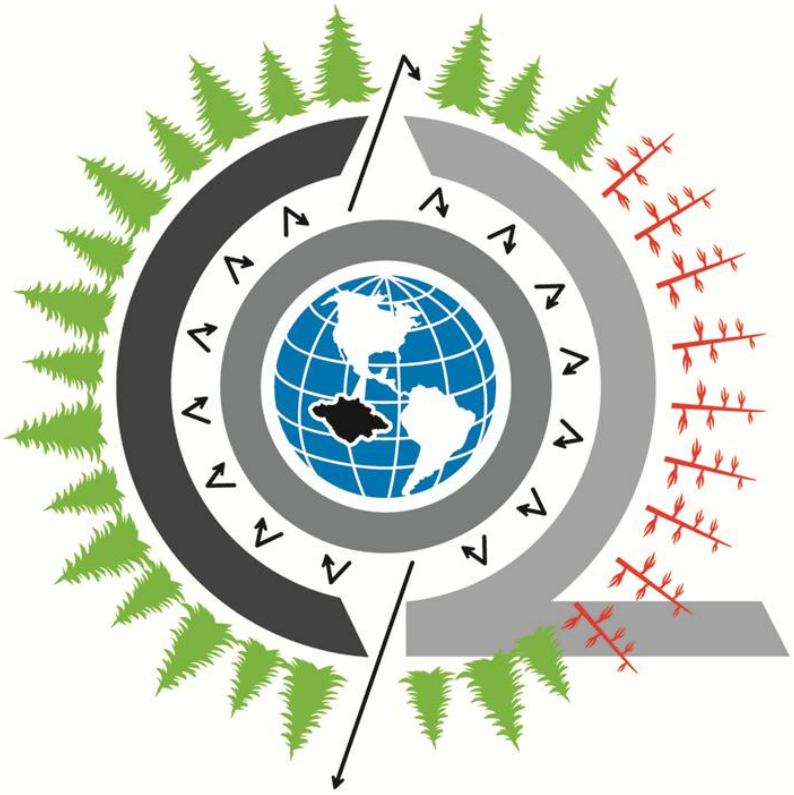
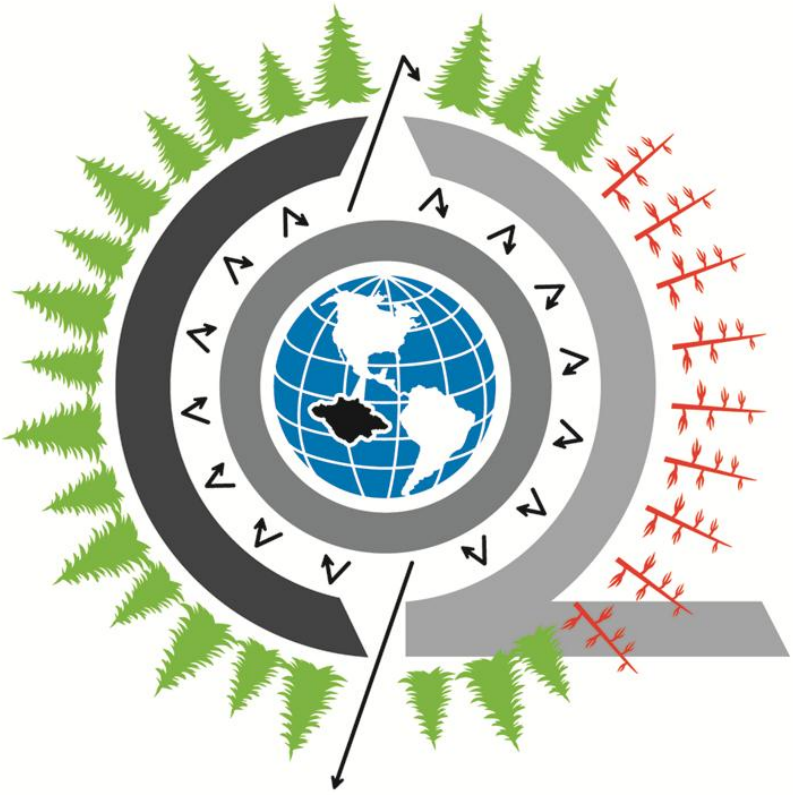


Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático Estado de Tlaxcala, México

Tomás Morales Acoltzi
Rogelio Bernal Morales
(Recopiladores)

2014



Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático

Estado de Tlaxcala, México

FINANCIAMIENTO

INECC INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

SEMARNAT SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

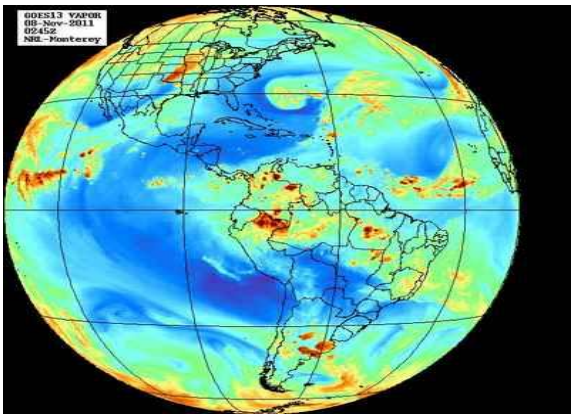
EMBAJADA DE ESPAÑA EN MÉXICO

aecid 25 años

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático

PEACC Tlaxcala

Estado de Tlaxcala, México



Primera edición 27 de mayo de 2014

D.R. © Universidad Autónoma de Tlaxcala
Calle del Bosque S/N. Col. Tlaxcala Centro
C.P. 90000. Tlaxcala, Estado de Tlaxcala, México

Foto de portada: Logotipo del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, Estado de Tlaxcala, México, y Logotipo de la Universidad Autónoma de Tlaxcala

ISBN: 978-607-9348-70-0

Impreso y hecho en México. Printed in México

CONSEJO ESTATAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Instituciones y dependencias participantes:

Universidad Autónoma de Tlaxcala (**UATx**)
Facultad de Agrobiología – Centro de Investigación en Cambio Climático (**CICC**)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**)
Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (**PROFEPA**)
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**)
Secretaría de Desarrollo Económico (**SEDECO**)
Coordinación General de Ecología (**CGE**)
Coordinación de Radio, Cine y Televisión de Tlaxcala (**CORACYT**)
Secretaría de Turismo del Estado
Comisión Nacional del Agua, Dirección Local Tlaxcala
Secretaría de Gobernación
Secretaría de Fomento Agropecuario (**SEFOA**)
Secretaría de Desarrollo Social (**SEDESOL**)
Secretaría de Comunicaciones y Transporte (**SCT**)
Administrador Local del Servicio Tributario
Superintendencia General de Sector Ductos Tlaxcala
Instituto Nacional de Estadística y Geografía (**INEGI**)
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (**INIFAP**)
O.P.D. Salud Tlaxcala
Comisión Federal de Electricidad (**CFE**)

ÍNDICE

Agradecimientos
Resumen Ejecutivo 1
Contexto Estatal 3
Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2005-2009 4
Adaptación 5
Mitigación 6
Executive Summary I
State Context III
State Inventory Greenhouse Gas Emissions, 2005-2009 IV
Adaptation IV
Mitigation V
I Contexto Estatal 9
I.1 Características geográficas 11
I.1.1 Ubicación geográfica 11
I.1.2 Orografía 12
I.2 Clima 13
I.3 Eventos hidrometeorológicos 16
I.4 Incendios forestales 16
I.5 Suelos 17
I.6 Demografía 18
II Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 19
II.1 Introducción 21
II.2 Panorama general 22
II.3 Emisiones de gases de efecto invernadero por gas 25
II.3.1 Emisiones de bióxido de carbono (CO_2) 25
II.3.2 Emisiones de metano (CH_4) 26
II.3.3 Emisiones de óxido nitroso (N_2O) 28
II.4 Emisiones de gases de efecto invernadero por categoría 30

II.4.1 Energía 30
II.4.2 Procesos Industriales 34
II.4.3 Agricultura 36
II.4.4 Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura 38
II.4.5 Desechos 40
II.5 Tendencia de las Emisiones de **GEI** para el periodo 2005-2009 43
II.5.1 Emisiones de CO_2 por habitante 43
II.6 Análisis de fuentes clave 44
II.7 Escenario base al 2030 47
II.8 Escenario de Mitigación al 2030 47
III Medidas de Mitigación 51
III.1 Medidas de Mitigación: Energía 54
III.2 Medidas de Mitigación: Desechos 54
III.3 Medidas de Mitigación: Agricultura 56
III.4 Medidas de Mitigación: **USCUSS** 57
III.5 Análisis de Factibilidad y Viabilidad 63
III.6 Género y Cambio Climático 69
III.7 Conclusiones 71
IV Vulnerabilidad y medidas de Adaptación al Cambio Climático 73
IV.1 Introducción 75
IV.2 Eventos extremos del estado de Tlaxcala 78
IV.3 Pobreza y Cambio Climático 84
IV.4 Programas estatales de apoyo 90
IV.5 Agua 91
IV.6 Estrategias para enfrentar el Cambio Climático 125
IV.7 Escenarios climáticos 135
IV.8 Medidas de Adaptación 155
V Normatividad 159
V.1 Introducción 161
V.2 Marco Legal Internacional 161
V.3 Marco Legal Nacional 161

V.4 Marco Legal Estatal 162
V.5 Revisión del Marco Legal 164
ANEXO A 169
ANEXO B 175
Bibliografía 189
Acrónimos 203
Colaboradores del Proyecto 209

LISTA DE AUTORES

Adolfo Cuevas Sánchez
Tomás Morales Acoltzi
Miguelina Lima Delgado
Rogelio Bernal Morales
María de los Ángeles Velasco Hernández
Jorge Humberto Barrera Macías
Juan José Castellón Gómez
Ma. de Lourdes Blanca Nieto Pérez
María Maricela Águila Ortiz
Silvia Herrera Cortes
María de Lourdes Hernández Rodríguez
Rafael Mayorga Saucedo
Silvia Chamizo Checa
Lizbeth Pérez Serrano
Carolina Netzahuatl Muñoz
José Jiménez López
Maricela Hernández Vázquez
Juan Suárez Sánchez
Francisco Javier Morales Aceves
Alfonso Medel Rojas
Alma Rosa Bustamante García
Daniel Peña Maciel
Juan Carlos Alva Pacheco
José Dolores Monroy Martínez

Actualmente se vive una época que los teóricos han denominado como la posmodernidad, la cual está marcada por cambios vertiginosos y transformaciones sustanciales en la forma de convivencia del individuo; vivimos un tiempo de contradicciones y extremos en virtud que se tiene un mayor confort pero hay mayor desgaste de los recursos, y se genera mayor riqueza a costa de la pobreza extrema de un gran porcentaje de la población.

El cambio climático es considerado como una emergencia global, porque en todos los confines de la tierra hay repercusiones de magnitudes insospechadas y lo que antes podía predecirse a ojos vistos, ahora es totalmente incierto; es aquí, donde el papel de la Universidad cobra una gran relevancia en la actualización del conocimiento, en la propuesta sustentada y en la acción dirigida, que involucre a sus estudiantes, docentes, investigadores y a la sociedad.

La Universidad Autónoma de Tlaxcala seguirá atenta a los cambios que se gestan para ir a tono con las nuevos escenarios, y mantendrá el respaldo al trabajo de sus investigadores para abonar en la construcción de un futuro que todos queremos sea más promisorio y con mejores condiciones para la educación, la salud, la seguridad, la economía y el bienestar de los ciudadanos.

Dr. Víctor Job Paredes Cuahquentzi
Rector de la Universidad Autónoma de Tlaxcala

INECC

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Muchas felicidades al Estado de Tlaxcala por la elaboración y publicación de su Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

El **INECC**, antes **INE**, inició la capacitación a los estados de la República en 2009, con la elaboración de metodologías y la impartición de talleres presenciales, para que realizaran sus inventarios estatales de emisiones de gases de efecto invernadero, escenarios de emisiones; y estudios para evaluar su vulnerabilidad y opciones de adaptación al cambio climático.

A la fecha todos los estados han elaborado sus inventarios de emisiones, 13 han terminado sus **PEACCs**, incluyendo Tlaxcala; y algunos cuentan con leyes estatales de cambio climático y comisiones intersecretariales de cambio climático.

Cabe mencionar que desde 1996 el estado de Tlaxcala realizó estudios de posibles medidas de adaptación al cambio climático. Con los estudios del **PEACC** se volvió a analizar la vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático, con estudios de eventos climáticos extremos, heladas, precipitación, etc.; además de incluir un apartado sobre pobreza y cambio climático.

De suma importancia resultan las palabras de introducción al documento del Dr. Víctor Job Paredes Cuahquentzi, Rector de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, donde se llevaron a cabo la mayoría de las investigaciones del **PEACC**, ya que

menciona que la Universidad seguirá atenta a los nuevos escenarios y mantendrá el respaldo al trabajo de sus investigadores para abonar a un mejor futuro.

Con lo anterior se coadyuvará al desarrollo sustentable del Estado, ya que los **PEACCs** son documentos vivos que deben actualizarse, con el fin de que el estado logre un crecimiento bajo en carbono y sea resiliente al cambio climático.

Muchas gracias a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (**AECID**) por su apoyo financiero.

Biól. Julia Martínez Fernández
Coordinadora del Programa de Cambio Climático
Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
SEMARNAT

Noviembre, 2013

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES

El cambio climático es un reto global que exige una respuesta pronta y decidida de todas las naciones. Conscientes de que somos uno de los países altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, requerimos de la corresponsabilidad de ciudadanos y autoridades para modificar hábitos de consumo y producción, a fin de alentar prácticas sustentables y amigables con el medio ambiente.

Es fundamental consolidar alianzas entre sociedad y gobierno, con el objetivo de crear un frente común ante los efectos del cambio climático. Es crucial aprovechar el talento de la comunidad científica y la actuación decidida del sector empresarial en este propósito.

En el Gobierno Federal sabemos que una de las formas más eficaces de atenuar el cambio climático es impulsando el crecimiento sostenido y sustentable de nuestra economía. Dando impulso a un crecimiento verde, basado en una mayor productividad sustentable y no en la explotación irresponsable de nuestros recursos naturales.

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (**PEACC**) es el instrumento que guiará nuestras acciones como Estado, para combatir este proceso en los próximos 20 años, sustentado en sólidos fundamentos científicos.

L.A.E. Ramiro Vivanco Chedraui

Delegado Federal de la SEMARNAT en el Estado de Tlaxcala

AGRADECIMIENTOS

La Universidad Autónoma de Tlaxcala como institución coordinadora de la elaboración del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (**PEACC**), del Estado de Tlaxcala, agradece a las dependencias del Gobierno Federal y Estatal, a las organizaciones no gubernamentales, y a las personas que directa o indirectamente contribuyeron en la elaboración y revisión de este documento. Agradecemos de manera especial al Gobierno de España, quien a través de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (**AECID**) co-financió los trabajos de conformación del **PEACC** en Tlaxcala. Reconocemos a la **AECID** en su loable tarea de coadyuvar con otros países para alcanzar un desarrollo humano sostenible y, de manera particular, a la C. Montserrat Solés Franch, Coordinadora General de la **AECID** en México; al C. Víctor Aznar Kleijn, Responsable de Programas, Crecimiento Económico para la Reducción de la Pobreza; y especialmente, a la C. Juana Osorio Evia del Fondo Mixto Subcuenta **SEMARNAT**, por su seguimiento en el proyecto. De igual manera agradecemos el co-financiamiento por parte del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (**INECC**).

Un agradecimiento al personal del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático que contribuyó en la elaboración y revisión de este documento, encabezado por la Dra. María Amparo Martínez Arroyo, Directora General del **INECC**; Dr. Francisco Barnes Reguerio, Ex Presidente del **INECC**; Biól. Julia Martínez Fernández, Coordinadora del Programa de Cambio Climático; L.C.A. Miguel Ángel Altamirano del Carmen, Ex Subdirector de Estudios sobre Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático y Co-Beneficios Locales y Globales; Ing. Luis Alberto Conde Álvarez, Subdirector de Métodos y Estudios para la Mitigación del Cambio Climático en los Sectores Agropecuario y Forestal; Ing. Karina Leal Hernández, Subdirectora de Métodos y Estudios para la Mitigación del Cambio Climático en el Sector Energía; M. en C. José Alberto Macías Vargas, Subdirector de Estudios sobre Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático y Co-Beneficios Locales y Globales; Ing. Aquileo Guzmán Perdomo, Jefe de Departamento de Métodos y Estudios de Mitigación en el Sector Forestal; Fís. Gloria Victoria Salas Cisneros, Jefe de Departamento de Control de Calidad de la Información para el **INEGEI**; Ing. Santa Paola Centeno Rosales, Jefe de Departamento de Métodos y Estudios de Mitigación en Materia de Elaboración de **INEGEIs**; M. en C. María Erika Tapia Medina, Jefe de Departamento de Prospectivas de Emisiones en las Categorías Agropecuaria, Forestal y Uso de Suelo; Biól. Francisco Luis Aviña Cervantes, Jefe de Departamento de Inventarios de Emisiones en las Categorías Agropecuaria, Forestal y Uso de Suelo; Ing. Alfredo Leal López, Jefe de Departamento de Métodos y Estudios de Mitigación en Energía e Industria; L.C.A. Maryam Nava Assad, Jefe de Departamento de Comunicaciones Nacionales; L.C.A. Pablo Hernández

Ávila, Ex Jefe de Departamento de Estudios sobre Adaptación al Cambio Climático; Leticia Ramos G., Consultora para el seguimiento administrativo de los **PEACC**.

Para desarrollar el **PEACC**, fue necesario el acopio de datos de diferentes fuentes, para lo cual se agradece la colaboración y disposición de dependencias de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**); Petróleos Mexicanos (**PEMEX**); el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (**INEGI**); la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (**SAGARPA**); Coordinación General de Ecología (**CGE**); la Comisión Nacional del Agua (**CONAGUA**); la Comisión Nacional Forestal (**CONAFOR**); Pronatura México, así como a las instituciones académicas, Facultad de Agrobiología, Centro de Ciencias de la Atmósfera (**CCA-UNAM**), El Colegio de Tlaxcala, el Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala, entre otras.

Resumen Ejecutivo

RESUMEN EJECUTIVO

Se presenta el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (**PEACC**), del Estado de Tlaxcala, con el fin de establecer las bases científicas y articular las políticas públicas que permitan integrar, coordinar y fomentar el desempeño gubernamental en el estado, para implementar estrategias de mitigación y adaptación ante el cambio climático. El **PEACC** reporta los avances que el estado tiene en materia de cambio climático.

A través del **INECC**, se realizan acciones de cooperación y asesoría técnica en las entidades federativas para fortalecer la capacidad de las mismas en materia de cambio climático para que preparen sus Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático (**PEACC**).

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 mitigación de **GEI**; y las opciones de adaptación al cambio climático a nivel regional, por estado.

Cabe indicar que los **PEACC** están vinculados a las necesidades identificadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en el Eje 4. Sustentabilidad Ambiental; 4.6 Cambio climático, mediante el objetivo 10: Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el objetivo 11 Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

El proceso de desarrollo de los **PEACC**, apoya el desarrollo de capacidades locales, además de mejorar la percepción pública acerca de las causas y consecuencias del cambio climático y de las opciones de mitigación y adaptación al cambio climático, en los niveles estatal y local.

El cambio climático es uno de los principales problemas ambientales del siglo XXI, tal y como ha venido señalando las Naciones Unidas desde la reunión celebrada en Kioto en 1997. Según los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés) el clima de la Tierra ya ha sido alterado como resultado de la acumulación de **GEI** en la atmósfera. Como consecuencia de esto, la temperatura media del planeta se ha incrementado en 0.74°C en el último siglo y puede aumentar un rango entre 1.8°C y 6°C a finales del siglo XXI (**IPCC**, 2007).

El **IPCC** en la primera parte del Quinto Reporte de Evaluación (**AR5**, por sus siglas en inglés), menciona que el calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950 muchos de los cambios observados no tienen precedentes durante décadas ni en miles de años. La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades

de nieve y el hielo han disminuido, el nivel del mar ha aumentado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado. Cada una de las tres últimas décadas ha sido sucesivamente más caliente en la superficie de la tierra que cualquier década anterior desde 1850. En el hemisferio norte, 1983–2012 fue probablemente el período de 30 años más cálido de los últimos 1,400 años. Es muy probable que más de la mitad del aumento observado en la temperatura superficial media global de 1951 a 2010, fuera causada por el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero y, otros forzamientos antropogénicos juntos. El promedio a nivel mundial combinando datos de temperatura superficial entre la tierra y el océano, calculado por una tendencia lineal, muestra un calentamiento de 0.85 [0.65 a 1.06] °C, durante el período de 1880 a 2012. El aumento total entre la media del periodo 1850–1900 y el período de 2003–2012 es 0.78 [0.72 a 0.85] °C, basado en la base de datos más larga disponible (**IPCC**, 2013).

México ratificó su participación en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático en marzo de 1993 como un país en desarrollo perteneciente al No-Anexo 1, con lo cual asumió el compromiso de estimar e informar sus emisiones de **GEI** en sus Comunicaciones Nacionales, México ha cumplido este compromiso, sin embargo la realización de Inventarios Estatales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (**IEEGEI**) es beneficiosa, ya que permitirá cruzar la información con los inventarios nacionales de **GEI** que se han elaborado y por consecuencia disminuir la incertidumbre y mejorar la exactitud del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (**INEGEI**). Los inventarios más exactos permitirán a los diferentes niveles de gobierno, al sector privado y a la academia, identificar fuentes importantes de emisiones y sumideros de **GEI** con mayor confianza, y tomar así decisiones políticas mejor sustentadas con respecto a medidas de respuesta.

Conscientes de esto el estado de Tlaxcala realiza el "Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el estado de Tlaxcala (**IEEGEI**) 2005-2009", considerando como año base, 2005.

El objetivo principal del **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. El inventario comprenden los seis tipos de gases que se incluyen en el inventario nacional de emisiones de **GEI** de México y comúnmente se reportan en los informes internacionales conforme al Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O),

hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), y hexafluoruro de azufre (SF_6). Las emisiones de estos **GEI** se presentan usando una métrica común, el CO_2 equivalente (CO_2 eq), la cual indica la aportación relativa de cada gas, por masa unitaria, al forzamiento radiativo global promedio con base en el potencial de calentamiento global ponderado.

Se han empleado las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés) versión 1996. El inventario comprende las categorías de Energía (Industrial, Transporte, Comercio y Servicios, Agropecuario y Residencial), Procesos industriales, Agricultura (Cultivos y Ganadería), Desechos (Residuos Sólidos y Aguas Residuales) y Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (**USCUSS**).

Las emisiones de **GEI** en el estado de Tlaxcala provienen de diversas fuentes dependiendo de la Categoría de la que se trate y el análisis de fuentes clave de este inventario permite conocer cuáles son las principales fuentes emisoras de los distintos **GEI**, así como su distribución a nivel estatal, y con ello proponer medidas de mitigación para tomar decisiones al respecto.

El **PEACC**, también aborda la Vulnerabilidad y medidas de Adaptación al Cambio Climático, donde los escenarios climáticos globales apuntan hacia un incremento en las probabilidades de que se desarrollen sistemas hidrometeorológicos extremos más frecuentes y de mayor intensidad que exponen la vulnerabilidad de las poblaciones y sus recursos económicos, productivos, sociales y culturales, tal como se ha visto recientemente en el estado, por lo que la toma de decisiones es de vital importancia para asegurar la adaptación a las nuevas condiciones climáticas.

Partiendo de la voluntad política del Gobierno del Estado de Tlaxcala y el trabajo conjunto interinstitucional, multidisciplinario, pero sobre todo fortaleciendo las capacidades locales, se busca la gestión del riesgo generado por el cambio climático.

CONTEXTO ESTATAL

La población del estado en el periodo 2005-2010 creció a una tasa anual de 1.8%. En el año 2005, el estado tenía una población de 1’068,207 habitantes, de los cuales el 78.2% vivía en localidades urbanas y 21.8% en rurales. En 2010, hubo 1’169,936 habitantes, donde el 20.1% vive en localidades rurales y el 79.9% en urbanas. En 2005, se estimó que 51.4% de la población vivía en pobreza de patrimonio, 26.2% en pobreza alimentaria y 17.9% en pobreza de capacidades. México presentó un Índice de Desarrollo Humano (**IDH**) de 0.7364 en 2008, de 0.7390 en 2010 y en el más reciente Informe Mundial sobre Desarrollo Humano 2011, ubicó a

México en la posición 57, con un **IDH** 0.770. Mientras que el estado de Tlaxcala ocupa el lugar 22 con 0.7159 y 0.7162 en 2008 y 2010 respectivamente, de un total de 32 entidades federativas.

En 2009, los energéticos demandados fueron gasolina: 28.3%; diesel: 14.2%; gas natural: 20.7%; gas LP: 33.4%; y leña: 3.4%.

En 2009, cada habitante consumió 0.034 TJ en promedio, lo que representa una tasa media de crecimiento anual de 5.23%, con respecto al año base 2005. El consumo final total de energía en 2009, fue de 39.12 PJ. La subcategoría que más energía consumió es el transporte con 43.57% (17.04 PJ); seguido de la industria de la manufactura con 38.58% (15.09 PJ); residencial con 15.86% (6.20 PJ), comercial y servicios con 1.96% (0.76 PJ), y agricultura con 0.04% con (0.02 PJ).

México ocupa el segundo lugar mundial en tipos de ecosistemas y el cuarto en riqueza de especies debido al capital natural que posee. Estas categorías las debe, entre otros factores, a su situación geográfica, variedad de climas y topografía. Sin embargo, el país no está exento de procesos de degradación y pérdida de ecosistemas, tanto terrestres como marinos, los cuales presentan desde hace siglos, síntomas de un impacto antropogénico, particularmente agudo en el último medio siglo. La deforestación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas, la introducción de especies invasoras y el cambio climático son causas directas de la pérdida de biodiversidad.

El estado de Tlaxcala queda inscrito dentro de la provincia florística denominada provincia de la altiplanicie, la cual se extiende desde Chihuahua y Coahuila hasta Jalisco, Michoacán, Estado de México, Tlaxcala y Puebla. De esta manera, se han reconocido para el estado nueve tipos de vegetación. Su vegetación es la propia de los climas fríos o templados, con especies resistentes a las bajas temperaturas, tales como el pino, el oyamel, el encino y el enebro.

INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2005-2009

El desarrollo del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de efecto Invernadero (**IEEGEI**) 2005-2009, se realizó con base en las metodologías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés), versión 1996 y sus Guías de las Buenas Prácticas, para los seis gases de efecto invernadero enunciados en el Anexo A del Protocolo de Kioto.

En 2009, las emisiones en unidades de bióxido de carbono equivalente (CO_2 eq) para Tlaxcala fueron de 3,593.3 Gg. La contribución por categorías en términos de CO_2 eq es la siguiente: energía 68.7% (2,468.7 Gg); desechos

14.4% (516.5 Gg), agricultura 9.3% (335.1 Gg), uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura 6.5% (233.0 Gg) y procesos industriales 1.1% (40.0 Gg).

A su vez, la categoría de energía se subdividió de la siguiente manera: transporte 48.7% (1,201.8 Gg), seguida por industrias de la manufactura 36.1% (891.2 Gg), residencial 13.2% (326.6 Gg), y otros sectores (comercial y agropecuario) 2.0% (49.1 Gg).

Las emisiones de **GEI** por gas, medidas en unidades de CO_2 eq son: CO_2, 2,707.3 Gg (75.3%); CH_4, 643.5 Gg (17.9%); N_2O, 242.5 Gg (6.8%).

Los resultados del **IEEGEI** 2005-2009, indican que el incremento en las emisiones de **GEI** fue de aproximadamente 20.9% durante este período, lo que significa una tasa media de crecimiento anual de 4.9%.

En relación a las toneladas de CO_2 eq p*er-cápita* en el periodo 2005-2009, el incremento en las emisiones de **GEI** fue de 13.8%, con una tasa de crecimiento anual de 3.3%, con 2.8 y 3.2 Ton CO_2 eq en 2005 y 2009 respectivamente.

ADAPTACIÓN

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.

En la articulación de la gestión del riesgo a desastres y la adaptación al cambio climático, México ha reconocido la planeación del territorio y el ordenamiento ecológico como medios parta reducir éste. La vulnerabilidad ante algunos impactos del cambio climático puede reducirse de forma significativa con una adecuada conservación de los ecosistemas y una buena gestión de las cuencas hidrográficas (**SEMARNAT**, 2009).

MITIGACIÓN

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 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 CO_2 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**.

La mitigación de **GEI** está relacionada con actividades que incentiven la participación de todos las categorías, en áreas como la agricultura, la ganadería, el fomento de energía renovable, el mejoramiento y eficiencia del sistema de transporte público y privado, el manejo y aprovechamiento integral de residuos, la planeación de los asentamientos humanos de manera sustentable, el fomento de industrias social y ambientalmente responsables, darán la pauta a un desarrollo sustentable.

En el Plan Estatal de Desarrollo Tlaxcala 2011-2016, dentro del cuarto eje del Plan "Protección Integral del Medio Ambiente y la Biodiversidad" se hace énfasis en acciones encaminadas a la mitigación de **GEI**. En éste se plantea la necesidad de proteger el medio ambiente y la biodiversidad como una de las prioridades del desarrollo del estado. Se tiene la voluntad política de convertir a Tlaxcala en un estado verde, lo que implica preservar nuestros recursos naturales y enfrentar el cambio climático mediante la instrumentación de programas y acciones de adaptación y mitigación, para avanzar hacia el desarrollo sustentable desde una perspectiva transversal que considera trabajar simultáneamente en cinco dimensiones: la económica, la humana, la ambiental, la institucional y la tecnológica.

En la dimensión económica, se menciona que debemos evaluar los costos asociados a la contaminación; en

[1] México Cuarta Comunicación Nacional

la humana, se requiere reducir la pobreza, moderar el crecimiento demográfico y aumentar la formación de capital humano; en la ambiental, establecer un modelo de desarrollo para el uso de los recursos naturales y de los ecosistemas hasta el límite de su capacidad de regeneración; en la institucional, avanzar en la descentralización y en la participación ciudadana, y en la tecnológica adoptar el uso de tecnologías más eficientes y limpias en los sectores productivos.

Para tener un estado limpio, con conciencia ecológica y prevenir la contaminación, se requiere fomentar el uso de energías alternativas, la innovación del equipo y maquinaria en las fábricas, de nuevos métodos y técnicas en la agricultura, la acuacultura o la ganadería, incorporando tecnologías limpias que pueden resultar onerosas en algunos casos, pero siempre serán menos caras que destruir el capital natural de Tlaxcala.

El proceso requiere de una conducción política y nuevas instituciones para su administración. Por ello, se evaluará la conveniencia de renovar la legislación local en la materia y la modernización de las instancias responsables de regular aspectos como el manejo de residuos sólidos, el control de emisiones atmosféricas, el tratamiento de aguas residuales, la ubicación de los asentamientos humanos, la promoción de la reforestación, el uso de las reservas hidrológicas y otras actividades de carácter preventivo, así como de una autoridad con facultades para investigar y sancionar las violaciones de las normas.

Por otra parte, considera que la problemática del medio ambiente tiene una dimensión regional, por lo que es necesario llegar a convenios y acuerdos con los gobiernos federal y de las entidades vecinas a fin de abordarlos en forma conjunta, compartiendo costos en forma proporcional para programas y acciones. La participación ciudadana y de los agentes económicos en la preservación del capital natural del estado es indispensable, dado que la sociedad puede hacer aportaciones fundamentales a las tareas de protección ecológica, sin costos institucionales y con beneficios sociales.

Las políticas de mitigación estarán orientadas a contribuir a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, actuando en diferentes campos, tales como, un uso eficiente de la energía generada con combustibles fósiles y sustituyéndola, en la medida de lo posible, con energías alternativas, la modernización de la industria, la conservación y renovación de los bosques, la tecnificación de la actividad agropecuaria y otras fuentes que están propiciando el cambio climático a nivel internacional y afectando, sin distinción, la vida en todos los países.

En la línea de acción 1.3.2, se menciona: Desarrollar el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala en línea con los requisitos federales, adaptado a la realidad del estado y elaborar los Planes Estatales de Mitigación y Adaptación que concreticen la aplicación del Programa Estatal de Acción en el corto, mediano y largo plazo.

En la línea de acción 1.3.3, se menciona: En coordinación con el gobierno federal, integrar y actualizar el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

En las líneas de acción, 1.3.1, 1.3.5, 1.3.7, 1.3.8, 1.3.9 a 1.3.16, 1.3.26 a 1.3.31, 1.41 a 1.4.6, se mencionan medidas de mitigación principalmente.[2]

Cabe destacar la importancia que tendrá el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero dentro del **PEACC** Tlaxcala, ya que permitirá identificar las fuentes clave de emisión, y se podrá complementar con las opciones de mitigación que se plantean en el Plan Estatal de Desarrollo y facilitará la toma de decisiones de aquellas medidas de mitigación que realmente impactarán en el estado.

[2] Plan Estatal de Desarrollo Tlaxcala 2011-2016

Executive Summary

EXECUTIVE SUMMARY

We present the State Action Program on Climate Change (**PEACC**, Spanish acronym), for the State of Tlaxcala, in order to establish the scientific basis and articulate public policies that allow to integrate, coordinate and promote the governmental actions, to mitigate and adapt to climate change. The **PEACC** describes recent advances on climate change related activities.

A long with the National Institute of Ecology and Climate Change (**INECC)**, State stakeholders and academic bodies define actions on cooperation and technical assistance in aimed at strengthening the regional capacity in the field of climate change, as suggested in the State Actions Programs on Climate Change (**PEACC**).

The Tlaxcala **PEACC** defines the actions necessary to identify, develop and implement a greenhouse gas emission (**GHG**) inventory for the State; along with **GHG** mitigation options and adaptation climate change strategies.

It should be noted that the **PEACC** is linked to the needs identified in the National Development Plan 2007-2012, in item 4. Environmental sustainability; 4.6. Climate change, through the target 10: reduce the greenhouse gas of emissions effect and the target 11: adapting actions planes elaborate.

The process of the **PEACC** development includes the development of local capacities, as well as improvements to the public perception about the causes and consequences of climate change, as well as options for mitigation and adaptation at the State and municipal levels.

Climate change is one of the main environmental problems of the 21st century as has been in the United Nations agenda since the Kyoto meeting in 1997. According to reports of the Intergovernmental Panel on Climate Change (**IPCC**) the climate of the Earth has already been altered as a result of the accumulation of **GHG** in the atmosphere. As a result, the average temperature of the planet has increased by 0.74°C over the past century and can increase a rate between 1.8°C and 6°C at the end of the 21st century.

The **IPCC** in the first part of the Fifth Assessment Report (**AR5**) mentions that the warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased. Each of the last three decades has been successively warmer at the Earth's surface than any preceding decade since 1850. In the Northern Hemisphere, 1983–2012 was likely the

warmest 30-year period of the last 1400 years. The globally averaged combined land and ocean surface temperature data as calculated by a linear trend, show a warming of 0.85 [0.65 to 1.06] °C, over the period 1880 to 2012. The total increase between the average of the 1850–1900 period and the 2003–2012 period is 0.78 [0.72 to 0.85] °C, based on the single longest dataset available (**IPCC**, 2013).

Mexico ratified its participation in the Climate Change Framework Convention in March of 1993 as a developing country belonging to the non-Annex 1, group which made a commitment to estimate and report their **GHG** emissions in their national communications. Mexico has fulfilled this commitment. The State level inventories of Greenhouse Gases Emissions (**IEEGEI**, Spanish acronym) is beneficial, because it allows to cross the information with the National Inventory of Greenhouse Gas Emissions (**INEGEI,** Spanish acronym) and consequently reduce uncertainty and improve the accuracy of the **INEGEI**. More accurate inventories make also allow the different levels of Government, the private sector and the Academy to identify major sources of emissions and sinks of **GHG** with greater confidence, and thus have better political decisions based on response measures.

Aware of this, the state of Tlaxcala perform a "State Inventory of Greenhouse Gas Emissions" (**IEEGEI**) for the 2005-2009 period, whereas year base, 2005. The main objective of the **IEEGEI** of the State of Tlaxcala is to identify the main sources and sinks of **GHG** and have elements for assessment and planning of policies focused on measures and appropriate responses. The inventory includes six types of gases that are included in the national inventory of **GHG** emissions and are commonly reported in the international assessments in agreement with the Kyoto Protocol: Carbon Dioxide (CO_2), Methane (CH_4), Nitrous Oxide (N_2O), Hydrofluorocarbons (HFCs), Perfluorocarbons (PFCs), and Sulphur Hexafluoride (SF_6). These **GHG** emissions are presented using a common metric, CO_2 equivalent (CO_2 eq), which indicates the relative contribution of each gas, per unit mass, to global average radiative forcing based on the weighted global warming potential.

It has used the methodology of the Intergovernmental Panel on Climate Change (**IPCC**) 1996 version. The inventory includes categories of energy (Industrial, transport, trade and services, agriculture, and residential), industrial processes, agriculture (crops and livestock), waste (solid waste and sewage) and land use, land use change and forestry (**LULUCF**).

