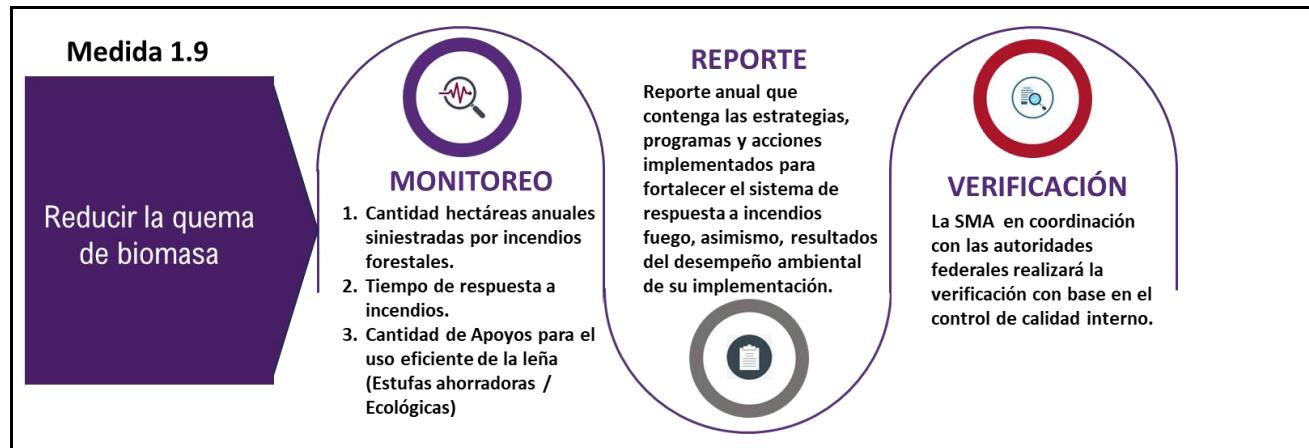
Reporte anual que contenga las estrategias, programas y acciones implementados para reducir las toneladas de contaminantes en el sector industrial, comercial y de servicios, asimismo, los resultados del porcentaje de cumplimiento de su implementación.

**VERIFICACIÓN**

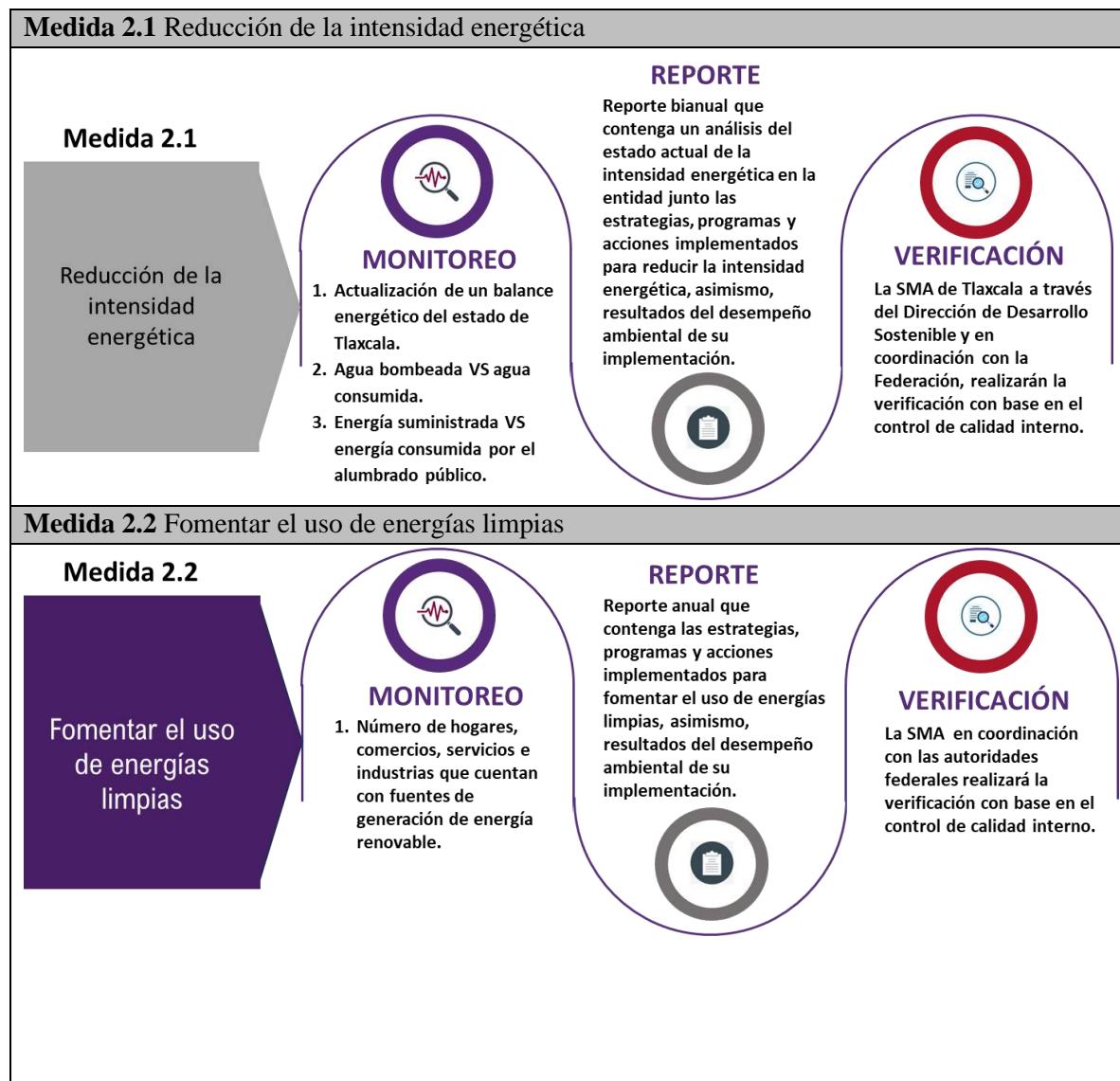
La SMA de Tlaxcala en coordinación con los ayuntamientos y la federación, realizarán la verificación con base en los lineamientos del IPCC e INECC y con base al control de calidad interna.

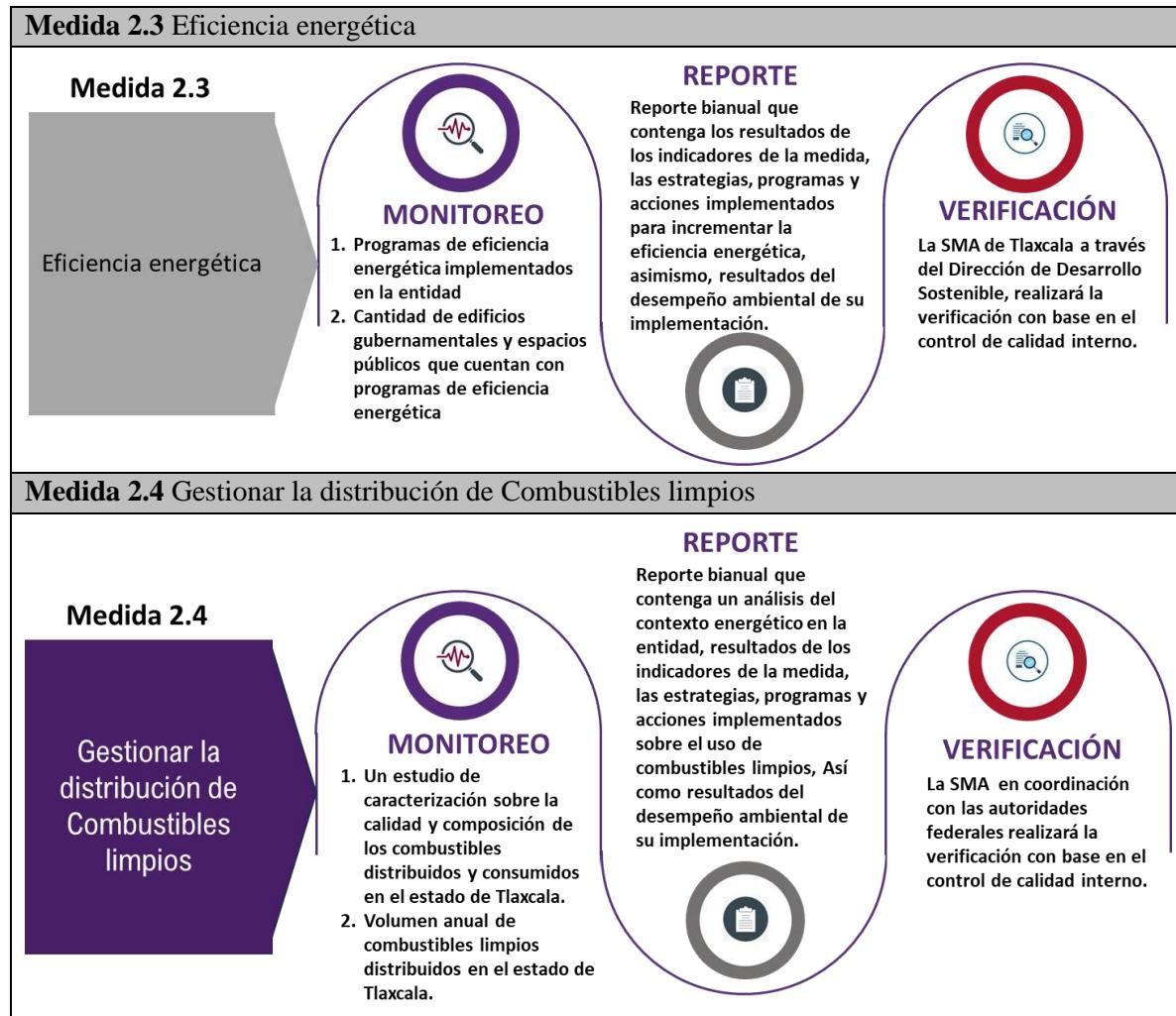
Medida 1.6 Reducción de emisiones GyCEI por cambio de uso de suelo





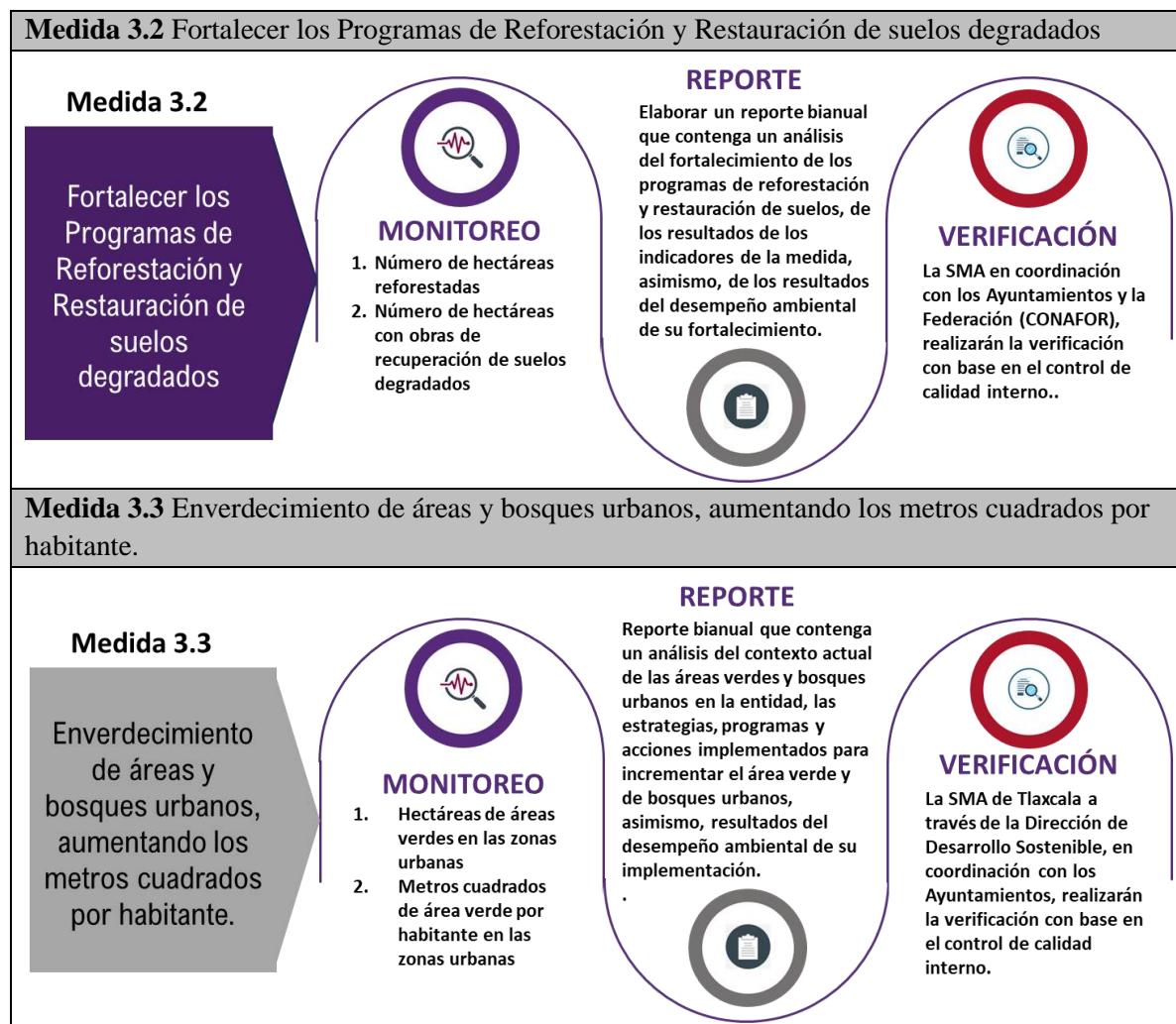
Eje 2. Gestión de la energía (Generación Abastecimiento y consumo)





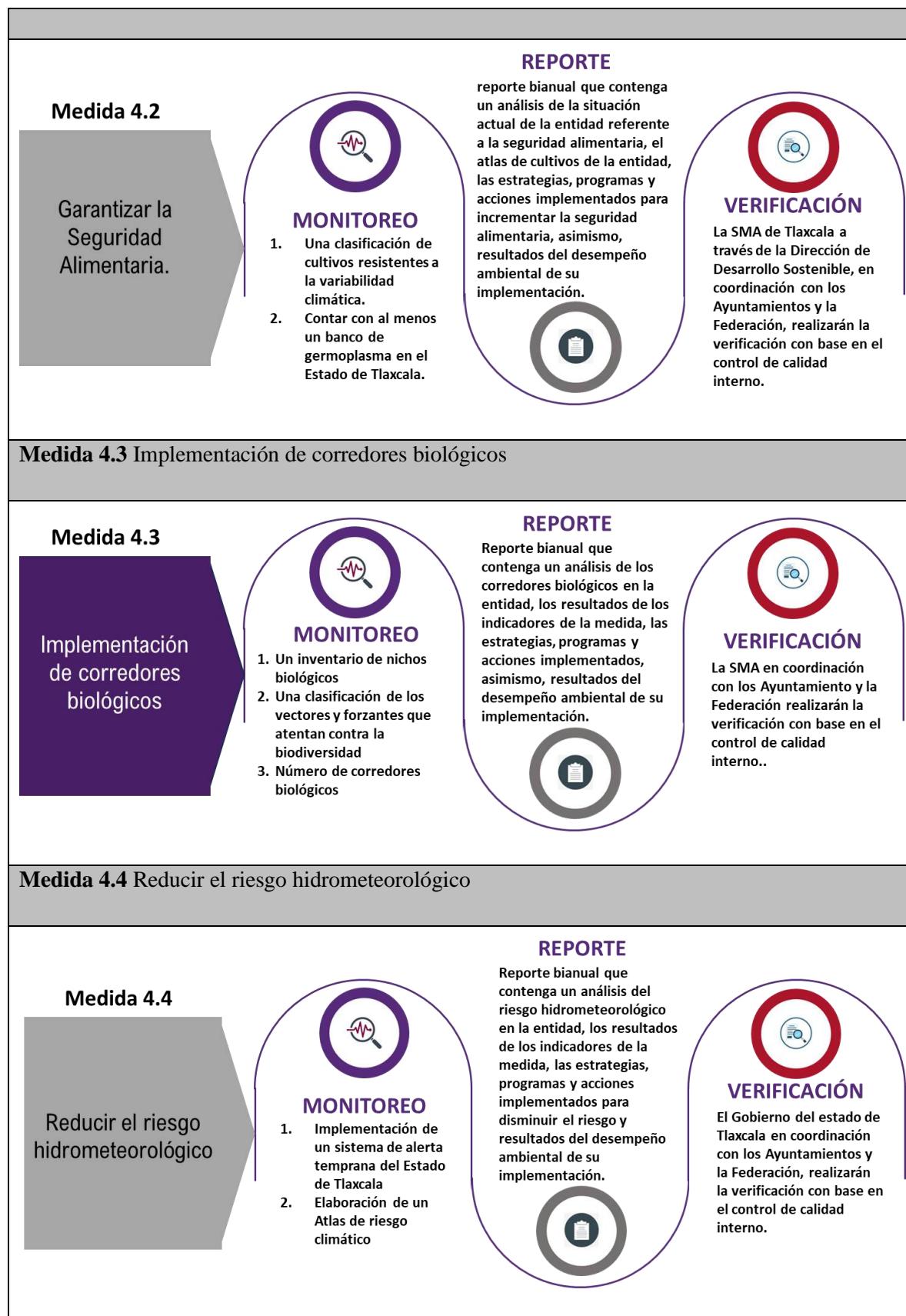
Eje 3. Preservación de los sumideros naturales de carbono