The **GHG** emissions in the State of Tlaxcala come from different sources.

The main sources of the various **GHG**, as well as its distribution at the State level we identified and thus mitigation measures for making decisions in this regard may be proposed.

The **PEACC**, also addresses vulnerability and adaptation to climate change measures. Global climate scenarios point to an increase in the occurrence of frequent extreme hydrometeorological events that in conjunct with increased vulnerability of the populations may result in higher risk to the economic, productive, social and cultural sectors, as observed in recent years in the State. So decision-making and planning are of vital importance to ensure adaptation to new climatic conditions.

On the basis of the political will of the Government of Tlaxcala and the joint inter-agency, multidisciplinary efforts local capacities, are being strengthen to better manage climate change risk.

STATE CONTEXT

The population of Tlaxcala grew at an annual rate of 1.8% in the 2005-2010 period. In 2005, the State had a population of 1'068,207 inhabitants, 78.2% lived in urban settlements and 21.8% in rural areas. In 2010, there were 1'169,936 inhabitants, 20.1% live in rural areas and 79.9% in cities. In 2005, it was estimated that there was 51.4% of the population living in poverty of heritage, 26.2% in food poverty and 17.9% in poverty of capabilities. Mexico has a human development index (**HDI**) of 0.7364 in 2008, and 0.7390 in 2010 and in the most recent World 2011 Human Development Report; Mexico was 57, with 0.770 **HDI**. The State of Tlaxcala ranks 22 with 0.7159 and 0.7162 in 2008 and 2010 respectively, according to the country level.

In 2009, the energy sources were mainly gasoline: 28.3%; diesel: 14.2%; natural gas: 20.7%; LP gas: 33.4%; and wood: 3.4%.

In 2009, each inhabitant consumed 0.034 TJ/yr on average, which represents an annual average growth of 5.23%, compared to the 2005 base year. The total consumption of energy in 2009 was of 39.12 PJ. The sub-category with the large energy consumption is transportation with 43.57% (17.04 PJ); followed by the industry (manufacturing) with 38.58% (15.09 PJ); residential with 15.86% (6.20 PJ), commercial and services with 1.96% (0.76 PJ), and agriculture with 0.04% with (0.02 PJ).

Mexico ranks second worldwide in ecosystem types and fourth in richness of species due to its natural capital. This relates, among other factors, to its geographical location, its variety of climates and complex topography. However, the country is subject to processes of degradation and loss of ecosystems, both terrestrial and marine, mainly due to anthropic activities particularly acute in the

second half of the 20th century. Deforestation, over-exploitation and pollution of ecosystems, along with the introduction of invasive species and climate change are direct causes of biodiversity loss.

The State of Tlaxcala is considered within the floristic Province as a province of the plateau, which extends from Chihuahua and Coahuila to Michoacán, Jalisco, Mexico State, Tlaxcala and Puebla. Nine vegetation types have been recognized in the State. Its vegetation is typical of temperate or cold climates with species resistant to low temperatures, such as the FIR, oak, pine and Juniper.

STATE INVENTORY GREENHOUSE GAS EMISSIONS, 2005-2009

The development of a State Inventory Greenhouse Gas Emissions (**IEEGEI**) 2005-2009, was carried out based on the methodology of the Intergovernmental Panel on climate change (**IPCC**), version 1996 and their guides of good practices, for the six greenhouse gases listed in annex a to the Kyoto Protocol.

In 2009, emissions in units of carbon dioxide equivalent (CO_2 eq) for Tlaxcala were 3,593.3 Gg. Contribution by category in terms of CO_2 eq is as follows: 68.7% power (2,468.7 Gg); 14.4% waste (516.5 Gg), agriculture 9.3% (335.1 Gg), land use, land use change and forestry 6.5% (233.0 Gg) and 1.1% industrial processes (40.0 Gg).

At the same time, the energy category was subdivided as follows: transport 48.7% (1,201.8 Gg), followed by 36.1% (891.2 Gg) manufacturing industries, residential 13.2% (326.6 Gg), and other sectors (commercial and agricultural) 2.0% (49.1 Gg).

GHG emissions by gas, measured in units of CO_2 eq are: CO_2, 2,707.3 Gg (75.3%); CH_4, 643.5 Gg (17.9%); N_2O, 242.5 Gg (6.8%).

The **IEEGEI** 2005-2009 results indicate that the increase in **GHG** emissions was approximately 20.9% during this period, which means an average annual growth of 4.9%.

In relation to the tons of CO_2 eq p*er-capita*, in the 2005-2009 period, the increase in **GHG** emissions was 13.8%, with an annual growth rate of 3.3%, with 2.8, and 3.2 Ton CO_2 eq in 2005 and 2009 respectively.

ADAPTATION

Studies on impacts, vulnerability and adaptation to climate change have been conducted in recent years. It special attention has been given to the construction of scenarios that incorporate expected changes in temperature and precipitation, and its impacts due to the potential decrease in water availability and agricultural productivity, and their effects on

human health, biodiversity and forest ecosystems. This will certainly depend on the vulnerability context.

In Tlaxcala, an increase in the frequency and intensity of extreme hydrometeorological events, such as hailstorms, atypical frost, droughts and storms, has been noticed causing economic, social and environmental damage. Future climate change scenarios for the State may help to identify the measures of adaptation to increases in temperatures. It is important to conceive of adaptation as the reduction of risks due to climate change, through the reduction of vulnerability. Therefore, climate change scenarios are just complement to the vulnerability assessments disaster risk.

Management and adaptation to climate change involves the territorial planning and the ecological zoning as means to reduce vulnerability and are expected to significantly reduce impacts through conservation of ecosystems and good management of river basins (**SEMARNAT** 2009). Floods are still the most frequent hydrometeorological disaster in the region.

MITIGATION

With the publication, of the Mexican Climate Change General Act (**LGCC**, Spanish acronym) in June 2012. The important to carry out actions that contribute to the efforts of the international community in the field of **GHG** emissions mitigation is recognized. The Government of Mexico elaborated the special program of climate change 2009-2012 (**PECC,** Spanish acronym), which aims at demonstrating that it is possible to mitigate **GHG** emissions, without compromising the development.

In a long term vision the **PECC** has a goal of reducing 50% of their **GHG** emissions for the year 2050, in relation to the emissions of the year 2000, and reach emissions per capita of around 2.8 tons of CO_2 eq in 2050. This goal is conditioned to sufficient incentives and support from the international community, as part of the new financial architecture that will take place, according to the 15th Conference of the parties in Copenhagen in December 2009.[3]

On the basis of these commitments, the results of this study in Tlaxcala, show there are key sources of emissions, **GHG** mitigation measures to be conducted.

GHG mitigation is related to activities that encourage the participation of all categories, in areas such as agriculture, livestock, the promotion of renewable energy, the improvement and efficiency of the system of public and private transport, at on systems handling and management of waste, the planning of human settlements, the promotion of social and environmentally responsible

[3] México Fourth National Communication

industries in sustainable development project.

The Tlaxcala Development Plan 2011-2016, along the four main lines includes "Integral Protection of the environment and biodiversity" with emphasis on actions aimed at the mitigation of **GHG**. This raises the need to protect the environment and biodiversity as one of the priorities in the State. There is political will to convert Tlaxcala in a "Green State", which implies preserving natural resources and tackling climate change through the implementation of programs and actions of adaptation and mitigation, to advance towards sustainable development from a transversal perspective that considers simultaneously in five dimensions for development: economic, human, environmental, institutional and technological.

In the economic dimension, the productivity should evaluate the costs associated with pollution; in the human context, it is required to reduce poverty, and population growth, and increase human capital formation; in the environmental context, it is necessary to establish a development model for the use of natural resources and ecosystems considering its capacity for regeneration; in the institutional sector, progress is required in the decentralization and citizen participation, and in the technological sector one should adopt more efficient technologies and clean processes in the productive sectors.

To have a clean and environment friendly development model, it is required to encourage the use of alternative energies, the innovation of equipment and machinery in factories, new methods and techniques in agriculture, aquaculture or livestock, incorporating new technologies that may be expensive at first, but may be less expensive than the loss of the natural capital of Tlaxcala.

The process requires a political leadership and new institutions for its administration. Therefore, the convenience of renewing local legislation and the modernization of the instances responsible for regulating aspects such as solid waste management, control of atmospheric emissions, wastewater treatment, the location of human settlements, promoting reforestation, the use of reserves will be evaluated, as well as an authority with power to investigate and punish violations of the rules. This is an adaptation strategy based on reducing present vulnerability to climate change.

On the other hand, it is considered that the issue of the environment has a regional dimension, so it is necessary to reach agreements with Governments at the federal level with their institutions in order to address and share the costs in proportion to programs and actions. The

participation of citizens and economic operators in the preservation of the natural capital of the State is indispensable, given that society can make key contributions to the tasks of ecological protection, without institutional costs out with social benefits.

Mitigation policies should be directed to contribute to the reduction of gas emissions, acting in different fields, such as efficient use of energy generated by fossil fuels and replacing it, to the extent of possible, with alternative energies; the modernization of industry, conservation and rehabilitation of forests, the modernization of agriculture and other sources that are leading to climate change at the affecting our living standards.

1.3.2 Action line refers to: develop the State Action Program on Climate Change of the State of Tlaxcala in line with federal requirements, adapted to the reality of the State and developing State plans for mitigation and adaptation which concretize the implementation of the State program of action in the short, medium and long term.

1.3.3 Action line, mentions: in coordination with the federal Government, integrate and update the State inventory of greenhouse gas emissions.

In the lines of action, 1.3.1, 1.3.5, 1.3.7, 1.3.8, 1.3.9 to 1.3.16, 1.3.26 to 1.3.31, 1.41 to 1.4.6, mentioned mitigation measures mainly.[4]

The importance that will have the State Inventory Greenhouse Gases Emission within the **PEACC** Tlaxcala, since it will identify the key sources of emission, and can be complemented with mitigation options identified in the State Development Plan and will facilitate decision-making of those mitigation measures that it will really impact on the State.

[4] The Tlaxcala Development Plan 2011-2016

I Contexto Estatal

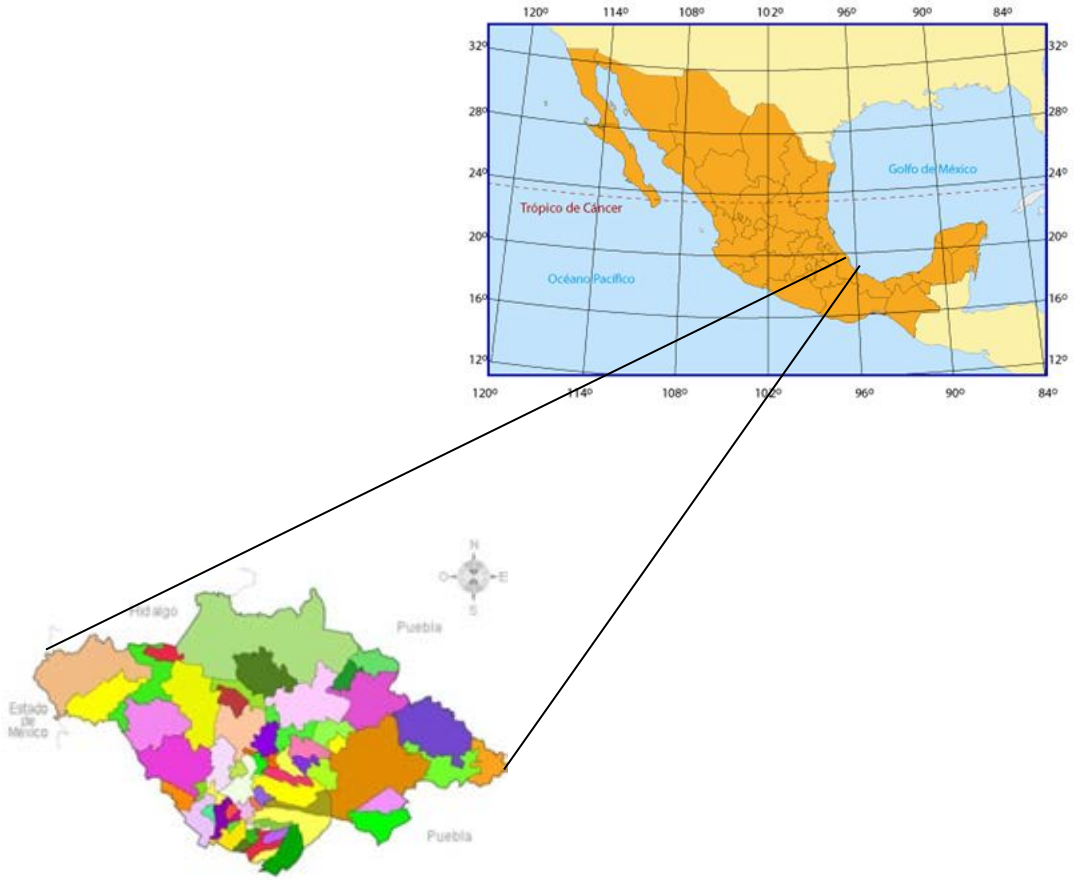
I CONTEXTO ESTATAL

I.1 Características geográficas

I.1.1 Ubicación geográfica

Tlaxcala se ubica entre los 97°38' y 98°43' de longitud oeste y los 19°44' y 19°06´ de latitud norte. Colinda al sur, este y norte con el estado de Puebla; al noroeste con Hidalgo; y al oeste con el estado de México. La extensión territorial de Tlaxcala es de 3,391.1 km², ocupa el lugar trigésimo primero a nivel nacional por ser de las entidades más pequeñas de la República Mexicana. Tlaxcala representa el 0.2% del territorio nacional, está integrada por 60 municipios, (**INEGI**, 2011), Figura 1. A nivel regional, la entidad se divide en tres Distritos de Desarrollo Rural (**DDR**), el 163, ubicado en Calpulalpan, el 164, con sede en la ciudad de Tlaxcala y 165 con residencia en Huamantla.

Figura 1. Tlaxcala, ubicación, división municipal

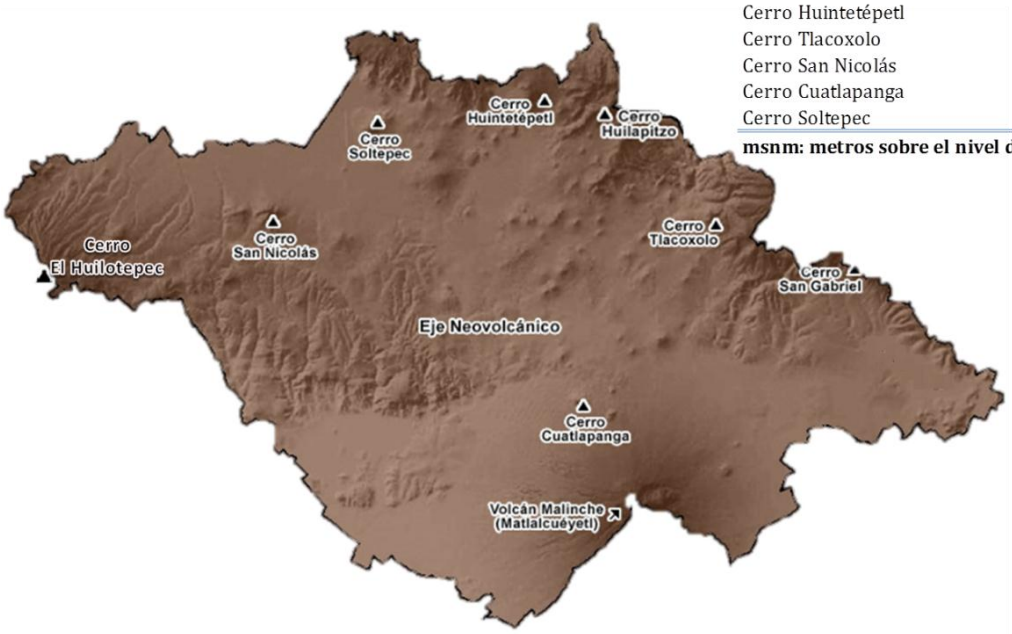


Fuente: **INEGI** 2012

I.1.2 Orografía

La superficie estatal queda comprendida en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, Figura 2. En el estado existe una llanura que se extiende en el noroccidente y suroriente de la delimitación estatal, la zona occidental la conforman sierras de origen ígneo extrusivo o volcánico (se forman cuando el magma o roca derretida sale de las profundidades hacia la superficie de la Tierra) como el volcán Malinche o Matlalcuéyetl, con una altitud de 4,420 metros sobre el nivel del mar (msnm), separada por una llanura y lomerío. Hacia el norte hay una sierra en la parte noroccidental que ha desarrollado un lomerío. En la parte oriental hay lomeríos, sierras y una pequeña sierra con forma de meseta en donde se encuentran elevaciones superiores a 3,200 msnm. La altura más baja se localiza en el suroccidente del estado con 2,200 metros (**INEGI**, 2012a).

Figura 2. Relieve Tlaxcala



Provincia Fisiográfica

Eje Neovolcánico

Nombre	Altitud (msnm)
Volcán Malinche (Matlalcuéyetl)	4,420
Cerro El Huilotepec	3,500
Cerro Huilapitzo	3,500
Cerro San Gabriel	3,340
Cerro Huintetépetl	3,220
Cerro Tlacoxolo	3,080
Cerro San Nicolás	3,020
Cerro Cuatlapanga	2,900
Cerro Soltepec	2,860

msnm: metros sobre el nivel del mar

Fuente: **INEGI** 2005

I.2 Clima

Por su ubicación geográfica Tlaxcala resulta afectada por eventos meteorológicos de latitudes medias durante el invierno y por sistemas tropicales en el verano. Los frentes fríos, llamados "Nortes", que afectan el norte del país, se propagan hacia el sur sobre el Golfo de México y el sureste mexicano, provocando temperaturas bajas y en ocasiones lluvias desde Veracruz, hasta la península de Yucatán. La canícula de verano y los huracanes modulan el comportamiento de las lluvias. Las variaciones del clima en México están en gran medida determinadas por la ocurrencia del fenómeno de El Niño.[5]

Por lo anterior, y debido a la orografía, el territorio estatal cuenta con una gran variedad de regiones climáticas, entre las que sobresalen, por su extensión aproximada, las zonas de templado húmedo con lluvias en verano que abarcan casi el total de la superficie estatal (94.1%); las de clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, cuya extensión equivale a 5.1%; las de clima semiseco templado alrededor del 0.6%, mientras que las de clima frío ocupan aproximadamente el 0.2% (**INEGI**, 2011).

[5] Condición anómala en la temperatura del océano en el Pacifico tropical del este. Corresponde al estado climático en el que la temperatura de la superficie del mar está 0.5°C o más, por encima de la media del periodo 1950-1979, por lo menos seis meses consecutivos, en la región conocida como "Niño 3" (4° N-4° S , 150° W-90° W) (Magaña 2004).

Temperatura

Las observaciones de los últimos 42 años, muestran que la temperatura media anual en el periodo 1991-2012, se ha elevado 0.9°C en promedio, en relación al periodo 1971-1990, para el territorio tlaxcalteca.[6] La media histórica del período (1971-2012) se ubica en 14.1°C y muestra que las observaciones están por arriba de la media histórica después de 1991, cabe mencionar que en los recientes años la tendencia indica un incremento acelerado, Figura 3.

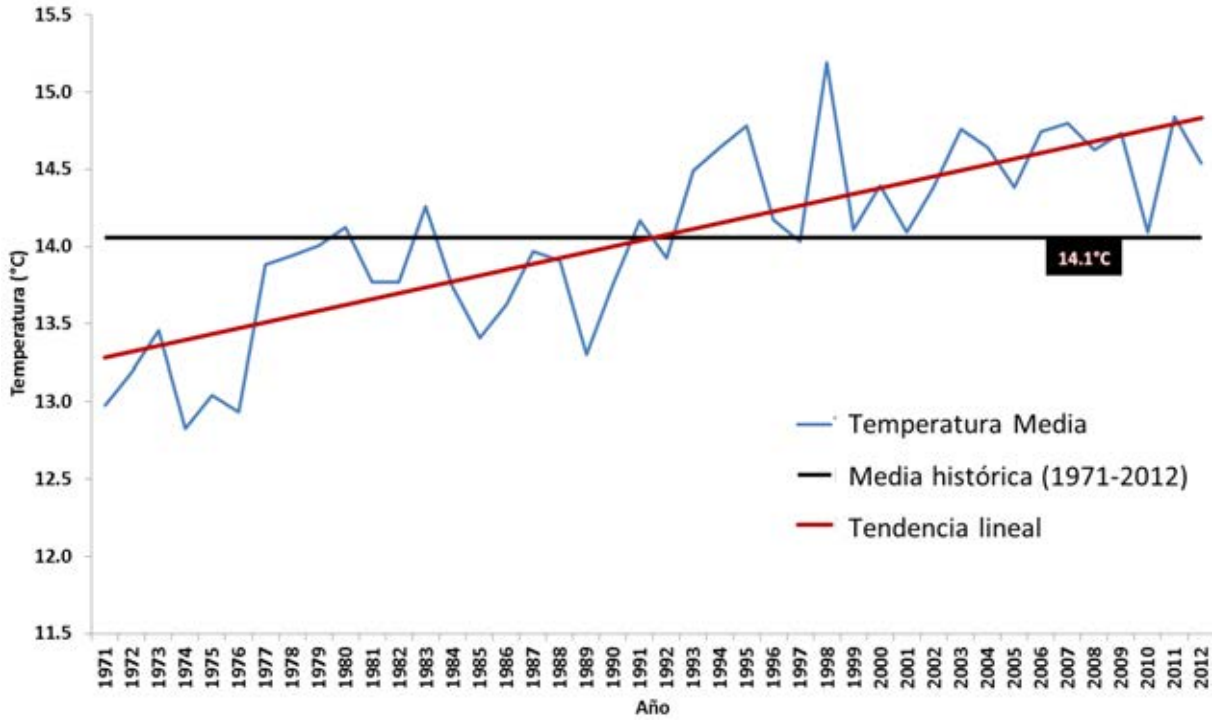
En 1998 se presentó en Tlaxcala un incremento de 1.1°C en la temperatura media anual, debido a la ocurrencia de El Niño 1997-1998,[7] seguido de un enfriamiento asociado a la fase de La Niña. El patrón de temperaturas medias anuales muestra calentamientos y enfriamientos modulados por El Niño y La Niña (**Magaña**, 2004); sin embargo, El Niño o La Niña no explican toda la variabilidad anual del clima como las

[6] Se ha producido un calentamiento adicional en las ciudades y áreas urbanas, denominado efecto de isla de calor urbana, pero se limita a una extensión espacial, y como no se realizó una separación de las estaciones climatológicas rurales y urbanas, se debe considerar dicho efecto implícito en estas observaciones para parte de las estaciones.

[7] Se utilizó el índice multivariado de El Niño Oscilación del Sur (**ENOS**, por sus siglas en inglés) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (**NOAA**, por sus siglas en inglés), para realizar las comparaciones entre las variaciones anuales de la temperatura media y la presencia de El Niño y La Niña.

variaciones de temperatura de 1983 a 1992.

Figura 3. Comportamiento de la temperatura media promedio



Fuente: Elaboración propia con datos del **SMN** 2012

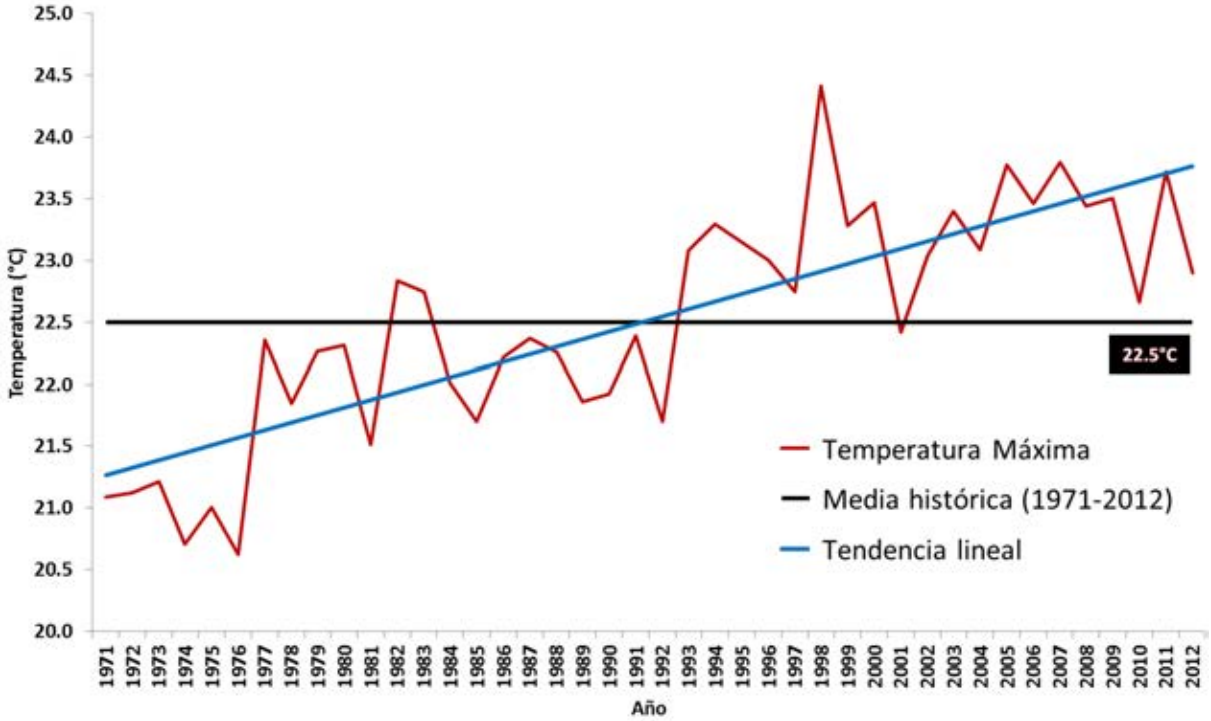
Respecto a la media anual de las temperaturas máximas, indica una tendencia hacia condiciones más calientes en promedio, ya que en el periodo 1991-2012, se ha elevado 1.4°C, en relación al periodo 1971-1990 y a partir de 1993, se ha rebasado la media histórica de 22.5°C, observándose que los años con mayor incremento en promedio para el territorio estatal son 1998, 2005, 2007 y 2011, Figura 4.

Mientras que para la media anual de las temperaturas mínimas, para el territorio estatal, indica una tendencia hacia condiciones menos frías en promedio, ya que en el periodo 1991-2012, se ha elevado 0.4°C, en relación al periodo 1971-1990, además de que a partir de 1990 la tendencia rebasó la media histórica de 5.6° C, Figura 5.

Precipitación

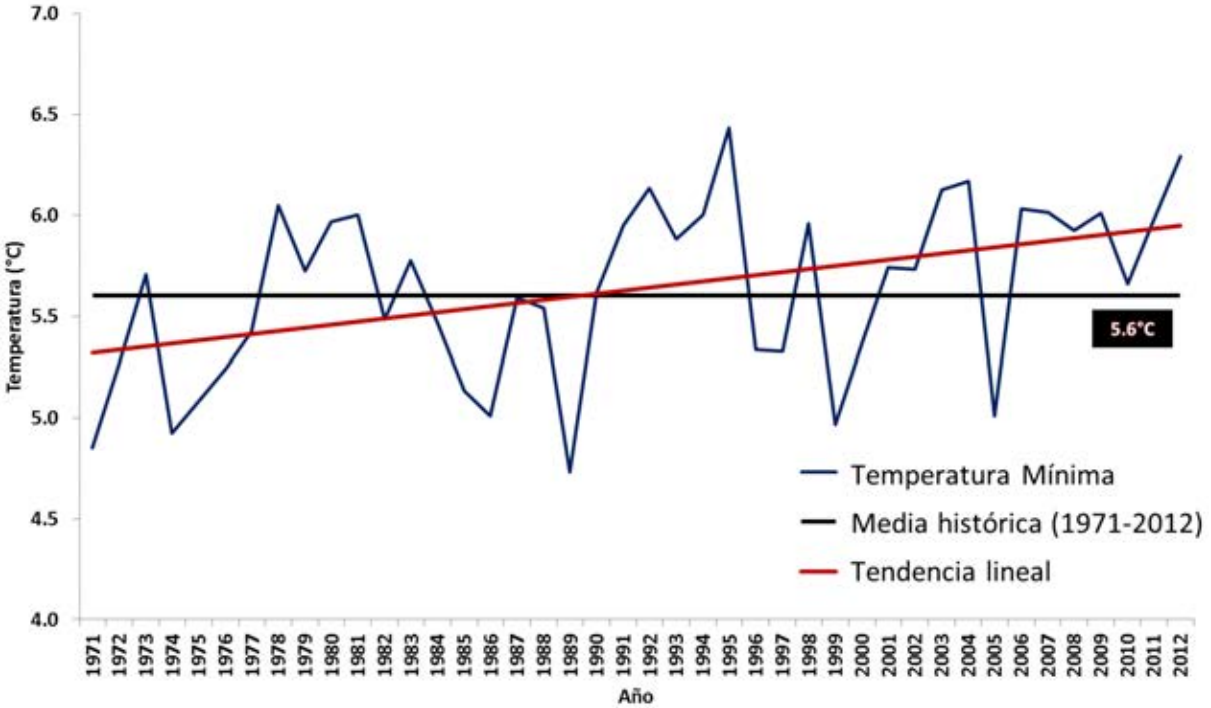
En el periodo de 1941 a 2010, la precipitación promedio anual en Tlaxcala fue de alrededor de 708 mm (**SMN**, 2012a). En la región sur y parte del centro se presenta la mayor precipitación que va de los 700 a 900 mm, mientras que en la parte oriente (Huamantla, Cuapiaxtla, Altzayanca) y una parte de la región norponiente se tiene una precipitación de 600 a 700 mm. En la región de El Carmen Tequexquitla se registra la menor cantidad de lluvia con un rango de 400 a 500 mm (**CONAGUA**, 2012), Figura 6.

Figura 4. Comportamiento de la temperatura máxima promedio



Fuente: Elaboración propia con datos del **SMN** 2012

Figura 5. Comportamiento de la temperatura mínima promedio



Fuente: Elaboración propia con datos del **SMN** 2012

Figura 6. Distribución de la precipitación anual (mm) 1979-2011

Fuente: Elaborado por el Ing. Geofísico Luis Clemente López Bravo, para el **PEACC,** Estado de Tlaxcala

En la mayor parte de Tlaxcala la distribución mensual de la precipitación acentúa la desigualdad en la disponibilidad del recurso, ya que el 80% de la precipitación acumulada mensual se presenta entre mayo y septiembre, siendo el resto del año relativamente seco.

I.3 Eventos hidrometeorológicos

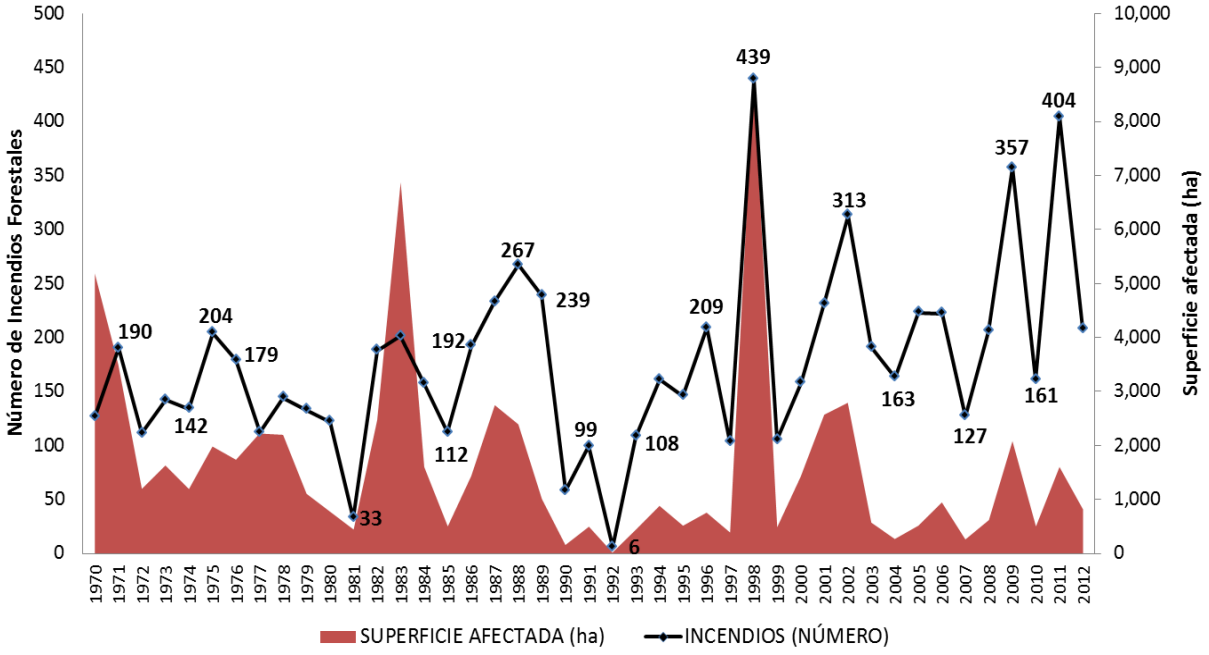
En 2007 y 2008 estos eventos afectaron a más de 30,674 personas, ocasionando daños en cerca de 8,168 ha de cultivo y pastizales, alcanzando un total de más de 128.40 millones de pesos de daños ocasionados por lluvias, inundaciones y ciclones tropicales (**SEGOB**, 2007) y (**SEGOB**, 2008).

I.4 Incendios forestales

En la Figura 7, se presenta el comportamiento de incendios forestales, así como de la superficie afectada. En 1998 se presentó la temporada más seca del periodo evaluado, con el mayor registro de incendios forestales (439), que afectaron 8,832 ha: 54.6% de pastizales, 29.6% de arbustos y matorrales y 15.8% de Arbolado. A pesar de que 2011 fue el segundo año con mayor registro de incendios forestales (404), la superficie afectada fue de 3.97 ha/incendio (1,602.25). Mientras que 1983 fue el segundo año con más ha afectadas por incendios forestales 6,875 ha (**CONAFOR**, 2013). Es importante resaltar que 1983 y

1998 son años en que se presentó el evento de interacción océano atmosfera conocido como **EL NIÑO** (**Herrera**, 2010).

Figura 7. Número de incendios forestales y superficie afectada (ha), 1970-2012



Fuente: Elaboración propia con datos de **CONAFOR** 2013

I.5 Suelos

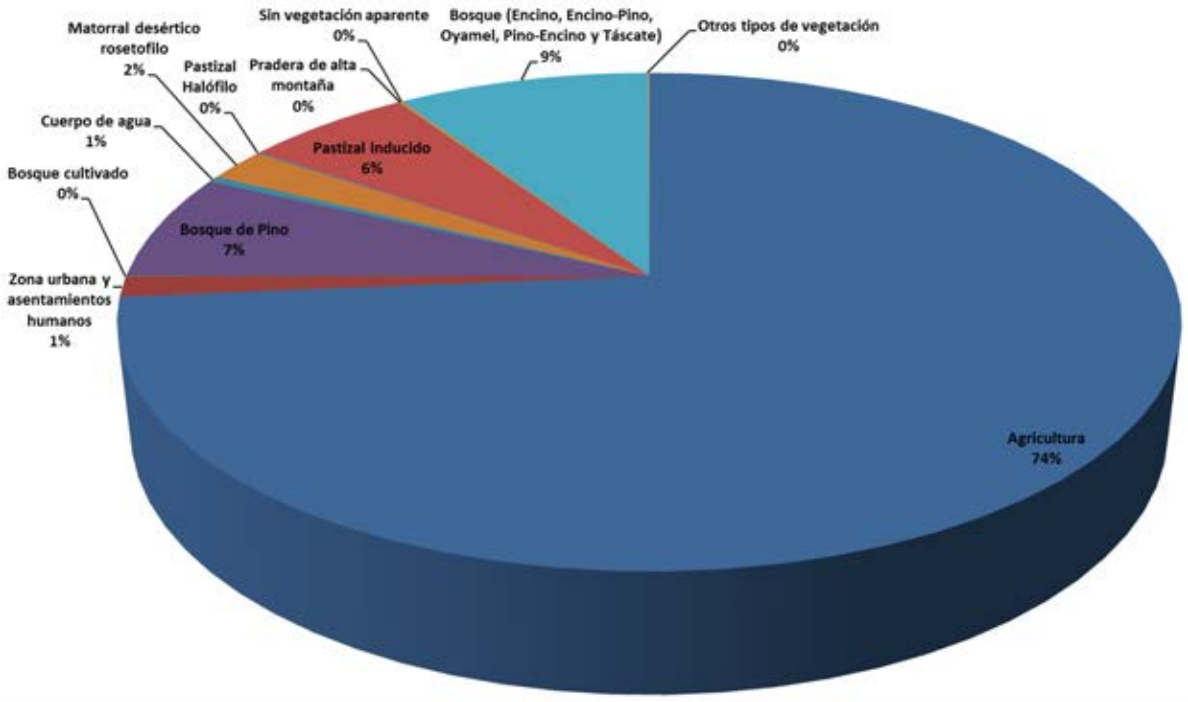
En la Entidad se encuentran diversos tipos de suelos, pero predominan los de tipo Phaeozem con el 34.5% de la superficie, que son los suelos típicos de la agricultura de temporal, los de tipo Regosol con un 13.3%, cuyo uso es forestal y ganadero, principalmente. Le siguen los de tipo Durisol (12.1%), Leptosol (11.6%) y Cambisol (10.2%), de modo que en conjunto estos tipos de suelo cubren el 81.7% del estado (**SEMARNAT**, 2013).

Los suelos se dividen también según su uso y cubierta de vegetación, en el estado 73.6% se destina a la agricultura, 7% por bosque de pino, 9.1% por bosque (Encino, Encino-Pino, Oyamel, Pino-Encino y Táscate), 6.1% por pastizal inducido, Figura 8 (**INEGI**, 2013a).

De acuerdo a **INIFAP**, un 45.7% de la superficie estatal corresponde a suelos profundos con más de un metro de horizonte superficial y el 54.3% son someros de profundidad variable de 0 a 1 metro. El estado ocupa el tercer lugar a nivel nacional por superficie erosionada en grado severo con más de 40 mil hectáreas erosionadas con afloramiento de roca madre (tepetates) y están clasificados como suelos litosoles. Además, la topografía es accidentada (más del 4% de pendiente en 55.7% del territorio estatal), lo cual

favorece el proceso de erosión de los suelos que se destinan a la producción agrícola mal orientada (**INIFAP**, 2012).

Figura 8. Uso del Suelo y Vegetación en Tlaxcala, 2007



Fuente: Elaboración propia con datos de **INEGI**: Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV

I.6 Demografía

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, en Tlaxcala se contabilizaron 1'169,939 habitantes, de los cuales el 51.6% representaron a las mujeres y el 48.4% a los hombres (**INEGI**, 2013). La **TMCA** para distintos periodos, en Tlaxcala presenta una disminución significativa a partir de 1990, de tal forma que para ese año la tasa fue de 2.67% y para 2010 de 1.57%.

La densidad de población promedio a nivel nacional es de 57 hab/km^2, mientras que en el Estado de Tlaxcala la densidad es de 293 hab/km^2, siendo la cuarta entidad más densamente poblada, después, del Distrito Federal con 5,920, Estado de México con 679 y Morelos con 364. En 2005, se estimó que 51.4% de la población vivía en pobreza de patrimonio, 26.2% en pobreza alimentaria y 17.9% en pobreza de capacidades.

México presentó un Índice de Desarrollo Humano (**IDH**) de 0.7364 en 2008, de 0.7390 en 2010 y en el más reciente Informe Mundial sobre Desarrollo Humano 2011, ubicó a México en la posición 57, con un **IDH** 0.770. Mientras que el estado de Tlaxcala ocupa el lugar 22 con 0.7159 y 0.7162 en 2008 y 2010 respectivamente, de un total de 32 entidades federativas.

II Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

II INVENTARIO ESTATAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

II.1 Introducción

El **IEEGEI** 2005-2009, se realiza conforme a la Estrategia Nacional de Cambio Climático de México que representa un marco referencial para la adopción de políticas, programas e instrumentos para mitigar las emisiones de **GEI** y adaptarse ante los efectos del cambio climático. La Estrategia establece bases de diagnóstico cuantitativo de emisiones de **GEI** y líneas de acción en sectores prioritarios. Así mismo, la Estrategia establece bases de diagnóstico y líneas de acción en el área de adaptación al cambio climático, apuntando a la gestión de riesgos hidrometeorológicos y manejo de recursos hídricos, conservación de la biodiversidad, reducción de la vulnerabilidad en los sectores agrícola, ganadero, y asentamientos humanos, e implicaciones en la generación y uso de la energía y la salud humana.

La **SEMARNAT/INECC** considera que muchas de las políticas de mitigación de emisiones de **GEI** y de adaptación al cambio climático tendrían mejores oportunidades de éxito si se diseñan e instrumentan en los niveles estatal o local.

El **IEEGEI** para el estado de Tlaxcala, es una parte integral del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (**PEACC**). En relación al compromiso del Gobierno Federal ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**CMNUCC**), evidenciado en su Quinta Comunicación Nacional. El presente documento es la primera versión del **IEEGEI** en el Estado de Tlaxcala.

El **IEEGEI** incluye estimaciones para los años 2005 al 2009 de las categorías de Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura, y Desechos. No se presentan resultados de la categoría de Solventes, que sólo emite gases precursores de ozono. Se realizó de acuerdo con las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés) en su versión revisada 1996 y con la Orientación de las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de **GEI**. El año base para realizar el Inventario Estatal es 2005, con una proyección a los años 2020 y 2030.

El **INECC** sugirió que se fortaleciera la capacidad académica e institucional local, con el fin de que el estado sea capaz de dar continuidad al inventario, además de realizar actividades de investigación para disminuir las incertidumbres en los siguientes inventarios.

Por su parte, los tomadores de decisiones deberán de ser capaces de entender e interpretar los resultados

obtenidos con la finalidad de traducirlas en políticas públicas.

El informe del **IEEGEI** se sometió a revisión por parte del **INECC** y del público en general a través de un sitio web, y con base en los comentarios y observaciones se realizaron las últimas adecuaciones y correcciones al documento, de donde se obtuvo la versión final para su publicación.

El **IEEGEI** 2005-2009 informa sobre los seis **GEI** incluidos en el Anexo A del Protocolo de Kioto: bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Las emisiones en este inventario se contabilizan por cada **GEI** y también en unidades de CO_2 equivalente (CO_2 eq), las cuales se estiman al multiplicar la cantidad de emisiones de un gas de efecto invernadero por su valor de potencial de calentamiento global para un horizonte de 100 años.[8] Las emisiones de **GEI** expresadas en estas unidades, nos permite compararlas entre sí y medir la contribución de cada fuente al total de emisiones del inventario.

II.2 Panorama General

Las emisiones de **GEI** para 2009 en unidades de CO_2 equivalente, se estimaron en 3,593.3 Gg[9] tomando en cuenta los seis gases enunciados en el anexo A del Protocolo de Kioto. Esto representa un incremento del 20.9% respecto al año base 2005. En la Figura 9, se resume la contribución por categoría de emisión y por gas.

La contribución en el 2009 de las emisiones de los **GEI** de las diferentes categorías en términos de CO_2 equivalente es la siguiente: la categoría de energía representó el 68.7% de las emisiones con 2,468.7 Gg; le siguen las categorías de desechos con 14.4% (516.5 Gg), agricultura con 9.3% (335.1 Gg), **USCUSS** con 6.5% (233.0 Gg) y procesos industriales con 1.1% (40.0 Gg), Cuadro II.1.

La categoría de energía es la fuente principal de emisiones, seguida de las categorías de desechos, agricultura, **USCUSS** y procesos industriales.

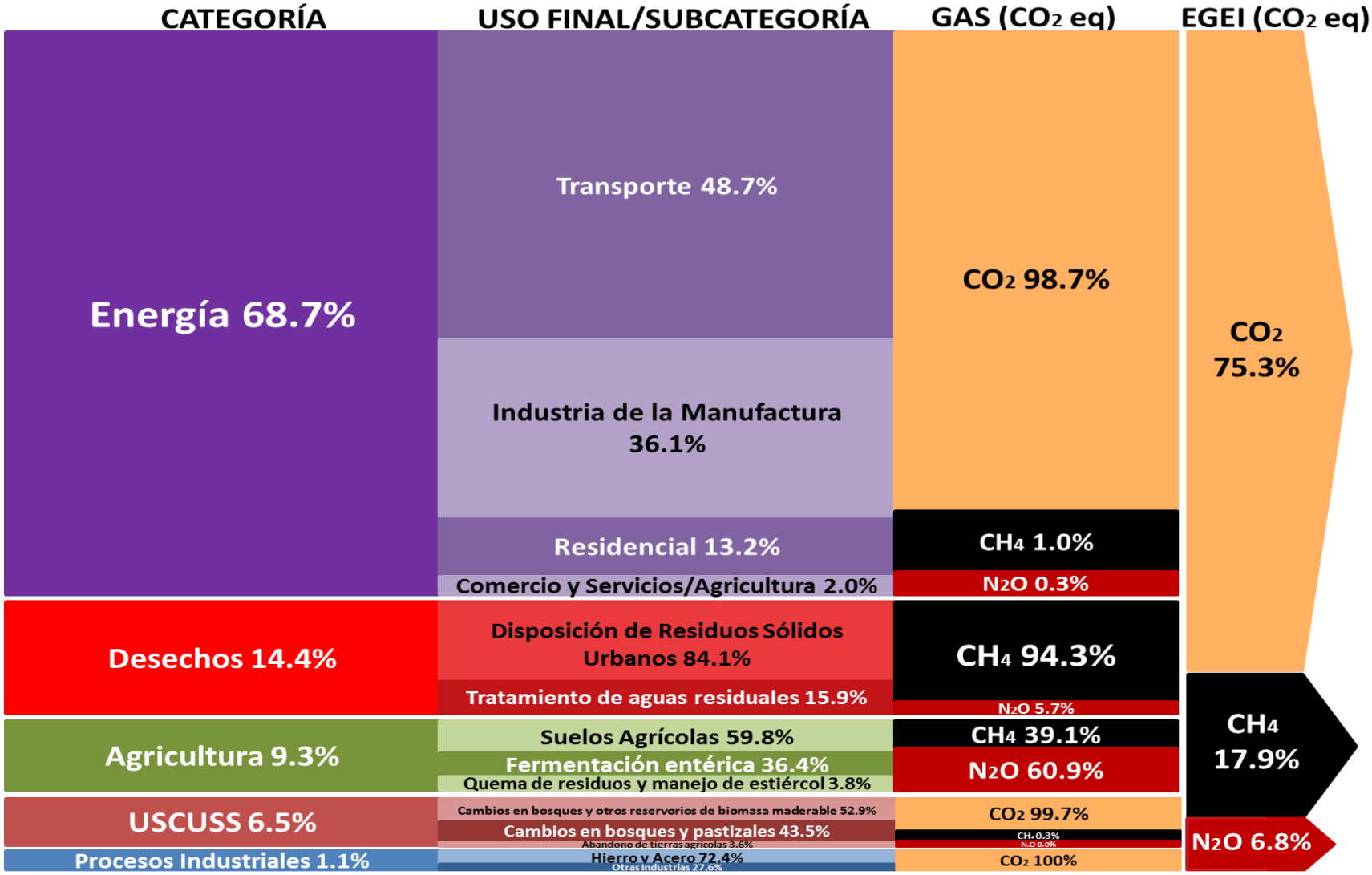
Las emisiones de **GEI** en unidades de CO_2 eq por gas son: CO_2, 2,707.3 Gg (75.3%); CH_4, 643.5 Gg (17.9%); N_2O, 242.5 Gg (6.8%).

En la categoría Energía, las emisiones de CO_2 de la subcategoría Transporte han tenido un incremento durante los años evaluados, además de que el transporte es la principal fuente de emisión en los años 2005 al 2009**.**

[8] Se utilizaron los potenciales de calentamiento publicados en el Segundo Informe de Evaluación del **IPCC**, ya que éstos siguen siendo usados por la **CMNUCC**. Los potenciales de calentamiento son: CO_2=1, CH_4=21, y N_2O=310.

[9] Un gigagramo (Gg) equivale a mil toneladas. La cifra de 3,593.30 Gg equivale entonces a 3'593,300 toneladas.

Figura 9. Diagrama de emisiones de **GEI**, Tlaxcala 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Cuadro II.1. Emisiones de **GEI** por fuente y gas en unidades de CO_2 eq (Gg), 2009

Categoría de emisión	CO_2	CH_4	N_2O	Total CO_2 eq
Total de emisiones estatales	**2,707.3**	**643.4**	**242.5**	**3,593.2**
Energía	**2,435.1**	**24.7**	**9.0**	**2,468.8**
Consumo de combustibles fósiles (Método sectorial)	2,435.1	24.7	9.0	2,468.8
Industria de la manufactura	888.5	1.1	1.6	891.2
Transporte	1,193.0	5.7	3.1	1,201.8
Otros sectores	353.5	17.8	4.3	375.7
Procesos industriales	**40.0**			**40.0**
Productos minerales	11.0			11.0
Producción de metales	28.9			28.9
Agricultura		**131.1**	**203.9**	**335.1**
Fermentación entérica		121.8		121.8
Manejo de estiércol		4.4	0.0	4.4
Suelos agrícolas			200.5	200.5
Quemas de residuos agrícolas		4.9	3.4	8.4
Uso de suelo, cambio uso de suelo y silvicultura	**232.2**	**0.7**	**0.1**	**233.0**
Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	132.8			132.8
Conversión de bosques y pastizales	108.4	0.7	0.1	109.2
Abandono de tierras agrícolas	-9.0			-9.0
Desechos		**487.0**	**29.5**	**516.5**
Disposición de residuos sólidos		434.2		434.2
Tratamiento de aguas residuales		52.8	29.5	82.3
Emisiones de CO_2 por quema de biomasa	**142.0**			**142.0**

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En el Cuadro II.2, se muestra la tasa de cambio porcentual de emisiones de **GEI** de las cinco categorías evaluadas en el **IEEGEI** para el estado de Tlaxcala. El total de emisiones de **GEI** tiene una tendencia a la alza con el 20.9%, al igual que las categorías de Energía y Desechos con el 30.7% y 9.9% respectivamente, mientras que en las categorías de Agricultura y **USCUSS** las emisiones tienen una tendencia a al alza, pero en menor magnitud con el 0.8% y 0.1% respectivamente, donde destaca Procesos Industriales por tener una disminución del 15.8%. Cabe mencionar que en la categoría de Procesos Industriales actualmente se dispone de poca información, principalmente los que proceden de los hidrofluorocarbonos y perfluorocarbonos, por lo que es necesario seguir investigando más en esta categoría.

Cuadro II.2. Tasa de cambio porcentual 2005-2009 (Gg CO_2 eq)

CATEGORÍA	2005	2009	Cambio porcentual
TOTAL	**2,972.2**	**3,593.3**	**20.9% ↑**
Energía	1,889.4	2,468.7	30.7% ↑
Procesos Industriales	47.5	40.0	15.8% ↓
Agricultura	332.5	335.1	0.8% ↑
USCUSS	232.7	233.0	0.1% ↑
Desechos	470.2	516.5	9.9% ↑
Ton CO_2 eq/***per-cápita***	2.8	3.2	13.8% ↑

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En relación a las emisiones ***per cápita*** en toneladas de CO_2 eq en el año 2009 fueron de 3.2, registrando un incremento de 13.8% respecto al año base 2005 con 2.8 Ton CO_2 eq con una tasa de crecimiento promedio anual de 3.3%.

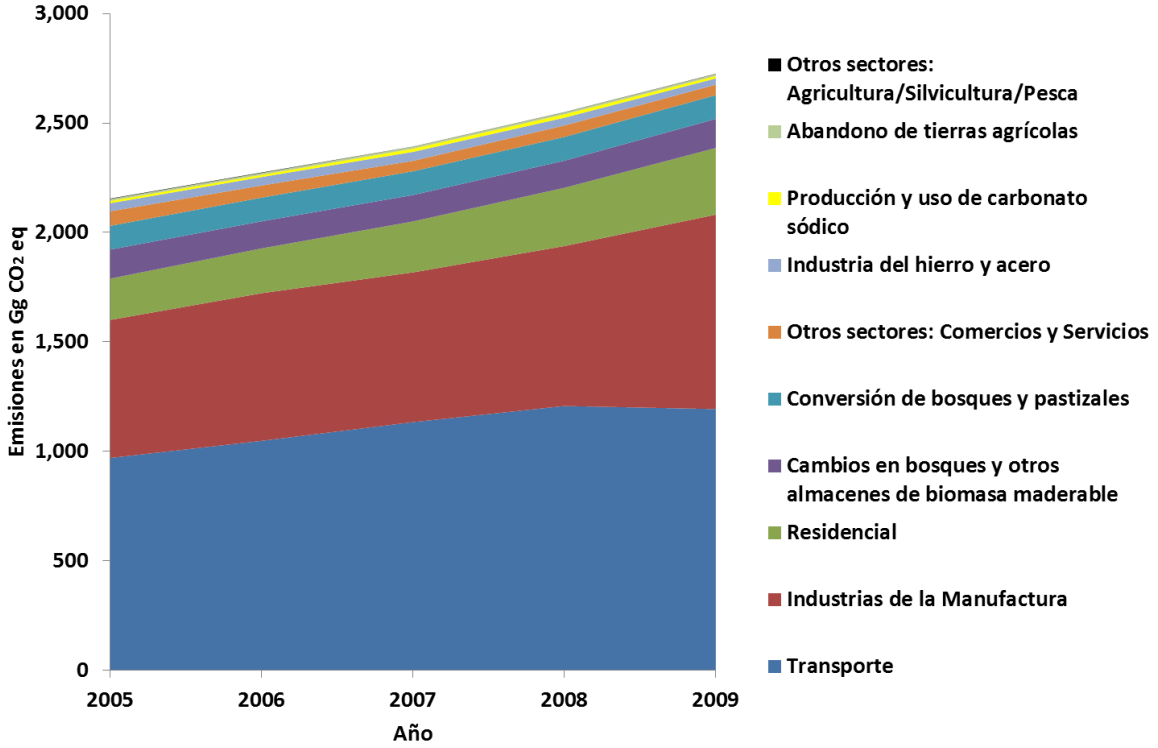
II.3 Emisiones de Gases de Efecto invernadero por gas

II.3.1 Emisiones de bióxido de carbono (CO_2)

Las emisiones de CO_2 fueron de 2,707.31 Gg en 2009, con una

contribución del 75.3% al total del inventario y con un incremento de 26.7% con respecto a 2005. Las emisiones de CO_2 en el estado provienen principalmente de las categorías de energía, **USCUSS** y procesos industriales, Figura 10.

Figura 10. Emisiones de CO_2 por subcategoría, 2005-2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

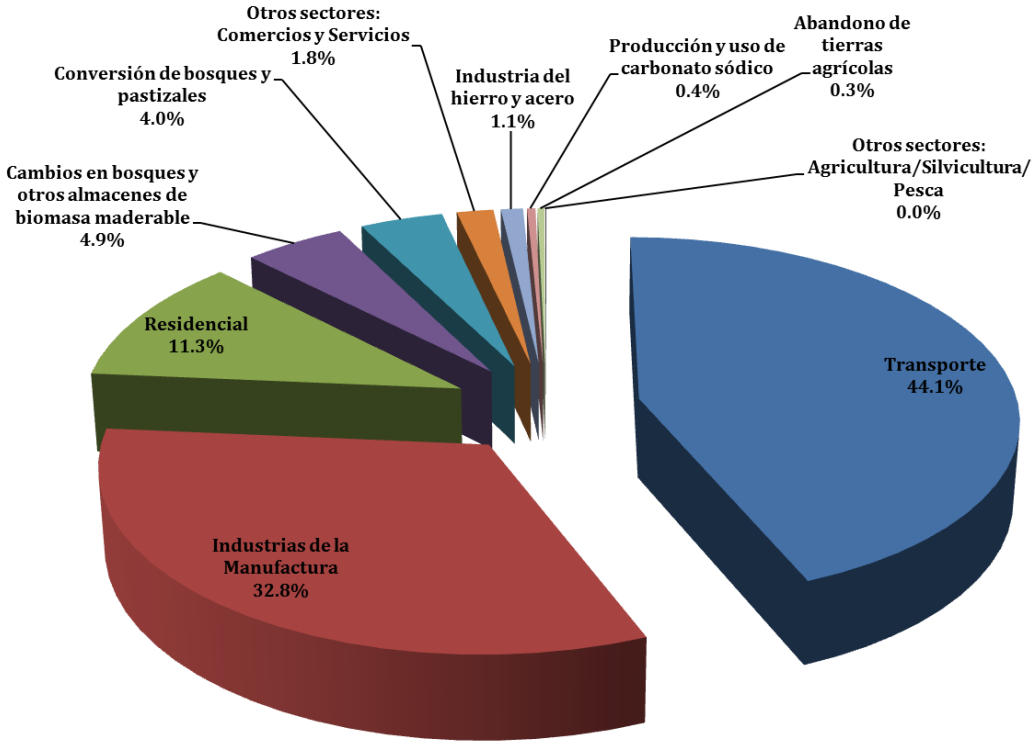
Las subcategorías con mayor contribución porcentual de emisiones de CO_2 en el 2009 son: transporte con 44.1%, industria de la manufactura con 32.8%, residencial con 11.3% y otros (Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable, Conversión de bosques y pastizales, Comercios y Servicios, Industria del hierro y acero, Uso de carbonato sódico en la producción de vidrio y fibra de vidrio, Abandono de tierras agrícolas y Agricultura/Silvicultura/Pesca) con 11.8%, Figura 11.

Como puede observarse, tres de las fuentes principales de emisión pertenecen al consumo de combustibles fósiles de la categoría energía; éstas aportan el 88.2% del total de CO_2 del inventario.

II.3.2 Emisiones de metano (CH_4)

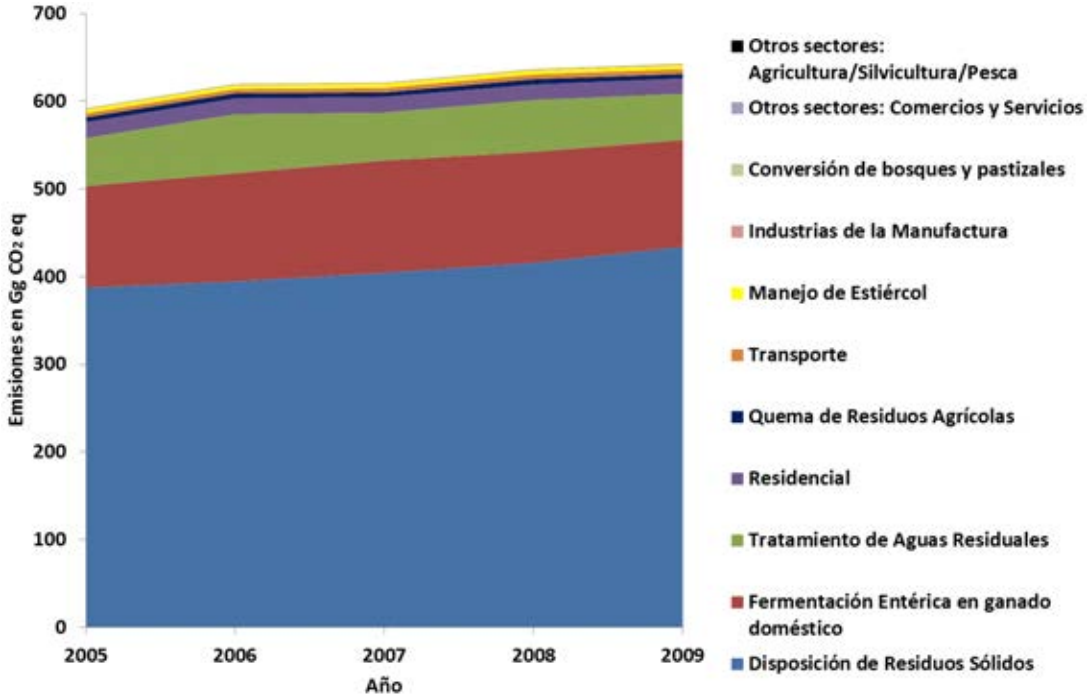
En 2009, las emisiones de CH_4 fueron de 643.4 Gg, lo que representa un incremento de 8.6% con respecto a 2005. Las principales fuentes de emisión corresponden a las categorías de desechos y agricultura, Figura 12.

Figura 11. Contribución porcentual por subcategoría, 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 12. Emisiones de CH_4 por subcategoría, 2005-2009

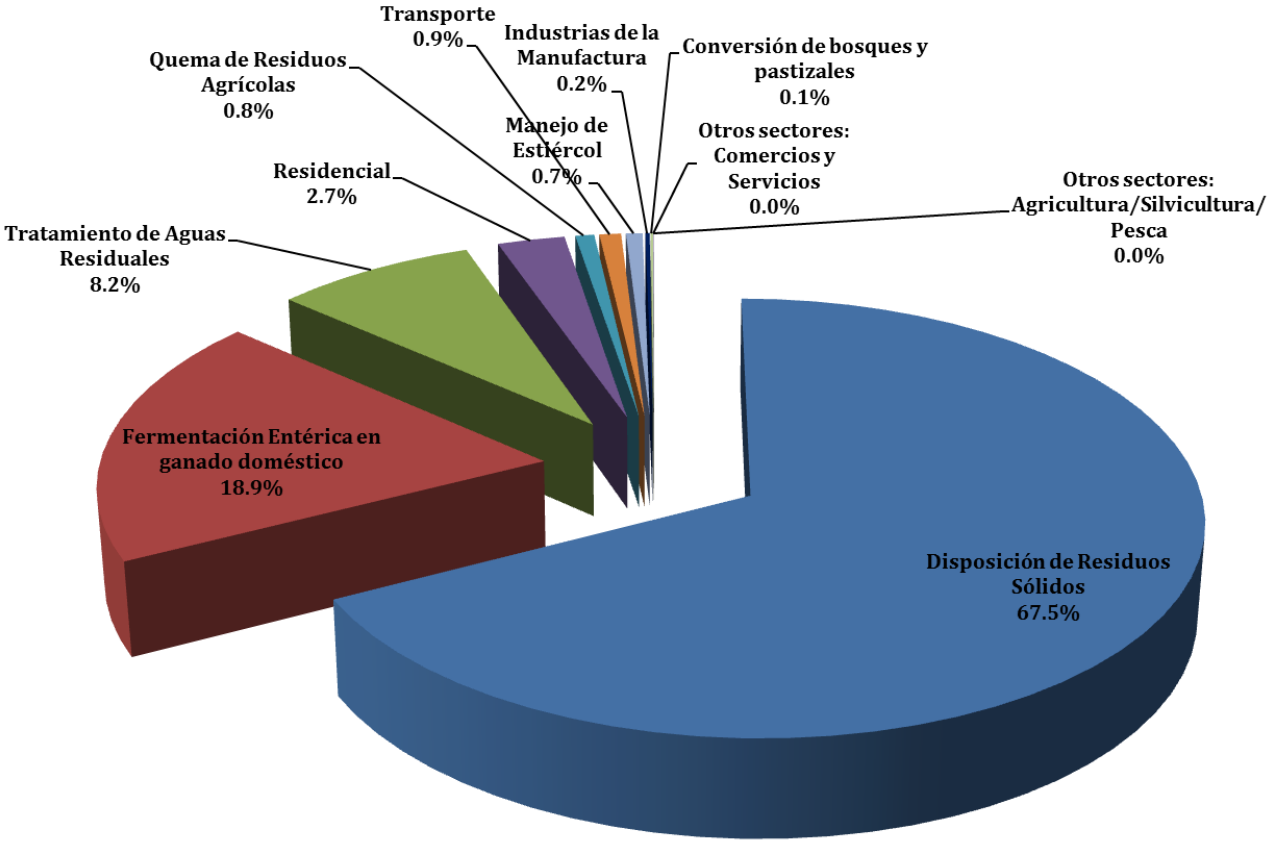


Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Las subcategorías con mayor contribución porcentual de emisiones de CH_4 en el 2009 son: disposición de residuos sólidos con 67.4%, fermentación entérica con 18.9% y tratamiento de aguas residuales con 8.2%, en su conjunto representan el 94.5% de las emisiones de CH_4 del inventario, Figura 13.

Las emisiones por disposición de residuos sólidos y las provenientes de la fermentación entérica tuvieron incrementos significativos entre 2005 y 2009, con 12% y 5%, respectivamente.

Figura 13. Contribución porcentual por subcategoría, 2009



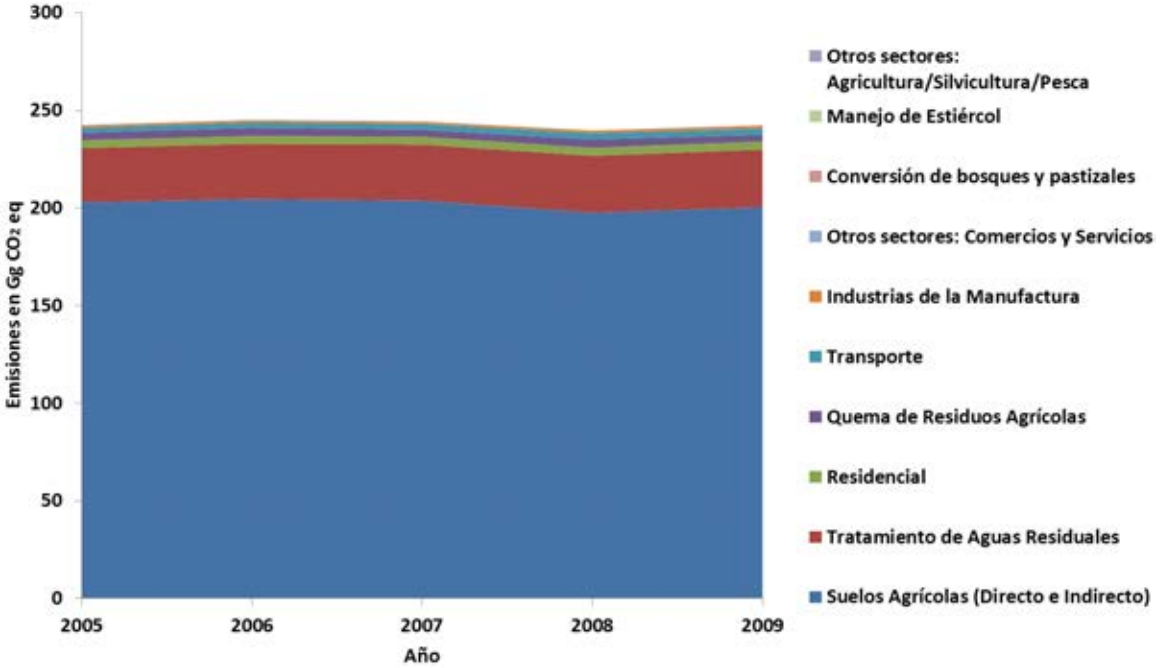
Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

II.3.3 Emisiones de óxido nitroso (N_2O)

En 2009, las emisiones de N_2O fueron de 242.5 Gg, lo que representa una disminución de 0.01% con respecto a 2005. La principal contribución proviene de suelos agrícolas con 82.7% y tratamiento de aguas residuales con 12.2%; en conjunto representan el 94.9% de las emisiones de N_2O en 2009, Figuras 14-15.

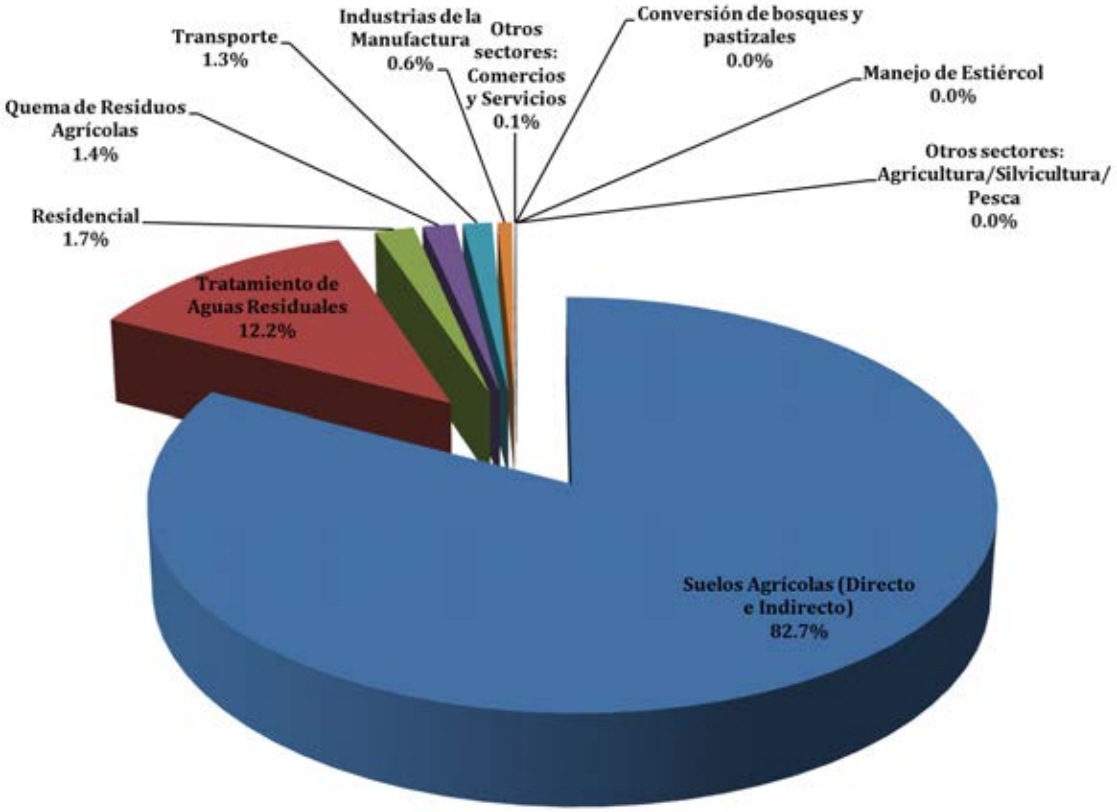
Las emisiones provenientes del tratamiento de aguas residuales en 2009, tuvieron un incremento del 6.2% respecto al año base.

Figura 14. Emisiones de N_2O por subcategoría, 2005-2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 15. Contribución porcentual por subcategoría, 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

II.4 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Categoría

II.4.1. Energía

En la categoría de Energía, se estiman emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O y otros gases denominados precursores de ozono que son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) y bióxido de azufre (SO_2). Las emisiones de CO_2 y SO_2 dependen del contenido de carbono y azufre en el combustible. Los otros gases dependen de las condiciones de combustión y la tecnología.

En 2009, las emisiones de **GEI** para esta categoría, expresadas en CO_2 eq, registraron un aumento de 30.7% con respecto al año base (2005), es decir pasaron de 1,889.4 Gg a 2,468.7 Gg, a una tasa media de crecimiento anual de 6.9%, Cuadro 11.3.

Cuadro II.3. Emisiones de **GEI** de la categoría Energía en Gg CO_2 eq

Categoría	2005	2006	2007	2008	2009
Energía	1,889.4	2,016.5	2,131.4	2,290.7	2,468.7

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En 2009, la principal emisión de la categoría de Energía fue el CO_2, que contribuyó con el 98.6% (2,435.1 Gg CO_2) del total, seguido de las emisiones de CH_4 con 1.0% (24.7 Gg CO_2 eq) y N_2O con 0.4% (9.0 Gg CO_2 eq), Cuadro II.4.

Cuadro 11.4. Emisiones de **GEI** de la categoría Energía por tipo de gas en Gg CO_2 eq

Gas	2005	2006	2007	2008	2009
CO_2	1857.7	1,984.4	2,099.0	2,257.6	2,435.1
CH_4	23.8	23.9	24.0	24.4	24.7
N_2O	7.9	8.1	8.4	8.8	9.0
Total	**1,889.4**	**2,016.5**	**2,131.4**	**2,290.7**	**2,468.7**

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

El Cuadro II.5 y la Figura 16 muestran el crecimiento de las emisiones de CO_2 por combustible. Se observa que el consumo de gas L.P. y gasolina representan la mayor contribución a las emisiones de esta categoría en 2009, con el 34.0% (839.5 Gg) y 31.0% (766.5 Gg), respectivamente; seguido por el gas natural y el diesel que aportan el 18.4% (453.7 Gg) y 16.6%

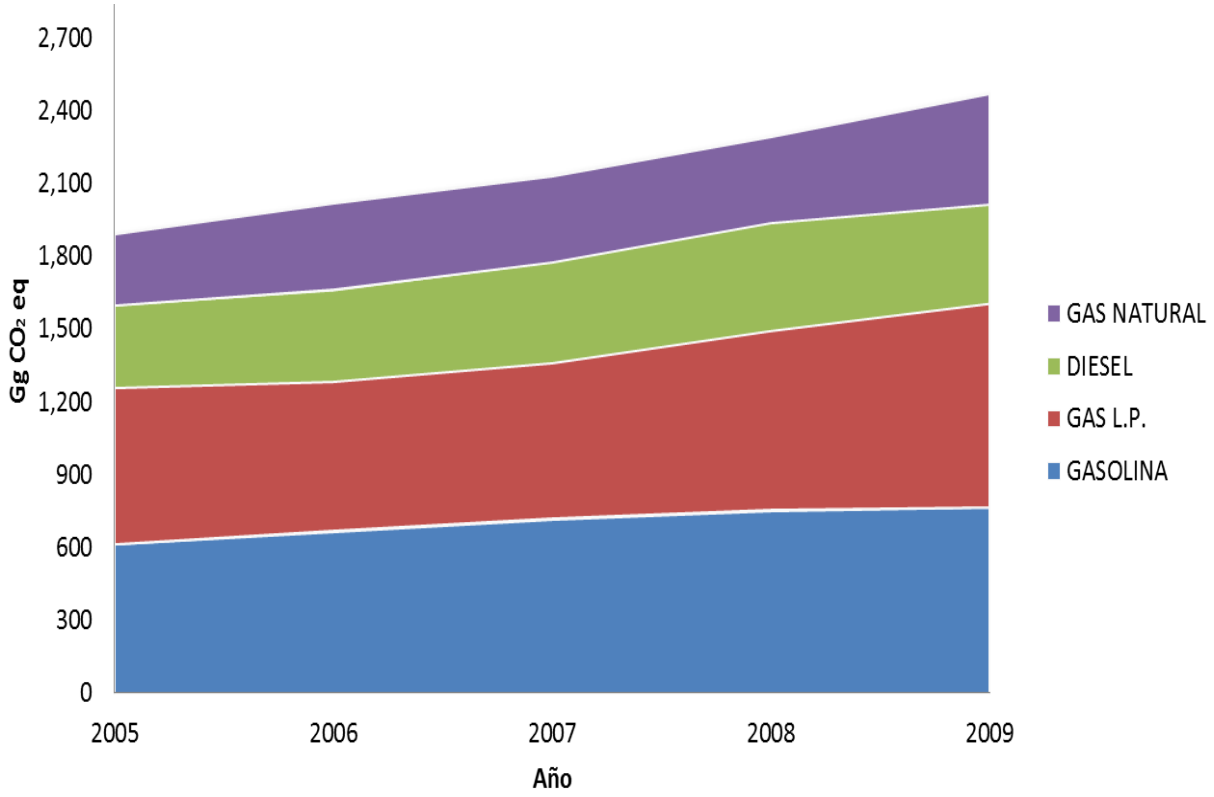
(409.0 Gg), respectivamente. Entre 2005 y 2009 las emisiones de CO_2 por gas natural se incrementaron en 55.2%, al igual que las relacionadas al consumo de gas L.P. con un 30.1%; y las de gasolina y el diesel en 24.9% y 21.0% respectivamente. El uso de leña se redujo un 5.3% en el mismo periodo.