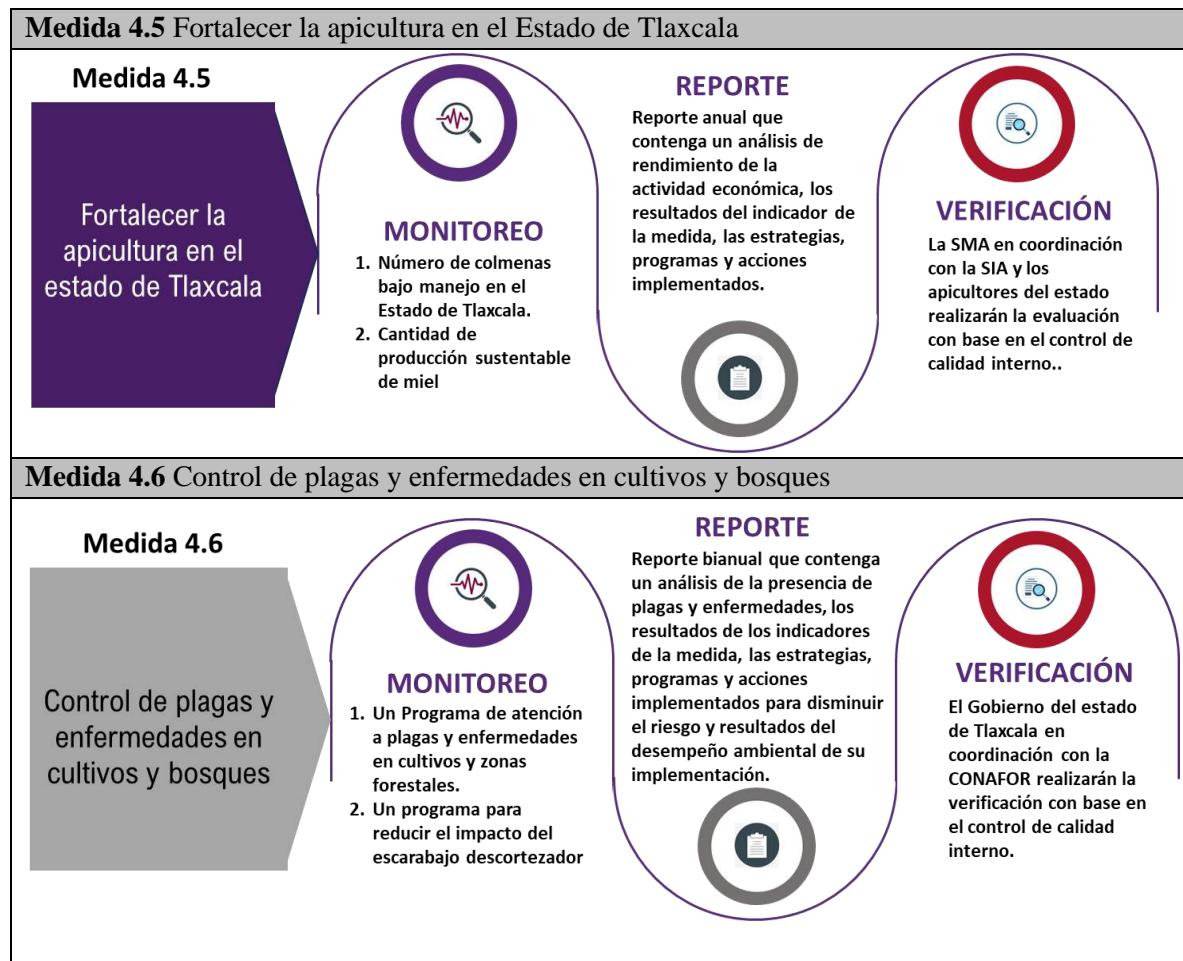




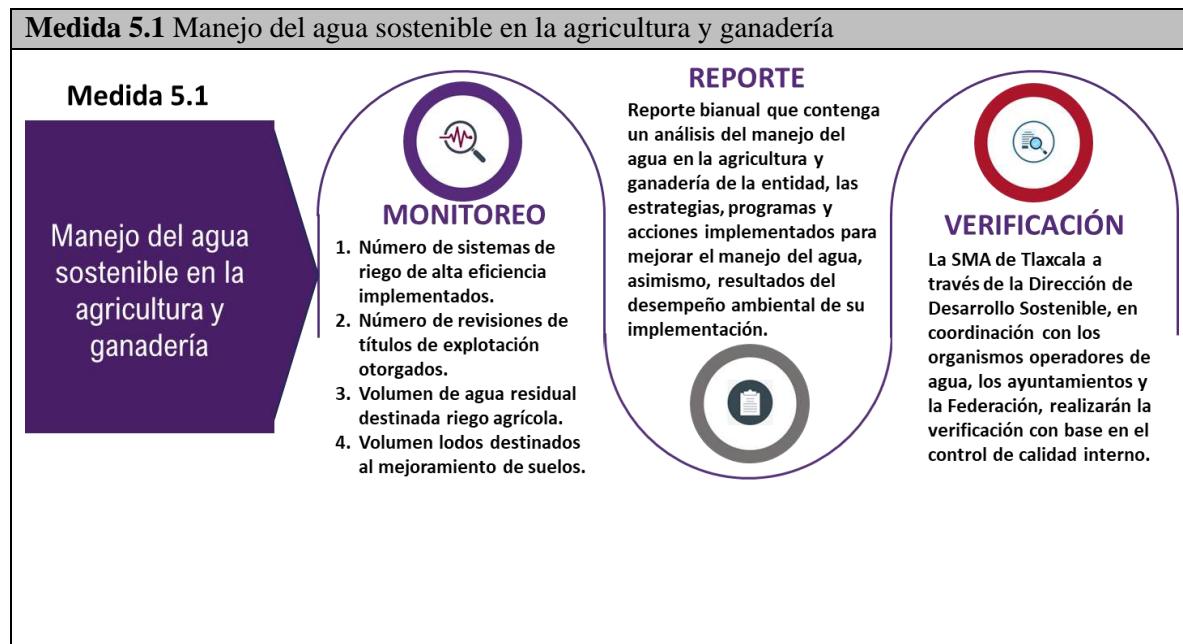
Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad

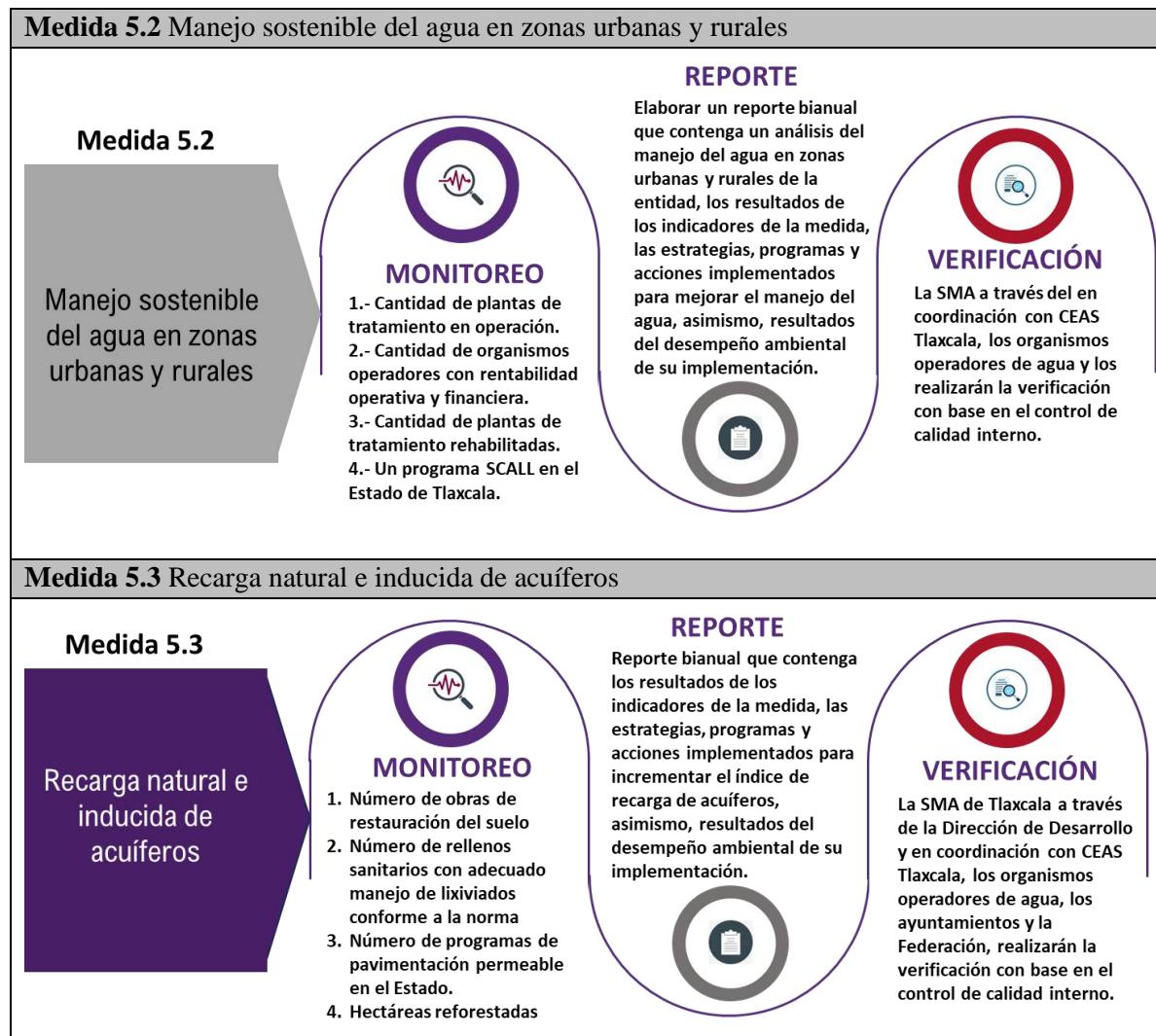




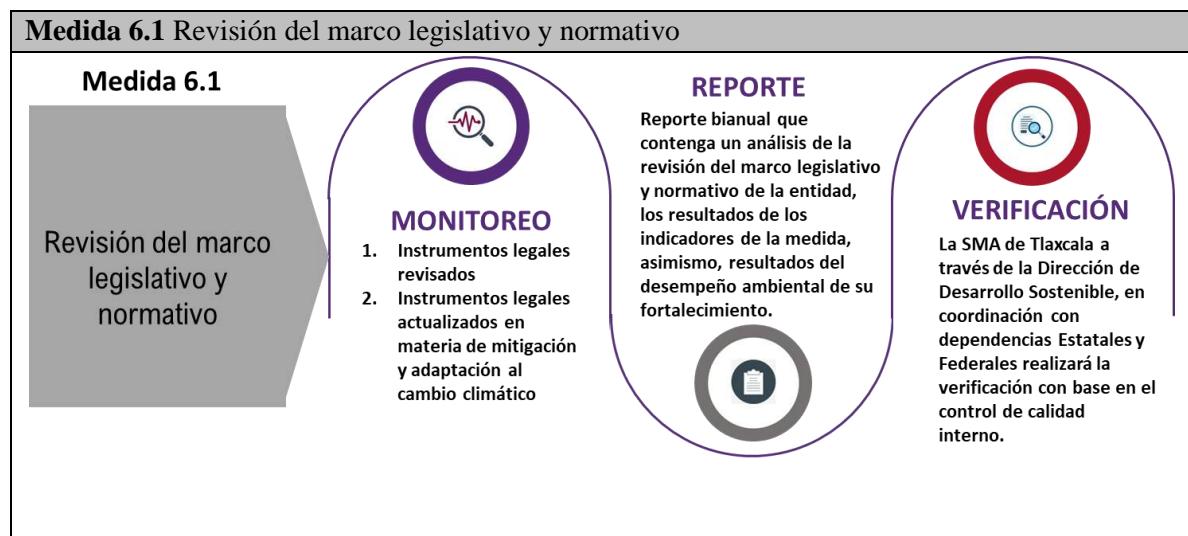


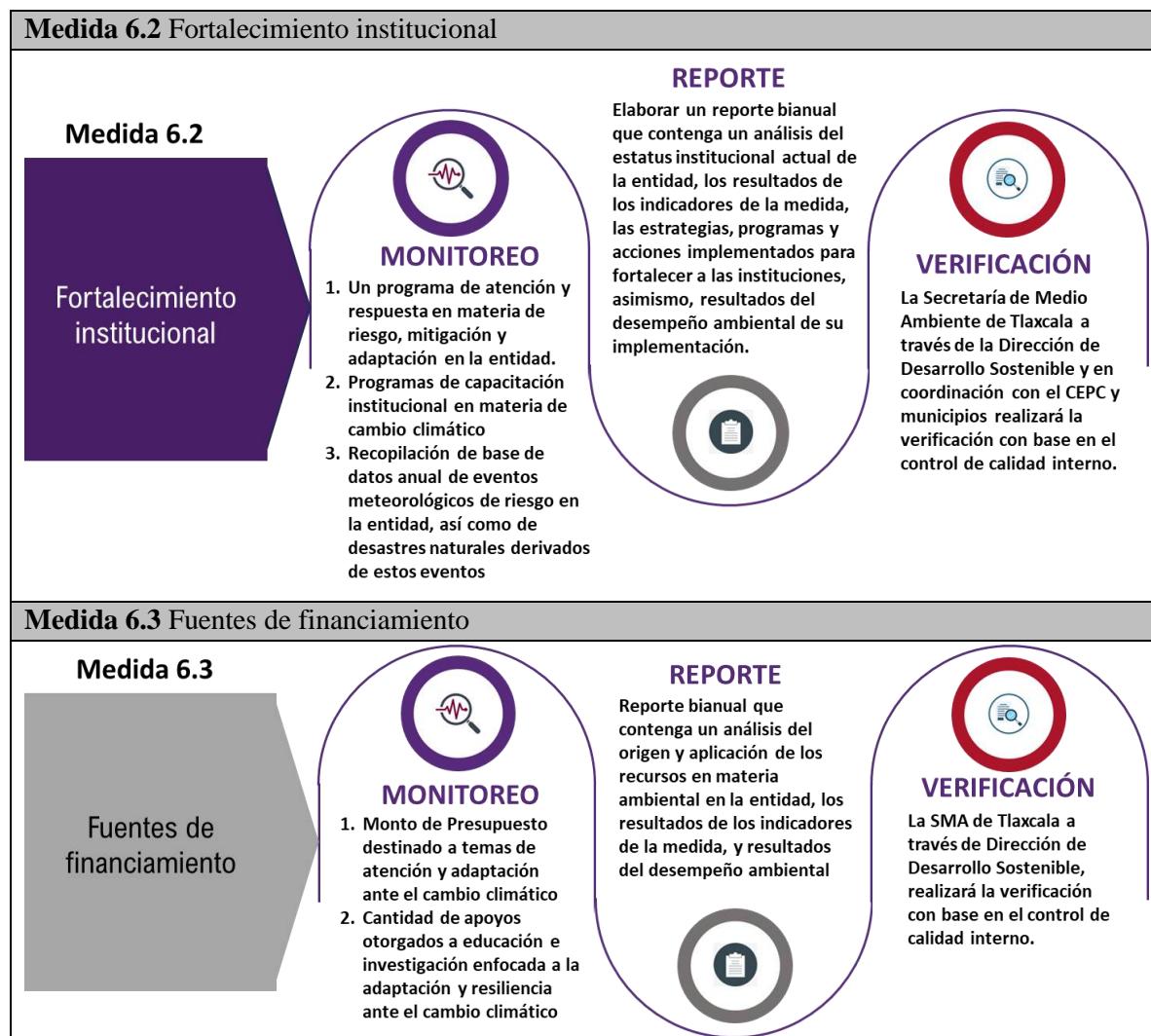
Eje 5. Gestión sostenible del agua





Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.