Cuadro II.5. Emisiones en CO_2 eq por combustible (Gg)

Combustible	2005	2009	Cambio porcentual
Diesel	338.1	409.0	21.0% ↑
Gas natural	292.3	453.7	55.2% ↑
Gas L.P.	645.5	839.5	30.1% ↑
Gasolina	613.5	766.5	24.9% ↑
Total	1,889.4	2,468.7	**30.7%** ↑
Leña	149.9	142.0	5.3% ↓

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 16. Emisiones de CO_2 asociadas al consumo de combustibles fósiles 2005-2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Los cambios más representativos en la estructura del consumo de combustibles (Cuadro II.6 y Figura 17), ocurrieron en la subcategoría residencial donde aumentó el uso de gas L.P. (61.3%). En industrias de la manufactura, aumentó el consumo de gas natural (55.2%) y gas L.P. (28.6%). En el transporte se incrementó la proporción del uso de gasolinas (24.9%) y el diesel (21.0%), disminuyendo el uso de gas L.P. (4.3%). Finalmente en las subcategorías de agricultura y comercial disminuyo la proporción del uso de gas L.P. (43.4%) y (28.2%) respectivamente.

Para el año 2009 las emisiones de **GEI** en unidades de CO_2 eq generadas en la categoría de energía provinieron del transporte que contribuyó con el 48.7% (1,201.8 Gg), seguida por la industria de la manufactura con 36.1% (891.2 Gg), residencial con 13.2% (326.6 Gg), y otras subcategorías (comercial y agropecuario) con 2.0% (49.1 Gg).

Cuadro II.6. Consumo de combustible por subcategoría (TJ)

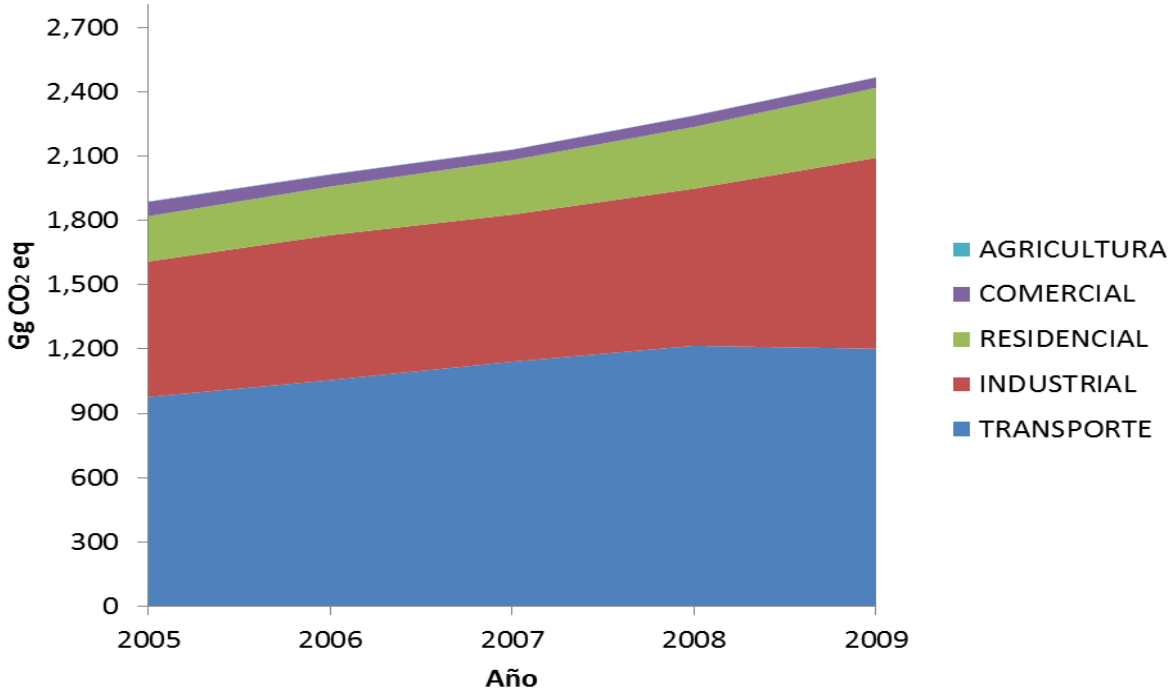
Subcategoría	Combustible	2005	2009	Cambio porcentual
Industrial	Gas Natural	5,224.0	8,108.3	55.2% ↑
Industrial	Gas L.P.	5,430.7	6,982.3	28.6% ↑
Transporte	Gasolina	8,864.3	11,074.5	24.9% ↑
Transporte	Diesel	4,592.2	5,555.8	21.0% ↑
Transporte	Gas L.P.	396.7	413.9	4.3% ↓
Residencial	Gas L.P.	3,026.0	4,880.8	61.3% ↑
Comercial	Gas L.P.	1,065.9	764.9	28.2% ↓
Agricultura	Gas L.P.	29.6	16.8	43.4% ↓
Total		**28,629.4**	**37,797.2**	**32.0% ↑**

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

A nivel de subcategoría, las emisiones correspondientes al consumo de combustibles fósiles presentan variación en su contribución relativa en 2009 con respecto a 2005, Figura 18. Por ejemplo, la contribución del transporte disminuyo de 51.7% (976.8 Gg) a 48.7% (1,201.8 Gg), mientras que en la industria de la manufactura aumento de 33.5% (632.6 Gg) a 36.1%

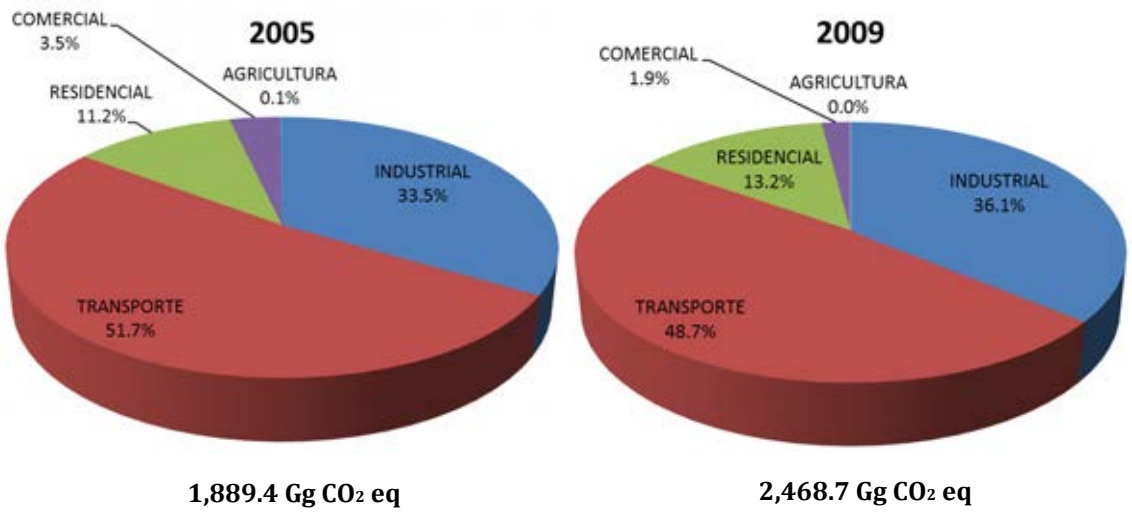
(891.2 Gg). Por otra parte, la participación de las emisiones provenientes de la subcategoría residencial aumentó de 11.2% (211.2 Gg) a 13.2% (326.6 Gg), mientras que la contribución disminuyó en Comercial y Agricultura de 3.5% (67.0 Gg) a 1.9% (48.1 Gg) y de 0.1% (1.9 Gg) a 0.0% (1.1 Gg), respectivamente.

Figura 17. Emisiones por categoría de CO_2 asociadas al consumo de combustibles fósiles 2005-2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 18. Contribución por subcategoría a las emisiones de **GEI** de CO_2 asociadas al consumo de combustibles fósiles 2005 y 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Transporte

En 2009 las emisiones totales de **GEI** en unidades de CO_2 eq de la subcategoría fueron de 1,201.8 Gg. La contribución total fue por automotor 100% (1,201.8 Gg). En cuanto a combustibles, la gasolina aporta el 63.8% (766.5 Gg) de las emisiones, el diesel el 34.0% (409.0 Gg) y el restante 2.2% (26.3 Gg) proviene del gas L.P.

Industria de la manufactura

Las emisiones en unidades de CO_2 eq por consumo de combustibles fósiles en la industria de la manufactura en 2009 fueron de 891.2 Gg.

Otros sectores usuarios de la energía

Las emisiones en unidades de CO_2 eq de esta subcategoría, en 2009, fueron de 375.7 Gg. El residencial contribuyó con 86.9% (326.6 Gg), seguido por el comercial con 12.8% (48.1 Gg) y agricultura con 0.3% (1.1 Gg).

II.4.2. Procesos Industriales

De acuerdo con las Directrices del **IPCC**, versión 1996, las emisiones de **GEI** que se contabilizan en la categoría incluyen al CO_2, CH_4, N_2O, los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6). Adicionalmente, también se emiten otros gases denominados precursores de ozono, como son el CO, NOx, COVDM y el SO_2.

Las emisiones de CO_2, CH_4 y N_2O son generadas por una gran variedad de actividades industriales en donde se transforman materias primas en productos mediante métodos químicos o físicos.

Los HFCs se utilizan directamente en bienes y artículos de consumo tales como refrigeradores, espumas o latas de aerosol, en los cuales se usan como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono; dichas emisiones son consideradas como potenciales porque simplemente están almacenados en estos productos.

Los PFCs se liberan en la producción de aluminio y también pueden utilizarse como sustitutos de las sustancias agotadoras de la capa de ozono (**SAO**) en aplicaciones especializadas. En el caso de México, los perfluorocarbonos no se consumen como substituto de **SAO** (**SEMARNAT**, 2009). El hexafluoruro de azufre se emplea como dieléctrico en circuitos eléctricos y como solvente en algunas industrias.

En la categoría de uso de solventes y otros productos se contabilizan principalmente las emisiones de **COVDM**. Varios solventes con compuestos orgánicos forman parte de productos finales, tal como las pinturas, barnices, selladores y tintas, los cuáles finalmente se evaporan.

En esta categoría no se incluyen las emisiones de **GEI** derivados del uso de combustibles fósiles empleados para

servicios industriales, los cuales son considerados en la categoría de energía.

La industria es de importancia en la economía de Tlaxcala. Con 307 establecimientos registrados y empleando directamente a 57,870 personas aporta el 30% del Producto Interno Bruto de la entidad. En el año 2008, reportó 14,564 millones de pesos ocupando el lugar 21 de 32 nacional.

Para el Estado de Tlaxcala, la generación de **GEI** por procesos industriales, proviene de las instalaciones de la fundición en hornos eléctricos, para la producción de acero y de la fabricación de fibra de vidrio.

En el Cuadro II.7 se muestran las emisiones de **GEI** derivadas de los procesos industriales las cuales disminuyeron en 15.8%, de 47.5 Gg en unidades de CO_2 eq en 2005 a 40.0 Gg CO_2 eq en 2009, Figura 19.

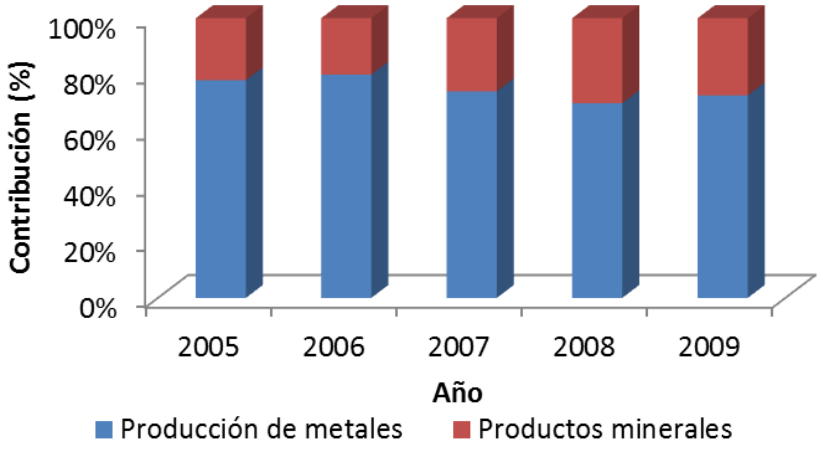
Por su parte, las emisiones de **GEI** de la producción de metales, disminuyeron notablemente durante este periodo, un 21.8%; al pasar de 36.9 Gg CO_2 eq en 2005 a 28.9 Gg CO_2 eq en 2009. Mientras que las emisiones de **GEI** de productos minerales aumentaron 4.8% de 10.5 Gg CO_2 eq en 2005 a 11.0 Gg CO_2 eq en 2009.

Cuadro II.7. Emisiones de **GEI** de la Categoría Procesos Industriales CO_2 eq (Gg)

Subcategoría	2005	2006	2007	2008	2009
Producción de metales	36.9	38.9	41.0	35.6	28.9
Productos minerales	10.5	9.8	14.5	15.5	11.0
Total	**47.5**	**48.6**	**55.5**	**51.2**	**40.0**

Nota: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras

Figura 19. Contribución de las emisiones de **GEI** por subcategoría de fuente de emisión (Gg CO_2 eq)



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

La principal emisión de la categoría de procesos industriales es el CO_2, que representa el 100% de las emisiones totales de **GEI** de la categoría para el período 2005-2009. En 2009, las principales fuentes que contribuyeron a las emisiones de CO_2 fueron: la producción del hierro y acero con el 72% (28.9 Gg) y la de vidrio con el 28% (11.0 Gg).

De manera complementaria, se han estimado emisiones de los **COVDM**, SO_2, y CH_4 para diferentes procesos industriales identificados en el Estado de Tlaxcala, y de los cuales se obtuvo información en cuanto a niveles de actividad y factores de emisión, no obstante que estos no inciden en las emisiones de **GEI**, pero que se reportan de acuerdo a la metodología del **IPCC**.

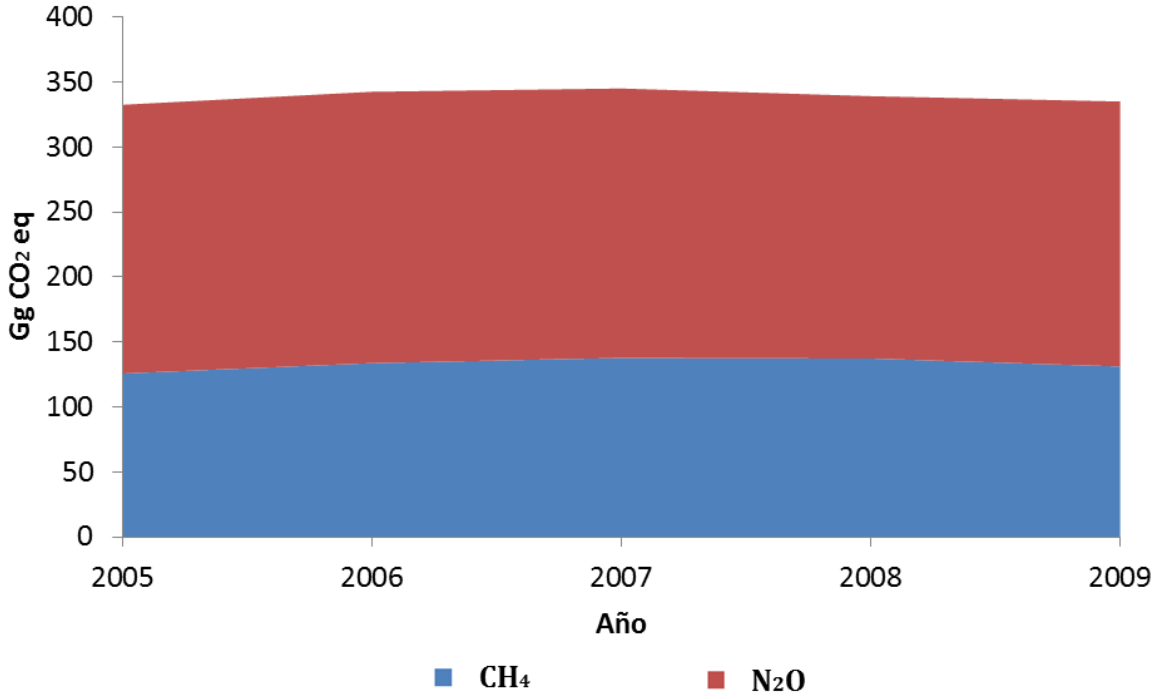
II.4.3 Agricultura

La categoría de agricultura está compuesta principalmente por las emisiones provenientes de actividades agrícolas (cultivos y manejo de suelos) y pecuarias (fermentación entérica y manejo de estiércol), Cuadro II.8. Sus principales gases son CH_4 proveniente de la fermentación entérica y manejo de estiércol; y N_2O proveniente de suelos agrícolas y quemas *in situ* de residuos agrícolas, Figura 20.

Cuadro II.8. Subcategoría de Agricultura

4A Fermentación entérica
4B Manejo de estiércol
4D Suelos agrícolas
4F Quema *in situ* de residuos agrícolas

Figura 20. Emisiones por tipo de **GEI**



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En el Cuadro II.9, se muestran las emisiones de esta categoría en unidades de CO_2 eq para las subcategorías correspondientes.

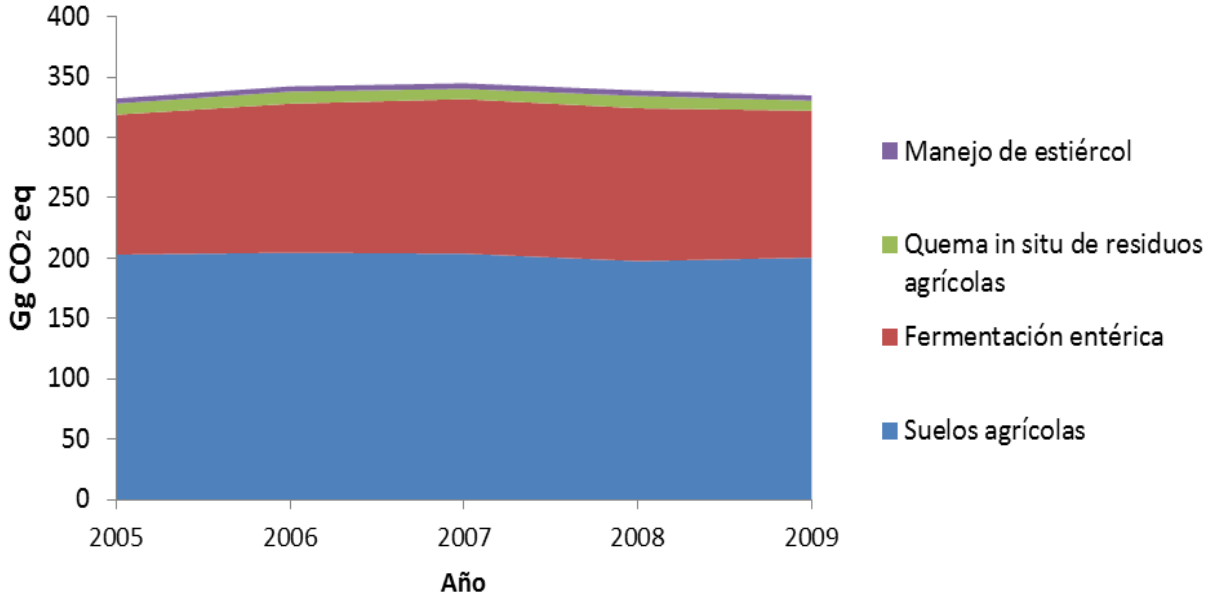
Cuadro II.9. Emisiones de las subcategorías de Agricultura (Gg CO_2 eq) 2005-2009

Subcategoría	2005	2006	2007	2008	2009
Fermentación entérica	116.0	123.5	128.1	126.7	121.8
Manejo de estiércol	4.3	4.3	4.6	4.6	4.4
Suelos agrícolas	203.0	204.6	203.8	197.7	200.5
Quemas *in situ* de residuos agrícolas	9.2	10.0	8.5	10.2	8.4
Total	**332.5**	**342.5**	**345.1**	**339.1**	**335.1**

Nota: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras

En la Figura 21, se muestra que la subcategoría que más contribuyó a las emisiones en CO_2 eq fue la de suelos agrícolas, a pesar de que disminuyó de 203.0 Gg en 2005 a 200.5 Gg en 2009. Seguida de la subcategoría de fermentación entérica, que tuvo en el periodo 2005-2009 valores entre 116.0 y 121.8 Gg CO_2 eq.

Figura 21. Emisiones para las distintas subcategorías de Agricultura 2005-2009

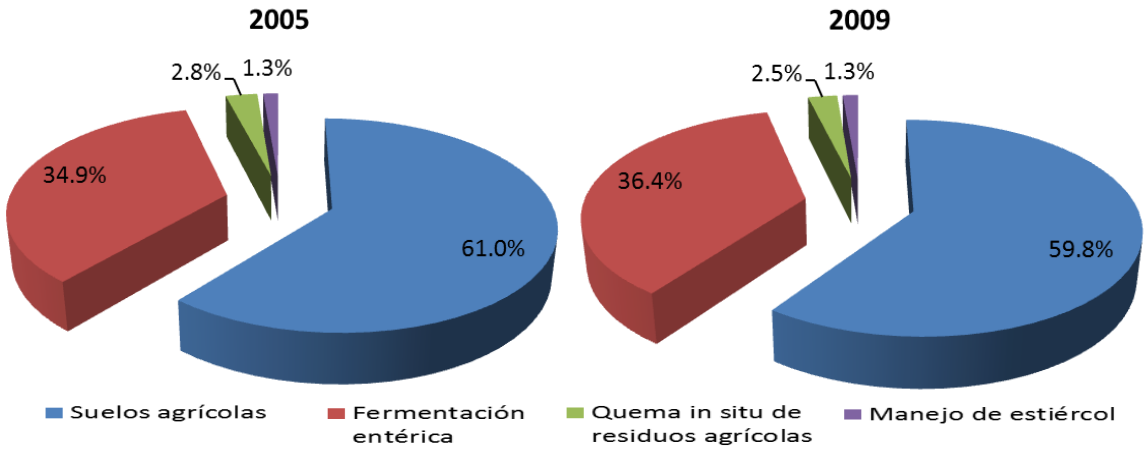


Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Para 2009 las emisiones de **GEI** de suelos agrícolas y fermentación entérica representó el 59.8% y 36.4% respectivamente, mientras que en 2005

representó el 61.0% y 34.9% respectivamente, como se muestra en la Figura 22. En el 2009 las emisiones de N_2O representan 60.9% de la categoría y las de CH_4 el 39.1% restante, Cuadro II.10. Así mismo, se aprecia un incremento a una tasa media anual de 0.2% en las emisiones de la categoría, a pasar de 332.5 Gg CO_2 eq en 2005 a 335.1 Gg CO_2 eq en 2009.

Figura 22. Contribución a las emisiones de las subcategorías de Agricultura 2005 y 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Cuadro II.10. Emisiones de CH_4 y N_2O en Gg CO_2 eq 2005-2009

	2005	2006	2007	2008	2009
CH_4	125.6	133.7	137.7	137.2	131.1
N_2O	206.8	208.8	207.3	201.9	203.9
Total	**332.5**	**342.5**	**345.1**	**339.1**	**335.1**

Nota: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras

II.4.4 Uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura

En el Cuadro II.11, se muestran las subcategorías que se cuantifican en la categoría de **USCUSS.**

Cuadro II.11. Subcategorías de **USCUSS**

5A Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable
5B Conversión de bosques y pastizales
5C Abandono de tierras agrícolas

El estado de Tlaxcala perdió el 82% de la cobertura vegetal original debido al crecimiento urbano, a la edificación de infraestructura carretera, a la reconversión de cultivos agrícolas y a la tala ilegal (**Jiménez**, 2010). Se ha estimado que los procesos de deforestación y degradación de los bosques por efecto de las actividades humanas constituyen una de las principales fuentes de emisiones de **GEI** en México (**Masera**, 1997).

Para poder conocer y estimar los cambios en la cobertura vegetal se necesita contar con información cartográfica de uso de suelo y vegetación precisa, en este inventario se empleó la elaborada por el **INEGI**. Las series de vegetación y uso de suelo permiten mediante una buena interpretación, poder planear el desarrollo de actividades como la ganadería, la agricultura, la minería, la silvicultura y la expansión urbana, de modo que impacten lo menos posible el equilibrio ecosistémico; Así como servir de datos base ó referencia para las diferentes instituciones que los requieran, permitiendo que se desarrollen estudios de calidad y que estén basados en una fuente confiable de datos. Por lo cual la evaluación de los recursos forestales ó ecosistémicos adquiere una importancia estratégica.

En el presente inventario se reporta que, el promedio de las emisiones para el periodo 2005-2009 es de 226.9 Gg CO_2, las emisiones para el año base 2005 fueron de 232.7 Gg CO_2, de las cuales 132.6 Gg CO_2 provienen del cambio en bosques y otros reservorios de biomasa maderable, 109.1 Gg CO_2 son emitidos por la transformación de bosque y pastizales a tierras de cultivo, mientras que la regeneración de tierras agrícolas abandonadas capturan 9 Gg CO_2. Los valores anualizados se encuentran en el Cuadro II.12, en donde podemos ver que las emisiones totales de CO_2 (Gg) en la categoría se incrementan de 232.7 Gg CO_2 en el 2005 a 233.0 Gg CO_2 en el 2009, lo cual representa in incremento porcentual de 0.1%.

Cuadro II.12. Emisiones de la categoría de **USCUSS** (Gg CO_2 eq)

Subcategoría	2005	2006	2007	2008	2009
Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	132.6	123.7	120.8	123.8	132.8
Conversión de bosques y pastizales	109.1	109.1	109.1	109.1	109.1
Abandono de tierras agrícolas	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0	-9.0
Total	**232.7**	**223.8**	**220.9**	**224.0**	**233.0**

Nota: Las sumas pueden no coincidir por el redondeo de las cifras

Las principales variables ó datos de actividad en este sector corresponden a la cobertura vegetal del estado, a la producción forestal comercial y tradicional; a los cambios ocurridos en las coberturas vegetales y en suelos; principalmente por actividades agrícolas, ya sea por conversión o por regeneración de las mismas.

II.4.5 Desechos

La categoría de Desechos se divide en tres subcategorías: disposición de residuos sólidos, manejo y tratamiento de aguas residuales e incineración de residuos, Cuadro II.13.

Cuadro II.13. Subcategoría de desechos

6A Disposición de residuos sólidos	6A1 Disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios
	6A2 Disposición de residuos sólidos en tiraderos a cielo abierto con profundidad menor a 5 metros
	6A3 Otros (Disposición de residuos sólidos en tiraderos con profundidad mayor o igual a 5 metros)
6B Manejo y tratamiento de aguas residuales	6B1 Aguas residuales industriales
	6B2 Aguas residuales domésticas y municipales
	6B3 Otros
6C Incineración de residuos	

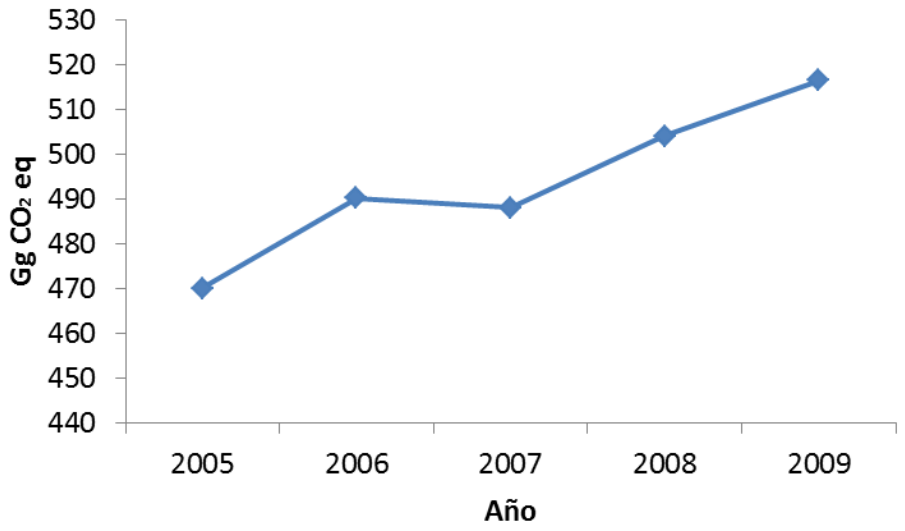
Se presentan los resultados de la estimación de las emisiones de metano y óxido nitroso provenientes de la categoría Desechos. Los documentos que se emplean como referencia son las metodologías del **IPCC**, versión 1996 y el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990-2002 y 2006, Orientación del **IPCC** sobre las buenas prácticas. Las actividades que se analizaron para determinar las emisiones netas son la disposición final de residuos sólidos domésticos, los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y comerciales y los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales. Las dependencias de las cuales se obtuvo información relevante son la Coordinación General de Ecología del Estado de Tlaxcala (**CGE**), la Comisión Nacional del Agua (**CONAGUA**) y **SEMARNAT**. En el estado de Tlaxcala no hay incineradores por lo que no se reporta la emisión por esta categoría.

Las emisiones de **GEI** en Gg CO_2 eq de esta categoría aumentaron en 9.9%, al

pasar de 470.2 Gg en 2005 a 516.5 Gg en 2009, Figura 23.

Este aumento es resultado del incremento en la disposición de residuos sólidos en rellenos sanitarios.

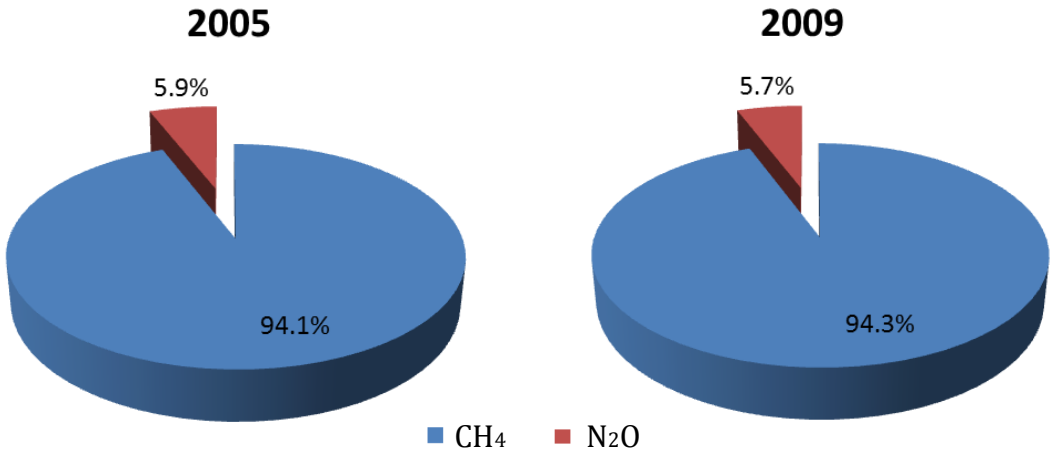
Figura 23. Emisiones de la categoría de desechos en Gg CO_2 eq 2005-2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

La principal emisión en 2009 de la categoría de desechos en CO_2 eq corresponde al CH_4 que representa el 94.3% (487.0 Gg CO_2 eq), seguido del N_2O con 5.7% (29.5 Gg CO_2 eq), Figura 24.

Figura 24. Contribución de las emisiones en Gg CO_2 eq 2005-2009

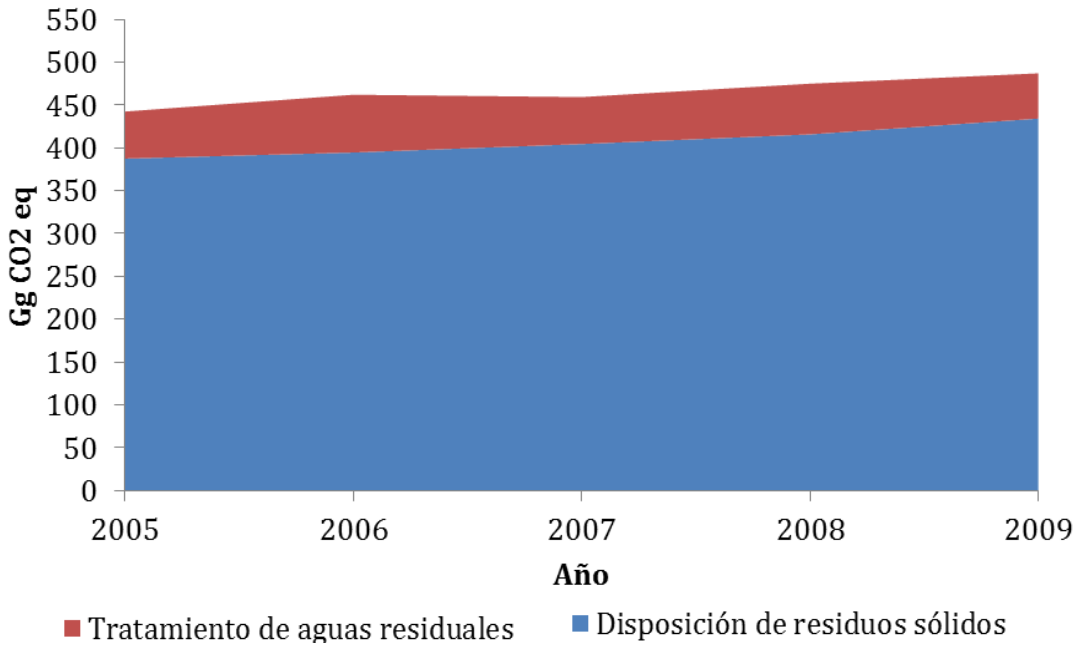


Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Las emisiones de CH_4 en el período 2005-2009, Figura 25, tuvieron un crecimiento de 10.1%, al pasar de 442.4 Gg CO_2 eq en 2005 a 487.0 Gg CO_2 eq en 2009; en el que destaca la disposición de residuos sólidos con un incremento de 12.0%, con un valor en 2005 de 387.5 Gg CO_2 eq y en 2009 de

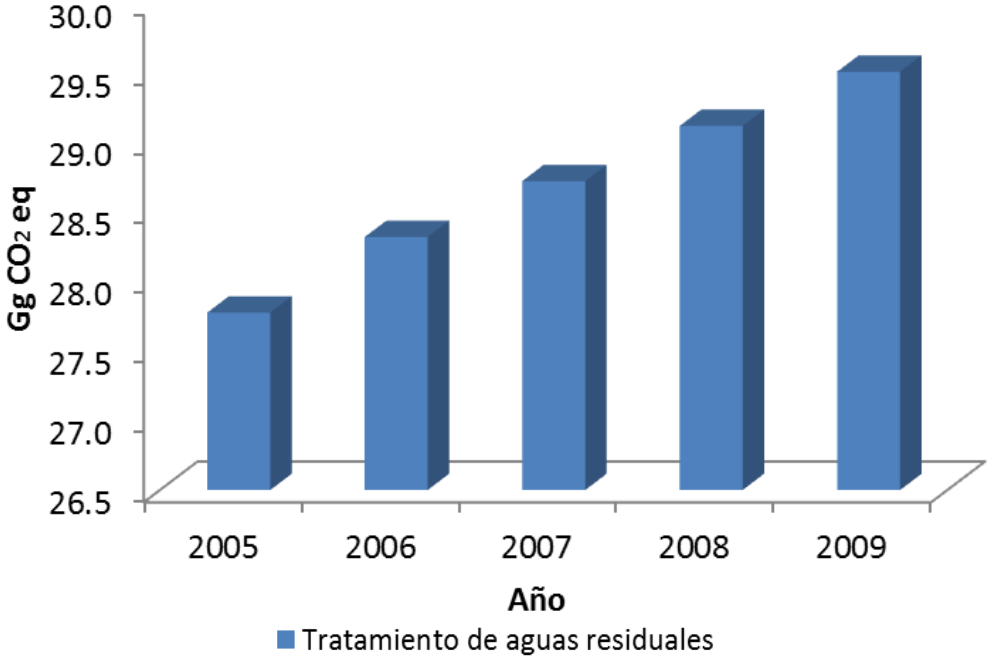
434.2 Gg CO_2 eq, con una tasa media de crecimiento anual de 2.9%. Mientras que las emisiones de N_2O tuvo un incremento del 6.2% pasando de 27.8 Gg CO_2 eq en 2005 a 29.5 Gg CO_2 eq en 2009, con una tasa de crecimiento de 1.5%, Figura 26.

Figura 25. Emisiones de CH_4 para el periodo 2005-2009 en Gg CO_2 eq



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

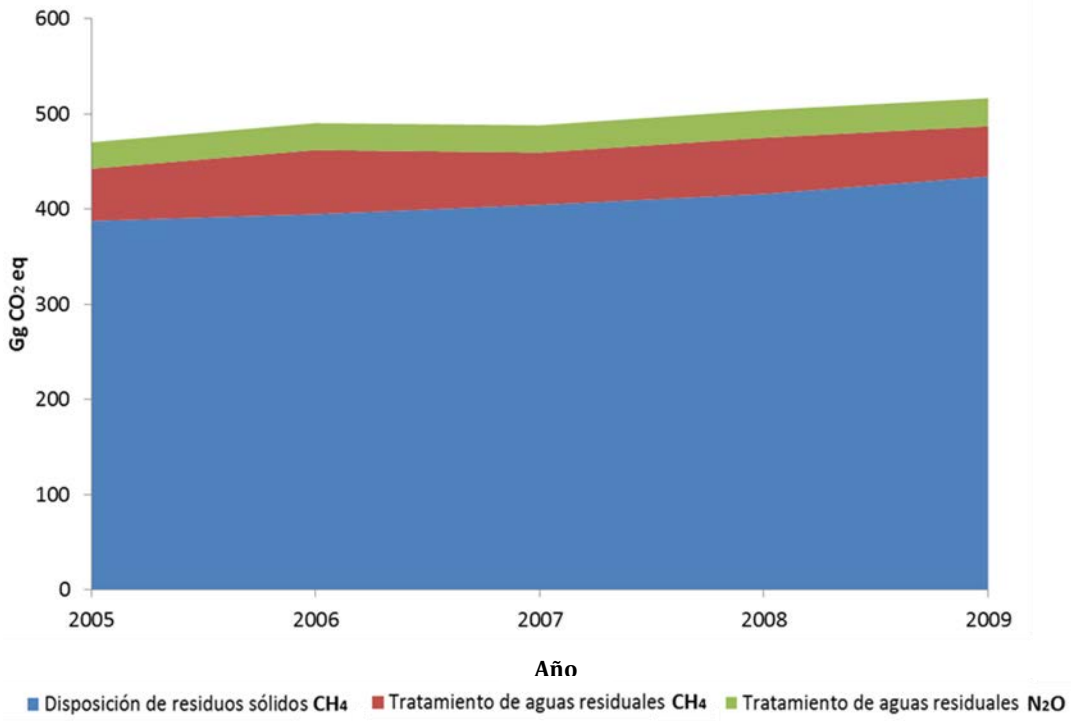
Figura 26. Emisiones de N_2O para el periodo 2005-2009 en Gg CO_2 eq



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En la Figura 27, se puede ver el comportamiento en Gg CO_2 eq de las actividades que conforman esta categoría.

Figura 27. Emisiones para el periodo 2005-2009 en Gg CO_2 eq



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

II.5 Tendencia de las Emisiones de GEI para el periodo 2005-2009

Las tendencias en las emisiones son un reflejo de las variaciones en el consumo de combustibles fósiles, así como de los cambios en las actividades de producción agrícola, pecuaria, silvícola, industrial y de servicios, y de aquellas relativas al uso del suelo en el estado.

Las variaciones en las tendencias de las emisiones difícilmente pueden atribuirse a una sola causa y más bien obedecen a una diversidad de factores económicos nacionales e internacionales, incluidas las variaciones en tecnología, producción, oferta y demanda de bienes y servicios dentro del país y hacia el exterior.[10]

Adicionalmente, el gobierno federal no ha logrado impulsar políticas para el desarrollo económico, debido a la falta de acuerdos entre quienes han ejercido el poder y las demás fuerzas políticas, para avanzar en las reformas que requiere la economía.

II.5.1 Emisiones de CO_2 por habitante

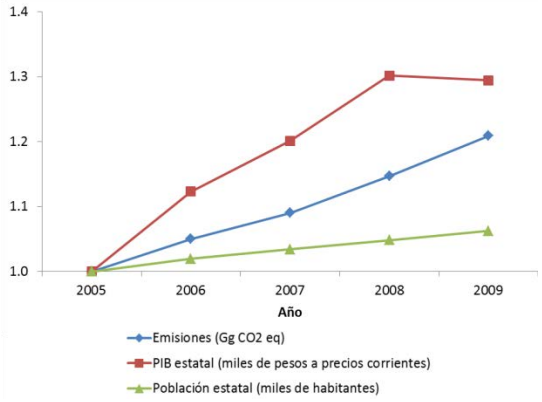
Las emisiones de CO_2 por habitante son reflejo de las opciones y condicionantes de un país para abastecer de energía a

[10] México Cuarta Comunicación Nacional, pág. 87

su población. En el plano internacional las comparaciones de emisiones de CO_2 *per cápita* muestran una divergencia que existe entre los países en este sentido. Generalmente, aquellos países con mayor nivel de ingreso y de desarrollo son los que presentan una mayor emisión ***per cápita***.

En el período 2005-2009, el **PIB** del estado registro un crecimiento promedio anual de 0.8%,[11] las emisiones de **GEI** aumentaron en 4.9% anual y la población estatal tuvo una tasa de crecimiento anual de 1.8% (2005-2010). A pesar del incremento de las emisiones por un mayor consumo de combustibles fósiles entre 2005 y 2009, éstas han crecido a una tasa menor que la economía, Figura 28.

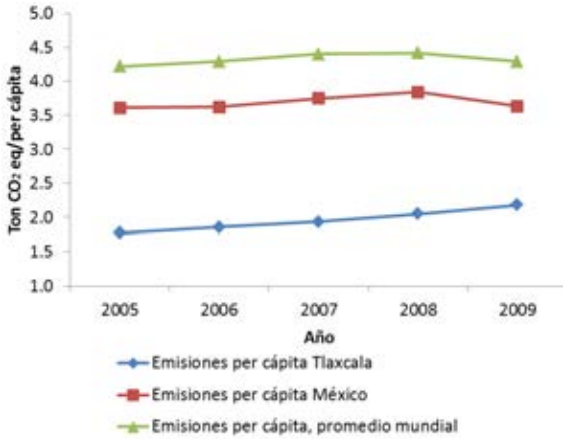
Figura 28. Índice de emisiones, población y **PIB**, Tlaxcala 2005-2009, 2005=1



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En 2009, las emisiones ***per cápita*** para Tlaxcala fueron de 3.2 toneladas de CO_2 eq considerando el total de emisiones estatales de **GEI**. Como se mencionó, el CO_2 es el principal **GEI** emitido por Tlaxcala. En 2009 las emisiones de CO_2 ***per cápita,*** considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, fueron de 2.2 toneladas de CO_2 eq ***per cápita***; se tuvo una tasa media de crecimiento anual de 5.3% entre 2005 y 2009, Figura 29.

Figura 29. Emisiones ***per cápita*** por consumo de combustibles fósiles



Nota: Datos de emisiones ***per cápita*** México y promedio mundial, tomados de la Quinta Comunicación Nacional ante la **CMNUCC** y **IEA** 2010, 2011 y 2012, respectivamente.

II.6 Análisis de fuentes clave

Las fuentes clave de emisión contabilizan el 95% del total de las emisiones de **GEI.** En éstas se deben proponer medidas de Mitigación.

Las diez subcategorías fuentes clave de emisión para los años 2005 al 2009 se muestran en el Cuadro II.14. En conjunto aportan el 95% de las emisiones totales de **GEI.**

En 2009, destacan las emisiones de CO_2 provenientes de las subcategorías de Transporte con el 31.8%, del total del **IEEGEI**, seguidas de las emisiones de la

[11] INEGI Comunicado Núm. 149/11

Industria de la Manufactura y la Construcción con el 23.7% y de las emisiones de CH_4 de la disposición de Residuos Sólidos con el 11.6%

Cuadro II.14. Análisis de fuentes clave (2005-2009)

2005				
CATEGORÍA	**SUBCATEGORÍA**	**GEI**	**Gg CO_2 eq**	**% Acumulado**
Energía	Transporte	CO_2	969.7	30.9%
Energía	Industrias de la Manufactura	CO_2	630.7	51.0%
Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	CH_4	387.5	63.3%
Agricultura	Suelos Agrícolas (Directo e Indirecto)	N_2O	203.0	69.8%
Energía	Residencial	CO_2	188.9	75.8%
Energía	Emisiones de Biomasa	CO_2	149.9	80.6%
USCUSS	Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	132.6	84.8%
Agricultura	Fermentación Entérica en ganado doméstico	CH_4	116.0	88.5%
USCUSS	Conversión de bosques y pastizales	CO_2	108.4	91.9%
Energía	Otros sectores: Comercio y Servicios	CO_2	66.6	94.0%
2006				
CATEGORÍA	**SUBCATEGORÍA**	**GEI**	**Gg CO_2 eq**	**% Acumulado**
Energía	Transporte	CO_2	1,048.0	31.9%
Energía	Industrias de la Manufactura	CO_2	674.6	52.4%
Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	CH_4	394.6	64.4%
Energía	Residencial	CO_2	204.7	70.6%
Agricultura	Suelos Agrícolas (Directo e Indirecto)	N_2O	204.6	76.8%
Energía	Emisiones de Biomasa	CO_2	147.9	81.3%
USCUSS	Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	123.7	85.1%
Agricultura	Fermentación Entérica en ganado doméstico	CH_4	123.5	88.9%
USCUSS	Conversión de bosques y pastizales	CO_2	108.4	92.2%
Desechos	Tratamiento de aguas residuales	CH_4	67.4	94.2%
2007				
CATEGORÍA	**SUBCATEGORÍA**	**GEI**	**Gg CO_2 eq**	**% Acumulado**
Energía	Transporte	CO_2	1,133.5	33.3%
Energía	Industrias de la Manufactura	CO_2	684.4	53.4%
Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	CH_4	404.5	65.3%
Energía	Residencial	CO_2	232.6	72.1%
Agricultura	Suelos Agrícolas (Directo e Indirecto)	N_2O	203.8	78.1%
Energía	Emisiones de Biomasa	CO_2	145.9	82.4%
Agricultura	Fermentación Entérica en ganado doméstico	CH_4	128.1	86.1%
USCUSS	Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	120.8	89.7%
USCUSS	Conversión de bosques y pastizales	CO_2	108.4	92.9%
Desechos	Tratamiento de aguas residuales	CH_4	54.9	94.5%

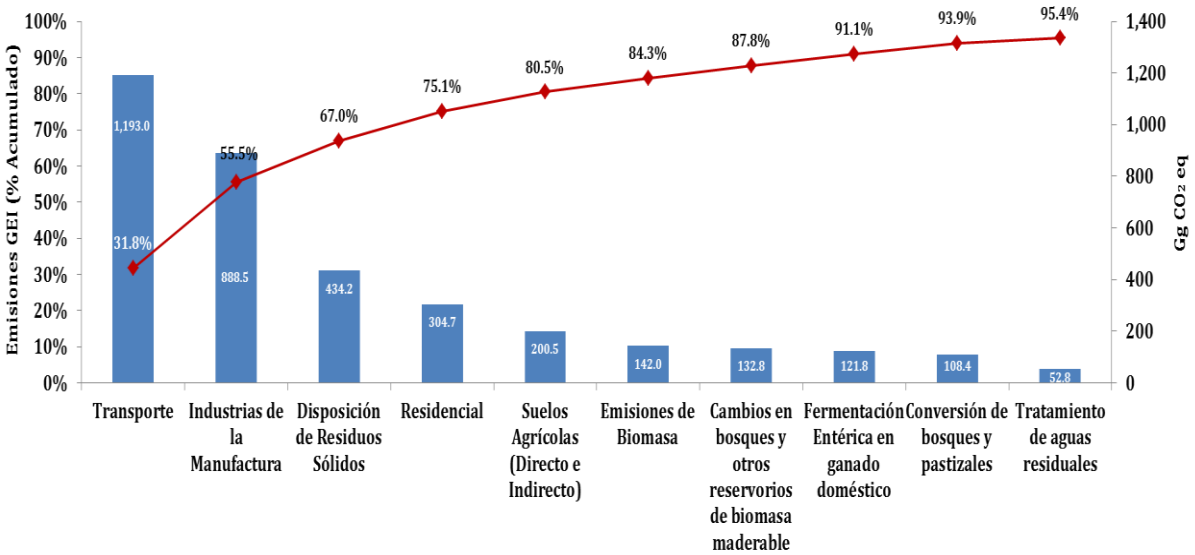
Cuadro II.14. Análisis de fuentes clave (2005-2009) (continuación)

2008				
CATEGORÍA	**SUBCATEGORÍA**	**GEI**	**Gg CO_2 eq**	**% Acumulado**
Energía	Transporte	CO_2	1,207.2	33.8%
Energía	Industrias de la Manufactura	CO_2	730.9	54.3%
Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	CH_4	415.8	65.9%
Energía	Residencial	CO_2	266.2	73.4%
Agricultura	Suelos Agrícolas (Directo e Indirecto)	N_2O	197.7	78.9%
Energía	Emisiones de Biomasa	CO_2	143.9	82.9%
Agricultura	Fermentación Entérica en ganado doméstico	CH_4	126.7	86.5%
USCUSS	Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	123.8	90.0%
USCUSS	Conversión de bosques y pastizales	CO_2	108.4	93.0%
Desechos	Tratamiento de aguas residuales	CH_4	59.2	94.6%
2009				
CATEGORÍA	**SUBCATEGORÍA**	**GEI**	**Gg CO_2 eq**	**% Acumulado**
Energía	Transporte	CO_2	1,193.0	31.8%
Energía	Industrias de la Manufactura	CO_2	888.5	55.5%
Desechos	Disposición de Residuos Sólidos	CH_4	434.2	67.0%
Energía	Residencial	CO_2	304.7	75.1%
Agricultura	Suelos Agrícolas (Directo e Indirecto)	N_2O	200.5	80.5%
Energía	Emisiones de Biomasa	CO_2	142.0	84.3%
USCUSS	Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	132.8	87.8%
Agricultura	Fermentación Entérica en ganado doméstico	CH_4	121.8	91.1%
USCUSS	Conversión de bosques y pastizales	CO_2	108.4	93.9%
Desechos	Tratamiento de aguas residuales	CH_4	52.8	95.4%

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En la Figura 30 se presentan las fuentes clave de emisión para el año 2009 y su contribución porcentual al **IEEGEI**.

Figura 30. Pareto para las fuentes clave de emisión, 2009



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En resumen, en el estado de Tlaxcala se emitieron un total de 2,972.2 Gg CO_2 eq, (incluyendo **USCUSS**) en 2005, mientras que en 2009 se emitieron 3,593.3 Gg CO_2 eq, lo que representa un incremento del 20.9%.

En el año base, la principal categoría es Energía con 1,889.4 Gg CO_2 eq de las emisiones totales, con el 63.6%, donde las emisiones provienen principalmente de las subcategorías del Transporte, Industrias de la Manufactura, con 976.8 y 632.6 Gg CO_2 eq respectivamente.

La categoría de Desechos con 470.2 Gg CO_2 eq es la segunda fuente de emisión más importante con el 15.8% del total, donde destaca la Disposición de residuos sólidos con 387.5 Gg CO_2 eq.

La categoría de Agricultura, aporta el 11.2% del total de emisiones con 332.5 Gg CO_2 eq, que se originan principalmente de los Suelos Agrícolas (directo e indirecto) con 203.0 Gg CO_2 eq y la Fermentación Entérica de ganado con 116.0 Gg CO_2 eq.

La categoría de **USCUSS** aporta el 7.8% del total de las emisiones, destacan las subcategorías de Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable con 132.6 Gg CO_2 eq y la Conversión de bosques y pastizales con 109.1 Gg CO_2 eq.

La categoría que menos emisiones aporta es Procesos Industriales con 47.5 Gg CO_2 eq lo que representa 1.6%, y donde la Industria del hierro y acero es la principal fuente de emisión con el 36.9 Gg CO_2 eq.

La principal contribución del **IEEGEI**, es conocer las fuentes de emisión más importantes en Tlaxcala, de tal manera que se puedan proponer medidas de mitigación y lograr con ello una reducción de emisiones de **GEI** en el futuro.

II.7 Escenario base al 2030

En la Figura 31, se presentan las emisiones de **GEI** de las categorías de Energía, Desechos, Agricultura, **USCUSS** y procesos Industriales, considerando un escenario en el que seguimos como hasta ahora.

Las emisiones totales de **GEI**, potencialmente se estiman en 5’388,113 toneladas de CO_2 eq para el 2030. Lo que representa, 3.6 toneladas de CO_2 eq ***per-cápita*** al 2030, comparado con las 2.8 y 3.2 toneladas CO_2 eq en 2005 y 2009 respectivamente. Teniendo un incremento de 15.1% respecto a 2009.

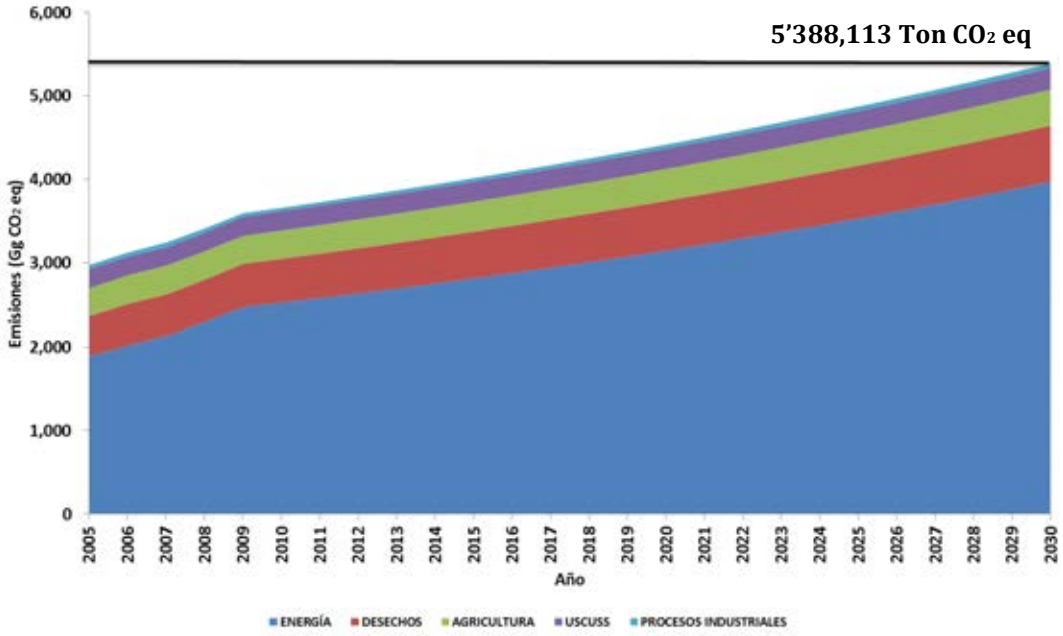
II.8 Escenario de Mitigación al 2030

Se presentan las emisiones de **GEI**, Figura 32, considerando las medidas de mitigación propuestas de las categorías de Energía, Desechos, Agricultura, **USCUSS** y procesos Industriales.

Las emisiones totales de **GEI**, potencialmente se estiman en 4’552,997 toneladas de CO_2 eq para el 2030. Lo que representa, 3.1 toneladas

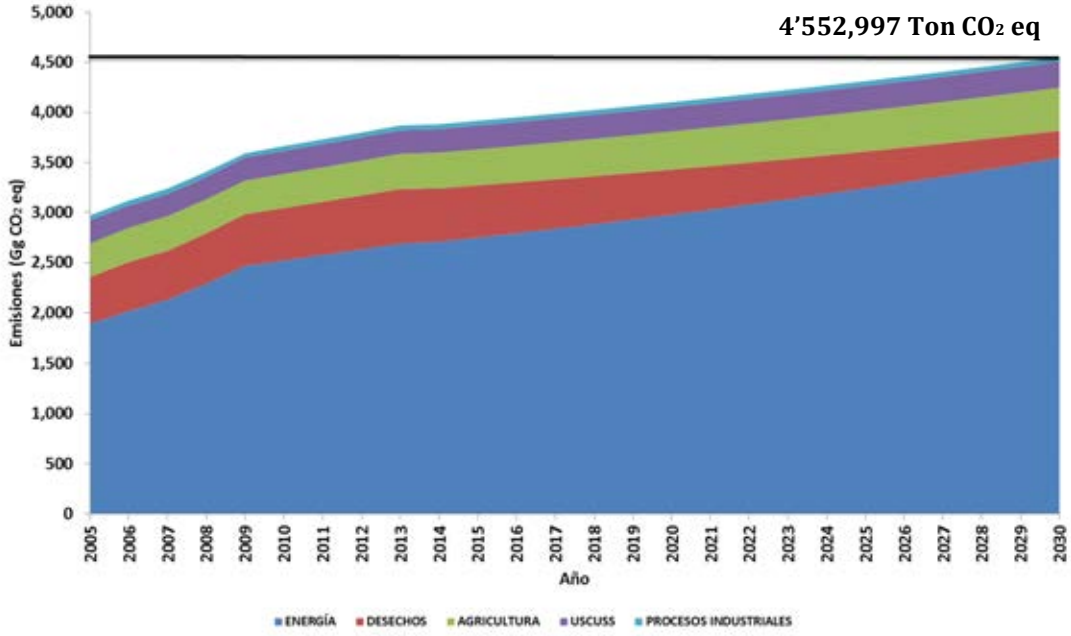
de CO_2 eq ***per-cápita*** al 2030, comparado con las 3.6 toneladas CO_2 eq, considerando el escenario base, disminuyendo las emisiones en un 18.3% respecto al escenario base. Se visualiza que las medidas de mitigación cobran importancia ya que se mantienen en niveles de ton CO_2 eq respecto al año 2009, Figura 33.

Figura 31. Escenario base de Emisiones de **GEI**, al 2030



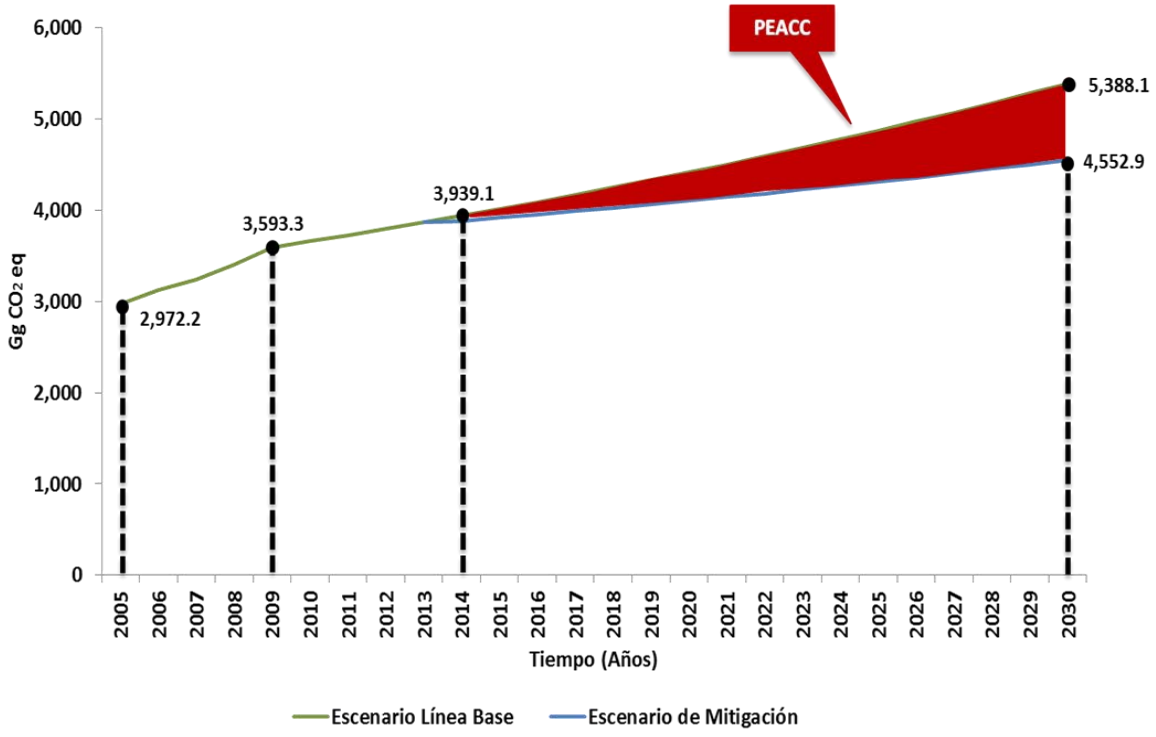
Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 32. Escenario de Mitigación de Emisiones de **GEI**, al 2030



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Figura 33. Tendencias de emisiones y reducciones requeridas por el escenario de mitigación, al 2030



Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

Para la generación de los escenarios al 2030, se utilizaron las proyecciones de los siguientes documentos: Prospectiva Petrolíferos 2010-2030, Prospectiva del Mercado de Gas Licuado de Petróleo 2010-2030, Proyecciones de **CONAPO**, así como, la tasa media de crecimiento anual.

Para el escenario de mitigación al 2030, se consideraron tres medidas de mitigación: en la subcategoría de Transporte; disminuir el 10% del consumo de combustibles, en la subcategoría Residencial; disminuir el uso de Gas L.P. usado para calentamiento de agua en el 60% de los hogares y en la subcategoría de Desechos; mejoras en la gestión integral de los residuos/Restauración de suelos agrícolas enfocado a la captura y quema/aprovechamiento de gas metano en rellenos sanitarios, así como en la producción de composta a partir de residuos orgánicos para sustituir fertilizantes químicos.

III. Medidas de Mitigación

III. MEDIDAS DE MITIGACIÓN

De acuerdo con el **IPCC**, las medidas de mitigación son clave en tres categorías. Uno es el uso final de la energía, categoría que mayor porcentaje de **GEI** emite a la atmosfera, el segundo es el consumo de energía en edificios comerciales, residenciales, institucionales, transporte e industria, así como en las categorías agrícola, forestal y gestión de residuos.

Las medidas de mitigación son potenciales y comprenden programas basados en el mercado, en acuerdos voluntarios, en reglamentos, investigación desarrollo y demostración, imposición de impuestos.

El mismo documento identifica y evalúa diferentes opciones basándose en tres criterios el primero relacionado con la dificultad de estimar el potencial económico, el segundo con el mercado de distintas tecnologías y el tercero con la eficacia en la disminución de emisiones de **GEI** (**IPCC**, 1996).

Las reducciones deben estar referidas a cuatro medidas generales: i) programas basados en el mercado según las cuales se proporciona a clientes o fabricantes asistencia técnica y/o incentivos; ii) normas obligatorias para el uso eficiente de la energía aplicadas en el lugar de fabricación o en el momento de la construcción; iii) normas voluntarias para el uso eficiente de la energía, y iv) mayor insistencia en programas privados o públicos de IDyD (identificación, desarrollo y difusión) para obtener productos más eficientes.[12]

Las medidas, pueden afrontar obstáculos de mercados, ya que todas causan costos administrativos y de transacción. Sin embargo no se debe perder de vista que globalmente la economía será favorable a medida de que los ahorros de energía sean rentables.

Para tener una propuesta acorde con las necesidades y características de la entidad se requiere tener claro el potencial técnico de la medida a adoptar para la cantidad de emisiones de **GEI** para reducir o mejorar el rendimiento energético, esto sin considerar el costo o viabilidad práctica de la tecnología o práctica propuesta.

No se debe ignorar el potencial económico de la medida de mitigación ya que es parte del potencial técnico para la reducción de las emisiones de **GEI** y mejoras de rendimiento energético de manera rentable para ello son necesarias políticas y medidas adicionales que hagan frente a los obstáculos de mercado.

A su vez, el potencial de mercado es parte del potencial económico el cual

[12] Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático

se refiere a la posibilidad de lograr la reducción de emisiones de **GEI** en las condiciones de mercado existentes sin adoptar nuevas políticas y medidas.

A partir del análisis de fuentes clave del **IEEGEI** de Tlaxcala para los años evaluados (2005-2009), mismas que contabilizan el 95% de las emisiones de **GEI** y las propuestas por el **IPCC** en 1999. Se proponen las siguientes medidas de Mitigación para las diez subcategorías fuentes clave de emisión para los años 2005 al 2009. En conjunto aportan el 95% de las emisiones totales de **GEI** para el 2009.

III.1 Medidas de Mitigación: Energía

Para la categoría de energía que se identifica como una fuente clave de emisiones de **GEI** se consideran como subcategorías clave el transporte, la industria de manufactura, residencial y emisiones de biomasa. En total, se proponen 18 medidas de mitigación, orientadas principalmente a disminuir las emisiones derivadas de la subcategoría transporte, Cuadro III.1.

Cuadro III.1. Propuestas de Mitigación en la categoría de Energía por subcategoría estratégica

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Transporte	CO_2	1. Disminuir 10% el uso de combustible 2. Inversión en renovación del parque vehicular de servicio público y privado 3. Impulsar el uso de energías alternativas 4. Transporte limpio y eficiente
Industrias de la manufactura	CO_2	1. Incorporación de nuevas tecnologías 2. Sistemas de energía alternativa 3. Mejora en los sistemas de rendimiento energético 4. Cogeneración de energía 5. Mejora de procesos 6. Sustitución, reciclado y reutilización de materiales
Residencial	CO_2	1. Disminuir el uso de Gas L.P. usado para calentamiento de agua 2. Programa de ahorro de energía 3. Cambio o sustitución de electrodomésticos e iluminación 4. Construcción con buena orientación para ventilación y calefacción natural
Emisiones de biomasa	CO_2	1. Disminuir el consumo de leña 2. Plantaciones y silvicultura para energía 3. Conversión de biomasa para la generación de electricidad y calor 4. Gasificación de biomasa y producción de combustibles líquidos

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

III.2 Medidas de Mitigación: Desechos

Para la categoría de desechos las principales subcategorías fuentes de emisión son disposición de residuos sólidos y tratamiento de agua. Para estas subcategorías se identifican 11 medidas, Cuadro III.2, entre las que destacan, la quema del CH_4 en los

rellenos sanitarios, el cambio tecnológico en los procesos de tratamiento, así como el establecimiento de pasos previos de separación de residuos, reutilización y reciclaje. El quemar estas emanaciones de los rellenos equivaldría a una disminución considerable de toneladas anuales de **GEI**, además, de ser una medida necesaria y urgente, al tiempo que se daría cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana **083 SEMARNAT**, que especifica los criterios de diseño y operación de los rellenos Sanitarios.

Una línea estratégica del **PEACC** Tlaxcala, es alinear las políticas locales para impulsar el compostaje de los residuos orgánicos para la generación de mejoradores de suelos, que tanta falta hacen en nuestro estado. Esto permitirá por un lado que los residuos putrescibles no sean enviados a los rellenos sanitarios y se reduzcan, así los **GEI** que se producen por la confinación de éstos. Por otro lado, se logrará aprovechar los residuos para mejorar los suelos del estado.

De acuerdo con estimaciones preliminares, el reciclaje de residuos orgánicos en Tlaxcala puede representar la producción de hasta 174,000 toneladas de mejoradores de suelo, con un valor de comercialización de 140 millones de pesos, lo cual permitirá que los componentes de los residuos se aprovechen para incrementar la fertilidad del suelo, se reduzca el consumo de fertilizantes químicos y se incremente la producción agrícola.

El manejo de los residuos es muy importante desde el punto de vista ambiental, al reducirse la generación de los **GEI**, pero también desde el punto de vista económico.

Cuadro III.2. Propuestas de Mitigación en la categoría de Desechos por subcategoría estratégica

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Disposición de residuos sólidos	CH_4	1. Mejoras en la gestión integral de los residuos 2. Mejoras en la gestión integral de los residuos/Restauración de suelos agrícolas 3. La quema de CH_4 en los rellenos sanitarios, introducción de tecnología en los rellenos sanitarios, programa de separación de basura 4. Inducir un proceso sistematizado de putrefacción de los desechos orgánicos, en regiones seleccionadas, a través de compostas y combinando con lombricomposteo, para asegurar la disponibilidad de ciertos micro nutrientes mejoradores de suelos e inclusive como alimentación de especies de traspatio, contribuyendo a la disminución de liberación de metano a la atmósfera 5. Sistematizar el reciclaje: aluminio, plástico, etc. y generar materia prima, así como su transformación a diferentes aplicaciones, generando recursos económicos, que a su vez permita consolidar una fuente fija de ingresos, contribuyendo a una reactivación de la economía del Estado, a través de dar una oportunidad a la sociedad que muestre ingenio e iniciativa

Cuadro III.2. Propuestas de Mitigación en la categoría de Desechos por subcategoría estratégica (continuación)

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Tratamiento de aguas residuales	CH_4	1. Tratamiento en cada domicilio 2. Crear la cultura del cuidado, del uso del recurso agua, en el momento, de bañarse y lavar dientes, trastes y ropa. 3. Reciclaje, en diversos usos en el hogar 4. Compostaje y reciclado. El lodo generado del tratamiento del agua puede incorporarse en suelos agrícolas erosionados estos mejoran las propiedades del suelo, se incrementa el humus en el suelo hay mejor retención de humedad, aporta micorrizas, mejora de las características del suelo, a partir de residuos sólidos orgánicos 5. Mejora de las instalaciones para el manejo de desechos sólidos 6. Mejora tecnológica de las plantas de tratamiento

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

III.3 Medidas de Mitigación: Agricultura

Para el sector agrícola se proponen 21 medidas de mitigación, Cuadro III.3 Específicamente se orientan a la optimización de todos los insumos (fertilizantes, agua); desechos y procesos mecánicos. En cuanto a la mitigación de CH_4 en la categoría se proponen acciones relacionadas básicamente con la mejora de la digestibilidad de los rumiantes, el mejoramiento de la genética y fertilidad animal así como impulsar la adopción de prácticas de manejo del estiércol.

Cuadro III.3. Propuestas de Mitigación en la categoría de Agricultura por subcategoría estratégica

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Suelos agrícolas (directos e indirectos)	N_2O	1. Disminuir el uso de fertilizantes químicos por hectárea 2. Agricultura de conservación 3. Reducir/optimizar la labranza 4. Usar sistemas de riego con programación 5. Optimizar el riego y drenaje 6. Secado por energía solar 7. Mejorar el tratamiento de residuos 8. Maximizar el uso de estiércol 9. Adaptar el suministro de nitrógeno a las necesidades del cultivo 10. Mejorar los métodos de aplicación 11. Practicar agricultura orgánica 12. Utilizar energía renovable para uso doméstico en hogares rurales 13. Usar fertilizantes nitrogenados de liberación controlada 14. Utilizar biofertilizantes como complemento a la fertilización química 15. Rotar cultivos forrajeros y leguminosos (permite fijar 107 kg de nitrógeno atmosférico/ha/año)

Cuadro III.3. Propuestas de Mitigación en la categoría de Agricultura por subcategoría estratégica (continuación)

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Fermentación entérica de ganado doméstico	CH_4	1. Aumentar la digestibilidad de los alimentos de ganado 2. Mejorar la genética animal y la fertilidad 3. Adoptar prácticas de gestión de estiércol 4. Estandarizar las características físicas del ganado bovino, para disminuir consumo e incrementar producción, preferentemente ganado de bajo porte. 5. Utilizar dietas balanceadas y acondicionadores en la alimentación de ganado (No elevada en fibras) 6. Usar biodigestores para la recuperación de metano para la producción de biogás

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

III.4 Medidas de Mitigación: USCUSS

En el caso de la categoría de **USCUSS**, las principales emisiones se derivan de cambios en la cobertura forestal y de pastizales así como la alta generación de desechos maderables no reutilizados. Para estas subcategorías se plantea principalmente la utilización integral de la madera mejorando procesos de explotación y manejo forestal, eficiencia de infraestructura que utiliza dendroenergía y el impulso de la conservación de áreas forestales mediante mecanismos de pago por servicios ambientales (carbono, agua, paisaje). Reducir los incendios forestales y evitar el cambio de uso de suelo (evitar la deforestación). Son 10 medidas cuya finalidad es de contrarrestar la emisión de esta categoría, Cuadro III.4.