Eje 7. Socialización del PACCET



8. Conclusiones

Análisis climático del Estado de Tlaxcala

El análisis histórico del clima en el Estado de Tlaxcala muestra que desde el periodo de los datos utilizados (1940), hasta 2022, la señal es de incremento en la temperatura superficial.

A partir de los datos analizados, es posible señalar que hay una señal inequívoca de incremento de temperatura promedio, esta es de 1.1°C, con incrementos heterogéneos a lo largo del territorio estatal.

Con respecto a la precipitación media anual, la tendencia de decreto es manifiesta en el largo plazo, identificando reducciones que van de una 5% a un 15% de la precipitación anual actual.

En la base de datos histórica de la red de estaciones de la CONAGUA/CLICOM se encuentra en operación el 57% de las 56 estaciones climatológicas del Estado de Tlaxcala, de estas 13 estaciones disponen de control de calidad, temporalidad mayor a 40 años y consistencia de datos. Se complementó con la base de datos de ERA5 mostrando que sus valores son aproximados a los observados (CLICOM).

Los índices climáticos extremos, calculados con datos diarios de 13 estaciones climatológicas en el estado, muestran que las temperaturas diarias mínimas y máximas son cada vez más cálidas en el periodo 1970-2020, el número de días en que se rebasan umbrales de temperatura también han aumentado. Con respecto a índices relacionados con precipitación, estos presentan una variabilidad prácticamente uniforme o estacionaria en el periodo histórico.

Escenarios futuros del clima

Los escenarios de cambio climático bajo las dos SSP, muestran de manera contundente el incremento de temperatura tanto para el horizonte cercano (2021-2040) como intermedio (2041-2060).

Asimismo, se estima la reducción en la precipitación en todo el territorio estatal, que se hace más evidente conforme transcurran las décadas y particularmente del centro hacia el este y sur del estado.

Ambos SSP considerados para este estudio muestran al menos para el futuro cercano un comportamiento similar, aunque no necesariamente el mismo. La señal de calentamiento y de reducción de precipitación se intensifica en el horizonte intermedio y hacia finales de siglo bajo el SSP 5-8.5.

Es necesario considerar esta información para propósitos de adaptación en prácticamente todos los sectores productivos y medioambientales, por ejemplo, ante una visible señal de intensificación de la canícula en los meses de julio y agosto, así como un incremento en la temperatura de hasta 2°C en el periodo 2021-2060.

La gestión y lo legal

La elaboración de un programa de cambio climático en el Estado de Tlaxcala, anclado en los marcos legales e instrumentos de planeación internacionales, federales y estatales representa un paso esencial hacia un futuro más sostenible y resistente al cambio climático.

La interconexión y alineación entre estas distintas escalas normativas proporcionan la estructura necesaria para abordar de manera efectiva los desafíos ambientales, asegurando la coherencia y eficacia de las acciones emprendidas.

La convergencia con los compromisos internacionales no sólo posicionará a Tlaxcala en la vanguardia de la lucha global contra el cambio climático, sino que también establece un marco que impulsa la integración de medidas específicas que atiendan las realidades locales.

La resiliencia climática, el desarrollo sostenible y la preservación del entorno se convierten así en objetivos intrínsecos del programa, reflejando un compromiso tangible con la protección del medio ambiente y la calidad de vida de las comunidades presentes y futuras en el estado.

En última instancia, la creación de este programa no sólo es una necesidad imperante, sino también una oportunidad para catalizar un cambio positivo y duradero en la relación entre la sociedad y su entorno, asegurando un futuro más próspero y equitativo para todos.

La implementación exitosa de un programa de cambio climático se sustenta en la solidez de un marco jurídico y la eficacia de su planificación estratégica. Un marco jurídico bien definido no sólo proporciona la autoridad legal necesaria para la ejecución de medidas cruciales, sino que también establece un sistema de rendición de cuentas que garantiza la transparencia y la responsabilidad de todas las partes involucradas.

Los inventarios de emisiones

Los resultados de los cálculos de las emisiones se presentan en unidades de Giga gramos (Gg). Un Gg es el equivalente a 1000 toneladas (t). El inventario de emisiones de GyCEI del año base 2022 del Estado de Tlaxcala arroja un total de 3,640.43 GgCO₂eq que corresponden a 3,640,430 tCO₂eq al año.

El Inventario de Emisiones cuentan con un control de calidad exhaustivo, debido a que se cuenta con poca información, este su apuntaló con datos duros del SIE, INEGI y SF.

Es necesario actualizar el formato de la cédula de operación anual y capacitar a los involucrados en la elaboración y revisión de la COA.

Del análisis de los resultados se ubican las áreas de oportunidad:

- Reducir el uso de combustóleo y diésel en la industria sustituyendo por gas LP y de ser posible gas natural.

- Mejorar la eficiencia de los procesos de combustión.
- Reducir el consumo de leña; en el caso de fuentes domésticas con estufas ecológicas.
- Fomentar el uso de calentadores solares.
- En el caso del parque vehicular, fomentar la práctica de verificaciones vehiculares confiables e informar a los conductores los parámetros, su control y beneficios de la verificación.
- Mejorar la movilidad vehicular evitando embotellamientos mediante la eliminación de obstáculos, bloqueos y reducciones; sincronizar semáforos.
- Promover la implementación de transporte público eléctrico e implementar vías privilegiadas de transporte público (tipo Metrobús).

Sector biodiversidad

Se obtuvieron de la GBIF todos los registros a partir del año 1970 localizados dentro del polígono que delimita al Estado de Tlaxcala. Una vez depurados los datos, se obtuvieron 30,540 registros pertenecientes a 13 phyla, 36 clases, 161 órdenes, 496 familias, 1567 géneros y 2968 especies.

De las especies presentes en el estado, 441 especies son endémicas, es decir, que su distribución está restringida al territorio nacional. 79 especies se encuentran listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo alguna categoría de riesgo y 691 en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). 25 de las especies registradas son consideradas como prioritarias.

De las especies con registros en el estado, se seleccionaron 254 como representativas del sector biodiversidad dada su relevancia ecológica y los servicios ecosistémicos que proveen, su estatus de riesgo, o por ser consideradas como prioritarias o de interés particular. Estas especies pertenecen a los grupos: a) abejas, b) agaves, c) hongos, d) especies de interés, e) murciélagos, f) polillas, g) especies en riesgo o prioritarias (rpc) y h) subespecies (spp).

Con los mapas binarios, se identificaron los sitios en los que las especies: a) pierden, b) ganan, o c) mantienen la idoneidad climática a futuro. Los mapas de pérdida y ganancia individuales se agregaron para construir mapas donde los valores indican el número de especies para las cuales se proyecta la pérdida o ganancia de idoneidad climática para cada proyección de cambio climático.

Los modelos indican ganancia de idoneidad climática hasta para 20 especies principalmente en las zonas boscosas como son la Malinche, Tlaxco y Nanacamilpa. Sin embargo, en el análisis de la perdida de idoneidad climática los modelos indican que pueden perderse las condiciones óptimas climáticas hasta para 120 especies en el territorio del Estado.

Con respecto al número de especies con baja, media y alta vulnerabilidad, el modelo HadGEM3-GC31-LL, 2-4.5 nos indica que podemos llegar a tener hasta 89 especies con alta vulnerabilidad, 66 con vulnerabilidad media y 99 en vulnerabilidad baja para los años entre 2041-2060, entre las que destacan, las especies en riesgo o prioritarias y las especies de interés para el estado.

Sector hídrico

La distribución espacial de los cambios en el rendimiento hídrico o disponibilidad de agua es heterogénea en el estado, los valores más bajos de disminución del rendimiento hídrico se ubican en la región norte del Estado, en las zonas con mayor altitud del municipio de Tlaxco y en algunas zonas del centro-oeste del estado en los municipios de Panotla y Ixtacuixtla de Mariano Matamoros.

La disminución más drástica del rendimiento hídrico se ubicaría en la región nororiental del Volcán La Malinche; en una franja de territorio en la zona central del estado, en áreas de los municipios de: Atlangatepec, San Lucas Tecopilco, Xaltocan, Yauhquemehcan, Apizaco y Panotla, al poniente en los municipios de Atlitzayanca y El Carmen Tequexquitla.

Es importante considerar que en el futuro habrá una menor disponibilidad de agua en el Estado de Tlaxcala, en distintas magnitudes en el tiempo y en el territorio.

La variabilidad climática que se ha ido incrementando en las últimas décadas y que sin duda se intensificará en el futuro, traerá consigo un mayor contraste entre años más húmedos y secos. Por lo tanto, esto se verá reflejado en la disponibilidad de agua interanual.

Las tendencias de crecimiento de la población y de las actividades económicas y por lo tanto de la demanda de agua, así como una reducción anual promedio de la disponibilidad de agua en el estado, conlleva a una necesidad imperante de hacer un uso más eficiente de este recurso.

Se requiere desarrollar estrategias y llevar a cabo acciones de adaptación eficientes para un desarrollo ambiental, social y económicamente sostenible.

Sector Forestal

Los ecosistemas forestales enfrentan diversas presiones, tanto de origen humano como natural, que los hacen altamente vulnerables ante el cambio climático.

Se estima un mayor estrés en los bosques por el incremento de la aridez. Así, los bosques templados que actualmente representan el 18.6 % de la cobertura arbórea del estado, podrían verse afectados, la cual podría cambiar de un clima húmedo a otro más árido, según los escenarios SSP245 y SSP285 del mediano plazo (2041-2060).

Si los bosques se ven afectados por las condiciones climatológicas, las comunidades locales que dependen de ellos para la madera, alimentos, medicinas u otros recursos podrían enfrentar dificultades económicas.

El incremento de la temperatura puede ocasionar que las especies de árboles busquen condiciones más frescas y se desplacen a altitudes más altas en busca de un clima adecuado.

Las temperaturas más cálidas podrían afectar la época de floración y producción de conos, lo que podría tener implicaciones en la reproducción y dispersión de semillas.

Sector agrícola

Es necesario implementar medidas de gestión del agua, como la construcción de embalses y sistemas de riego más eficientes, así como prácticas agrícolas sostenibles que ayuden a conservar el agua y a adaptarse a condiciones climáticas cambiantes, así como realizar investigación e inversión en tecnología agrícola para atender la sequía. Otras acciones recomendadas son las siguientes:

- Promover variedades de cultivos resistentes a la sequía y la diversificación de cultivos, así como ajustar las fechas de siembra.
- Promover la rotación de cultivos con variedades de cultivos de corta duración. Además de promover la investigación para ajustar los calendarios de siembra.
- Impulso al uso de abonos orgánicos y reducir las emisiones provenientes por el uso de fertilizantes.
- Fomentar prácticas agrícolas sustentables, como la labranza de conservación para mantener las reservas de carbono e incrementar sus capacidades de captura.
- Reducir la incidencia de incendios forestales provocados por quemas agropecuarias y forestales.
- Actualizar los mapas de potencial productivo, una vez identificadas las tierras degradadas y/o con bajo potencial productivo realizar trabajos de restauración.

Sector Socioeconómico

En 2022, la economía de Tlaxcala presentó un Producto Interno Bruto (PIB) nominal de 175 098 millones de pesos. Las actividades primarias participaron en el producto total de la entidad con 3.4 %; las secundarias con 36.5 %; las terciarias con 55.0 % (INEGI, 2023).

De acuerdo con el reporte de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) de 2014, se estiman algunos de los principales costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe relacionados con un aumento de 2.5 °C de temperatura hacia el año 2050 oscilan entre el 1.5% y el 5% del PIB. En este sentido, conforme al PIB de

Tlaxcala a 2022 podríamos calcular un costo de entre **2.6 mil a 8.75 mil millones de pesos al año por los potenciales efectos del cambio climático** sobre los distintos sectores económicos del estado.

Si bien, el impacto del Cambio Climático presenta características asimétricas entre los países que registran mayor peso específico en la aportación de Gases Efecto Invernadero (GEIs) y los que no aportan grandes cantidades. No obstante, son países que, como el nuestro, resultan ser más vulnerables a los efectos del Cambio Climático.

¿Qué debemos hacer cada uno de nosotros y nosotras en el Estado de Tlaxcala para atender los potenciales efectos del cambio climático?

1. Saber que cada una de las personas, desde nuestro ámbito, tenemos algo que aportar.
2. Cambiemos nuestra forma de consumo material y energético.
3. Cambiemos nuestros métodos de agricultura y forma de alimentarnos.
4. Propiciemos la agricultura urbana y fomentemos el consumo orgánico libre de químicos.
5. Restauremos y protejamos nuestros bienes y recursos naturales. Fomentemos el turismo de naturaleza responsable.
6. Reduzcamos los cambios radicales de uso del suelo, si lo haces, compensa y restaura.
7. Exigir a las autoridades la adecuada aplicación de políticas ambientales y ejercicio de recursos.
8. Aumentemos la resiliencia humana y natural, reduciendo la vulnerabilidad.
9. Establece acciones y estrategias para afrontar cualquier evento hidrometeorológico extremo, prevé y gestiona el potencial riesgo.
10. Propicia el uso de energías renovables y limpias.
11. No desperdices energía eléctrica, fomenta el uso eficiente de la energía.
12. Implementa en la industria, en comercios y servicios el uso de combustibles limpios y el uso de equipos de control.
13. Reforesta y da mantenimiento a los bosques, parques y jardines.
14. Disminuye tu consumo, rediseña, duce, reutiliza, repara, renueva, recupera y recicla los residuos, también puedes realizar composta.
15. Comparte y no almacenes.

16. Ten un uso eficiente del agua, evita fugas, no la contamines y utiliza el agua pluvial.
17. Restaura suelos degradados y contaminados.
18. Participa activamente en programas ambientales locales.
19. Sé parte de organizaciones, instituciones que busquen mejorar la calidad de vida.
20. Estudia, Infórmate y difunde.
21. Sé consciente que todo empieza por ti.

Glosario

Acuíferos. Depósito de agua que circula en el subsuelo.

Adaptación. Medidas y ajustes para enfrentar los efectos potenciales del cambio climático y disminuir los daños que ocasiona.

Agroclimática. Es una zona con características interrelacionadas entre el clima y los sistemas de cultivos, el entendimiento de estas interrelaciones ayuda a tomar mejores decisiones en el manejo agronómico de los cultivos.

Antropogénico. Relativo al hombre; de origen humano. Se puede aplicar a las concepciones excesivamente centradas en la problemática humana, olvidándose de los efectos, problemas y daños que causan al ambiente.

Atmósfera. Capa de aire que circunda la tierra y que se extiende alrededor de 100 kilómetros por encima de la superficie terrestre. Esta estructura física está formada por una mezcla de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de varios gases como el argón, el neón, el bióxido de carbono y el vapor de agua, entre otros compuestos inorgánicos.

Biodiversidad. Es la diversidad de vida, la variedad de seres vivos que existen en el planeta y las relaciones que establecen entre sí y con el medio que los rodea. Es el resultado de millones de años de evolución.

Cambio Climático (CC). Hace referencia a los cambios a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos.

Combustión. Proceso de oxidación rápida de materiales inorgánicos acompañados de liberación de energía en forma de calor y luz.

Compuestos orgánicos volátiles (COV). Incluye un amplio grupo de sustancias individuales como los hidrocarburos (alcanos, alquenos y aromáticos), compuestos halogenados (tricloroetileno) y compuestos oxigenados (alcoholes, aldehídos y cetonas). Todos son compuestos orgánicos de carbono y poseen una volatilidad suficiente para existir como vapores en la atmósfera.

Concentración. Cantidad relativa de una sustancia específica mezclada con otra sustancia generalmente más grande; por ejemplo: 5 partes por millón de monóxido de carbono en el aire. También se puede expresar como el peso del material en proporción menor que se encuentra dentro de un volumen de aire o gas, esto es, en miligramos del contaminante por cada metro cúbico de aire.

Contaminación. Generalmente, la presencia de materia o energía cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos ambientales indeseables. En otros términos, es la alteración hecha o inducida por el hombre a la integridad física, biológica, química, y radiológica del medio ambiente.

Contaminante del aire. Cualquier sustancia en el aire que, en alta concentración, puede dañar la salud humana, animales, vegetales o materiales. Puede incluir casi cualquier compuesto natural o artificial de materia flotante susceptible de ser transportado por el aire. Estos contaminantes se encuentran en forma de partículas sólidas, gotas líquidas, gases o combinadas. Generalmente se clasifican en los emitidos directamente por la fuente contaminante o contaminantes primarios y los producidos en el aire por la interacción de dos o más contaminantes primarios, o por la reacción con los compuestos normales de la atmósfera.