En total se emiten 60 recomendaciones en las principales fuentes de emisión de **GEI**. Las medidas de mitigación recomendadas se encuentran bajo la toma de decisiones de diversos actores en el contexto estatal y están vinculados a distintas dependencia de los tres niveles de gobierno, así como del sector privado.

De esa manera corresponderá al poder ejecutivo y legislativo emitir los resolutivos legales, normativos y de política pública con la finalidad de disminuir las emisiones de los **GEI**.

En cuanto al enfoque relacionado con el ámbito de vida rural o urbana, el inventario nos señala que la mayor emisión está relacionada con la energía y esta a su vez, con el transporte, por lo tanto, de acuerdo a la concentración de vehículos automotores y población, la política pública de acción se deberá concentrar en la zona urbana.

Las emisiones generadas por la categoría de agricultura y **USCUSS** son menores y se originan en mayor medida en las áreas rurales, de la misma manera los bosques y los sistemas productivos agrícolas son fijadores de carbono por lo que resulta

clave minimizar el cambio de uso de suelo, las quemas agrícolas que se constituyen como la causa principal del 90% de los incendios forestales (**CONAFOR**, Plan Anual Operativo 2011), por lo que es necesario hacer frente a este problema.

Cuadro III.4. Propuestas de Mitigación en la categoría de **USCUSS** por subcategoría estratégica

Subcategoría	GEI	Medidas de Mitigación
Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	CO_2	1. Evitar el cambio de uso de suelo 2. Reducir los desechos forestales 3. Reducir la combustión por actividades agrícolas y ganaderas 4. Mejorar las técnicas de explotación o manejo forestal 5. Conservación y sustitución de leña (estufas ahorradoras y hornos de carbón) 6. Optimización de productos de madera reciclados y de mayor eficiencia
Conversión de bosques y pastizales	CO_2	1. Conservación de bosques mediante la protección de cuencas hidrológicas, conservación de suelo y secuestro de carbono (pago por servicios ambientales) 2. Reconvertir zonas agrícolas en laderas y áreas erosionadas en bosques 3. Reducir incendios forestales 4. Control de los limites forestales (evitar cambios de uso de suelo)

Fuente: Elaboración propia con datos del **PEACC**, Estado de Tlaxcala

En los Cuadros III.5, III.6, III.7, III.8, III.9, III.10, III.11 y III.12 se presentan las principales medidas de mitigación y su contribución potencial a la reducción de emisiones de **GEI**, para las subcategoría Residencial, Transporte, Agricultura, Emisiones de Biomasa, Disposición de Residuos Sólidos, Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable y Conversión de bosques y pastizales, respectivamente.

Cuadro III.5. Principales medidas de Mitigación: Energía subcategoría Residencial

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Disminuir el uso de Gas L.P. usado para calentamiento de agua	Incentivar el uso de calentadores solares de bajo costo, de fabricación local al menos en un 60% de hogares. Al abatir en 38,376 ton de Gas L.P. implica una reducción de emisiones de **GEI** de 113,358 ton, con ahorros de $464.7 millones	Gobierno Estatal y Federal	Todo el estado	Por definir en función de estudios	Recurso Privado, Estatal y Federal

Cuadro III.6. Principales medidas de Mitigación: Energía subcategoría Transporte

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Disminuir 10% el uso de combustible (Esto implica la disminución de 44.6 millones de litros combustibles, evitando 110,229 ton de **GEI** y un ahorro potencial de $511.6 millones (Marzo 2013).	1) Reorganización de líneas urbanas de transporte público. 2) Infraestructura de caminos y carreteras (para incrementar la velocidad media). 3) Incrementar las zonas de vialidades para caminar y bicicletas en zonas urbanas 4) Incrementar la infraestructura del transporte público (ferrocarril suburbano y troncal) 5) Inversión en renovación del parque vehicular de servicio público y privado 6) Impulsar el uso de energías alternativas	**SCT** Gobierno Estatal y Federal	Todo el estado	Por definir en función de estudios	Recurso Privado, Estatal y Federal
Transporte limpio y eficiente	Ruta troncal ferroviaria de transporte Puebla-Huamantla	Iniciativa privada **SCT SECODUVI** Gobierno del Estado	Tlaxcala, Apizaco, Huamantla, Chiautem-pan, Contla, Xicohtzingo San Pablo del Monte	Por definir en función de estudios	Recurso Federal y Privado
Inversión en renovación del parque vehicular de servicio público y privado	Deschatarrización	SCT Gobierno Federal y Estatal	Todo el estado	Por definir en función de estudios	Recurso Federal y Estatal

Cuadro III.7. Principales medidas de Mitigación: Agricultura

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Disminuir el uso de fertilizantes químicos por hectárea	Abatir el uso de fertilizantes químicos, incentivando localmente la producción de mejoradores de suelos, usando residuos orgánicos agropecuarios, industriales y urbanos	I.P. Gobierno del Estado (**SEFOA-CGE**)	Zonas agrícolas del estado	Costo de producción de $400.00/ton de abono orgánico con una ganancia de $1,000/ton	Gobierno Federal, Estatal Inversión Privada
Agricultura de Conserva-ción	Labranza cero, disminución del uso de fertilizantes químicos, control de pendientes	**SAGARPA SEFOA**	Zonas agrícolas del estado	Hasta $2,744.00/ha incluyendo asistencia técnica, inducción tecnológica y riesgo compartido, al primer año	Recurso Federal, Estatal **INIFAP SAGARPA CIMMYT** Sector agrícola del estado

Cuadro III.8. Principales medidas de Mitigación: Energía subcategoría Emisiones de Biomasa

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Disminuir el consumo de leña	1) Incentivar el uso de estufas ahorradoras de leña y calentadores solares 2) Uso de la energía solar por medio de estufas solares y calentadores de agua	Gobierno del Estado	Zonas rurales principal-mente	Inversión de $650.00 a $4,500.00, de acuerdo a los materiales de construcción	Gobierno Federal, Estatal y Privado **PROFEPA SEMARNAT CGE,** Proyecto **CONACYT** Fondos Internacionales

Cuadro III.9. Principales medidas de Mitigación: Desechos subcategoría Disposición de Residuos Sólidos

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Mejoras en la gestión integral de los residuos	Captura y quema/aprove chamiento de gas metano en rellenos sanitarios	**CGE**	Municipios donde están los rellenos sanitarios (Panotla, Tetla, Huamantla, Nanacamil-pa, afecta a todo el estado)	$90 millones de pesos permitirá la instalación de cuatro plantas regionales de aprovecha-miento de residuos sólidos	Recurso Federal, Estatal
Mejoras en la gestión integral de los residuos/Rest auración de suelos agrícolas	Producción de composta a partir de residuos orgánicos para sustituir fertilizantes químicos	I.P. Gobierno del Estado (**SEFOA-CGE**)	Panotla, Tetla, Huamantla, Nanacamil-pa, afecta a toda la zona agrícola del estado	Por definir en función de estudios	Recurso Federal y Estatal

Cuadro III.10. Principales medidas de Mitigación: **USCUSS** subcategoría Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Evitar el cambio de uso de suelo	Elaboración de ordenamientos forestales	**CONAFOR SEMARNAT**	Zonas forestales	$55,000.00 por ordenamiento de 200 a 1,000 ha; más de 1,000 ha hasta $274,000.00	**CONAFOR SEMARNAT SEDATU** Consejos de Planeación del Estado

Cuadro III.11. Principales medidas de Mitigación: **USCUSS** subcategoría Conversión de bosques y pastizales

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Reconvertir zonas agrícolas en laderas y áreas erosionadas en bosques. Reforestación de 30,000 ha, en La Malinche, Tlaxco y zona Nanacamilpa-Calpulalpan	Reforestar	**CONAFOR CONANP**	Cuenca del Atoyac, microcuen-cas, áreas territoria-lizadas y tipificadas como forestales, áreas estratégi-cas de abasto de agua	$2,700.00/ha de reforestación integral con asesoría técnica	Recurso Federal, Estatal
Reducir incendios forestales (Prevención de incendios)	Control/ subsidio/educ ación	**CONAFOR CGE**	Zonas forestales	$60.00 por kilómetro de brechas cortafuego y $50,000.00 por taller de educación ambiental/ejido	**CONAFOR SEMARNAT** Poseedores de predios forestales

Cuadro III.12. Principales medidas de Mitigación: **USCUSS** subcategoría Conversión de bosques y pastizales

Medida de Mitigación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Conservación de bosques mediante la protección de cuencas hidrológicas, conservación de suelo y secuestro de carbono (pago por servicios ambientales hídricos en 62 mil ha)	Subsidio, pago por parte de los usuarios a los proveedores	**CONAFOR**	Zonas forestales y de recarga estratégica del agua	$382.00/ha anual y $16,000.00/año por asistencia técnica (se ha estimado que el precio real por el servicio ambiental es de $1,800.00/ha)	Empresas, municipios, Fondos Internacionales

III.5 Análisis de Factibilidad y Viabilidad

Es importante señalar que para la jerarquización de cada una de las medidas propuestas se tiene en consideración lo siguiente: a) La categoría que emite mayor cantidad de **GEI** de acuerdo al inventario estatal, b) las actividades que son más comunes dentro de los sectores clave y que pueden representar una menor inversión por parte del gobierno estatal y c) El presupuesto que ejerce anualmente el Estado de Tlaxcala (cuyo presupuesto no supera los 12 mil millones de pesos de acuerdo a la Iniciativa de Decreto de Presupuesto de Egresos del Estado de Tlaxcala para el Ejercicio Fiscal 2013.), estos recursos no son suficientes para invertir para un cambio tecnológico y de infraestructura agresivo, por lo que dicha inversión tendrá que ser gradual y soportada mediante el consenso de los distintos sectores gubernamentales, privados y de la sociedad civil[13] .

Bajo esos mismos criterios se determina la factibilidad de las medidas propuestas como alta, baja y media, de acuerdo a la inversión que deberá realizarse y al entorno político y social que es característico a cada actividad propuesta por sector así como el desarrollo técnico en el estado y el país.

El contexto ambiental de la entidad nos señala que el potencial energético es mínimo y se depende de fuentes externas de generación de energía para el consumo dentro del estado, de la misma manera el territorio, su vocación agrícola, porcentaje de incidencia de energía solar y eólica limitan el desarrollo para la producción de energía alternativa. Esto dificulta el desarrollo de este tipo de medidas.

Abordando el aspecto social, se proporciona como ejemplo que la viabilidad, en el caso de renovar el parque vehicular del servicio público, es baja porque el sistema transporte público se encuentra concentrado en un pequeño grupo de líderes del sector que son los que controlan las rutas existentes, limitan nuevas rutas, coaccionan para que no se impulsen sistemas alternativos de transporte e incluso fijan las tarifas, un cambio tecnológico o ajuste al sector se vería obstaculizado por este entramado social

Ante esto es importante que se impulsen políticas públicas integrales que atiendan a los sectores de mayor vulnerabilidad mediante diversas acciones. Es fundamental recalcar que la vulnerabilidad de las mujeres no se genera de manera natural, sino que es el resultado de la exclusión e inequidad mismas que deberán ser minimizadas y lograr el empoderamiento de las

[13] Por ejemplo, los esfuerzos necesarios para resarcir el agotamiento de la superficie forestal nacional equivaldrían a una inversión cercana a los 17,598 millones de pesos, monto similar al presupuesto otorgado por el Gobierno Federal para el rubro de seguridad pública

mujeres para hacer frente a los efectos del cambio climático.

La vulnerabilidad de las mujeres se incrementa por el menor acceso a la información sobre las alertas tempranas, a los pronósticos climatológicos y a la capacitación. Ante una situación de crisis ambiental se ven orilladas a enfrentar los desastres naturales liderando rescates de su propia familia y de sus bienes así como de la comunidad.

Una de las exigencias del entorno social sobre las mujeres en un contexto de cambio climático, es la de desarrollar estrategias de mitigación y adaptación o lo que se definiría como el desarrollo de mecanismos para enfrentar riesgos. Para ello en materia de mitigación no se identifican niveles de responsabilidad por sexo, no así en el caso de las medidas de adaptación.

El primer vínculo entre las mujeres y el cambio climático se advierte al determinarse la relación mujer y recursos naturales. La identificación de patrones de uso de los recursos, definición de patrones tradicionales de asignación de uso, manejo y disfrute de los bienes naturales, así como advertir acciones de subordinación de las mujeres y límites establecidos dentro de la comunidad, permitirán impulsar acciones de conservación, restauración, rescate y aprovechamiento sustentable de recursos estratégicos como los alimenticios, medicinales, biodiversidad, suelo y agua, entre otros como mecanismos de adaptación al cambio climático. A nivel global se ha identificado a las mujeres como agentes claves en tareas relacionadas con la restauración de bosques y agricultura de conservación (adaptación y mitigación) en ámbitos rurales; mientras que con los urbanos se han vinculado con acciones relacionadas con el desarrollo de hábitos de consumo y el manejo de residuos sólidos (separación y reciclaje).

Entre las acciones que pueden lograr dicho cometido está el fortalecimiento de la vida comunitaria, generar procesos de desarrollo local, crear redes sociales y desarrollar capacidades y habilidades de las mujeres y promoción de liderazgos. Para ello es ineludible e imprescindible transversalizar la perspectiva de género mediante acciones afirmativas dentro de políticas públicas dirigidas a las mujeres, con la finalidad de garantizar la equidad de género en su entorno inmediato. Lo anterior sin duda, estará relacionado con la disminución de la vulnerabilidad de las mujeres y su entorno comunitario, familiar y ecosistémico.

En los cuadros III.13, III.14, III.15 y III.16, se presenta el análisis de factibilidad y viabilidad técnica, social y económica de las medidas de mitigación identificadas de las categorías de Energía, Desechos, Agricultura y **USCUSS**,

respectivamente. En estos se califica la viabilidad y se proporcionan datos sobre su clasificación.

Cuadro III.13. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de Energía

Subcategoría	Medidas de Mitigación	Factibilidad y viabilidad técnica	Factibilidad y viabilidad social	Factibilidad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Transporte	1. Disminuir 10% el uso de combustible 2. Inversión en renovación del parque vehicular de servicio público y privado 3. Impulsar el uso de energías alternativas 4. Transporte limpio y eficiente	**Alta** Las propuestas técnicas aquí propuestas son las que generan un mayor costo beneficio	**Baja** Debido a los problemas entre los distintos sistemas de transporte y la falta de energías alternativas	**Baja** Altos recursos de inversión por parte de los estados para subvencionar la renovación de parque vehicular	**Alto** Se reactivaría la economía en la región
Industria de la Manufactura	1. Incorporación de nuevas tecnologías 2. Sistemas de energía alternativa 3. Mejora en los sistemas de rendimiento energético 4. Cogeneración de energía 5. Mejora de procesos 6. Sustitución, reciclado y reutilización de materiales	**Alta** Los cambios tecnológico y usos de energía alternativa disminuyen la emisión de **GEI**	**Media** Hay poca aceptación por parte de los empresarios a sumir los costos por el cambio tecnológico	**Baja** La sustitución de tecnología y de las fuentes de energía tradicional requieren de una alta inversión	**Alto**
Residencial	1. Disminuir el uso de Gas L.P. usado para calentamiento de agua 2. Programa de ahorro de energía 3. Cambio o sustitución de electrodomésticos e iluminación 4. Construcción con buena orientación para ventilación y calefacción natural	**Alta** Es factible recurrir a ecotecnologías de bajo costo que ya están diseñadas	**Alta** La población acepta recursos que le beneficien en un ahorro económico	**Alta** La inversión para incentivar el ahorro de energía es baja	**Alta** Uso de ecotecnologías y equipos electrodomésticos ahorradores
Emisiones de biomasa	1. Disminuir el consumo de leña 2. Plantaciones y silvicultura para energía 3. Conversión de biomasa para la generación de electricidad y calor 4. Gasificación de biomasa y producción de combustibles líquidos	**Alta** Es factible recurrir a ecotecnologías de bajo costo que ya están diseñadas	**Alta** La población acepta recursos que le beneficien en un ahorro económico	**Alta** La inversión para incentivar el ahorro de energía es baja	**Alto**

Cuadro III.14. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de Desechos

Subcate-goría	Medidas de Mitigación	Factibili-dad y viabilidad técnica	Factibili-dad y viabilidad social	Factibili-dad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Disposición de Residuos Sólidos	1. Mejoras en la gestión integral de los residuos 2. Mejoras en la gestión integral de los residuos/Restauración de suelos agrícolas 3. La quema de CH_4 en los rellenos sanitarios, introducción de tecnología en los rellenos sanitarios, programa de separación de basura 4. Inducir un proceso sistematizado de putrefacción de los desechos orgánicos, en regiones seleccionadas, a través de compostas y combinando con lombricomposteo, para asegurar la disponibilidad de ciertos micro nutrientes mejoradores de suelos e inclusive como alimentación de especies de traspatio, contribuyendo a la disminución de liberación de metano a la atmósfera 5. Sistematizar el reciclaje: aluminio, plástico, etc. y generar materia prima, así como su transformación a diferentes aplicaciones, generando recursos económicos, que a su vez permita consolidar una fuente fija de ingresos, contribuyendo a una reactivación de la economía del Estado, a través de dar una oportunidad a la sociedad que muestre ingenio e iniciativa	**Alta** Los procesos de manejo de residuos sólidos cuentan con diversas alternativas	**Alta** Los procesos tradicionales de manejo de residuos sólidos emiten mal olor y ocupan grandes espacios de deposición	**Alta** Los procesos preventivos como la educación para el manejo de residuos tienen menor inversión que la biorreme-diación	**Alto**
Tratamiento de aguas residuales	1. Tratamiento en cada domicilio 2. Crear la cultura del cuidado, del uso del recurso agua, en el momento, de bañarse y lavar dientes, trastes y ropa. 3. Reciclaje, en diversos usos en el hogar 4. Compostaje y reciclado. El lodo generado del tratamiento del agua puede incorporarse en suelos agrícolas erosionados estos mejoran las propiedades del suelo, se incrementa el humus en el suelo hay mejor retención de humedad, aporta micorrizas, mejora de las características del suelo, a partir de residuos sólidos orgánicos	**Alto** Ya existe tecnología para el tratamien-to del agua por vivienda o grupos de viviendas	**Alto** Apertura ciudadana a los cambios para el mejora-miento ambiental y cuidado del agua	**Alto** En términos de acciones preventi-vas como campañas de educación ambiental y fortaleci-miento de capacida-des	**Alto** Los beneficios preventivos a partir de campañas de concientiza-ción tienen una baja inversión y pueden prevenir medidas de remediación tecnológica de mayor inversión

Cuadro III.14. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de Desechos (continuación)

Subcate-goría	Medidas de Mitigación	Factibilidad y viabilidad técnica	Factibilidad y viabilidad social	Factibilidad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Tratamiento de aguas residuales	5. Mejora de las instalaciones para el manejo de desechos sólidos 6. Mejora tecnológica de las plantas de tratamiento	**Alto** Ya existe tecnología para el tratamiento del agua por vivienda o grupos de viviendas	**Alto** Apertura ciudadana a los cambios para el mejoramiento ambiental y cuidado del agua	**Alto** En términos de acciones preventivas como campañas de educación ambiental y fortalecimiento de capacidades con la finalidad	**Alto** Los beneficios preventivos a partir de campañas de concientización tienen una baja inversión y pueden prevenir medidas de remediación tecnológica de mayor inversión

Cuadro III.15. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de Agricultura

Subcate-goría	Medidas de Mitigación	Factibilidad y viabilidad técnica	Factibilidad y viabilidad social	Factibilidad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Suelos agrícolas (directos e indirectos)	1. Disminuir el uso de fertilizantes químicos por hectárea 2. Agricultura de conservación 3. Reducir/optimizar la labranza 4. Usar sistemas de riego con programación 5. Optimizar el riego y drenaje 6. Secado por energía solar 7. Mejorar el tratamiento de residuos 8. Maximizar el uso de estiércol 9. Adaptar el suministro de nitrógeno a las necesidades del cultivo 10. Mejorar los métodos de aplicación 11. Practicar agricultura orgánica 12. Utilizar energía renovable para uso doméstico en hogares rurales	**Alto** Ya existe tecnología o técnicas de composteo, de labranza o agricultura de conservación para sustituir tecnologías de alto impacto (riego ineficiente manejo de fertilizantes, erosión). El manejo integral del estiércol es un proceso que puede ayudar a eficientar procesos productivos	**Alto** Apertura ciudadana a los cambios para el mejora-miento ambiental y la agricultura	**Alto** En términos de acciones preventivas, adopción de ecotecnologías y fortalecimiento de capacidades con la finalidad de mejorar procesos productivos y manejo eficiente de suelo y agua	**Alto** Los beneficios preventivos a partir de campañas de concientización sobre el manejo sustentable de suelo y agua son altos en relación al costo de implementación de recuperación de suelo y tratamiento de agua

Cuadro III.15. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de Agricultura (continuación)

Subcategoría	Medidas de Mitigación	Factibilidad y viabilidad técnica	Factibilidad y viabilidad social	Factibilidad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Suelos agrícolas (directos e indirectos)	13. Usar fertilizantes nitrogenados de liberación controlada 14. Utilizar biofertilizantes como complemento a la fertilización química 15. Rotar cultivos forrajeros y leguminosos (permite fijar 107 kg de nitrógeno atmosférico/ha/año)	**Alto** Ya existe tecnología o técnicas de composteo, de labranza o agricultura de conservación para sustituir tecnologías de alto impacto (riego ineficiente manejo de fertilizantes, erosión). El manejo integral del estiércol es un proceso que puede ayudar a eficientar procesos productivos	**Alto** Apertura ciudadana a los cambios para el mejoramiento ambiental y la agricultura	**Alto** En términos de acciones preventivas, adopción de ecotecnologías y fortalecimiento de capacidades con la finalidad de mejorar procesos productivos y manejo eficiente de suelo y agua	**Alto** Los beneficios preventivos a partir de campañas de concientización sobre el manejo sustentable de suelo y agua son altos en relación al costo de implementación de recuperación de suelo y tratamiento de agua
Fermentación Entérica de ganado doméstico	1. Aumentar la digestibilidad de los alimentos en ganado 2. Mejorar la genética animal y la fertilidad 3. Adoptar prácticas de gestión de estiércol 4. Estandarizar las características físicas del ganado bovino, para disminuir consumo e incrementar producción, preferentemente ganado de bajo porte. 5. Utilizar dietas balanceadas y acondicionadores en la alimentación de ganado (No elevada en fibras) 6. Usar biodigestores para la recuperación de metano para la producción de biogás	**Alta** Existen especies con alta eficiencia metabólica	**Medio** Los productores están dispuestos a adoptar técnicas que les reditúen en incrementar su producción y disminuir la inversión, no conocen el ganado que se propone por lo que podría haber resistencia al cambio	**Alta** La inversión en la compra de ganado se realiza dentro de los programas sectoriales. La inversión pública para este fin es viable	**Media** No se tiene constatada la productividad de estas especies en el campo tlaxcalteca

Cuadro III.16. Análisis de factibilidad y viabilidad de la categoría de **USCUSS**

Subcategoría	Medidas de Mitigación	Factibilidad y viabilidad técnica	Factibilidad y viabilidad social	Factibilidad y viabilidad económica	Costo Beneficio
Cambios en bosques y otros reservorios de biomasa maderable	1. Evitar el cambio de uso de suelo 2. Reducir los desechos forestales 3. Reducir la combustión por actividades agrícolas y ganaderas 4. Mejorar las técnicas de explotación o manejo forestal 5. Conservación y sustitución de leña (estufas ahorradoras y hornos de carbón) 6. Optimización de productos de madera reciclados y de mayor eficiencia	**Alta** En Tlaxcala se están aplicando programas con ese enfoque, el gobierno estatal puede reforzarlos y ampliarlos. Hay recursos formados en ese rubro	**Media** La población en la zona rural del estado no sabe cómo le puede beneficiar las ecotecnias por lo que un primer trabajo es la sensibilización	**Alta** La inversión primaria es en el fortalecimiento de las capacidades para el aprovechamiento integral de los recursos	**Alto** Ya que desarrollará capacidades y eficientará recursos tanto de inversión privada como pública
Conversión de bosques y pastizales	1. Conservación de bosques mediante la protección de cuencas hidrológicas, conservación de suelo y secuestro de carbono (pago por servicios ambientales) 2. Reconvertir zonas agrícolas en laderas y áreas erosionadas en bosques 3. Reducir incendios forestales 4. Control de los limites forestales (evitar cambios de uso de suelo)	**Alta** Existen instrumentos de planeación de los recursos forestales de los ejidos	**Alta** Las comunidades ejidales tienen posesión de más del 80% de recursos forestales del estado por lo que de manera focalizada es factible atender esta tarea	**Alta** Hay recursos humanos capacitados para fortalecer las capacidades de los poseedores de los recursos forestales y ciudadanía en cuanto a la prevención del cambio de uso de suelo, los incendios	**Alto** La inversión en prevención es menor que la de restauración o remediación

III.6 Género y cambio climático

En relación a la perspectiva de género, las mujeres deben considerase como agentes claves para el cambio. La posición global de diversas instituciones señala que La perspectiva de género en relación al cambio climático es muy reciente ya que inició su abordaje en el 2008. De acuerdo al Grupo Inter Agencial de Genero del Sistema de las Naciones Unidas en

México (2009), este aspecto ha sido poco discutido y por lo mismo, no ha sido integrado a los estudios relacionados con el cambio climático a pesar de ser de suma importancia.

El Informe sobre el Estado de la Población 2009, del Fondo de Población de las Naciones Unidas señala que el cambio climático es mucho más que una mera cuestión de eficiencia energética o de emisiones industriales de carbono. Tiene un componente social permeado por una cuestión de dinámica de población, pobreza y equidad de género. Bajo esa perspectiva, las mujeres, los niños y los ancianos de los países en desarrollo son los más vulnerables ante los efectos del cambio climático.

En el caso concreto de las mujeres en países en desarrollo son las que la mayoría de las veces están a cargo de las actividades agrícolas, de la familia y tienen poco acceso a un salario bien remunerado lo que incrementa su vulnerabilidad. El cambio climático, por lo tanto, amenaza con empeorar la pobreza y agobiar a grupos marginados y vulnerables con dificultades adicionales.

Para integrar la perspectiva de género dentro del análisis del cambio climático, en específico en la adopción de medidas de adaptación y mitigación, se propone que en nuestra entidad se impulsen liderazgos de mujeres en la promoción para la adopción de prácticas sustentables.

Los sectores en los que se observa una mayor injerencia de mujeres son: la categoría de desechos en donde es fundamental su participación en el manejo integral de residuos sólidos desde los hábitos de consumo, separación, reutilizar, reciclaje y composteo.

Otra categoría clave es la energía, en la subcategoría de emisiones de biomasa dónde uno de los propósitos fundamentales es impulsar la adopción de estufas ahorradoras de leña que, además se considera como una medida de adaptación ya que previene enfermedades respiratorias.

Otra esfera de acción es aquella relacionada con la emisión de **GEI** derivado del uso energético y residencial donde el ahorro en el consumo de energía eléctrica es fundamental por lo que la incidencia en la modificación de los patrones de consumo y cambio tecnológico (electrodomésticos, focos) es clave.

En la categoría de **USCUSS**, las mujeres pueden llegar a convertirse en promotoras del uso integral del bosque eficientando los residuos de aprovechamientos forestales, previniendo incendios, disminuyendo el combustible del área forestal lo que a la larga minimizaría el cambio de uso de suelo.

En documentos relacionados con este tema (**Agenda de Género ante el cambio climático de Tabasco**, 2010)

se destaca la necesidad de la transversalización de las políticas públicas con enfoque de género y cambio climático con la finalidad de diferenciar necesidades y ámbitos de influencia así como generar acciones afirmativas y los programas de mitigación y adaptación al cambio climático tengan un mayor éxito.

III.7 Conclusiones

Las emisiones de **GEI** de Tlaxcala, medidas en unidades de CO_2 eq crecieron 20.9% en el periodo 2005-2009. La categoría de Energía prevalece como la principal fuente de emisiones de **GEI**, donde el consumo de combustibles fósiles para el transporte predomina como fuente clave de emisión.

El crecimiento de las emisiones de **GEI** en Tlaxcala es menor al de su economía. Entre 2005 y 2009 la economía creció a una tasa media anual de 0.8% mientras que las emisiones crecieron al 5.23%.

Las emisiones de **GEI** *per cápita*, considerando únicamente las emisiones por consumo de combustibles fósiles, se ubican en 2.2 toneladas de CO_2 eq por habitante en 2009. Esta cifra es un 23.0% mayor a la presentada en 2005. La estimación considera la emisión de CO_2, CH_4 y N_2O por consumo de combustibles fósiles, cuantificado en unidades de CO_2 eq.

Si se consideran únicamente las emisiones de CO_2 por consumo de combustibles fósiles, es decir sin la aportación de las emisiones en CO_2 eq de otros gases (CH_4 y N_2O) tal como lo informa la Agencia Internacional de Energía (**IEA**, por sus siglas en inglés) en los comparativos internacionales, la cifra es de 2.15 toneladas de CO_2 por habitante en 2009. El valor es menor a lo reportado en la Quinta Comunicación ante la **CMNUCC** y a la media mundial de 4.29 toneladas de CO_2 por habitante[14].

En este estudio se propone un enfoque global complejo, cerrando ciclos, no local, en las propuestas de mitigación y adaptación, por ejemplo: al hablar de eficiencia energética al proponer el uso de focos ahorradores, hay que cerrar el ciclo, pues es necesario proponer simultáneamente un programa de manejo adecuado de los focos al final de su periodo de vida media. Debido al mercurio que contienen y por lo tanto el riesgo potencial que significa contaminar los mantos freáticos, principalmente.

Otro enfoque importante es considerar las áreas de oportunidad identificadas, para hacer propuestas de solución que permitan simultáneamente reactivar la economía de la región conocida como megalópolis, por ejemplo: el transporte resultó, como a nivel nacional, ser la subcategoría más importante que contribuye a las emisiones. Además,

[14] Estadísticas de la AIE. Emisiones de CO_2 procedentes de la combustión de combustible Highlights. (Edición 2012). Emisiones de CO_2/población Pág. 99 a 101.

considerando que contamina más quien paga menos, entonces una buena medida de mitigación sería proponer a la armadora vecina, diseñar "trajes a la medida", desde el punto de vista de pagos por parte de los dueños de las flotillas de transporte colectivo, en una primera etapa, que junto con un reordenamiento óptimo de las rutas, ayudarán a reducir las emisiones. En un segundo movimiento, se hará con el sector privado.

Una de las prioridades relacionadas con la transversalización de la perspectiva de género en las políticas públicas encaminadas a hacer frente al cambio climático es el empoderamiento de las mujeres. La finalidad de esta acción tiene diversos propósitos fundamentales, entre ellos, disminuir la vulnerabilidad de las mujeres y su entorno social, ambiental y económico inmediatos, al formar liderazgos femeninos que hagan frente a momentos críticos en su entorno.

Es necesario que se impulsen estrategias de planeación y toma de decisiones para el desarrollo, adopción y adaptación de las estrategias encaminadas a hacer frente al cambio climático con perspectiva de género para la generación de políticas públicas.

Para ello, tendrán que implementarse metodologías participativas con la finalidad de que sean las mismas mujeres, sin excluir a los hombres en el proceso, quienes determinen y visualicen su ámbito de participación dentro de su entorno.

Es de suma importancia la integración de la Agenda sobre Género y Cambio Climático de Tlaxcala, con la finalidad de contar con un documento que contenga una mirada desde la perspectiva femenina y señale claramente las acciones en que las mujeres advierten pueden coadyuvar.

De la misma manera, es importante impulsar investigación que permita determinar la relación entre género y clima, ya que hay diversos factores que determinan dicha relación, sobre el acceso diferenciado a los recursos naturales así como sobre el conocimiento, habilidades locales y participación de la mujer en la toma de decisiones relacionado con el género dentro de las comunidades o ciudades.

Información vinculada con el conocimiento tradicional diferenciado, señala que las mujeres tienen una mayor relación con los recursos alimentarios y medicinales, entre otros, lo que las convierte en personajes estratégicos para la conservación de germoplasma e incrementar la seguridad alimentaria, procesos de adaptación fundamentales al cambio climático.

La perspectiva de género, por lo tanto, se torna clave al diferenciar los saberes locales dando mayor resilencia al entorno.

IV. Vulnerabilidad y medidas de Adaptación al Cambio Climático

IV. VULNERABILIDAD Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

IV.1 Introducción

En la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**CMNUCC**), se menciona que México comparte con el mundo la preocupación por el cambio climático global y reconoce la necesidad de participar en el esfuerzo por la mitigación, pero además ha tomado un rumbo definitivo en su trabajo de adaptación. Esto quedó de manifiesto durante la realización de la 16ª edición de la Conferencia de las Partes de la **CMNUCC** realizada en Cancún, México, en 2010, cuando se presentó el Marco de Políticas de Adaptación a Mediano Plazo (**CICC**, 2010).

La vulnerabilidad ante eventos meteorológicos se refiere a las condiciones por las que un sistema es susceptible a los efectos adversos del clima, y al ser multifactorial y dinámica, requiere ser monitoreada (**DARA & the Climate Vulnerable Forum**, 2010) y proyectada (**INE**, 2012), tal y como lo es el clima.

Ante los eventos extremos del clima, el crecimiento de la vulnerabilidad hace que los impactos sean de mayor magnitud, incrementando el riesgo y la probabilidad de que éste se materialice en desastre. Por ello es preocupante la proyección de un clima, diferente al actual, con impactos adversos en los sistemas humanos y naturales[15].

Por otra parte, la adaptación se entiende como ajustes en los sistemas naturales, humanos, productivos e infraestructura estratégica a estímulos climáticos proyectados o reales, y cobra cada vez más importancia para México, pues se reconoce la alta vulnerabilidad del país a anomalías climáticas. La adaptación al cambio climático se enmarca en el contexto de la gestión de riesgo[16] con el objetivo de reducir, prevenir y controlar en forma priorizada la potencial ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo.

Aun cuando se debe reconocer que el cambio climático puede haber influido en los desastres de las décadas recientes, en mayor medida, éstos han sido consecuencia del aumento de la vulnerabilidad.

Las tendencias de la temperatura en Tlaxcala (véase sección I.2 del capítulo I), son consistentes con lo publicado

[15] México Cuarta Comunicación Nacional

[16] Riesgo: Resultado de la interacción de amenazas definidas físicamente con las propiedades de los sistemas expuestos es decir, su sensibilidad o vulnerabilidad (social).

por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (**IPCC,** 2007) a escala global. Los incrementos de temperatura y un ciclo hidrológico extremo son ya detectables en diversas partes del territorio. Aunque resta por demostrar si se trata de señales del calentamiento global, no hay duda de que transitamos a una nueva condición climática, lo que hace necesario definir estrategias de adaptación a nivel local, regional y nacional, que consideren la variabilidad[17] climática y el cambio climático[18].

Las investigaciones regionales son de suma importancia para la planeación, busca mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales de una población, y consideran que no se pueden generalizar estrategias pues las necesidades de cada región varían significativamente. En este estudio se analizan los impactos del Cambio Climático en el estado de Tlaxcala, del cual destacan algunas de sus regiones por el grado de impacto por eventos hidrometeorológicos y socioeconómicos, también por su capacidad para diseñar estrategias y enfrentar eventos extremos que sin duda son parte del fortalecimiento de una región.

[17] La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de eventos meteorológicos determinados.

[18] Un cambio del clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

Desde hace más de 100 años se viene estudiando el cambio climático global, el cual es asociado frecuentemente con las actividades humanas en este planeta desde la llamada Revolución Industrial. Desde esa época hasta nuestros días, los procesos industriales se desarrollan básicamente quemando combustibles fósiles (petróleo, gas y sus derivados, como la gasolina). Los gases producidos por estas actividades se liberan a la atmósfera y cambian su composición.

Pero el clima de la Tierra también cambia por factores naturales relacionados con el equilibrio entre la energía solar entrante y la que es remitida hacia el espacio. Dichas variaciones en este balance se deben a erupciones volcánicas, cambios en la órbita de traslación del planeta, cambios en el ángulo del eje de rotación, los ciclos solares o variaciones en la composición de la atmósfera.

Diversos modelos permiten identificar los impactos del cambio climático en una región. Cada modelo ofrece resultados distintos dependiendo de los criterios empleados, las características de las aplicaciones o los supuestos conceptuales, entre otros factores. Pero todos ellos coinciden en que el principal impacto del cambio climático se verá reflejado en el comportamiento de las lluvias y la disponibilidad de humedad en los suelos, factores determinantes para todos los ecosistemas naturales, los

agroecosistemas y los aprovechamientos forestales. Todo esto parece indicar que los pronósticos de los modelos son correctos y que los primeros efectos del calentamiento global ya comienzan a sentirse (**CONAZA/UACH**, 2005).

De lo que no hay duda, es que se trata de un cambio que afectará a todas las regiones y países; por ello, en los últimos años se le ha dedicado gran atención y se está actuando a nivel mundial, nacional y regional en el establecimiento de medidas de mitigación. Igualmente, se están encauzando más esfuerzos hacia las medidas de adaptación para disminuir o evitar posibles daños (**Moreno y Urbina**, 2008).

Las investigaciones actuales apuntan hacia la predicción del clima futuro. Esta necesidad es acorde con las necesidades sociales pues la mayoría de las variaciones climáticas tienen impacto sobre las poblaciones humanas. El conocimiento del clima no solo es indispensable para poder entender las características físicas y las actividades humanas que se llevan a cabo en el territorio, además, es un elemento básico para la planificación y el desarrollo. Por lo que es necesario un análisis regional, pues desde este punto de vista se conocen los desafíos que enfrentan las regiones, e identifican capacidades locales de planeación, prevención y respuesta para dirigir su desarrollo y reducir su vulnerabilidad.

En 1996 el estado de Tlaxcala fue seleccionado para realizar estudios de las posibles medidas de adaptación al cambio climático y la aplicación de un modelo de productividad agrícola, debido a que resultó ser una de las regiones más vulnerables, según el estudio de país (**Gay**, 2000), el cual consideró: el crecimiento poblacional, erosión, demanda, competencia por el agua y una reducción importante de los ecosistemas forestales. En este estudio se entregaron a los productores pronósticos climáticos al inicio de cada año, ello les permitió planear sus actividades agrícolas, y en la elección de los cultivos para ese año. Sin embargo, los pronósticos tenían asociada la incertidumbre, que dificultaban su inclusión en la toma de decisiones por parte de los productores. Además, la situación de los costos de las semillas, créditos, situación del mercado y competencia, tienen influencia de manera determinante, aun cuando se emitiera un pronóstico excelente (**Conde et al.**, 1999).

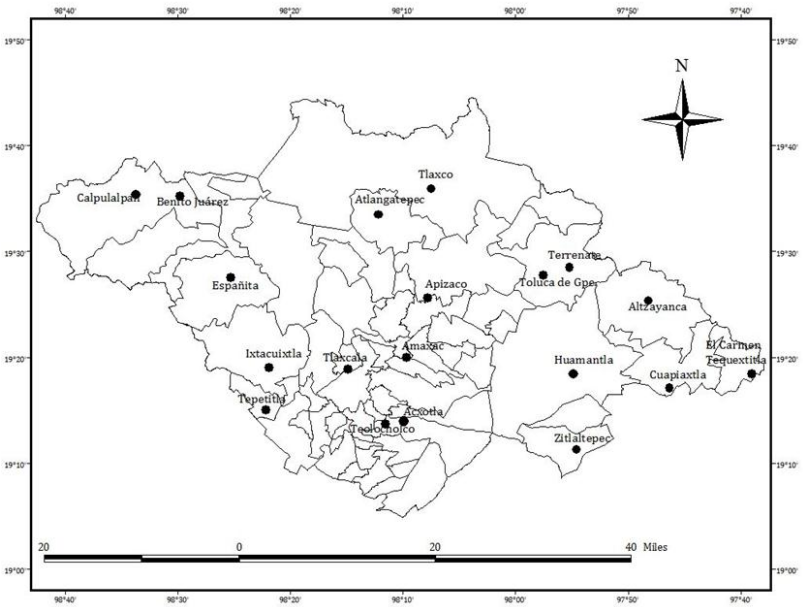
Recientemente Tlaxcala fue nuevamente la región de estudio para analizar la vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático, los resultados fueron poco alentadores, pues se arrastran prácticas que en poco han contribuido a hacer del manejo de este recurso un proyecto sustentable. La agricultura ha ido ganando terreno a los bosques, sin que ello la lleve a constituirse en un verdadero elemento

de desarrollo del estado. Por el contrario, la agricultura ha venido perdiendo importancia en la generación del **PIB** e incluso, la proporción de trabajadores dedicados al campo ha disminuido en comparación con los que se dedican a otras ramas de la economía. Las tendencias sugieren que la falta de apoyos a la agricultura, el uso inadecuado de tierras y agua, el envejecimiento de los trabajadores, la migración y el empobrecimiento en general del sector hará que éste se convierta básicamente en uno de autoconsumo. Incluso las zonas productivas de riego se verán amenazadas con el abatimiento de los acuíferos, debido a su sobreexplotación y al crecimiento de la zona urbana, que demandará más agua. Al considerarse el efecto del cambio climático, la situación se agrava debida principalmente a la pérdida de humedad en el suelo y a condiciones de cambios en el inicio de la temporada de lluvias. El potencial incremento de algunos eventos extremos como lluvias torrenciales y granizadas se volverán un peligro que aumentará el riesgo a las ya de por sí altas probabilidades de desastre en la agricultura de temporal (**Magaña y Neri**, 2007).

IV.2 Eventos climáticos extremos del estado de Tlaxcala

Para evaluar los eventos climáticos se emplearon series de base de datos históricos que corresponde al periodo 1980-2010 de 19 estaciones meteorológicas del estado. Las series de datos se introducen a un procedimiento de control de calidad de datos que fue proporcionado por RClimDex, para posteriormente someterlos a operaciones lógicas y estadísticas, Figura 34.

Figura 34. Estaciones meteorológicas utilizadas para evaluar eventos climáticos extremos en Tlaxcala

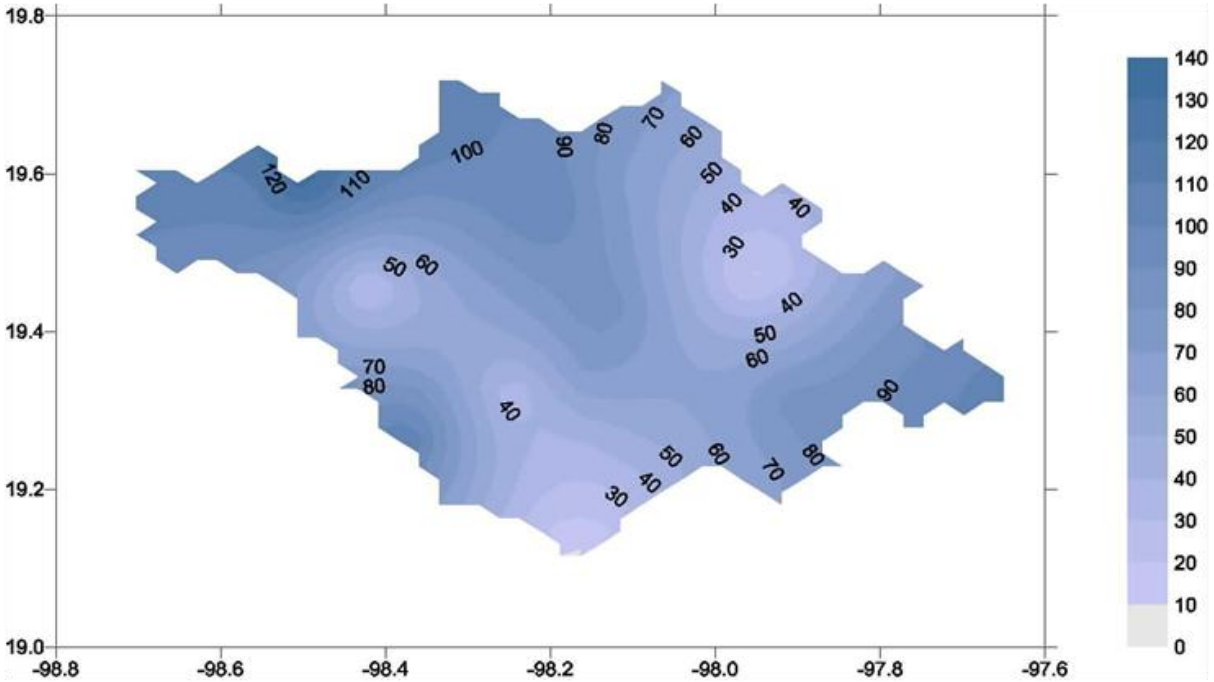


Heladas

Un análisis histórico de los eventos climáticos extremos muestra las siguientes características: con respecto a las heladas, la máxima incidencia de este evento se registra durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero llamadas primeras heladas y se presentan casi siempre con una frecuencia de 20 a 40 días al año (**Grassi**, 1983). También se presentan las llamadas últimas heladas o heladas otoñales, son las más perjudiciales para los cultivos porque interrumpen bruscamente el proceso de maduración. A estas heladas se le atribuye la reducción de la producción agrícola de una región. Se forman por la llegada de las primeras masas de aire frío sobre el país provenientes del Polo Norte durante los meses de septiembre y octubre (**Matías et al.**, 2001).

La distribución de las heladas nuestra que los municipios más afectados por éstas son: Benito Juárez, Tepetitla, Atlangatepec, Calpulalpan, El Carmen Tequextitla y Cuapiaxtla, representados por tonos claros; y los menos afectados son: San Pablo del Monte, Terrenate, Españita, Tlaxcala y Acxotla del Monte, representados por los tonos más obscuros, Figura 35.

Figura 35. Distribución de las heladas (número de heladas), en el estado de Tlaxcala



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

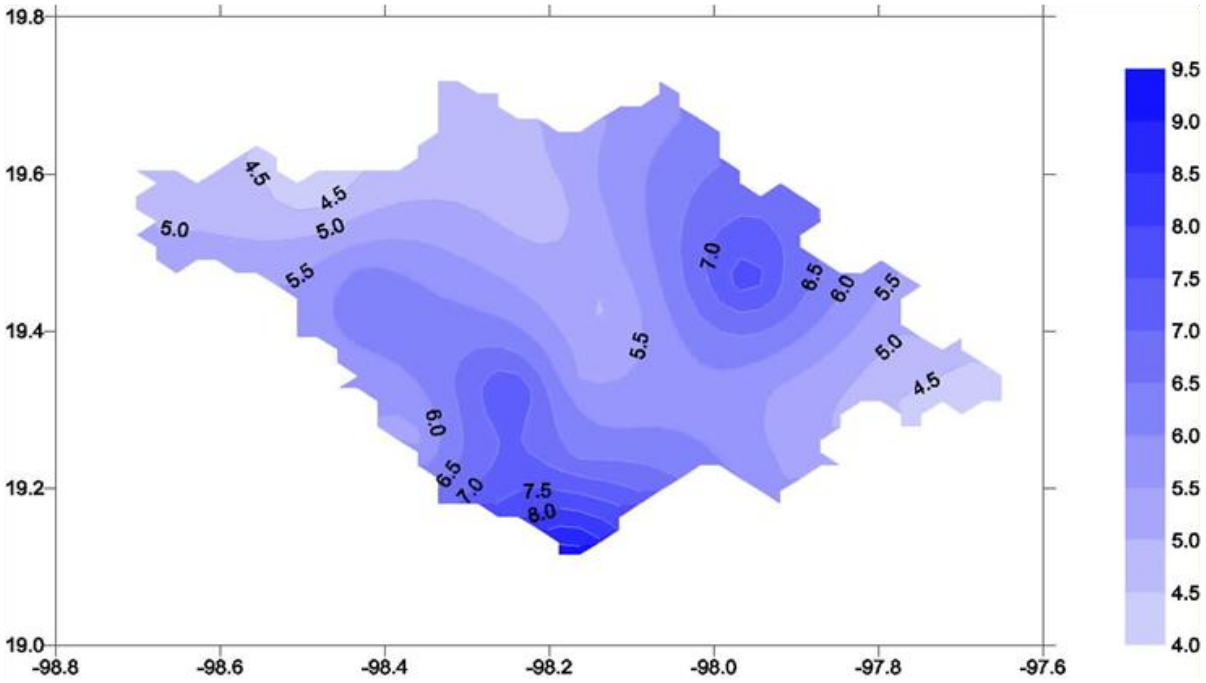
Temperaturas

La temperatura es considerada como la esencia del clima. Siendo tal vez, la variable que más ha sido estudiada y sobre la que mejor se conocen sus relaciones con el desarrollo de las plantas, sobre todo con el maíz, además

de que es el cultivo predominante en el estado. El maíz requiere una temperatura óptima de 29 a 32°C, y soporta temperaturas mínimas de hasta 10°C, y más allá de los 43°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua (**Ortiz**, 1987).

Con respecto al análisis de la temperatura mínima, existe una estrecha relación con el número de heladas, los municipios más fríos también corresponden a aquellos que son más afectados por las heladas como Benito Juárez, Atlangatepec, Calpulalpan y El Carmen Tequextitla, por el contrario los menos fríos también son lo menos afectados por las heladas como Terrenate, Españita y Tlaxcala capital, Figura 36.

Figura 36. Distribución de la temperatura mínima (°C), en el estado de Tlaxcala

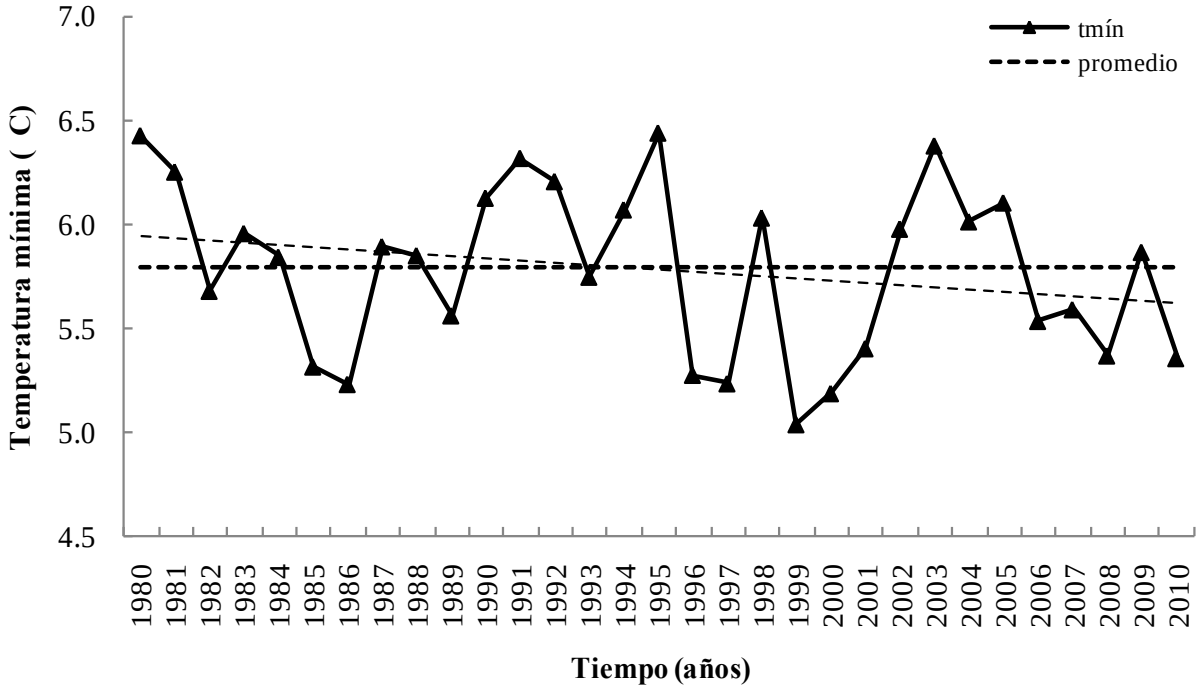


Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

Se realiza un análisis de los promedios anuales de 19 estaciones meteorológicas activas, con la finalidad de destacar la climatología del estado. Respecto al comportamiento de la temperatura mínima durante el periodo 1980-2010 en el estado, se destaca el año 1999 como el más frío. Sin embargo, la tendencia señala que las temperaturas mínimas serán cada vez más mínimas, esto hace suponer que podrían aumentar el número de días con heladas, Figura 37.

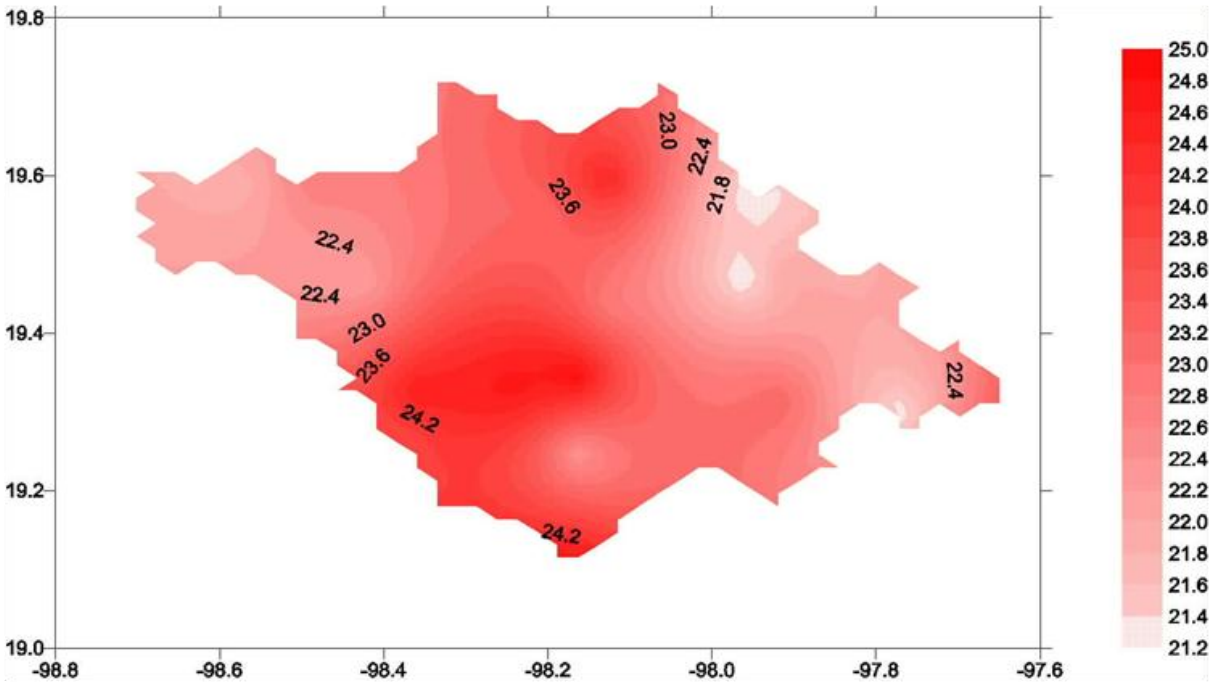
La Figura 38 muestra las regiones con más calor del estado, entre ellas se encuentran los municipios de Amaxac, San Pablo del Monte, Tlaxcala capital, Ixtacuixtla y Tlaxco; y las de menor calor son Toluca de Guadalupe, El Epazote, Cuapiaxtla y Calpulalpan.

Figura 37. Comportamiento de la temperatura mínima en el estado de Tlaxcala (1980-2010)



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

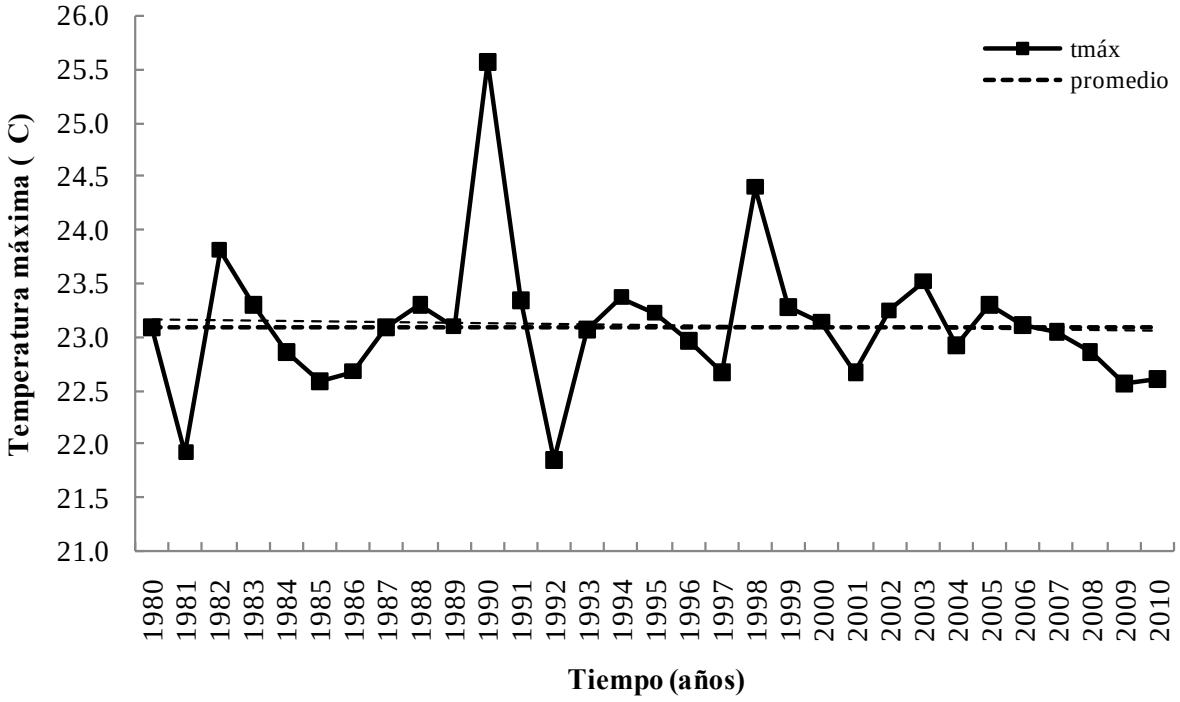
Figura 38. Distribución de la temperatura máxima (°C), en el estado de Tlaxcala



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

En la Figura 39 se observa un análisis anual de la temperatura máxima. El comportamiento indica que los años 1990 y 1998 fueron los más calurosos con temperaturas mayores a los 24°C, por el contario, 1981 y 1992 los más fríos con temperaturas menores a los 22°C. La línea de tendencia muestra que en los 30 años el comportamiento de esta variable ha mantenido el promedio anual, y solo en los últimos 3 años ligeramente a esta por abajo del promedio.

Figura 39. Comportamiento de la temperatura máxima en el estado de Tlaxcala (1980-2010)



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

Precipitación

Una variable de gran importancia es la precipitación, ya que tiene una gran influencia sobre los cultivos pues, dependen de la cantidad, distribución y frecuencia de ésta durante el año. Obedeciendo al tipo de orografía, cubierta vegetal, textura del suelo, dirección de los vientos, altitud y latitud del estado serán los efectos de la precipitación.

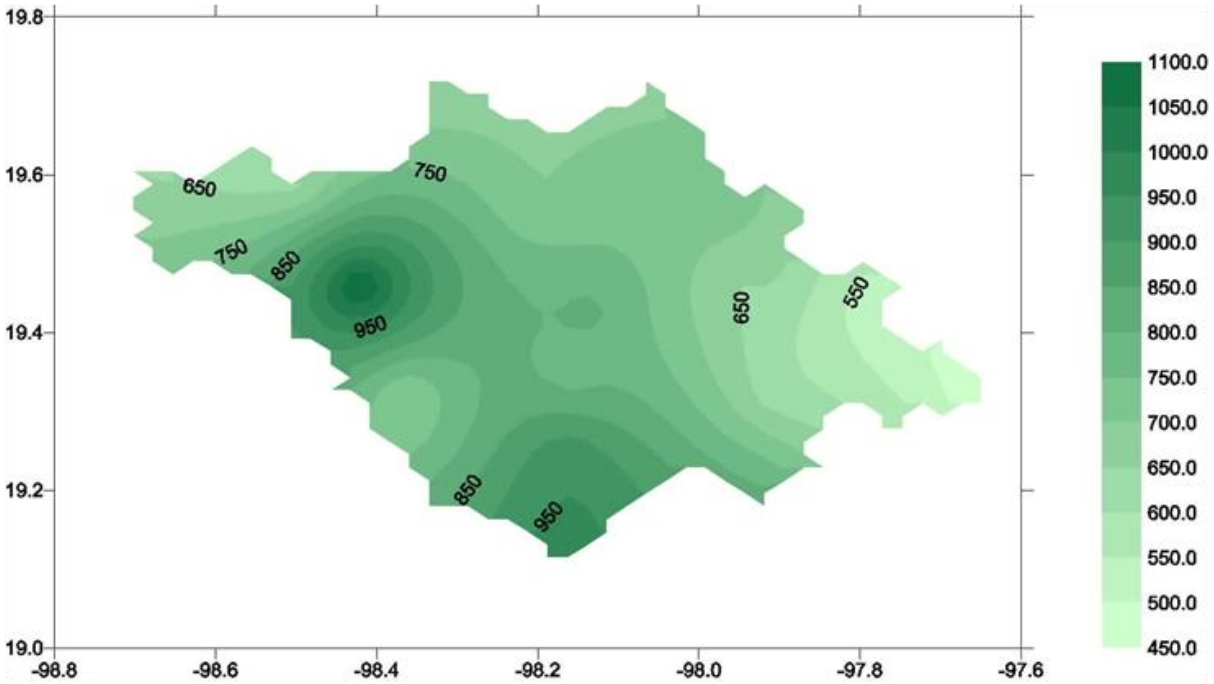
Es importante mencionar que la cantidad de precipitación favorece el aumento de los niveles de agua y la descarga de los ríos, y el incremento en el número de días con precipitación favorece un alto contenido de humedad en el suelo, con efectos benéficos en la producción de cultivos (**Lucero y Rozas**, 2001). La reducción de días, se traduce que en pocos días puede llover una gran cantidad de agua, lo que ocasiona problemas a la agricultura como inundaciones y desbordamientos.

Estas condiciones del clima afectan directamente a los agricultores, un cambio importante en el patrón, ya sea por retraso o mala distribución, aumentan las pérdidas en las cosechas.

El municipio de Españita se caracteriza por ser el más lluvioso, con un promedio anual de más de 1000 mm de agua, seguido de San Pablo del Monte y Acxotla del Monte; respecto a los municipios más secos sobresale El Carmen Tequextitla con un poco más de 400 mm de lluvia al año, le sigue Altzayanca y Cuapiaxtla, Figura 40.

Para caracterizar años secos y húmedos se calculó el promedio y la desviación estándar de la precipitación, los años con exceso de humedad serán todos aquellos que sean iguales o superiores a la suma del promedio y la desviación estándar, en cambio, los años con sequía serán aquellos que sean iguales o inferiores a la resta del promedio y la desviación estándar.

Figura 40. Distribución de la precipitación (mm), en el estado de Tlaxcala

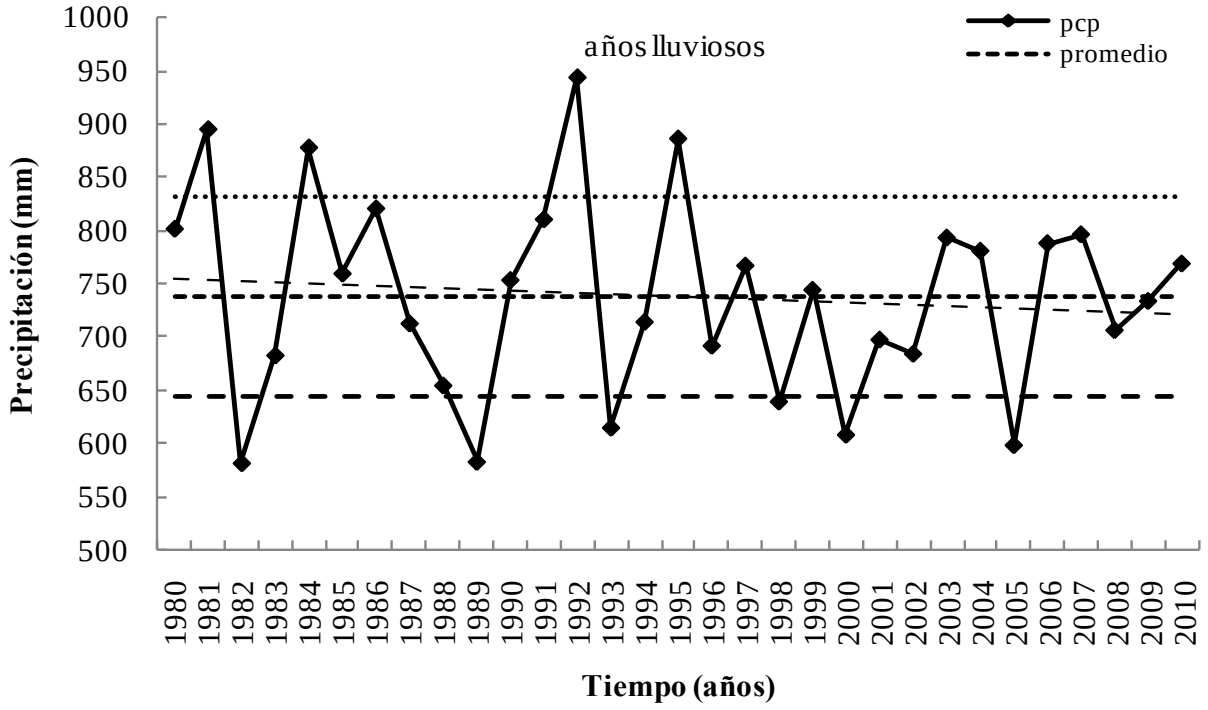


Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

El análisis de la precipitación del estado y la caracterización de años con exceso de lluvia y años secos indican que se han presenciado 6 sequías extremas, las más intensas corresponden a los años 1982 y 1989, por otra parte, 4 años tuvieron exceso de lluvia, de ellos en 1991 la lluvia fue mayor a los 900 mm. El comportamiento de la lluvia es muy irregular en el espacio y el tiempo, y la tendencia indica que la disponibilidad de agua se ha reducido, por tanto, la posibilidad de que aumenten las sequías puede ser mayor, Figura 41.

La agricultura de temporal, es uno de los sectores de mayor vulnerabilidad ante la variabilidad climática. Una caracterización cuantitativa de los mercados, expresa que el rendimiento y la producción en toneladas, por año agrícola en el estado, dependen principalmente de las condiciones adversas o benéficas del clima, desde irregularidad en la distribución de las lluvias, granizadas, heladas, afectaciones de sistemas climatológicos como sequías prolongadas o atípicas, exceso de humedad en etapa fisiológica de madurez, los cuales escapan al control de los productores. (**Nery**, 2004).

Figura 41. Caracterización de años secos y húmedos en el estado de Tlaxcala (1980-2010)



Fuente: Comisión Nacional del Agua, Tlaxcala, 2010

IV.3 Pobreza y Cambio climático

El cambio climático afectará de manera diferente en cada lugar del planeta y los países más afectados serán aquellos en vías de desarrollo. Además se sabe que, aunque los impactos presentes y futuros del cambio climático afectan a todas las poblaciones, las más afectadas son y serán las comunidades más pobres, ya que para éstas los eventos como sequías, inundaciones y tormentas suelen ser experiencias terribles que los ponen en riesgo debido a su alta dependencia de los recursos naturales que las rodean y su limitada posibilidad de adaptación a las futuras condiciones climáticas.

El cambio climático potenciará las vulnerabilidades ya existentes, incrementando las dificultades a las

que se enfrentan los pobladores y sus posibilidades de desarrollo, es por esto, que este evento podría resultar en una potenciación de la pobreza si no se aplican las políticas necesarias para favorecer la adaptación de las comunidades más pobres.

Los impactos del cambio climático sobre los pobres variarán según el contexto, reflejando factores tales como las localizaciones geográficas; características económicas, sociales y culturales; prioridades y preocupaciones de los individuos, grupos sociales y modos de vida; como también la fuerza de las instituciones y las políticas vigentes.[19]

En el estado existen diferentes sectores, pero entre ellos hay grandes diferencias con respecto a: productividad, ingresos y grado de desarrollo y en donde el sector "moderno" no transmite sus beneficios o adelantos al resto de la economía, lo que origina una pequeña concentración de la riqueza y la heterogeneidad estructural (**Pinto**, 1970).

[19] Poverty and Climate Change - Reducing the Vulnerability of the Poor through Adaptation, informe elaborado por African Development Bank, Asian Development Bank; Department for International Development, United Kingdom; Directorate-General for Development, European Commission; Federal Ministry for Economic Cooperation and Development, Germany; Ministry of Foreign Affairs - Development Cooperation, The Netherlands; Organization for Economic Cooperation and Development; United Nations Development Programme; United Nations Environment Programme; The World Bank.

En 2010 de acuerdo con las cifras del **CONEVAL** el estado de Tlaxcala con respecto a las 32 entidades ocupa el lugar 5 en porcentaje de población en pobreza y el lugar 14 en porcentaje de población en pobreza extrema, ubicándolo dentro de las 10 entidades con mayor pobreza.

La población tlaxcalteca tiene un total de 1'175,688 habitantes, de estos 712,253 viven en situación de pobreza (60.6%), el 117,422 (10%) se encuentran en situación de pobreza extrema y 594,831 (50.6%) en situación de pobreza moderada.

De acuerdo con la metodología del **CONEVAL** (Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social), para la medición de la pobreza, se definen tres niveles de pobreza para el estado:

La primera de ellas es la **pobreza alimentaria**, y se refiere a la incapacidad para obtener una canasta básica alimentaria, aun si se hiciera uso de todo el ingreso disponible en el hogar en comprar sólo los bienes de dicha canasta.

La segunda es la **pobreza de capacidades**, esta describe la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir el valor de la canasta alimentaria y efectuar los gastos necesarios en salud y educación, aun dedicando el ingreso total de los hogares nada más que para estos fines.

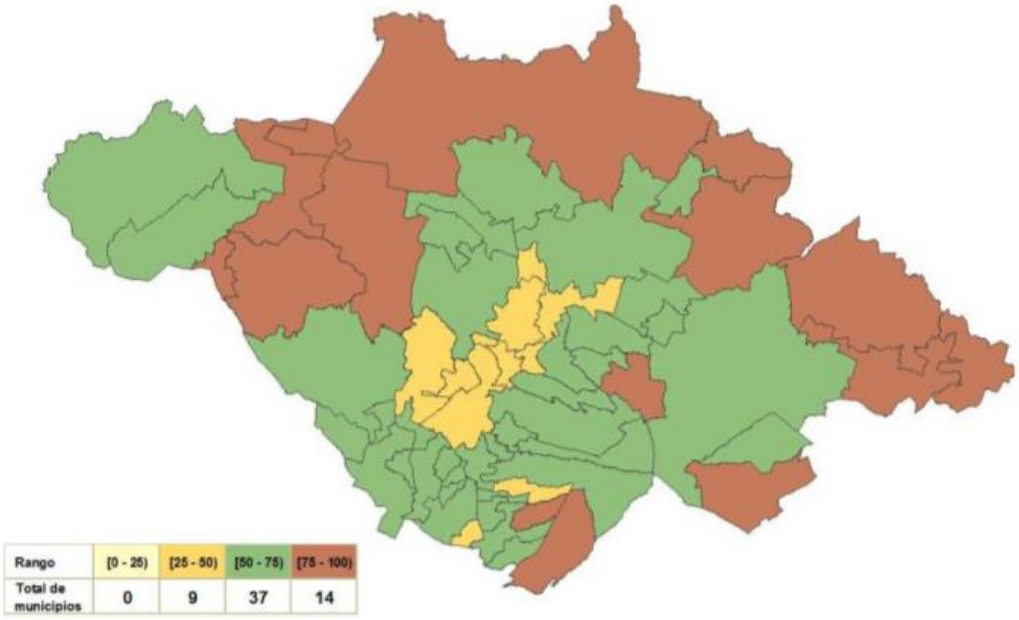
Y la tercera es la **pobreza de patrimonio**, y se refiere a la insuficiencia del ingreso disponible para adquirir la canasta alimentaria, así como realizar los gastos necesarios en salud, vestido, vivienda, transporte y educación, aunque la totalidad del ingreso del hogar fuera utilizado exclusivamente para la adquisición de estos bienes y servicios.

La Figura 42 advierte la persistencia de grandes desigualdades entre las diferentes regiones del estado. En 37 municipios el porcentaje de la población en pobreza estuvo entre el 50 y 75%, concentrada en el 54.4% del total de la población en situación de pobreza en el estado. En 14 municipios entre el 75 y 100% de la población en pobreza, en estos municipios habitaba únicamente 29.7% del total de la población en situación de pobreza en el estado. Esto significa que en 51 municipios de un total de 60 más de la mitad de la población se encuentra en situación de pobreza.

En la Figura 43, los municipios con mayor porcentaje de población en pobreza fueron: El Carmen Tequexquitla (89.8), Españita (88.6), Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos (86.1), Emiliano Zapata (83.9) y San José Teacalco (80.7). En resumen, en estos municipios más del 80 por ciento de la población se encontraba en situación de pobreza. La población pobre residente en estos municipios representa el 6.5% del total de la población en pobreza de la entidad.