Dióxido de carbono (CO₂). Gas inorgánico compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de carbono. Este gas no tiene color, olor ni sabor y se produce por la respiración de los seres vivos y cuando se queman combustibles fósiles.

Dióxido de nitrógeno (NO₂). Gas irritante y oxidante, generado principalmente por fuentes de emisión antropogénica durante los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos).

Emisión. Descarga de contaminantes a la atmósfera provenientes de chimeneas y otros conductos de escape de las áreas industriales, comerciales y residenciales, así como de los vehículos automotores, locomotoras o escapes de aeronaves y barcos.

Gases de efecto invernadero (abreviado como GHG). Es un gas en la atmósfera que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Los gases de efecto invernadero primarios en la atmósfera son el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno y ozono.

Hidrocarburos. Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno en combinaciones muy variadas. Se encuentran especialmente en los combustibles fósiles. Algunos de estos compuestos son contaminantes peligrosos del aire por ser carcinógenos; otros son importantes por su participación en la formación del ozono a nivel del aire urbano.

Mitigación. Aplicación de políticas y acciones destinadas a reducir las emisiones de las fuentes, o mejorar los sumideros de gases y compuestos de efecto invernadero.

Monóxido de carbono (CO). Gas incoloro, inodoro e insípido, producto de una combustión incompleta de los motores de los vehículos que emplean gasolina como combustible. Otras fuentes de producción de CO son los incendios forestales y las quemadas de la actividad agrícola.

Partículas. Contaminantes generados por los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manipulación de materiales pulverizados. Se forman de cenizas, humos, polvos, metales, etc. Su principal fuente emisora es la industria que cuenta con calderas, hornos, incineradores, etc., al igual que los vehículos automotores que utilizan diésel. Como parte de las fuentes naturales están los suelos en áreas erosionadas; áreas sin pavimentación, emisiones volcánicas, etc. Las partículas en el aire se pueden medir como PST o PM10.

Registro Nacional de Emisiones (RENE). Es un instrumento de política pública que permite compilar la información necesaria en materia de emisión de Gases y Compuestos Efecto Invernadero (GyCEI) de los diferentes sectores productivos para dar trazabilidad, evaluar tendencias y establecer estrategias nacionales de reducción de emisiones.

SANKEY. Es una herramienta de visualización de datos que muestra la relación entre dos o más variables a través de flujos. Esta herramienta se utiliza para mostrar la cantidad de energía, materiales, información o dinero que fluye entre diferentes nodos. Los diagramas Sankey se pueden usar para mostrar cómo los recursos se transfieren entre procesos, para mostrar la distribución de los recursos entre diferentes grupos, o para mostrar la evolución de una variable a lo largo del tiempo.

Taxa: Agrupación de organismos emparentados, a quienes se les da un nombre bajo una clasificación taxonómica.

Topografía. Es un término muy amplio que se usa para describir el estudio detallado de la superficie de la tierra. Este estudio, incluye cambios en la superficie, como montañas y valles, así como las características de ríos y carreteras. Con la práctica de la topografía podemos determinar y registrar la posición de ciertos puntos de un terreno en planimetría (X-Y) y (Z) en altimetría.

Zona metropolitana. Es el conjunto de dos o más municipios o demarcaciones territoriales en los que se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes, cuya área urbana, funciones y actividades rebasan el límite del municipio o demarcación que originalmente la contenía, incorporando como parte de sí misma o de su área de influencia directa a municipios vecinos, predominantemente urbanos, con los que mantiene un alto grado de integración socioeconómica.

Acrónimos

ADVC (Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación)

AGEB (Área Geoestadística Básica Urbana)

ANP (Áreas Naturales Protegidas)

BANOBRAS (Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos)

CEAS (Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Tlaxcala)

CEPC (Coordinación Estatal de Protección Civil de Tlaxcala)

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres)

CFE (Comisión Federal de Electricidad)

CH₄ (Metano)

CN (Carbono negro)

CNDH (Comisión Nacional de Derechos Humanos)

CO (Monóxido de carbono)

CO₂ (Dióxido de carbono)

CO₂e (Dióxido de carbono equivalente)

COA (Cédula de Operación Anual)

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)

CONAPO (Consejo Nacional de Población)

CONEVAL (Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social)

COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)

DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas)

Gas LP (Gas licuado de petróleo)

GEI (Gases de Efecto Invernadero)

GyCEI (Gases y Compuestos de Efecto Invernadero)

HCF (Hidrofluorocarbonos)

INE (Instituto Nacional de Ecología, ahora INECC)

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático)

INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística)

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático)

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)

LEGEPA (Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente)

LGCC (Ley General de Cambio Climático)

MCG (modelos de circulación general)

NOM (Norma Oficial Mexicana)

ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible)

OMS (Organización Mundial de la Salud)

ONU (Organización de las Naciones Unidas)

PEMEX (Petróleos Mexicanos)

PJ (Peta Joules)

RENE (Registro Nacional de Emisiones)

RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes)

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación)

SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)

SENER (Secretaría de Energía)

SIA (Secretaría de Impulso Agropecuario del Estado de Tlaxcala)

SIAP (Sistema de Información Alimentaria y Pesquera)

SMA (Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Tlaxcala)

SMyT (Secretaría de Movilidad y transporte del Estado de Tlaxcala)

SOTyV (Secretaría de Ordenamiento Territorial y Vivienda del Estado de Tlaxcala)

TM (Temperatura Media)

TMAX (Temperatura Máxima)

TMIN (Temperatura Mínima)

ZMPT (Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala)

Listado de figuras

Figura 1. Generación de residuos sólidos urbanos en el Estado de Tlaxcala.....	35
Figura 2. Población del Estado de Tlaxcala.....	36
Figura 3. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Sur-Zacatelco.....	43
Figura 4. Sistema de ciudades que conforman la zona de Tlaxcala (izquierda) y Apizaco (derecha).....	44
Figura 5. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Poniente-Calpulalpan.....	45
Figura 6. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Norte-Tlaxco.....	45
Figura 7. Sistema de ciudades de los municipios que conforman la Región Norte-Tlaxco.....	46
Figura 8. Elementos considerados para el nuevo Sistema Urbano-Rural Policéntrico de la ZMPT.....	49
Figura 9. Subsistemas pertenecientes al Sistema Urbano-Rural Policéntrico para la ZMPT.....	50
Figura 10. Etapas de la construcción de la agenda climática del Estado de Tlaxcala.....	86
Figura 11. Temáticas consideradas en el desarrollo de la primera etapa de la agenda climática del Estado de Tlaxcala.....	87
Figura 12. Criterios de atención a los efectos del cambio climático en el Estado de Tlaxcala.....	98
Figura 13. Agenda climática del Estado de Tlaxcala.....	102
Figura 14. Tendencia de incremento de temperatura a escala global.....	117
Figura 15. Tendencia de la precipitación total anual en el estado (5a) y distribución territorial de la tendencia decadal (5b), período 1940-2022.....	114
Figura 16. Flujos de energía.....	145
Figura 17. Diagrama Sankey del Balance Energético Estatal 2021 expresado en petajoules (PJ).....	146
Figura 18. Calificación del grado de incertidumbre del inventario.....	164
Figura 19. Demanda de energéticos en Tlaxcala (19a) Demanda histórica de gas natural en m ³ (19b) Demanda de gas LP en litros proyectada en Tlaxcala.....	166
Figura 20. PIB Tlaxcala (Variación porcentual anual).....	166
Figura 21. Árbol taxonómico de las especies de plantas vasculares con registros en el estado.....	195
Figura 22. Árbol taxonómico de las especies de vertebrados terrestres con registros en el estado.....	196
Figura 23. Árbol taxonómico de las especies de insectos con registros en el estado.....	197

Figura 24. Árbol taxonómico de las especies de hongos con registros en el estado.....	198
Figura 25. Proporción de especies de los diferentes grupos por clase de vulnerabilidad, modelo de circulación general, horizonte temporal y trayectoria socioeconómica compartida.....	214
Figura 26. Hidrología superficial.....	237
Figura 27. Esquema conceptual de modelo de Rendimiento Hídrico.....	249
Figura 28. Objetivos del Desarrollo Sostenible.....	291
Figura 29. Indicador de pobreza en México.....	296
Figura 30. Medición de pobreza en el Estado de Tlaxcala 2020.....	297

Listado de gráficas

Gráfica 1. Clima promedio del Estado de Tlaxcala.....	19
Gráfica 2. Temperatura máxima y mínima promedio en el Estado de Tlaxcala.....	20
Gráfica 3. Temperatura promedio por hora en el Estado de Tlaxcala.....	21
Gráfica 4. Probabilidad diaria de precipitación en el Estado de Tlaxcalaa.....	22
Gráfica 5. Disposición de RSU en rellenos sanitarios del Estado de Tlaxcala (2022).....	31
Gráfica 6. Pirámide poblacional total en el Estado de Tlaxcala.....	33
Gráfica 7. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en el Estado de Tlaxcala.....	33
Gráfica 8. Niveles de escolaridad de la población de 15 años y más en el Estado de Tlaxcala.....	34
Gráfica 9. Distribución de viviendas particulares habitadas según número de cuartos en 2010 y 2020 del Estado de Tlaxcala.....	35
Gráfica 10. Población económicamente activa en el Estado de Tlaxcala.....	35
Gráfica 11. Tasa de desempleo en el Estado de Tlaxcala.....	36
Gráfica 12. Distribución de la fuerza laboral total por ocupaciones en el Estado de Tlaxcala.....	36
Gráfica 13. Unidades económicas por sector económico en el Estado de Tlaxcala.....	37
Gráfica 14. Problemáticas que enfrentan las unidades económicas por sector económico en el Estado de Tlaxcala.....	37
Gráfica 15. Registro histórico de la poblacional desagregada por sexo que reside en la ZMPT.....	43
Gráfica 16. Climatología media mensual para el Estado de Tlaxcala para el período 1970-2000.....	98
Gráfica 17. Comparativa de la climatología media mensual para el Estado de Tlaxcala para el período	

1970-2000.....	99
Gráfica 18. Temperatura máxima media mensual (18a) y temperatura mínima media mensual (18b) para el Estado de Tlaxcala.....	101
Gráfica 19. serie histórica de la temperatura media (1940-2023) para los 60 municipios del estado de Tlaxcal, acompañado por sus valores extremos determinados dentro de su función de distribución para el percentil 05 (mínimo), percentil 95 (máximo).....	105
Gráfica 20. Serie de tiempo para los valores mínimos anuales para los 60 municipios incluyendo sus valores extremos mínimos y máximos.....	106
Gráfica 21. Temperatura máxima media anual para cada uno de los 60 municipios incorporando sus valores extremos dentro de su distribución en los percentiles 05 y 95.....	106
Gráfica 22. Tasa histórica de cambio decadal de temperatura anual (%), incluyendo sus umbrales mínimos y máximos.....	107
Gráfica 23. Precipitación media anual por municipio en el periodo 1940-2023 incluyendo sus valores Máximos y mínimos determinados a partir de su función de distribución correspondiente a los percentiles 05 y 95 respectivamente.....	109
Gráfica 24. Tasa de cambio decadal histórico en precipitación anual (%) para los 60 municipios de estado de Tlaxcala.....	109
Gráfica 25. Temperatura media anual para el Estado de Tlaxcala 1940-2022.....	111
Gráfica 26. Anomalía de temperatura media anual para el Estado de Tlaxcala.....	111
Gráfica 27. Serie anual de anomalía de temperatura máxima (27.a) y serie anual de anomalía de temperatura mínima (27.b).....	112
Gráfica 28. Cambio proyectado en la temperatura media mensual (°C) y precipitación mensual (mm) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.....	116
Gráfica 29. Serie anual de anomalía de temperatura que incluye el periodo histórico (1950-2020) a partir de datos ERA5 con el cambio en temperatura media anual (°C) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.....	116
Gráfica 30. Serie anual de anomalía de precipitación que incluye el periodo histórico (1950-2020) a partir de datos ERA5 con el cambio en precipitación acumulada anual (%) para el Estado de Tlaxcala, con respecto al periodo de referencia 1970-2000.....	117
Gráfica 31. Escenarios climáticos para Precipitación media incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060), además de sus valores extremos Percentil 05 y 95 respectivamente.....	120
Gráfica 32. Escenarios climáticos para temperatura media incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	120
Gráfica 33. Escenarios climáticos para temperatura mínima incorporando los escenarios ssp245 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	121
Gráfica 34. Escenarios climáticos para temperatura máxima incorporando los escenarios ssp245 para	

los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	121
Gráfica 35. Escenarios climáticos para Precipitación media incorporando los escenarios ssp585 para Los periodos (2021-2040) y (2041-2060), además de sus valores extremos Percentil 05 y 95 respectivamente.....	122
Gráfica 36. Escenarios climáticos para temperatura media incorporando los escenarios ssp585 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	122
Gráfica 37. Escenarios climáticos para temperatura mínima incorporando los escenarios ssp585 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	123
Gráfica 38. Escenarios climáticos para temperatura máxima incorporando los escenarios ssp585 para los periodos (2021-2040) y (2041-2060).....	123
Gráfica 39. Tasa de cambio/10 años (tendencia) para precipitación con los escenarios ssp245 y ssp585 para el periodo completo (2021-2060).....	124
Gráfica 40. Tasa de cambio/10 años (tendencia) para Temperatura media con los escenarios ssp245 y ssp585 para el periodo completo (2021-2060).....	124
Gráfica 41. Índices climáticos anuales correspondientes a temperaturas extremas (41a) y días en que se rebasan umbrales de temperatura (41b), para el período 1965-2020.....	126
Gráfica 42. Índices climáticos anuales correspondientes a precipitación (42a) y días consecutivos en que se rebasan umbrales (42b), para el período 1965-2020.....	127
Gráfica 43. Producción de energía primaria 2021.....	140
Gráfica 44. Generación de energía autorizada de permisionarios (PJ), 2021.....	141
Gráfica 45. Estructura porcentual del Consumo Final Energético, 2021.....	141
Gráfica 46. Contribución por subcategorías de emisiones de CO ₂ eq en Tlaxcala 2022.....	145
Gráfica 47. Emisiones de CO ₂ eq en Gg por municipios en Tlaxcala 2022.....	147
Gráfica 48. Distribución de emisión de CO ₂ eq por combustible en el sector de Industrias de Manufactura 2022.....	153
Gráfica 49. Contribución de GyCEI por sectores de la industria manufacturera.....	153
Gráfica 50. Parque vehicular por municipio en el Estado de Tlaxcala.....	158
Gráfica 51. Emisiones de CO ₂ eq por fuentes móviles.....	176
Gráfica 52. Emisiones de CO ₂ eq por fuentes domésticas.....	177
Gráfica 53. Emisiones de CO ₂ eq por fuentes domésticas.....	177
Gráfica 54. Comportamiento histórico de emisiones de GyCEI en el Estado de Tlaxcala.....	177
Gráfica 55. Proyección de emisiones de CO ₂ eq en el Estado de Tlaxcala para el año 2030.....	178
Gráfica 56. Proyección de emisiones de CO ₂ eq en el Estado de Tlaxcala para el año 2050.....	178

Gráfica 57. Número de especies seleccionadas por grupo.....	187
Gráfica 58. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de abejas por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	204
Gráfica 59. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de agaves por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	206
Gráfica 60. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de hongos por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	209
Gráfica 61. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de interés por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	211
Gráfica 62. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de murciélagos por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	213
Gráfica 63. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies de polillas por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	216
Gráfica 64. Distribución de los valores de cambio de rango de las especies en riesgo-prioritarias por Trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	217
Gráfica 65. Distribución de los valores de cambio de rango de las subespecies por trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	219
Gráfica 66. Uso del agua por sector a nivel estatal y nacional.....	233
Gráfica 67. Requerimientos de agua actuales y futuros para el sector urbano y doméstico.....	235
Gráfica 68. Superficie total (ha) afectada por incendios para el periodo 1970 a 2022.....	251
Gráfica 69. Evolución y el porcentaje de área del Estado afectado con una o varias categorías de sequía.....	267
Gráfica 70. Temperatura máxima extrema (TXx) por año en el Estado de Tlaxcala.....	270
Gráfica 71. Temperatura máxima extrema (TXx) por mes en el Estado de Tlaxcala.....	271
Gráfica 72. Número de días de heladas (FD0).....	272
Gráfica 73. Número de días secos consecutivos (CDD).....	273
Gráfica 74. Producto interno Bruto del Estado de Tlaxcala (Valor porcentual).....	281
Gráfica 75. Frecuencia de eventos que se han presentado en el Estado de Tlaxcala.....	292
Gráfica 76. Frecuencia de mención de los sectores ambientales que consideran importante proteger.....	293
Gráfica 77. Frecuencia de mención de riesgos identificados por municipio.....	293
Gráfica 78. Priorización de medidas: Eje Estratégico 1, Regulación, control y reducción de GyCEI en el Estado de Tlaxcala.....	407

Gráfica 79. Priorización de medidas Estratégico 2 Gestión de la energía.....	407
Gráfica 80. Priorización de medidas: Eje 3 Preservación de los sumideros naturales de carbono.....	408
Gráfica 81. Priorización de medidas: Eje 4. Fortalecimiento de la resiliencia natural y humana para reducir la vulnerabilidad.....	408
Gráfica 82. Priorización de medidas: Eje 5. Gestión sostenible del agua.....	409
Gráfica 83. Priorización de medidas: Eje 6. Fortalecimiento de políticas públicas e instrumentos jurídicos.....	409

Listado de mapas

Mapa 1. Localización del Estado de Tlaxcala.....	13
Mapa 2. Orografía del Estado de Tlaxcala.....	14
Mapa 3. Geología del Estado de Tlaxcala.....	16
Mapa 4. Grupo dominante de suelo en el Estado de Tlaxcala.....	16
Mapa 5. Climas del Estado de Tlaxcala.....	19
Mapa 6. Temperatura media del Estado de Tlaxcala.....	20
Mapa 7. Precipitación media anual para el Estado de Tlaxcala.....	21
Mapa 8. Corrientes y cuerpos de agua del Estado de Tlaxcala.....	22
Mapa 9. Regiones, cuencas y subcuenca hidrológicas.....	24
Mapa 10. Vegetación y agricultura en el Estado de Tlaxcala.....	26
Mapa 11. Áreas naturales protegidas de competencia municipal y Estatal.....	27
Mapa 12. Áreas naturales protegidas de competencia Federal.....	27
Mapa 13. Uso potencial agrícola en el Estado de Tlaxcala.....	28
Mapa 14. Uso potencial pecuario en el Estado de Tlaxcala.....	29
Mapa 15. Distribución de la población total por municipio en el Estado de Tlaxcala.....	32
Mapa 16. Distribución de la población total analfabeta por municipio en el Estado de Tlaxcala.....	34
Mapa 17. Regiones del Estado de Tlaxcala de acuerdo con las Unidades Territoriales Estratégicas (UTE).....	38
Mapa 18. Municipios que pertenecen a la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala.....	43
Mapa 19. Sistema Urbano-Rural Policéntrico propuesto para la ZMPT.....	45

Mapa 20. 20a) corresponde al despliegue espacial de las estaciones utilizadas para el análisis climático De la variable de precipitación; 20b) corresponde a la ubicación y temporalidad de las estaciones utilizadas para el análisis de temperatura.....	98
Mapa 21. Temperatura media anual a 2m sobre la superficie terrestre (21a) y mapa de relieve (21b).....	100
Mapa 22. Mapa 22a muestra la temperatura mínima anual, Mapa 22b muestra la temperatura máxima anual.....	101
Mapa 23. Temperatura media estacional a 2m sobre la superficie del terreno para: 23.a primavera; 23.b verano; 23.c otoño, y 23.d invierno.....	102
Mapa 24. Temperatura mínima extrema Q05 para: 24.a primavera, 24.b verano, 24.c, otoño y 24.d Inviero.....	103
Mapa 25. Temperatura máxima extrema Q95 para: 25.a primavera, 25.b verano, 25.c, otoño y 25.d Inviero.....	104
Mapa 26. Precipitación acumulada anual promedio para el período 1940-2022.....	108
Mapa 27. Lluvia acumulada desagregada estacional para el Estado de Tlaxcala: 27.a lluvia acumulada durante la primavera; 27.b lluvia acumulada durante el verano; 27.c lluvia estacional durante el otoño y 27.d lluvia acumulada estacional para el invierno.....	108
Mapa 28. Tendencia decadal de la temperatura media anual de la BD Era5 y valores en las estaciones de CLICOM, período 1940-2022.....	113
Mapa 29. Tendencia decadal de la temperatura máxima (29a) y de la temperatura mínima (29b), período 1940-2022.....	113
Mapa 30. Escenarios de cambio climático de temperatura media anual considerando la SSP2-4.5 (30.a) y SSP5-8.5 (30.b) para el período 2021-2040.....	118
Mapa 31. Escenarios de cambio climático de precipitación considerando la SSP2-4.5 (31.a) y SSP5-8.5 (31.b) para el período 2021-2040.....	118
Mapa 32. Escenarios de cambio climático de temperatura media anual considerando la SSP2-4.5 (32.a) y SSP5-8.5 (32.b) para el período 2041-2060.....	119
Mapa 33. Escenarios de cambio climático de precipitación considerando la SSP2-4.5 (33.a) y SSP5-8.5 (33.b) para el período 2041-2060.....	119
Mapa 34. Tendencia decadal de la temperatura media anual (0C/década) para SSP 2-4.5 (34.a) y SSP 5-8.5 (34.b), para el período 2021-2100.....	125
Mapa 35. Tendencia decadal de la precipitación (%/década) total anual para la SSP 2-4.5 (35.a) y SSP 5-8.5 (35.b), para el período 2021-2100.....	125
Mapa 36. Emisiones totales por municipio en Gg de CO ₂ eq, 2022.....	148
Mapa 37. Mapa de riqueza actual de especies de abejas.....	189

Mapa 38. Mapa de riqueza actual de especies de agaves.....	190
Mapa 39. Mapa de riqueza actual de especies de hongos.....	190
Mapa 40. Mapa de riqueza actual de especies de interés.....	191
Mapa 41. Mapa de riqueza actual de especies de murciélagos.....	191
Mapa 42. Mapa de riqueza actual de especies de polillas.....	192
Mapa 43. Mapa de riqueza actual de especies en riesgo o prioritarias.....	192
Mapa 44. Mapa de riqueza actual de subespecies.....	193
Mapa 45. Mapas de riqueza de especies de abejas a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	193
Mapa 46. Mapas de riqueza de especies de agaves a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	194
Mapa 47. Mapas de riqueza de especies de hongos a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	194
Mapa 48. Mapas de riqueza de especies de interés a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	195
Mapa 49. Mapas de riqueza de especies de murciélagos a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	195
Mapa 50. Mapas de riqueza de especies de polillas a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	196
Mapa 51. Mapas de riqueza de especies en riesgo o prioritarias a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	196
Mapa 52. Mapas de riqueza de subespecies a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	197
Mapa 53. Mapas de ganancia de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	198
Mapa 54. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático; la rampa de color indica el número de especies.....	198
Mapa 55. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	201
Mapa 56. Hot-spots de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies con vulnerabilidad alta.....	202
Mapa 57. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de abejas con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	205
Mapa 58. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de agaves con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	207

Mapa 59. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de hongos con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	210
Mapa 60. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de interés con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	212
Mapa 61. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies de murciélagos con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	214
Mapa 62. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las especies riesgo-prioritarias con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	218
Mapa 63. Mapas de pérdida de idoneidad climática a futuro por proyección de cambio climático para las subespecies con vulnerabilidad alta; la rampa de color indica el número de especies.....	220
Mapa 64. Grado de permeabilidad de unidades geohidrológicas	228
Mapa 65. Regionalización hidrológica de aguas superficiales (Regiones hidrológicas y cuencas).....	229
Mapa 66. Disponibilidad de agua subterránea en acuíferos del Estado de Tlaxcala.....	232
Mapa 67. Aprovechamiento de agua concesionados según fuente.....	232
Mapa 68. Rendimiento hídrico anual actual.....	238
Mapa 69. Rendimiento hídrico anual actual en microcuencas.....	239
Mapa 70. Cambio de rendimiento hídrico entre la situación actual y el año 2060 de acuerdo con escenarios de cambio climático.....	242
Mapa 71. Tipos de Vegetación en Tlaxcala.....	244
Mapa 72. Plantaciones de árboles de navidad.....	248
Mapa 73. Zonas de riesgo de presencia de descortezadores.....	253
Mapa 74. Evaluación del riesgo de presencia de plantas parásitas.....	254
Mapa 75. Grados de erosión en el Estado de Tlaxcala.....	256
Mapa 76. Ganancia de idoneidad para descortezador.....	262
Mapa 77. Frontera agrícola del Estado de Tlaxcala.....	264
Mapa 78. Número de días con heladas (FDO).....	272
Mapa 79. Número de días secos consecutivos (CDD).....	273
Mapa 80. Porcentaje de población en situación de pobreza en los municipios de Tlaxcala, 2020.....	286
Mapa 81. Porcentaje de población en situación de pobreza extrema en los municipios de Tlaxcala, 2020.....	287

Mapa 82. Índice de Vulnerabilidad al cambio climático por municipio..... 290

Listado de tablas

Tabla 1. Principales riesgos del Estado de Tlaxcala.....	14
Tabla 2. Tipos de suelo en Tlaxcala, México.....	17
Tabla 3. Distribución porcentual del uso de suelo en el Estado de Tlaxcala.....	25
Tabla 4. Unidades Territoriales Estratégicas (UTE) del Estado de Tlaxcala.....	38
Tabla 5. Población total y Tasa de Crecimiento Medio Anual en la ZMPT, 1970-2020.....	42
Tabla 6. Municipios que integran la ZMPT.....	43
Tabla 7. Instrumentos internacionales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala 2023 – 2030.....	49
Tabla 8. Ordenamientos legales vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030.....	54
Tabla 9. Instrumentos de planeación vinculados al Programa de Acción ante el Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala 2023-2030.....	71
Tabla 10. Listado de las estaciones del Estado de Tlaxcala consideradas para el análisis climático en función de su temporalidad, consistencia de datos y control de calidad.....	97
Tabla 11. Municipios del estado de Tlaxcala.....	104
Tabla 12. Múltiplos del Joule (J).....	129
Tabla 13. Poder Calorífico Neto de los energéticos considerados en el estudio.....	129
Tabla 14. Procesos y subprocessos por los que atraviesa la energía.....	134
Tabla 15. Balance Energético Estatal 2021-Energía Primaria expresado en petajoules (PJ).....	139
Tabla 16. Balance Energético Estatal 2021-Energía Secundaria expresado en petajoules (PJ).....	139
Tabla 17. Emisiones de CO ₂ eq (Gg/año) en el Estado de Tlaxcala, año base 2022.....	144
Tabla 18. Emisiones totales por municipio en Gg CO ₂ eq, 2022.....	145
Tabla 19. Municipios que en conjunto generan el 80% de las emisiones de GEI totales del Estado de Tlaxcala. Listado de mayor a menor.....	148
Tabla 20. Claves y categorías del IPCC.....	149

Tabla 21. Sistema de Información Energética Instituto Mexicano del Petróleo.....	150
Tabla 22. Consumo de combustibles por empresas de competencia federal.....	151
Tabla 23. Emisión de T CO ₂ eq 2022 por tipo de combustible.....	152
Tabla 24. Conceptos de Análisis de Incertidumbre.....	154
Tabla 25. Análisis de Incertidumbre para la industria de la Manufactura.....	154
Tabla 26. Lista de verificación de las categorías de fuente.....	155
Tabla 27. Comparación de consumo de combustible.....	155
Tabla 28. Consumo de combustible por fuentes móviles en Tlaxcala durante 2022.....	158
Tabla 29. Totales por Transporte 2022.....	160
Tabla 30. Análisis de incertidumbre para el sector transporte 2022.....	160
Tabla 31. Categorías y subcategorías del sector transporte.....	161
Tabla 32. Datos de actividad utilizados para determinar el consumo de combustibles.....	163
Tabla 33. Tipos de combustible usados por la categoría residencial y comercial.....	163
Tabla 34. Factores para la determinación de consumo de energía.....	163
Tabla 35. Municipios con mayor consumo de leña para uso doméstico.....	164
Tabla 36. Municipios con mayor consumo de gas LP para uso doméstico.....	164
Tabla 37. Proporción de uso de leña y gas LP por municipio.....	165
Tabla 38. Emisiones de CO ₂ eq por consumo doméstico de gas LP por municipio.....	166
Tabla 39. Emisiones de CO ₂ eq de los municipios con mayor consumo de leña para uso doméstico.....	167
Tabla 40. Análisis de incertidumbre para el sector residencial y comercial en el Estado de Tlaxcala 2022.....	167
Tabla 41. Procesos que involucra la categoría de AFOLU.....	169
Tabla 42. Total de Emisiones Entéricas (CH ₄ como CO ₂ eq).....	169
Tabla 43. Total de Emisiones por agricultura e incendios (Gg CO ₂ eq).....	170

Tabla 44. Tasas de descomposición de residuos.....	171
Tabla 45. Emisiones de CO ₂ eq por descomposición en Rellenos Sanitarios por municipio.....	171
Tabla 46. Usos de suelo en el Estado de Tlaxcala en Km ²	172
Tabla 47. Proyección de Uso de Suelo en Tlaxcala (ha).....	172
Tabla 48. Variación y factores de emisión utilizados.....	172
Tabla 49. Emisiones de CO ₂ eq por cambio de uso de suelo.....	172
Tabla 50. Emisiones de CO ₂ eq por Carbono Negro en fuentes domésticas por municipio.....	174
Tabla 51. Comparación de emisiones de CO ₂ eq 2009-2022.....	176
Tabla 52. Categorías de riesgo de acuerdo con la NOM-059 y la lista roja de la IUCN.....	182
Tabla 53. Número de especies de plantas vasculares por clase.....	182
Tabla 54. Número de especies de plantas vasculares bajo alguna categoría de riesgo por clase.....	183
Tabla 55. Número de especies de vertebrados terrestres por clase.....	184
Tabla 56. Número de especies de vertebrados terrestres bajo alguna categoría de riesgo por clase.....	184
Tabla 57. Número de especies de hongos por clase.....	186
Tabla 58. Número de especies de hongos bajo alguna categoría de riesgo por clase.....	186
Tabla 59. Número de especies por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	201
Tabla 60. Número de especies de abejas por clase de vulnerabilidad, trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	203
Tabla 61. Número de especies de agaves por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	206
Tabla 62. Número de especies de hongos por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	209
Tabla 63. Número de especies de interés por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	210
Tabla 64. Número de especies de murciélagos por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	213

Tabla 65. Número de especies de polillas por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	215
Tabla 66. Número de especies en riesgo-prioritarias por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	216
Tabla 67. Número de subespecies de agaves por clase de vulnerabilidad y trayectoria de concentración representativa (SPP), horizonte temporal (HT) y modelo general de circulación.....	218
Tabla 68. Principales características físicas e hidráulicas de las presas del estado de Tlaxcala.....	224
Tabla 69. Regionalización hidrológica del Estado de Tlaxcala.....	230
Tabla 70. Disponibilidad media anual de agua subterránea de los acuíferos del Estado de Tlaxcala.....	230
Tabla 71. Valores de los parámetros utilizados para determinar la disponibilidad media anual de agua subterránea.....	231
Tabla 72. Proyecciones de disponibilidad de agua en acuíferos (hm ³).....	231
Tabla 73. Volumen de aguas subterráneas y superficiales concesionadas según tipo de uso del Estado de Tlaxcala.....	233
Tabla 74. Volumen estimado de demanda de agua para el año 2060 según tipo de uso.....	236
Tabla 75. Superficie de usos del suelo proyectadas.....	240
Tabla 76. Matriz de cambios de uso de suelo en el período 2005-2018.....	240
Tabla 77. Producción Forestal 2018. Maderable Volumen y Valor por género y grupo de productos.....	247
Tabla 78. Número de Incendios y superficie afectada (ha) del periodo 2015-2022.....	251
Tabla 79. Superficie afectada (ha) por plagas y enfermedades forestales de 2010 a 2021 en el Estado de Tlaxcala.....	252
Tabla 80. Superficie relativa afectada (%) por erosión hídrica en el Estado de Tlaxcala.....	255
Tabla 81. Trayectorias Socioeconómicas utilizadas para el análisis.....	257
Tabla 82. Anomalía de la temperatura media en °C para los municipios de importancia forestal, SSP245.....	257
Tabla 83. Anomalía de la temperatura media en °C para los municipios de importancia forestal, SSP585.....	258

Tabla 84. Porcentaje de disminución de precipitación anual en los municipios de importancia forestal, Trayectoria Socioeconómica SSP245.....	259
Tabla 85. Porcentaje de disminución de precipitación anual en los municipios de importancia forestal, Trayectoria Socioeconómica SSP585.....	261
Tabla 86. Superficie sembrada y superficie cosechada por ciclo agrícola.....	263
Tabla 87. Superficie sembrada y cosechada en el Estado de Tlaxcala, 2022.....	265
Tabla 88. Superficie sembrada y cosechada en el Estado de Tlaxcala, 2022.....	265
Tabla 89. Superficie (ha) siniestrada de los principales cultivos en el Estado.....	268
Tabla 90. Principales cultivos y las proyecciones ante la variabilidad climática.....	269
Tabla 91. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de maíz.....	276
Tabla 92. Requerimientos óptimos del cultivo de maíz y la Trayectoria Socioeconómica SSP585.....	276
Tabla 93. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de trigo.....	277
Tabla 94. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de cebada.....	277
Tabla 95. Requerimientos óptimos por fase fenológica del cultivo de durazno.....	278
Tabla 96. Indicador Trimestral de Actividad Económica del Estado de Tlaxcala.....	282
Tabla 97. Municipios de Tlaxcala con mayor porcentaje y número de personas en situación de pobreza, 2020.....	286
Tabla 98. Municipios de Tlaxcala con mayor porcentaje y número de personas en.....	287
Tabla 99. Variables empleadas en los componentes del Índice de Vulnerabilidad.....	289
Tabla 100. Índice de Vulnerabilidad por municipio.....	291
Tabla 101. Análisis de resultados del grado de vulnerabilidad Vs Talleres presenciales.....	294
Tabla 102. Resumen de ejes estratégicos, medidas y líneas de acción.....	309

Listado de imágenes

Imagen 1. Primer taller de diagnóstico con sede en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.....	88
Imagen 2. Segundo taller de diagnóstico con sede en la Universidad Técnologica de Tlaxcala, Huamantla.....	89
Imagen 3. Tercer taller de diagnóstico con sede en Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162, Nanacamilpa.....	90
Imagen 4. Primer taller de validación de medidas con sede en la Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala.....	92
Imagen 5. Segundo taller de validación de medidas con sede en la Universidad Técnologica de Tlaxcala, Huamantla.....	93
Imagen 6. Tercer taller de validación de medidas con sede en Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N. 162, Nanacamilpa.....	94
Imagen 7. Taller realizado en la Universidad de Tlaxcala.....	406

Bibliografía

Caracterización de la zona de estudio

- *Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala* (PEACC Tlaxcala). 2014. Gobierno del Estado de Tlaxcala.
- *Programa Estatal de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano, Tlaxcala*. 2021. Gobierno del Estado de Tlaxcala.
- Programa Metropolitano de Puebla-Tlaxcala, 2023. Gobierno del Estado de Tlaxcala.
- *Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala*. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Estructura económica de Tlaxcala, en síntesis*. 2016. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Censo del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL)*. 2020.
- *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE)*. 2022.

- *Censos económicos 2019.* Tlaxcala. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Aspectos geográficos Tlaxcala.* 2021. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Censo de población y vivienda.* 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Síntesis geográfica de Tlaxcala.* 2020. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).
- *Atlas de riesgo del Estado de Tlaxcala.* 2006. Gobierno del Estado de Tlaxcala.
- *Municipios vulnerables al cambio climático con base en los resultados del atlas nacional de vulnerabilidad al cambio climático (ANVCC).* 2021. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Flores, S. (2016). *Vulnerabilidad social y cambios ambientales en la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala.* 21° Encuentro Nacional sobre Desarrollo Regional en México AMECIDER.
- Concepción, M. (2017). *Ocupación social del espacio en el Estado de Tlaxcala, México, 1980-2017.* Revista de Urbanismo N°37.
- Ramon, J. (2020). *Expansión urbana irregular, cambio de uso del suelo y deterioro ambiental en la periferia norte de la Zona Metropolitana Puebla-Tlaxcala: el caso del Parque Nacional La Malinche.* Cuadernos de geografía: Revista Colombiana de Geografía.
- Espejel, A. (2004). *El índice de deterioro ambiental en los municipios de Tlaxcala: una propuesta metodológica.* Gaceta ecológica.
- Sosa, P. (2018). *Evaluación del impacto del cambio climático en bosques de abies religiosa (kunth) schltdl. et cham. en el Estado de Tlaxcala.* Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Neria, M. (2018). *Escenarios climáticos y evaluación del riesgo del cultivo de maíz de temporal frente a eventos extremos: Tlaxcala, México.* Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Velasco, E. (2006). *La ciudad de Tlaxcala y su zona conurbada.* Editorial Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- IPCC, 2023: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

Marco legal

- Declaración Universal de los Derechos Humanos. <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
- Pacto Internacional de los Derechos Civiles y Políticos. <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-civil-and-political-rights>
- Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-economic-social-and-cultural-rights>
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- La Nueva Agenda Urbana. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Convención de Ramsar. <https://ramsar.org/es>
- Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratado/protocolo-kyoto-la-convencion-marco-cambio-climatico>
- Acuerdo de París. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20es,4%20de%20noviembre%20de%202016>
- Acuerdo de Escazú. <https://www.un.org/es/climatechange/articles/acuerdo-escazu-derechos-defensores-medio-ambiente>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>
- Ley de Planeación. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPlan.pdf>
- Ley General de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU_010621.pdf
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janum/Documentos/Ciga/agenda/DOFs/148.pdf>
- Ley General de Cambio Climático. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
- Ley de Transición Energética. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- Ley General De Desarrollo Forestal Sustentable. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS.pdf>
- Ley de Vivienda. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LViv_140519.pdf
- Ley de Aguas Nacionales. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lan.htm>
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/27266/Ley_General_de_Residuos.pdf

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LOAPF.pdf>
- Ley General de Protección Civil. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/593503/LGPC_061120.pdf
- Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala.
<https://si.tlaxcala.gob.mx/images/MN/CONSTITUCION%20POLITICA%20DEL%20ESTADO%20LIBRE%20Y%20SOBERANO%20DE%20TLAXCALA.pdf>
- Ley de Asentamientos Humanos, Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano del Estado de Tlaxcala.
http://legismex.mty.itesm.mx/estados/ley-tlax/TLA-L-AsenHumOrdTerrDesUrb2018_09.pdf
- Ley de Protección al Medio Ambiente y el Desarrollo Sostenible del Estado de Tlaxcala.
<https://congresodetlaxcala.gob.mx/wp-content/uploads/2021/09/01-03-22-Se-expide-la-Ley-de-Protecci%C3%B3n-al-Medio-Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible-de-Tlaxcala.pdf>
- Ley de Cambio Climático para el Estado de Tlaxcala. <https://periodico.tlaxcala.gob.mx/indices/Ex21042023.pdf>
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado de Tlaxcala.
<https://www.ofstlaxcala.gob.mx/doc/Legislacion/locales/leyes/LEY%20DE%20DESARROLLO%20FORESTAL%20SUSTENTABLE%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20TLAXCALA.pdf>
- Ley de Aguas para el Estado de Tlaxcala.
<https://ofstlaxcala.gob.mx/doc/Legislacion/locales/leyes/LEY%20DE%20AGUAS%20PARA%20EL%20ESTADO%20DE%20TLAXCALA.pdf>
- Ley de Residuos del Estado de Tlaxcala. <https://congresodetlaxcala.gob.mx/wp-content/uploads/2023/06/D.233.-SE-EXPIDE-LA-LEY-DE-RESIDUOS-PARA-EL-ESTADO-DE-TLAXCALA.30052023.pdf>
- Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Tlaxcala.
https://si.tlaxcala.gob.mx/images/pnt2021/Ley_Organica_de_la_Administracion_Publica_del_Estado_de_Tlaxcala.pdf
- Ley de Protección Civil para el Estado de Tlaxcala.
https://congresodetlaxcala.gob.mx/archivo/leyes2020/pdf/60_Ley_de_protecci.pdf#:~:text=La%20presente%20Ley%20es%20de%20orden%20p%C3%A1blico%2C%20inter%C3%A9s,cultura%20de%20la%20protecci%C3%B3n%20civil%20en%20el%20Estado.
- Ley de Turismo del Estado de Tlaxcala.
<https://sfp.tlaxcala.gob.mx/pdf/normateca/ley%20de%20turismo%20para%20el%20estado%20de%20tlaxcala.pdf>
- Plan Nacional de Desarrollo. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/487316/PND_2019-2024.pdf
- Estrategia Nacional de Cambio Climático visión 10-20-40.
<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/41978/Estrategia-Nacional-Cambio-Climatico-2013.pdf>
- Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024. <https://www.gob.mx/semar/normatividad/programa-especial-de-cambio-climatico-2021-2024>
- Programa Nacional de Ordenamiento Territorial y Desarrollo Urbano.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/643102/PNOTDU_VERSION_FINAL_28.05.2021-comprimido.pdf
- Programa Nacional de Vivienda <https://www.gob.mx/sedatu/documentos/programa-nacional-de-vivienda-2021-2024>

- Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos 2022-2024.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673264&fecha=05/12/2022
- Programa de Ordenamiento Ecológico General del Territorio.
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5267334&fecha=07/09/2012
- Política Nacional de Suelo
<http://insus.gob.mx/archivos/PSN/Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de%20Suelo.pdf>
- Atlas Nacional de Riesgos. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>
- Programa Nacional de Protección Civil 2022-2024.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673256&fecha=05/12/2022
- Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2021 González Terrazas D., Vermonden Thibodeau A., Gress Carrasco F., Municipios Vulnerables al Cambio Climático con base en los resultados del Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático. pp.60
<https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/>
- Plan Estatal de Desarrollo Tlaxcala. <https://cgpi.tlaxcala.gob.mx/index.php/planea/ped-21-27>
- Ordenamiento Ecológico del Estado de Tlaxcala. <https://www.semarnat.gob.mx/gobmx/ordenamiento.html>
- Atlas Estatal de Riesgo del Estado de Tlaxcala.
http://rmgir.proyectomesoamerica.org/PDFAtlasEstatales/TLAXCALA_2006.pdf
- Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático. Estado de Tlaxcala.https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/170321/2014_tlx_peacc.pdf

Analisis histórico del clima y escenarios climáticos

- Altamirano del Carmen, M. A., Estrada, F., y Gay-García, C. (2021). A new method for assessing the performance of general circulation models based on their ability to simulate the response to observed forcing. *Journal of Climate*, 34(13), 5385-5402.
- Estrada-Porrúa F., J. Zavala H., A. Martínez A., G. Raga, C. Gay-García. (2023). Estado y perspectivas del cambio climático en México: un punto de partida. Programa de Investigación en Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma de México.
- INECC. (2022). López-Díaz F., Nava Assad Y.S., Rojas Barajas M, González Terrazas D.I. Guía de Escenarios de Cambio Climático para Tomadores de Decisiones. pp 65
- INEGI. 2023. Mapa de relieve del Estado de Tlaxcala. Consultado el 16-OCT-2023. Recuperado de <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=29>
- Joyce, L. A., y Coulson, D. (2020). Climate scenarios and projections: A technical document supporting the USDA Forest Service 2020 RPA Assessment. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-413. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 85 p. doi: 10.2737/RMRS-GTR-413., 413.
- Lobato-Sánchez, R., M.A. Altamirano, 2017; Detección de la tendencia local del cambio de la temperatura en México (Local tendency detection of temperature change in Mexico), Tecnología y

Ciencias del Agua, Vol. VIII, No. 6, noviembre-diciembre. ISSN: 0187-8336, eISSN: 2007-2422, DOI: 10.24850/j-tyca-2017-06-07

- Lutz, A. F., ter Maat, H. W., Biemans, H., Shrestha, A. B., Wester, P., y Immerzeel, W. W. (2016). Selecting representative climate models for climate change impact studies: an advanced envelope-based selection approach. *International Journal of Climatology*, 36(12), 3988-4005.
- SEMARNAT-INECC. (2018). Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco sobre el Cambio Climático y Segundo Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Review on september 27, 2023. Available in: SEXTA COMUNICACIÓN NACIONAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO - Circunstancias Nacionales (cambioclimatico.gob.mx)

Agenda climática

- México ante el Cambio Climático. (2021). Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Review on noviembre 20, 2023. Available in: <https://cambioclimatico.gob.mx/convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO. (s.f.). La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Revisado el 30 de septiembre de 2023. Disponible en <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas.html>

Biodiversidad

- Adde, A., Rey, P. L., Fopp, F., Petitpierre, B., Schweiger, A. K., Broennimann, O., ... y Guisan, A. (2023). Too many candidates: Embedded covariate selection procedure for species distribution modelling with the covsel R package. *Ecological Informatics*, 75, 102080.
- Alhajeri, B. H., y Fourcade, Y. (2019). High correlation between species-level environmental data estimates extracted from IUCN expert range maps and from GBIF occurrence data. *Journal of Biogeography*, 46(7), 1329-1341.
- Allouche, O., Tsoar, A., y Kadmon, R. (2006). Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of applied ecology*, 43(6), 1223-1232.
- Alonso-Aguilar, L. E., Montoya, A., Kong, A., Estrada-Torres, A., y Garibay-Orijel, R. (2014). The cultural significance of wild mushrooms in San Mateo Huexoyucan, Tlaxcala, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10(1), 1-15.
- Álvarez-Duarte, M. D. C., García-Moya, E., Suárez-Espinosa, J., Luna-Cavazos, M., y Rodríguez-Acosta, M. (2018). Conocimiento tradicional, cultivo y aprovechamiento del maguey pulquero en los municipios de Puebla y Tlaxcala. *Polibotánica*, (45), 205-222.
- Álvarez-Ríos, G. D., Figueredo-Urbina, C. J., y Casas, A. (2020). Sistemas de manejo de maguey pulquero en México. *Etnobiología*, 18(2), 3-23.

- Amiri, M., Tarkesh, M., Jafari, R., y Jetschke, G. (2020). Bioclimatic variables from precipitation and temperature records vs. remote sensing-based bioclimatic variables: Which side can perform better in species distribution modeling?. *Ecological informatics*, 57, 101060.
- Araújo, M. B., Anderson, R. P., Márcia Barbosa, A., Beale, C. M., Dormann, C. F., Early, R., ... y Rahbek, C. (2019). Standards for distribution models in biodiversity assessments. *Science Advances*, 5(1), eaat4858.
- Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., de Arellano, F. R., & Vega, E. (2000b). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. I. Floral biology and pollination mechanisms. *American Journal of Botany*, 87(7), 1004-1010.
- Arizaga, S., Ezcurra, E., Peters, E., de Arellano, F. R., y Vega, E. (2000). Pollination ecology of *Agave macroacantha* (Agavaceae) in a Mexican tropical desert. II. The role of pollinators. *American Journal of Botany*, 87(7), 1011-1017.
- Austin, M. P. (1980). Searching for a model for use in vegetation analysis. *Vegetatio*, 42, 11-21.
- Barbet-Massin, M., Jiguet, F., Albert, C. H., y Thuiller, W. (2012). Selecting pseudo-absences for species distribution models: How, where and how many?. *Methods in ecology and evolution*, 3(2), 327-338.
- Barbet-Massin, M., Thuiller, W., y Jiguet, F. (2010). How much do we overestimate future local extinction rates when restricting the range of occurrence data in climate suitability models?. *Ecography*, 33(5), 878-886.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., ... y Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological modelling*, 222(11), 1810-1819.
- Beck, J., Böller, M., Erhardt, A., y Schwanghart, W. (2014). Spatial bias in the GBIF database and its effect on modeling species' geographic distributions. *Ecological Informatics*, 19, 10-15.
- Boyles, J. G., Cryan, P. M., McCracken, G. F., y Kunz, T. H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. *Science*, 332(6025), 41-42.
- Brun, P., Thuiller, W., Chauvier, Y., Pellissier, L., Wüest, R. O., Wang, Z., y Zimmermann, N. E. (2020). Model complexity affects species distribution projections under climate change. *Journal of Biogeography*, 47(1), 130-142.
- Bruno Soares, M., S. Gagnon, A., y M. Doherty, R. (2012). Conceptual elements of climate change vulnerability assessments: a review. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 4(1), 6-35.
- Caamal Caamal, L. G., Montoya, A., Trejo Hernández, L., y Castillo Guevara, C. (2017). Estado del arte relativo al conocimiento tradicional de los hongos silvestres en el Estado de Tlaxcala, México. *Mexican journal of biotechnology*, 2(1), 1-14.
- Chapman, A. D. (2005). Principles of Data Quality, version 1.0. Report for the Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen.
- Chefaoui, R. M., y Lobo, J. M. (2008). Assessing the effects of pseudo-absences on predictive distribution model performance. *Ecological modelling*, 210(4), 478-486.

- Colla, S. R., y Packer, L. (2008). Evidence for decline in eastern North American bumblebees (Hymenoptera: Apidae), with special focus on *Bombus affinis* Cresson. *Biodiversity and Conservation*, 17, 1379-1391.
- Colunga-GarcíaMarín, P., Zizumbo-Villarreal, D., y Martínez-Torres, J. (2007). Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a la protección legal y conservación de su diversidad biológica y cultural. En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves, 248(5).
- CONABIO. (2008). Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. (2009). Capital natural de México, vol. II : Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- CONABIO. (2012). Propuesta de lista de especies prioritarias para la conservación en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Dar, A. A., y Jamal, K. (2021). Moths as ecological indicators: A review. *Munis Entomol. Zool. J.*, 16, 830-836.
- Davis, S. C., Abatzoglou, J. T., y LeBauer, D. S. (2021). Expanded potential growing region and yield increase for *Agave americana* with future climate. *Agronomy*, 11(11), 2109.
- Della Rocca, F., y Milanesi, P. (2020). Combining climate, land use change and dispersal to predict the distribution of endangered species with limited vagility. *Journal of Biogeography*, 47(7), 1427-1438.
- Dinerstein, E., Olson, D., Joshi, A., Vynne, C., Burgess, N. D., Wikramanayake, E., ... y Saleem, M. (2017). An ecoregion-based approach to protecting half the terrestrial realm. *BioScience*, 67(6), 534-545.
- Dirnböck, T., Essl, F., y Rabitsch, W. (2011). Disproportional risk for habitat loss of high-altitude endemic species under climate change. *Global Change Biology*, 17(2), 990-996.
- Dormann, C. F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G., ... y Lautenbach, S. (2013). Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1), 27-46.
- Dormann, C. F., Schweiger, O., Arens, P., Augenstein, I., Aviron, S. T., Bailey, D., ... y Zobel, M. (2008). Prediction uncertainty of environmental change effects on temperate European biodiversity. *Ecology letters*, 11(3), 235-244.
- Dunford, R., Harrison, P. A., Jäger, J., Rounsevell, M. D. A., y Tinch, R. (2015). Exploring climate change vulnerability across sectors and scenarios using indicators of impacts and coping capacity. *Climatic Change*, 128, 339-354.
- Eguiarte, L. E., Jiménez Barrón, O. A., Aguirre-Planter, E., Scheinvar, E., Gámez, N., Gasca-Pineda, J., ... y Souza, V. (2021). Evolutionary ecology of *Agave*: distribution patterns, phylogeny, and coevolution (an homage to Howard S. Gentry). *American Journal of Botany*, 108(2), 216-235.

- El-Ramady, H., Abdalla, N., Badgar, K., Llanaj, X., Törös, G., Hajdú, P., ... y Prokisch, J. (2022). Edible mushrooms for sustainable and healthy human food: nutritional and medicinal attributes. *Sustainability*, 14(9), 4941.
- Fernández, J. A., Windfield-Pérez, J. C. y Corona, M. C. (2007). Tlaxcala. En Ortiz-Pulido, R., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de Silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), Avifaunas Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México.
- Ferreira, I. C., Morales, P., y Barros, L. (Eds.). (2016). Wild plants, mushrooms and nuts: functional food properties and applications. John Wiley & Sons.
- Ferro, V. G., Lemes, P., Melo, A. S., y Loyola, R. (2014). The reduced effectiveness of protected areas under climate change threatens Atlantic Forest tiger moths. *PLoS One*, 9(9), e107792.
- Festa, F., Ancillotto, L., Santini, L., Pacifici, M., Rocha, R., Toshkova, N., ... y Razgour, O. (2023). Bat responses to climate change: A systematic review. *Biological Reviews*, 98(1), 19-33.
- Fick, S. E., y Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Foden, W. B., Butchart, S. H., Stuart, S. N., Vié, J. C., Akçakaya, H. R., Angulo, A., ... y Mace, G. M. (2013). Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals. *PloS one*, 8(6), e65427.
- Foden, W. B., Young, B. E., Akçakaya, H. R., Garcia, R. A., Hoffmann, A. A., Stein, B. A., ... y Huntley, B. (2019). Climate change vulnerability assessment of species. *Wiley interdisciplinary reviews: climate change*, 10(1), e551.
- Fox, R. (2013). The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect conservation and diversity*, 6(1), 5-19.
- Franklin, J. (2010). Mapping species distributions: spatial inference and prediction. Cambridge University Press.
- Gange, A. C., Gange, E. G., Mohammad, A. B., y Boddy, L. (2011). Host shifts in fungi caused by climate change?. *Fungal Ecology*, 4(2), 184-190.
- García-Morales, P. A., Velasco-Velasco, V. A., del Valle, J. R. E., Ruíz-Luna, J., y Mendoza, A. J. G. (2023). Escenarios de distribución de *Agave potatorum* Zucc. ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO (Distribución de *Agave potatorum* Zucc.). *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 10(1).
- Garcia-Rosello, E., Gonzalez-Dacosta, J., Guisande, C., y Lobo, J. M. (2023). GBIF falls short of providing a representative picture of the global distribution of insects. *Systematic Entomology*.
- Garcillán, P. P., y Ezcurra, E. (2011). Sampling procedures and species estimation: testing the effectiveness of herbarium data against vegetation sampling in an oceanic island. *Journal of Vegetation Science*, 22(2), 273-280.
- GBIF Secretariat. (2021). GBIF Science Review 2020.
- Gentry, H. S. (1982). *Agaves of Continental North America*. University of Arizona Press.

- Giannini, T. C., Maia-Silva, C., Acosta, A. L., Jaffé, R., Carvalho, A. T., Martins, C. F., ... y Imperatriz-Fonseca, V. L. (2017). Protecting a managed bee pollinator against climate change: strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. *Apidologie*, 48, 784-794.
- Gómez-Ruiz, E. P., y Lacher Jr, T. E. (2019). Climate change, range shifts, and the disruption of a pollinator-plant complex. *Scientific Reports*, 9(1), 14048.
- Gonzalez, V. H., Cobos, M. E., Jaramillo, J., y Ospina, R. (2021). Climate change will reduce the potential distribution ranges of Colombia's most valuable pollinators. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19(2), 195-206.
- Gschaebler, A. C., Mora, A. G., Ramos, S. M. C., Vazquez, G. D., y Valdez, J. G. (2017). Panorama del aprovechamiento de los Agaves en México. Red Temática Mexicana Aprovechamiento Integral Sustentable y Biotecnología de los Agaves; CIATEJ: Guadalajara, México.
- Guisan, A., y Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology letters*, 8(9), 993-1009.
- Gumel, D. Y. (2022). Assessing climate change vulnerability: A conceptual and theoretical review. *Journal of Sustainability and Environmental Management*, 1(1), 22-31.
- Hahn, M., y Brühl, C. A. (2016). The secret pollinators: an overview of moth pollination with a focus on Europe and North America. *Arthropod-Plant Interactions*, 10, 21-28.
- Heberling, J. M., Miller, J. T., Noesgaard, D., Weingart, S. B., y Schigel, D. (2021). Data integration enables global biodiversity synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(6), e2018093118.
- Hristov, P., Neov, B., Shumkova, R., y Palova, N. (2020). Significance of apoidea as main pollinators. ecological and economic impact and implications for human nutrition. *Diversity*, 12(7), 280.
- Huecas-Garrido, L., Alanís-García, E., Ariza-Ortega, J. A., y Zafra-Rojas, Q. Y. (2022). Subproductos de interés nutricional y funcional de Agave salmiana. *Revista chilena de nutrición*, 49(2), 250-262.
- Hunter, M. D., Kozlov, M. V., Itämies, J., Pulliainen, E., Bäck, J., Kyrö, E. M., y Niemelä, P. (2014). Current temporal trends in moth abundance are counter to predicted effects of climate change in an assemblage of subarctic forest moths. *Global Change Biology*, 20(6), 1723-1737.
- IPCC. (2007). Climate Change. Impact, Adaptation and Vulnerability. Fourth Assessment Report (AR4).
- IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp.
- Iturbide, M., Bedia, J., Herrera, S., del Hierro, O., Pinto, M., y Gutiérrez, J. M. (2015). A framework for species distribution modelling with improved pseudo-absence generation. *Ecological Modelling*, 312, 166-174.

- Jiménez-Ruiz, A., Thomé-Ortiz, H., Espinoza-Ortega, A., y Vizcarra Bordi, I. (2017). Aprovechamiento recreativo de los hongos comestibles silvestres: casos de micoturismo en el mundo con énfasis en México. *Bosque (Valdivia)*, 38(3), 447-456.
- Kasso, M., y Balakrishnan, M. (2013). Ecological and economic importance of bats (Order Chiroptera). *ISRN Biodiversity*. 2013: 1–9.
- Kauserud, H., Heegaard, E., Semenov, M. A., Boddy, L., Halvorsen, R., Stige, L. C., ... y Stenseth, N. C. (2010). Climate change and spring-fruiting fungi. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 277(1685), 1169-1177.
- Kauserud, H., Stige, L. C., Vik, J. O., Økland, R. H., Høiland, K., y Stenseth, N. C. (2008). Mushroom fruiting and climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(10), 3811-3814.
- Keret, N. M., Mutanen, M. J., Orell, M. I., Itämies, J. H., y Välimäki, P. M. (2020). Climate change-driven elevational changes among boreal nocturnal moths. *Oecologia*, 192, 1085-1098.
- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... y El-Seedi, H. R. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8), 688.
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., y Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Lajeunesse, A., y Fourcade, Y. (2023). Temporal analysis of GBIF data reveals the restructuring of communities following climate change. *Journal of Animal Ecology*, 92(2), 391-402.
- LeBuhn, G., y Luna, J. V. (2021). Pollinator decline: what do we know about the drivers of solitary bee declines?. *Current opinion in insect science*, 46, 106-111.
- Li, X., Tian, H., Wang, Y., Li, R., Song, Z., Zhang, F., ... y Li, D. (2013). Vulnerability of 208 endemic or endangered species in China to the effects of climate change. *Regional Environmental Change*, 13(4), 843-852.
- Lucas, P. M., González-Suárez, M., y Revilla, E. (2019). Range area matters, and so does spatial configuration: predicting conservation status in vertebrates. *Ecography*, 42(6), 1103-1114.
- Luo, M., Xu, Z., Hirsch, T., Aung, T. S., Xu, W., Ji, L., ... y Ma, K. (2021). The use of Global Biodiversity Information Facility (GBIF)-mediated data in publications written in Chinese. *Global Ecology and Conservation*, 25, e01406.
- Macgregor, C. J., Pocock, M. J., Fox, R., y Evans, D. M. (2015). Pollination by nocturnal Lepidoptera, and the effects of light pollution: a review. *Ecological entomology*, 40(3), 187-198.
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.
- Malcolm, J. R., Liu, C., Neilson, R. P., Hansen, L., y Hannah, L. E. E. (2006). Global warming and extinctions of endemic species from biodiversity hotspots. *Conservation biology*, 20(2), 538-548.
- Manes, S., Costello, M. J., Beckett, H., Debnath, A., Devenish-Nelson, E., Grey, K. A., ... y Vale, M. M. (2021). Endemism increases species' climate change risk in areas of global biodiversity importance. *Biological Conservation*, 257, 109070.

- Mansourian, S., Belokurov, A., & Stephenson, P. J. (2009). The role of forest protected areas in adaptation to climate change. *Unasylva*, 60(231-232), 63-69.
- Martínez-López, O., Koch, J. B., Martínez-Morales, M. A., Navarrete-Gutiérrez, D., Enríquez, E., y Vandame, R. (2021). Reduction in the potential distribution of bumble bees (Apidae: Bombus) in Mesoamerica under different climate change scenarios: Conservation implications. *Global Change Biology*, 27(9), 1772-1787.
- Mayani-Parás, F., Botello, F., Castañeda, S., Munguía-Carrara, M., y Sánchez-Cordero, V. (2021). Cumulative habitat loss increases conservation threats on endemic species of terrestrial vertebrates in Mexico. *Biological Conservation*, 253, 108864.
- Montoya, A., Hernández, N., Mapes, C., Kong, A., y Estrada-Torres, A. (2008). The collection and sale of wild mushrooms in a community of Tlaxcala, Mexico. *Economic Botany*, 62, 413-424.
- Montoya, A., Kong, A., Garibay-Orijel, R., Méndez-Espinoza, C., Tulloss, R. E., y Estrada-Torres, A. (2014). Availability of wild edible fungi in La Malinche National Park, México. *Journal of Mycology*, 2014.
- Montoya, A., Torres-García, E. A., Kong, A., Estrada-Torres, A., y Caballero, J. (2012). Gender differences and regionalization of the cultural significance of wild mushrooms around La Malinche volcano, Tlaxcala, Mexico. *Mycologia*, 104(4), 826-834.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V., Underwood, E. C., ... y Kassem, K. R. (2001). Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on EarthA new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. *BioScience*, 51(11), 933-938.
- Pacifici, M., Foden, W. B., Visconti, P., Watson, J. E., Butchart, S. H., Kovacs, K. M., ... y Rondinini, C. (2015). Assessing species vulnerability to climate change. *Nature climate change*, 5(3), 215-224.
- Parry, M., Parry, M. L., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P., y Hanson, C. (Eds.). (2007). Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge University Press.
- Pender, J. E., Hipp, A. L., Hahn, M., Kartesz, J., Nishino, M., y Starr, J. R. (2019). How sensitive are climatic niche inferences to distribution data sampling? A comparison of Biota of North America Program (BONAP) and Global Biodiversity Information Facility (GBIF) datasets. *Ecological Informatics*, 54, 100991.
- Pérez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Arzú, R. F., y Yu, F. Q. (Eds.). (2020). Mushrooms, humans and nature in a changing world: Perspectives from ecological, agricultural and social sciences. Berlin, Germany: Springer.
- Pérez-Moreno, J., Guerin-Laguette, A., Rinaldi, A. C., Yu, F., Verbeken, A., Hernández-Santiago, F., y Martínez-Reyes, M. (2021). Edible mycorrhizal fungi of the world: What is their role in forest sustainability, food security, biocultural conservation and climate change?. *Plants, People, Planet*, 3(5), 471-490.
- Pérez-Moreno, J., Martínez-Reyes, M., Hernández-Santiago, F., Ramírez-Carbalal, E., y Luciano Dorado, K.I. (2021). Mico turismo: innovación útil para la conservación forestal y desarrollo rural. *Agro-Divulgación*, 1(1).

- Pickles, B. J., Egger, K. N., Massicotte, H. B., y Green, D. S. (2012). Ectomycorrhizas and climate change. *Fungal Ecology*, 5(1), 73-84.
- Possingham, H. P., Andelman, S. J., Burgman, M. A., Medellín, R. A., Master, L. L., y Keith, D. A. (2002). Limits to the use of threatened species lists. *Trends in ecology & evolution*, 17(11), 503-507.
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., y Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Procházka, P., Soukupová, J., Tomšík Jr, K., Mullen, K. J., y Čábelková, I. (2023). Climatic Factors Affecting Wild Mushroom Foraging in Central Europe. *Forests*, 14(2), 382.
- Pyke, G. H., Thomson, J. D., Inouye, D. W., y Miller, T. J. (2016). Effects of climate change on phenologies and distributions of bumble bees and the plants they visit. *Ecosphere*, 7(3), e01267.
- Qian, H., Zhang, J., y Jiang, M. C. (2022). Global patterns of fern species diversity: an evaluation of fern data in GBIF. *Plant Diversity*, 44(2), 135-140.
- Reyes-López, R. C., Montoya, A., Kong, A., Cruz-Campuzano, E. A., y Caballero-Nieto, J. (2020). Folk classification of wild mushrooms from San Isidro Buensuceso, Tlaxcala, Central Mexico. *Journal of ethnobiology and ethnomedicine*, 16(1), 1-21.
- Roberts, D. R., Bahn, V., Ciuti, S., Boyce, M. S., Elith, J., Guillera-Arroita, G., ... y Dormann, C. F. (2017). Cross-validation strategies for data with temporal, spatial, hierarchical, or phylogenetic structure. *Ecography*, 40(8), 913-929.
- Roberts, C. M., O'Leary, B. C., y Hawkins, J. P. (2020). Climate change mitigation and nature conservation both require higher protected area targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794), 20190121.
- Rocha, M., Good-Ávila, S. V., Molina-Freaner, F., Arita, H. T., Castillo, A., García-Mendoza, A., ... y Eguiarte, L. E. (2006). Pollination biology and adaptive radiation of Agavaceae, with special emphasis on the genus Agave. *Aliso: A Journal of Systematic and Floristic Botany*, 22(1), 329-344.
- Rocha-Ortega, M., Rodriguez, P., y Córdoba-Aguilar, A. (2021). Geographical, temporal and taxonomic biases in insect GBIF data on biodiversity and extinction. *Ecological Entomology*, 46(4), 718-728.
- Rodríguez, L. C., Serrano, M. M., Rodríguez, M. L., y Vázquez, P. J. (2015). Contribución al conocimiento de la biodiversidad en Tlaxcala. Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Santini, L., Benítez-López, A., Maiorano, L., Čengić, M., y Huijbregts, M. A. (2021). Assessing the reliability of species distribution projections in climate change research. *Diversity and Distributions*, 27(6), 1035-1050.
- Sherwin, H. A., Montgomery, W. I., y Lundy, M. G. (2013). The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43(3), 171-182.
- Shipley, B. R., y McGuire, J. L. (2022). Interpreting and integrating multiple endemism metrics to identify hotspots for conservation priorities. *Biological Conservation*, 265, 109403.

- Silva-Montellano, A., y Eguiarte, L. E. (2003). Geographic patterns in the reproductive ecology of *Agave lechuguilla* (Agavaceae) in the Chihuahuan desert. I. Floral characteristics, visitors, and fecundity. *American Journal of Botany*, 90(3), 377-387.
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquería (SIAP). (2022). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola Por Entidad Federativa. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Slauson, L. A. (2000). Pollination biology of two chiropterophilous agaves in Arizona. *American Journal of Botany*, 87(6), 825-836.
- Soberon, J., y Peterson, A. T. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas.
- Srivastav, A. (2019). The science and impact of climate change. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Tabor, J. A., y Koch, J. B. (2021). Ensemble models predict invasive bee habitat suitability will expand under future climate scenarios in Hawai'i. *Insects*, 12(5), 443.
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R. E., Bakkenes, M., Beaumont, L. J., Collingham, Y. C., ... y Williams, S. E. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427(6970), 145-148.
- Thomas, P. W., y Jump, A. S. (2023). Edible fungi crops through mycoforestry, potential for carbon negative food production and mitigation of food and forestry conflicts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(12), e2220079120.
- Thornton, P. K., Erickson, P. J., Herrero, M., & Challinor, A. J. (2014). Climate variability and vulnerability to climate change: a review. *Global change biology*, 20(11), 3313-3328.
- Thuiller, W., Lavorel, S., y Araújo, M. B. (2005). Niche properties and geographical extent as predictors of species sensitivity to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 14(4), 347-357.
- Trejo, L., de Lourdes Luz Velázquez, M., Vallejo, M., y Montoya, A. (2022). Differentiating Knowledge of Agave Landraces, Uses, and Management in Nanacamilpa, Tlaxcala. *Journal of Ethnobiology*, 42(1), 31-50.
- Trejo, L., Reyes, M., Cortés-Toto, D., Romano-Grande, E., y Muñoz-Camacho, L. L. (2020). Morphological diversity and genetic relationships in pulque production agaves in Tlaxcala, Mexico, by means of unsupervised learning and gene sequencing analysis. *Frontiers in plant science*, 11, 524812.
- Trejo-Salazar, R. E., Scheinvar, E., y Eguiarte, L. E. (2015). Who really pollinates agaves? Diversity of floral visitors in three species of *Agave* (Agavoideae: Asparagaceae). *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 358-369.
- Trueba, L. A. C. (2007). Los destilados de agave en México y su denominación de origen. *Ciencias*, (087).
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J. J., y Guillera-Arroita, G. (2018). blockCV: An r package for generating spatially or environmentally separated folds for k-fold cross-validation of species distribution models. *Biorxiv*, 357798.
- Valavi, R., Elith, J., Lahoz-Monfort, J. J., y Guillera-Arroita, G. (2021). Modelling species presence-only data with random forests. *Ecography*, 44(12), 1731-1742.

- Valavi, R., Guillera-Arroita, G., Lahoz-Monfort, J. J., y Elith, J. (2022). Predictive performance of presence-only species distribution models: a benchmark study with reproducible code. *Ecological Monographs*, 92(1), e01486.
- Van Zandt, P. A., Johnson, D. D., Hartley, C., LeCroy, K. A., Shew, H. W., Davis, B. T., y Lehnert, M. S. (2020). Which moths might be pollinators? Approaches in the search for the flower-visiting needles in the Lepidopteran haystack. *Ecological Entomology*, 45(1), 13-25.
- Vega, C. G., Pertierra, L. R., Y Olalla-Tárraga, M. Á. (2017). MERRAclim, a high-resolution global dataset of remotely sensed bioclimatic variables for ecological modelling. *Scientific data*, 4(1), 1-12.
- Velazco, S. J. E., Rose, M. B., de Andrade, A. F. A., Minoli, I., y Franklin, J. (2022). flexsdm: An r package for supporting a comprehensive and flexible species distribution modelling workflow. *Methods in Ecology and Evolution*, 13(8), 1661-1669.
- Villagrán-Vázquez, A., Garibay-Orijel, R., y Ureta, C. (2024). Distribution changes of the toxic mushroom Amanita phalloides under climate change scenarios and its potential risk over indigenous communities in Mexico. *Atmósfera*, 38, 169-186.
- Wheatley, C. J., Beale, C. M., Bradbury, R. B., Pearce-Higgins, J. W., Critchlow, R., y Thomas, C. D. (2017). Climate change vulnerability for species—Assessing the assessments. *Global Change Biology*, 23(9), 3704-3715.
- Wilkening, J., Pearson-Prestera, W., Mungi, N. A., y Bhattacharyya, S. (2019). Endangered species management and climate change: When habitat conservation becomes a moving target. *Wildlife Society Bulletin*, 43(1), 11-20.
- Wilkening, J., Pearson-Prestera, W., Mungi, N. A., y Bhattacharyya, S. (2019). Endangered species management and climate change: When habitat conservation becomes a moving target. *Wildlife Society Bulletin*, 43(1), 11-20.
- Yadav, A. N., Singh, S., Mishra, S., y Gupta, A. (Eds.). (2019). *Recent Advancement in White Biotechnology Through Fungi: Volume 3: Perspective for Sustainable Environments*. Alemania: Springer International Publishing.
- Zhang, L., Huettmann, F., Liu, S., Sun, P., Yu, Z., Zhang, X., y Mi, C. (2019). Classification and regression with random forests as a standard method for presence-only data SDMs: A future conservation example using China tree species. *Ecological Informatics*, 52, 46-56.
- Zizka, A., Silvestro, D., Andermann, T., Azevedo, J., Duarte Ritter, C., Edler, D., ... y Antonelli, A. (2019). CoordinateCleaner: Standardized cleaning of occurrence records from biological collection databases. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(5), 744-751.

Sector hídrico

- Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. (2002). 'Aguas Continentales y diversidad biológica de México'. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Escala 1: 4000 000. México. Regiones Hidrológicas Prioritarias.

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- Berg, Chelsea; Rogers, Shannon; Mineau, Madeleine (2015). Building scenarios for ecosystem services tools: Developing a methodology for efficient engagement with expert stakeholders. *Futures*, (), S0016328715001639–doi:10.1016/j.futures.2015.10.014.
- CBD, 2007. Biodiversity and Climate Change. Convention on Biological Diversity • International Day for Biological Diversity • Biodiversity and Climate Change. <https://www.cbd.int/doc/bioday/2007/ibd-2007-booklet-01-en.pdf>.
- CONAGUA. 2023. Derecho humano al agua: propuesta para asegurar a la población futura del estado de Tlaxcala el derecho humano al agua al 2050 (documento interno de la Conagua).
- CONAGUA, 2020. Disponibilidad de agua en Acuíferos. <https://sigaims.conagua.gob.mx/dma/acuiferos.html>.
- CONAGUA 2023. REPDA. <https://app.conagua.gob.mx/consultarepda.aspx>.
- CONAPO. 2023. Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2020-2070. Población a mitad de año, 1950-2070.
- Damania, Richard, Sébastien Desbureaux, Marie Hyland, Asif Islam, Scott Moore, Aude-Sophie Rodella, Jason Russ, and Esha Zaveri (2017). Uncharted Waters: The New Economics of Water Scarcity and Variability. World Bank, Washington, DC.
- DOF: 28/12/2023. ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos
- DOF: 09/11/2023. ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican.
- Hernández-Rodríguez, María de Lourdes. (2005). Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el Estado de Tlaxcala: Un análisis desde una perspectiva social.
- Hernández-Rodríguez, M. L., Castellón-Gómez, J. J., Morales-Acoltzi, T. 2014. Proyección de la demanda de agua en cuatro subcuenca del estado de Tlaxcala. Tercer Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua. 9 al 11 abril, 2014
- INEGI, 1999. Carta hidrológica de aguas subterráneas México. Escala 1:1,000,000.
- INEGI. 2010. SIATL v4 | Simulador de Flujos de Agua de Cuencas. https://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/
- IPCC. 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

- IPCC. 2002. Cambio climático y biodiversidad. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <https://archive.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf>
- IPCC. 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- Márquez, F. O. y Ortega, M. M., 2017. Percepción social del servicio de agua potable en el municipio de Xalapa, Veracruz Social Perception of Drinking Water Service in the Municipality of Xalapa, Veracruz. Revista Mexicana de Opinión Pública•año 12 • núm. 23 • julio-diciembre de 2017 • pp. 41-59 ISSN 1870-7300.
- Mena Mejía, I., Bustamante González, Á., Vargas López, S., Olvera Hernández, J. I., Méndez Espinoza, J. A. (2017). Evaluación de la condición ecológica del río Zahuapan. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33(1), 7–19. doi:10.20937/rica.2017.33.01.01
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- Monterroso-Rivas, A. I. y Gómez, D. J. D. 2021. Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México. Terra Latinoam vol.39. Chapingo ene./dic. 2021 Epub 05-Abr-2021.
<https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.774>.
- MUÑOZ-NAVA, Hipólito, SUÁREZ-SÁNCHEZ, Juan, VERA-REYES, Andrea, OROZCO-FLORES, Saturnino, BATLLE-SALES, Jorge, ORTIZ-ZAMORA, Alberto de Jesús, & MENDIOLA-ARGÜELLES, Juan. (2012). Demanda bioquímica de oxígeno y población en la subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. Revista internacional de contaminación ambiental, 28(1), 27-38.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000100003&lng=es&tlng=es.
- Nelson, G. C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, and D. Lee. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. Food Policy Report 21. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). <http://www.ifpri.org/publication/climate-change-1>
- SEMARNAT-CONAGUA 2012. Programa de Acciones y Proyectos para la Sustentabilidad hídrica. Visión 2030 estado de Tlaxcala. Dirección local Tlaxcala de la CONAGUA y Gobierno del estado de Tlaxcala.
- TNC. 2021. Freshwater Roadmap Charting a Path to 2030 and Beyond Executive Summary | August 2021. [Freshwater Roadmap Exec Summary. v10.pdf](#).
- UAEMex, 2023. Superficies climáticas de México. <http://idrisi.uaemex.mx>.

Forestal

- Arellano C y Castillo-Guevara C, 2014. Efecto de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 854-865, 2014. DOI: 10.7550/rmb.41756
- Cervantes-Martínez, R.J. Cerano-Paredes, G.Sánchez-Martínez, J.Villanueva-Díaz, G.Esquível-Arriaga, V. H.Cambrón-Sandoval, J.Méndez-González and L. U. Castruita-Esparza. (2019). Brotes históricos de descortezadores en México, Guatemala y Honduras (1895-2015) y su relación con las sequías. Revista Chapino
- CONAFOR, 2022. Inventario Nacional Forestal 2015-2020 con información de superficies estimadas a partir de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie VII (2018) y el Marco Geoestadístico Municipal del INEGI 2021.
- CONAFOR, 2022. Programa operativo Estatal de Sanidad Forestal del Estado de Tlaxcala. <http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/02%20Informes%20de%20acciones%20operativas/DiagnosticosEstatales/2022/Tlaxcala.pdf>
- Dangles, O. y Casas, J. (2019). Ecosystem services provided by insects for achieving sustainable development goals. *Ecosystem Services*, 35, 109–115.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.002>.
- Guerra De la Cruz, Vidal, López-Domínguez, Juan Carlos, López Upton, Javier, Bautista Sampayo, Carolina, & Hernández García, Laura. (2012). Estructura silvícola de poblaciones de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Tlaxcala y Puebla. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 3(13), 73-86. Recuperado en 17 de julio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322012000500007&Ing=es&tlang=es
- Lewis, SM, Thancharoen, A, Wong, CH, et al. Firefly tourism: Advancing a global phenomenon toward a brighter future. *Conservation Science and Practice*. 2021; 3:e391. <https://doi.org/10.1111/csp2.391>.
- Maquitico-Roca, Y. y Carrillo-Ruiz, H. (2019). El sistema reproductivo de *Macrolampis palaciosi* Zaragoza-Caballero 2012 (Coleoptera: Elateroidea: Lampyridae). *Entomología Mexicana*, 6, 583–586. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2016.12.017>.
- Mattoni, R., Longcore T. y Novotny, V. (2000). Environmental auditing arthropod monitoring for fine-scale habitat analysis: a case study of the El Segundo sand dunes. *Environmental Management*, 25, 445–452. <https://doi.org/10.1007/s002679910035>.
- Ramírez-Manzano Sandra Isabel, Zenón Cano-Santana b, Juan Cibrián-Tovar, Mario Luna-Cavazos, Angélica Romero-Manzanares, Lucero del Mar Ruiz-Posadas y Edmundo García-Moya, 2023. Influencia de los factores abióticos y del tipo de vegetación sobre la abundancia de los adultos de *Photinus palaciosi*(Coleoptera: Lampyridae) en Nanacamilpa, Tlaxcala, México. *Revista Mexicana de la Biodiversidad* Vol. 94 (2023): mayo-agosto. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2023.94.5091>.
- SEMARNAT-CP, 2002. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Escala 1:250 000. Memoria Nacional pp 75.
- García Trujillo, Zazil Ha Mucui Kac, Almeraya Quintero, Silvia Xochilt, Guajardo Hernández, Lenin Gerardo, & Torres Perez, Jorge Antonio. (2018). Valoración económica del Santuario de la Luciérnaga en Nanacamilpa, Tlaxcala. El periplo sustentable, (35), 64-95. Recuperado en 08 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-90362018000200064&Ing=es&tlang=es.

- Ventura Ríos, Araceli, López Upton, Javier, Vargas Hernández, J. Jesús, & Guerra de la Cruz, Vidal. (2010). Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) Franco en el centro de México: Implicaciones para su conservación. Revista fitotecnia mexicana, 33(2), 107-116. Recuperado en 08 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802010000200003&lng=es&tlang=es.
- Werner G. 2012. Los suelos en el Estado de Tlaxcala. Altiplano Central. Mexicano. Segunda Edición. México DF.
- Zaragoza-Caballero, S. (2015). Nuevas especies de *Photinus* (Coleoptera: Lampyridae: Photinini) del bosque tropical caducifolio del Pacífico mexicano. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86, 638–651. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2015.08.0013>

Agrícola

- Granados Ramírez, Rebeca, & Sarabia Rodríguez, Asael Alejandro. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 4(3), 435-446. Recuperado en 14 de diciembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000300008&lng=es&tlang=es.
- IPCC, 2021. Resumen para responsables de políticas. En: Cambio climático 2021: la base de la ciencia física. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático [Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, SL, Peab, C., Berger, S., Caud , N., Chen, Y., Goldfarb, L., Gomis, MI, Huabng, M., Leitzell, K., Lonnoy, E., Mattews, JBR, Maycock, TK, Waterfield, T., Yelekci, O. , Yu, R., Zhou, B (eds.)]
- Ureta, C., et al. (2020). Maize yield in Mexico under climate change. Agricultural Systems. 177(). Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102697>.
- Ruiz Corral, José & García, Guillermo & ACUÑA, Irma & Flores, Hugo & Ojeda, Gabriela. (2020). Requerimientos agroecológicos de cultivos 2da Edición.
- https://www.researchgate.net/publication/343047223_REQUERIMIENTOS_AGROECOLOGICOS_DE_CULTIVOS_2da_Edicion
- SIAP, 2022. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (Consultado en agosto de 2023)
- http://infosiap_siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- SIAP (2016). Cobertura Nacional de frontera agrícola Serie III. México: Ciudad de México, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (<https://cmgs.gob.mx/siapdsg/apps/webappviewer/index.html?id=19e91e718f7644c380c178703e46f1ef>), última fecha de consulta: 05 de noviembre de 2019.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP- SADER. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>). Fecha de consulta 01 octubre 2023.
- INIFAP Instituto Nacional de Investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias (2012) Potencial productivo de especies agrícolas de importancia socioeconómica en México. Publicación especial No. 8.



* * * *

PUBLICACIONES OFICIALES

* * * *

El Periódico Oficial del Estado de Tlaxcala es integrante activo de la Red de Publicaciones Oficiales Mexicanas (REPOMEX) y de la Red de Boletines Oficiales Americanos (REDBOA).