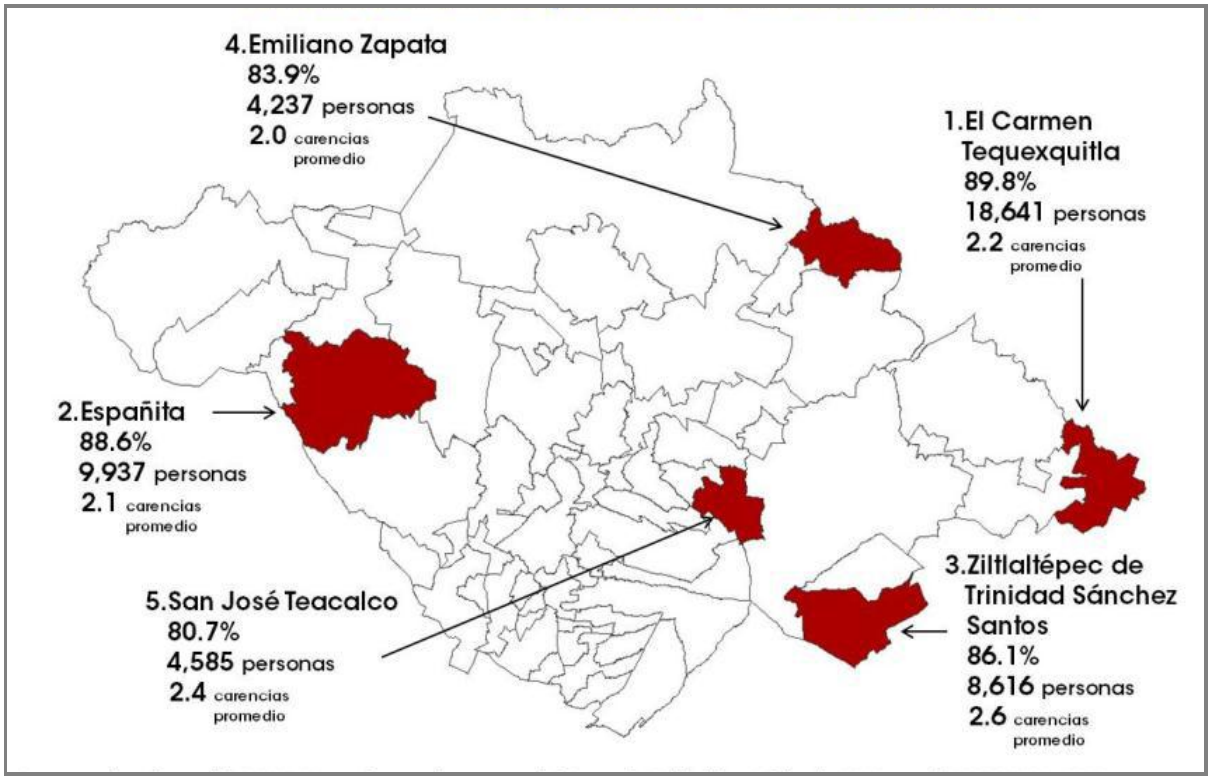
Los municipios con menor porcentaje de población en pobreza fueron Totolac (29.8), Tlaxcala (31.7), Apetatitlán de Antonio Carvajal (37.5), Panotla (40.2) y Yauhquemehcan (42.7), Figura 44.

Figura 42. Porcentaje de población en situación de pobreza en Tlaxcala



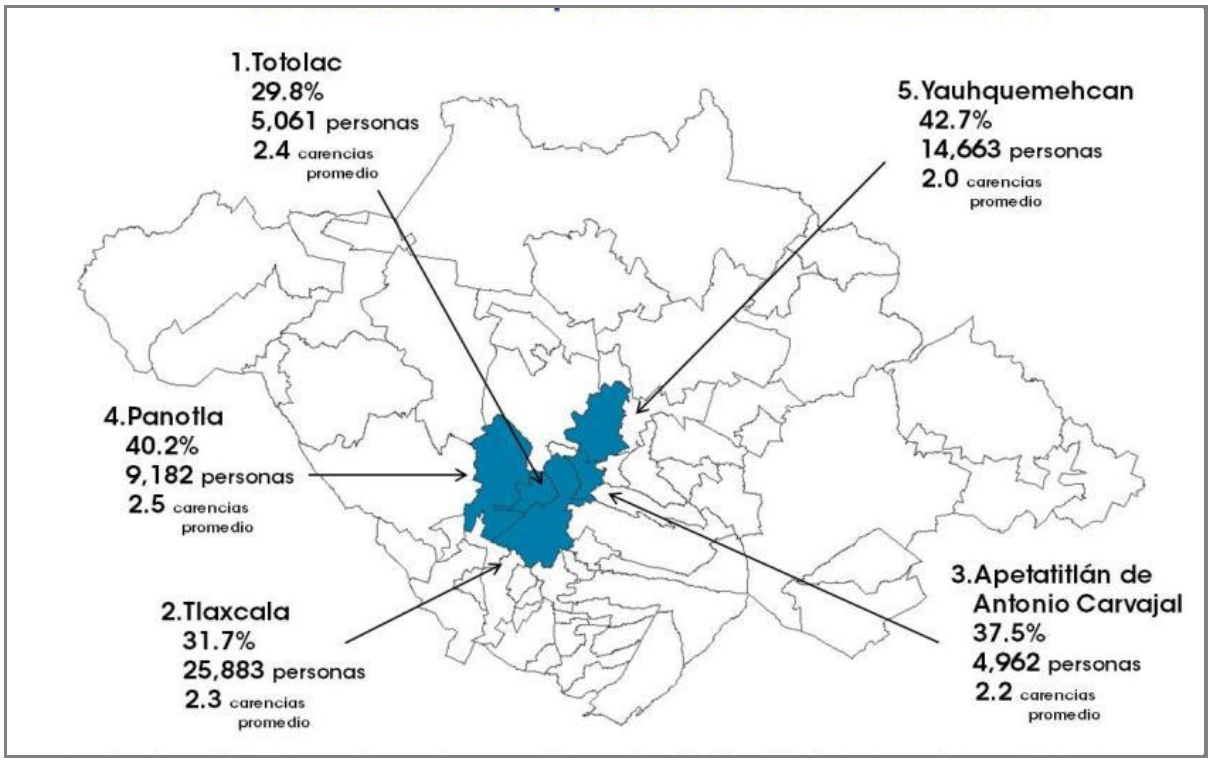
Fuente: estimaciones del **CONEVAL** con base en el MCS-INIHG 2010

Figura 43. Municipios con mayor porcentaje de población en situación de pobreza en Tlaxcala



Fuente: Estimaciones del **CONEVAL** con base en el **MCS-INIHG** 2010

Figura 44. Municipios con menor porcentaje de población en situación de pobreza en Tlaxcala



Fuente: Estimaciones del **CONEVAL** con base en el **MCS-INIHG** 2010

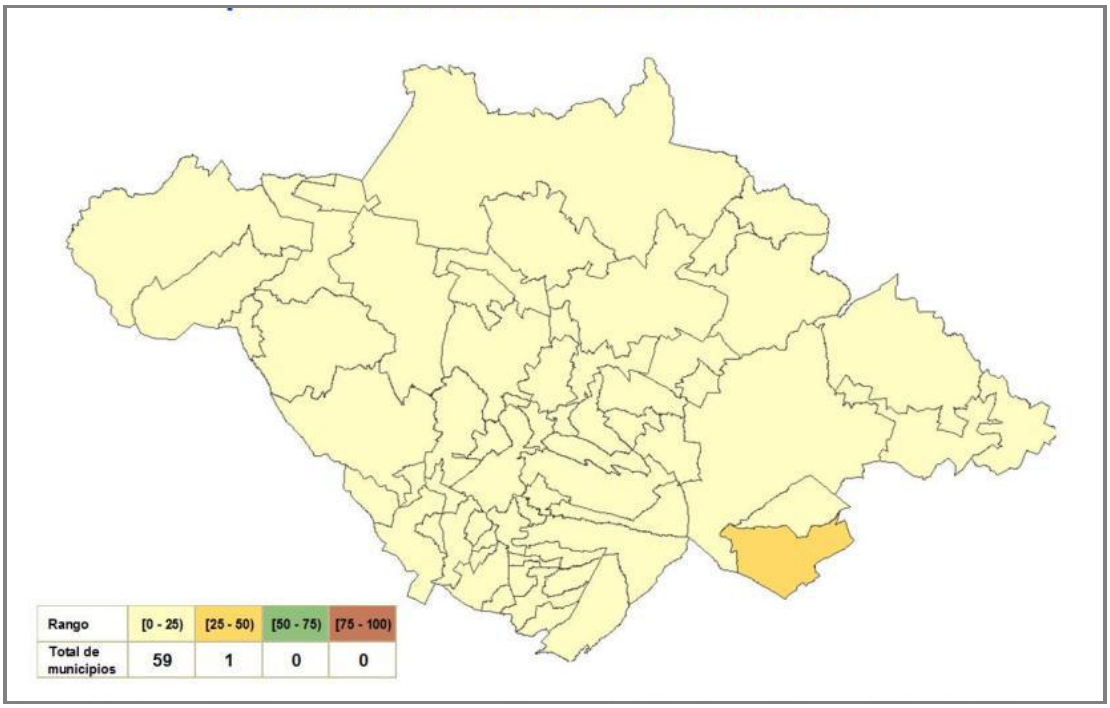
En agosto de 2010, momento en el que el **CONEVAL** realizó la medición de la pobreza, el valor de la línea de bienestar mínimo era de 684 pesos para zonas rurales y 978 pesos para zonas urbanas. De acuerdo con lo anterior, se consideraba en pobreza extrema a la persona que tuviera un ingreso mensual inferior a dichos valores según el lugar en el que vivía y que además tuviera al menos tres carencias sociales, Figura 45.

Los municipios con mayor porcentaje de población en pobreza extrema fueron: Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos (29.6), Españita (20.1), El Carmen Tequexquitla (19,6), San Pablo del Monte (17.8) y San José Teacalco (17.5). Esto representa 20.7 por ciento del total de la población en pobreza extrema de la entidad, Figura 46.

Por otra parte, los municipios con menor porcentaje de población en pobreza extrema fueron Totolac (3.6), Amaxac de Guerrero (4.4), Yauhquemehcan (4.6), Tlaxcala (4.8) y Apetatitlán de Antonio Carvajal (5.1), Figura 47.

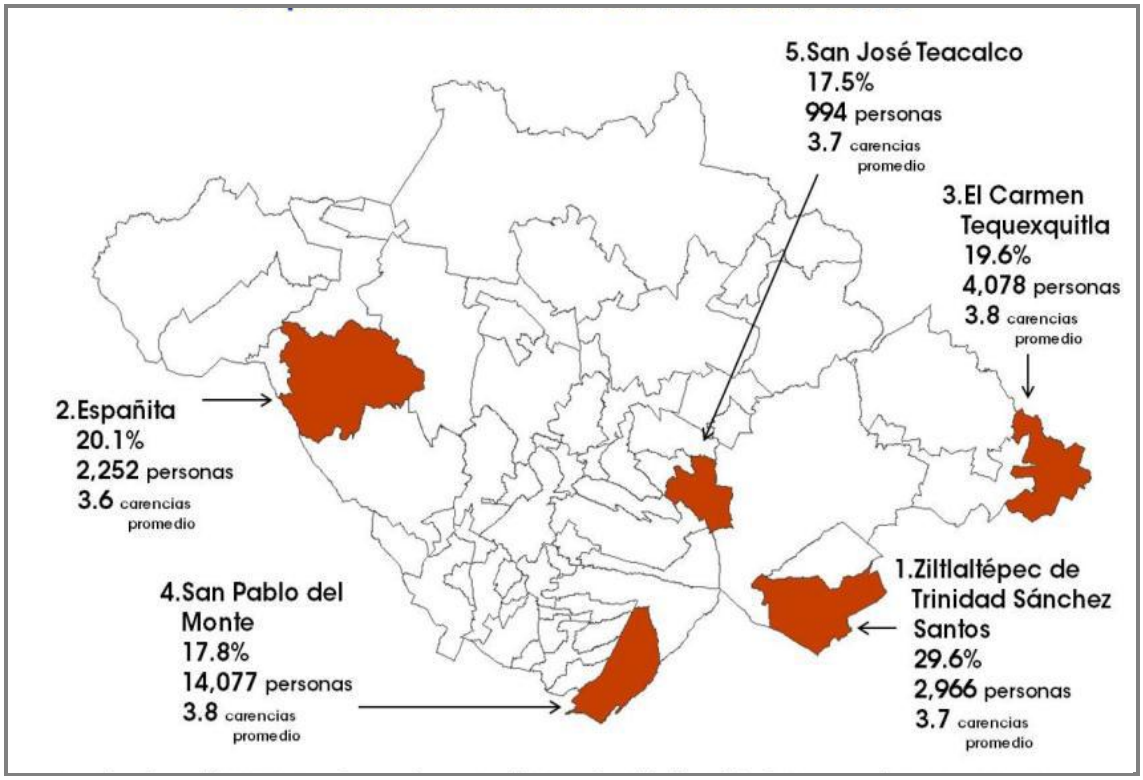
Esta información permite apreciar con claridad que el abatimiento de la marcada desigualdad entre los municipios constituye un importante desafío para el estado. De manera general también es posible observar que la parte Este del estado es la más pobre con respecto a las tres modalidades en las que evalúa el **CONEVAL**, por lo tanto, esta región se puede considerar como la más vulnerable.

Figura 45. Porcentaje de población en situación de pobreza extrema en Tlaxcala, 2010



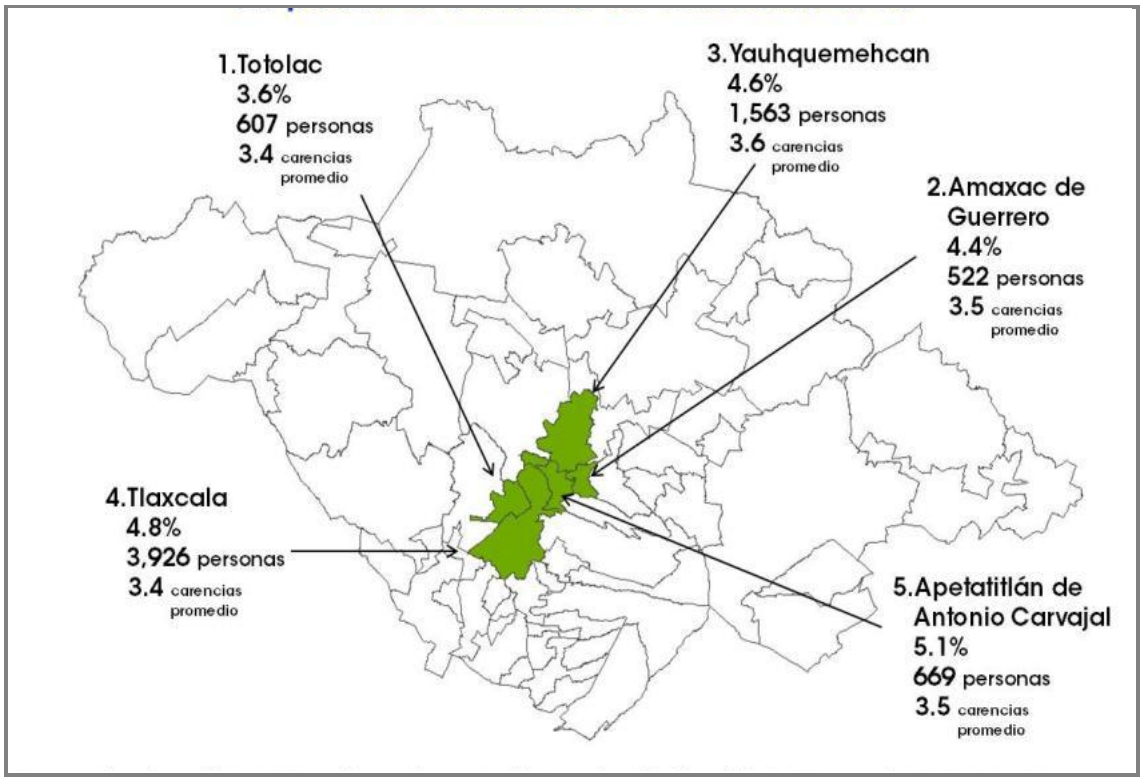
Fuente: Estimaciones del **CONEVAL** con base en el **MCS-INIHG** 2010

Figura 46. Municipios con mayor porcentaje de población en pobreza extrema en Tlaxcala, 2010



Fuente: Estimaciones del **CONEVAL** con base en el **MCS-INIHG** 2010

Figura 47. Municipios con menor porcentaje de población en pobreza extrema en Tlaxcala, 2010



Fuente: Estimaciones del **CONEVAL** con base en el **MCS-INIHG** 2010

Las poblaciones de esta región usualmente dependen directamente de los bienes y servicios provistos por los ecosistemas, tanto como fuente primaria como suplementaria de alimentos, forraje, material para la construcción y combustible. Esto los hace altamente vulnerables a la degradación de los ecosistemas. Mientras que las condiciones sociales y económicas los conducen a áreas marginales y los induce a explotar los recursos naturales, el cambio climático degrada la calidad de estos recursos y, por lo tanto, refuerza las condiciones de pobreza.

IV.4 Programas estatales de apoyo

Es importante que como parte de los compromisos de un gobierno es impulsar y fortalecer la mitigación y adaptación al cambio climático, ello también puede ser posible mediante programas estatales de apoyo aprovechando las oportunidades de inversión y financiamiento. La falta de este tipo de programas puede ser un obstáculo para la adaptación.

Uno de los programas estatales que sobresale en el estado es el apoyo directo al campo (**PROCAMPO**), este recurso es directo del gobierno federal otorgado a través de la **SAGARPA**. Este programa tiene el objetivo de transferir recursos económicos a los productores rurales, pero sobre todo para que continúen sembrando la superficie registrada en el directorio del programa.

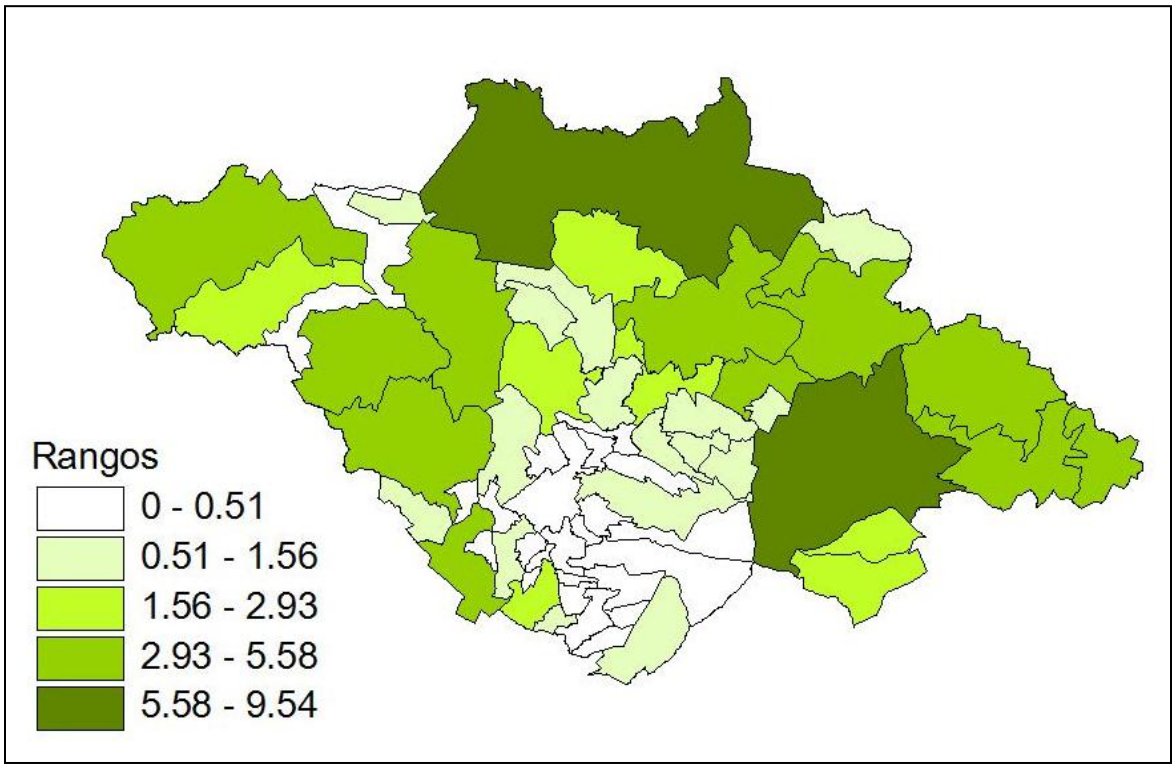
De acuerdo a la información proporcionada por **ASERCA**, cada año se entregan en promedio 44,000 apoyos en el estado, de ellos los municipios más beneficiados son Tlaxco y Huamantla, el primero con 4,149 agricultores beneficiados y el segundo con 4,006, sólo Sanctorum de Lázaro Cárdenas no recibe tal apoyo, Figura 48.

De acuerdo con los mapas de pobreza, la región Este muestra más pobreza, en cambio en el mapa de apoyos **PROCAMPO** esta es de las más beneficiadas, por lo tanto, existe una aparente incongruencia, sin olvidar la influencia de otros aspectos socioeconómicos en el estado.

Los eventos climáticos y aspectos económicos responden el por qué la baja contribución al **PIB** y también al descontento de la mayoría de los campesinos por sus condiciones de vida. El insuficiente apoyo de seguros que protejan los campos agrícolas, la falta de inversión gubernamental en este sector aunada a políticas de apoyo inadecuadas, así como problemas políticos y sociales han hecho que el sector pierda importancia en la economía del estado y del país que se caracteriza por tener alta migración y que sea dependiente en el sector alimentario. Los precios de los granos básicos en el país han caído cerca de 50%, mientras que los alimentos procesado s a partir del maíz se han incrementado cerca de tres veces, sin que ese incremento se refleje en

mejoras económicas para los productores directos (**Neri**, 2004).

Figura 48. Porcentaje de población beneficiada por **PROCAMPO**



Fuente: **SAGARPA-ASERCA** (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria), 2009

Ante esta dependencia climática existen esquemas de aseguramiento orientado a proteger a los agricultores de bajos ingresos. **El FAPRACC** da a conocer los recursos destinados a la atención de Desastres Naturales y Contingencias Climatológicas en el sector agropecuario y señala que el estado de Tlaxcala durante el periodo 2004-2007 recibieron $137.17 millones de pesos destinados a 19 contingencias entre las cuales se encuentran las sequías, heladas, granizadas y lluvias torrenciales.

Contar con un seguro agrícola es parte de una estrategia, el problema es que no todos los agricultores pueden disponer de uno. Ante esta gran problemática lo único que les queda a los agricultores temporaleros, es depender de un clima idóneo para planear sus actividades agrícolas.

IV.5 Agua

Introducción

El agua dulce es un recurso natural indispensable para la vida y las actividades humanas. (**Bates *et al.*,** 2008), señalan que el clima, el agua dulce y los sistemas biofísicos y socioeconómicos están intrincadamente interconectados, por lo que un cambio en uno de ellos induce un cambio en otro distinto, en

este sentido el Cambio Climático (**CC**), entendido como un proceso atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables**,** agrava la presión que se está experimentando en el mundo ante el uso insostenible del agua dulce a grado tal que en el Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático **(CMNUCC)** y el VI Foro Mundial del Agua, se planteó que ante el **CC** se espera una modificación al ciclo del agua, incluidas las precipitaciones, humedad del suelo, escurrimiento, evaporación, vapor atmosférico y temperatura, con consecuencia climatológicas extremas que hay que prevenir y atender (**CCNUCC**, 2004, **VI Foro mundial del agua**, 2012 y **Bates *et al.*,** 2008).

De acuerdo con (Magaña, 2009:8, 20), el **CC** debe ser reconocido como un problema de gestión de riesgo, en donde éste, es el resultado de combinar una amenaza y una vulnerabilidad a dicha amenaza, por lo que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático **(IPCC**, por sus siglas en inglés**)** ha presentado en su Cuarto Reporte de Evaluación los modelos y escenarios sobre los cambios que el clima puede experimentar, Cuadro IV.1, si se continúa incrementando la concentración emisiones Gases Efecto Invernadero **(GEI)** los cuales para cumplir con los compromisos internacionales no deben superar los 450 ppm de emisiones de bióxido de carbono equivalente **(CO_2 eq),** lo que implica mantener el incremento de las temperaturas entre 2°C y 3°C, ya que si éstas llegan a elevarse entre 4°C y 6°C, las consecuencias serán catastróficas; actualmente se estima que las emisiones **GEI** son, aproximadamente, el equivalente a 430 ppm de **CO_2 eq** y se espera que aumenten, en promedio, en 2.3 ppm cada año lo que implica que para finales del presente siglo dicho aumento sea de entre 2°C y 4°C (**DOF**, 2009: 8-9).

Paralelamente **Galindo** (2010: 17-18 y 53-54), estima para el mismo siglo un aumento en la temperatura del planeta de entre 0.3°C a 6.4°C, dados los cambios en los patrones de precipitación, modificaciones en el tipo, frecuencia e intensidad de los eventos extremos, entre otros, siendo para México los escenarios más probables de incremento en la temperatura el A2 y el A1B con proyecciones promedio de entre 2.5°C y 4.0°C en el primer caso y de entre 1.5°C y 3.0°C. El mismo autor ubica al estado de Tlaxcala en el período 1940-2006 con temperaturas promedio de entre 14.08°C y 18.6°C, proyectando hacia el 2100 de acuerdo con el escenario A2 un aumento entre 3.01°C y 3.50°C, mientras que para el escenario A1B el incremento se estima entre los 3.12°C y 3.50°C y plantea como tercera opción al escenario B1 proyectando para éste entre 1.92°C y 2.50°C.

Cuadro IV.1 Estimaciones de aumento en temperatura para finales del S. XXI (°C)

Escenario	Mejor estimación de aumento	Mínimo aumento probable	Máximo aumento probable
B1	1.8	1.1	2.9
A1T	2.4	1.4	3.8
B2	2.4	1.4	3.8
A1B	2.8	1.7	4.4
A2	3.4	2.0	5.4
A1F1	4.0	2.4	6.4

Fuente: Magaña (2009: 20-21)

Estas proyecciones hacen del **CC** en un desafío conceptual para los gestores hídricos, ya que introduce incertidumbres en las condiciones hidrológicas futuras y obliga a tomar decisiones de mitigación y adaptación con un planteamiento basado en escenarios, entendiendo por **Mitigación** a las acciones que se realizan para reducir las emisiones de **GEI**, mientras que **Adaptación**, se orienta a la capacidad de los sistemas humanos y naturales para ajustarse de manera espontánea u ordenada a los impactos climáticos adversos (**Landa et al,** 2010).

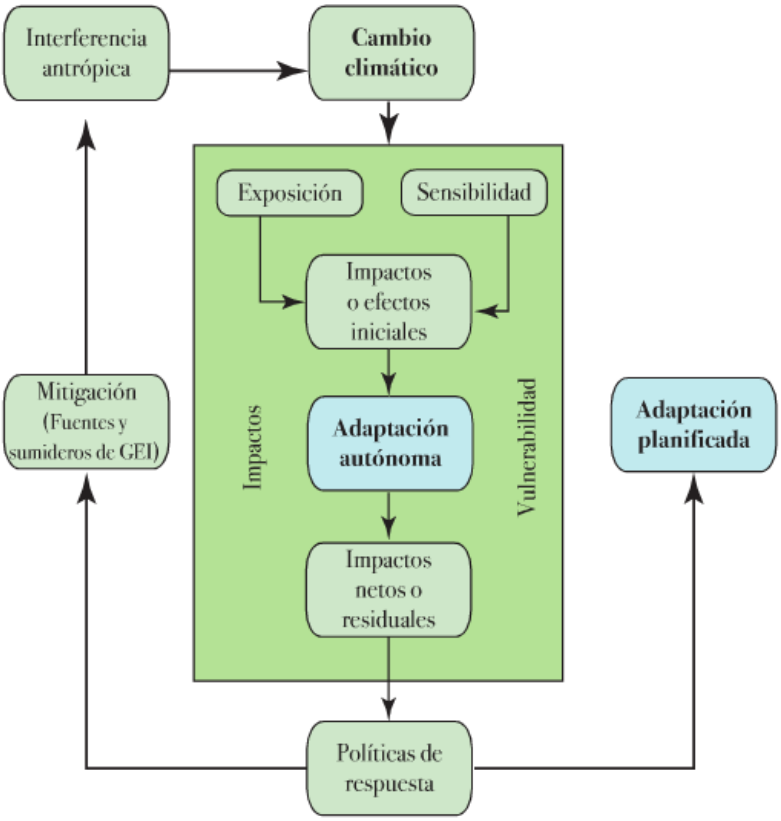
Bates *et al.,* (2008: 62-63 y 189); Landa *et al.,* (2010) y Ojeda *et al,* (2012:77) indican que la **Mitigación** expone los cambios y sustituciones tecnológicos que reducen el insumo de recursos y las emisiones de **GEI** es por unidad de producción y cuando se trata de **CC,** se puntualiza la aplicación de políticas de reducción de las **EGEI** y de potenciación de los sumideros, a través de tecnología y políticas de penalización por contaminación y captura de gases, Figura 49.

Paralelamente los mismos autores señalan que **Adaptación** es el conjunto de iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados por el **CC**, las cuales pueden ser anticipatorias o reactivas, públicas o privadas y autónomas o planificadas, con cinco tipos de límites.

1) Físicos o ecológicos: tal vez no será posible evitar los efectos adversos del cambio climático por medios técnicos o mediante cambios institucionales. Por ejemplo, tal vez no sea posible adaptarse cuando los ríos se han secado completamente.

2) Técnicos, políticos o sociales: por ejemplo, podría resultar difícil encontrar lugar es aceptables para nuevos embalses, o que los usuarios reduzcan el consumo de agua.

Figura 49. La Adaptación como respuesta al cambio climático



Fuente: Ojeda et al. 2012:76

3) Económicos: una estrategia de adaptación podría resultar, simplemente, demasiado costosa en comparación con los beneficios que reporte su implementación.

4) Culturales e institucionales: esta categoría abarca el contexto institucional en que se enmarca la gestión del agua, la baja prioridad dada a la gestión del agua, la falta de coordinación entre organismos, las tensiones entre unas y otras escalas, la gobernanza ineficaz, y la incertidumbre sobre el cambio climático futuro todos ellos operan como límites institucionales a la adaptación.

5) Cognitivos e informativos: puede ocurrir, por ejemplo, que los gestores hídricos no sean conscientes del problema que plantea el cambio climático, o puede que le otorguen escasa prioridad en comparación con otros problemas.

Bajo este contexto, atender el impacto del tema *agua* en estudios sobre **CC** implica incluir a la naturaleza y destacar que el agua no es un **sector para el análisis de sus efectos, como lo propone la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por su s siglas en inglés)**, sino un **eje** transversal, que

debe ser considerado como un elemento central en las estrategias integrales de mitigación y adaptación (**VI Foro mundial del agua**, 2012 y **Galindo**, 2010b).

En México, el marco del trabajo para estudiar **CC** en materia de agua lo dan el Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012 (**PECC**) y el Programa Nacional Hídrico 2007-2012 (**PNH**), en el primero se considera que las tareas de adaptación al **CC** deben estar centradas en la reducción de la vulnerabilidad del país frente al mismo; mientras que en el segundo se busca la (Gestión Integral del Recursos Hídricos) **GIRH** y evaluar los efectos del **CC** a través de un mejor conocimiento de la vulnerabilidad regional y de las variables del ciclo hidrológico, así como de los fenómenos hidrometeorológicos extremos que se presente (**López**, 2011).

Para estudiar los efectos del **CC** en el agua, **Carabias *et al***. (2005) recomiendan el análisis por Cuenca Hidrológica, la cual se entiende como una unidad de gestión al interior de una región fisiográfica delimitada por un parteaguas en donde el agua ocurre en distintas formas, se almacena o fluye hasta un punto de salida o del territorio aun sin que necesariamente desemboquen en el mar y donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, ésta junto con los acuíferos se constituye como la base de la gestión de los recursos hídricos, siendo posible, -con fines de análisis- su descomposición en subcuencas y/o microcuencas, las cuales se territorializan a partir de al menos un punto de acumulación y/o agregación transitorio, casi siempre entradas o salidas de ríos (**Antón,** 2003:16 y **DOF**, 2008).

Metodología

El trabajo se dividió en dos etapas, la primera consistió en compilar la información disponible en materia de agua para el estado de Tlaxcala, tomando como año de base el 2010, destacándose la base de datos del Registro Público de Derechos de Agua de la **CONAGUA** (**REPDA-CONAGUA**, 2010).

Dicha información fue trabajada en una segunda etapa, tanto con Sistemas de Información Geográfica mediante el programa Arc View ver. 3.0, para la ubicación y delimitación de las subcuencas, así como la ubicación geográfica de fuentes de abastecimiento de tanto superficiales como subterráneas, tomado en cuenta para estudiar los recursos hídricos, es necesario regionalizar ya que de acuerdo con (**Jaime**, 1999), esto permite resaltar a nivel local no sólo aspectos ambientales del agua, sino también destacar su importancia para promover o desincentivar el crecimiento económico y el progreso social de una región, afectando así los patrones de vida y cultura de su población.

Tlaxcala, a pesar de ser un estado pequeño, en términos hídricos es un territorio complejo, ya que se encuentra ubicado en tres Regiones Hidrológico-Administrativas y a su vez en tres cuencas, cuatro subcuencas y cuatro acuíferos, Cuadro IV.2.

En un segundo momento, para diagnosticar y estimar el uso potencial del agua, se optó por utilizar el software desarrollado por el Stockholm Environment Institute's U.S. Center, elaborado para modelar la simulación del balance de agua y generar escenarios de disponibilidad del recurso bajo el modelo Sistema de Evaluación y Planificación del Agua, (**WEAP**, por sus siglas en inglés) en versión 3.11, el cual ha sido utilizado en diferentes regiones del mundo en donde el análisis de la demanda y oferta del agua como un recurso natural escaso, está determinada por el tipo de uso y prioridad, los cuales para este estudio quedaron denominados como: población 1[20], riego agrícola 2, industrial 3, servicios 4, pecuarios 5 y acuícola 6.

Los datos sobre precipitación y evapotranspiración se calcularon para cada una de las regiones hidrológicas, los usos de suelo y el coeficiente de cultivo (**Kc**), se retomaron de **Suárez *et al.*** (2009a y b), al igual que el valor de la precipitación efectiva para suelos erosionados que fue de 5%, 15% para el área agrícola, 25% para chaparral, pastizal y pradera y 30% para bosque. En cuanto a la producción potencial para los tipos de cubierta, ésta fue de 100 kg Ha^{-1} para suelos erosionados, 4300 kg Ha^{-1} para áreas agrícolas; 555.55 kg Ha^{-1} para paradera, pastizales y chaparral y 11 960 kg Ha^{-1} para bosque.

Siguiendo el **WEAP** y **Suárez *et al.*** (2009a: 35-38), se establecieron por región de estudio:

A) Sitios de demanda y recarga que comprende:

a.1) usos del agua – nivel anual de actividad que en el caso de la demanda para consumo humano se expresa en el número de habitantes a nivel estatal y por sub cuenca con un consumo de 73 m^3/hab/año, así mismo se consideró una tasa de crecimiento poblacional del 1.9% anual reportada por **INEGI**. Para el de riego agrícola se consideró por superficie sembrada por **SIAP-SAGARPA** (2010), misma que se agrupó por tipos de cultivo; la tasa de crecimiento del 0.5% anual para los cultivos de riego, con las láminas de riego, Cuadro IV.3.

a.2) La variación mensual –en porcentaje-, y el agua que se pierde en el sistema y,

a.3) Pérdida y reuso, con la tasa respectiva;

B) Los sitios de captación de recarga-Catchment-, se utilizaron datos sobre:

[20] Se considera lo que **CONAGUA** registra como Público-Urbano y Doméstico

b.1) Uso del suelo, el coeficiente de producción por tipo de suelo -Kc- y precipitación efectiva;

b.2) Clima, datos sobre precipitación y evotranspiración;

b-3) Pérdida y reuso, la tasa de reuso del agua que resulta de la pérdida de la demanda.

C) Rendimiento: datos sobre la producción máxima potencial de la vegetación.

Para la proyección se consideró una tasa de crecimiento del 0.5% anual para los cultivos de riego.

Cuadro IV.2. Ubicación hidrológica del estado de Tlaxcala

Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Acuífero
XII. Valle de México	26 Alto Pánuco	Río de las Avenidas Pachuca Moctezuma-Tochac-Tecocomulco	**Soltepec**
IV. Balsas	18 Balsas-Mezcala	Alto Atoyac	**Atoyac-Zahuapan**
	18 Balsas_Mezcala	Libres Oriental (Huamantla Totolzingo	**Huamantla**
	27 Tuxpan-Nautla	Tecolutla Apulco Laxaxalpan	
X. Golfo			**Emiliano Zapata**

Fuente: (**Hernández**, 2005**, INEGI**, 2010, **CONAGUA**, 2012)

Cuadro IV.3. Estimación de lámina de riego por tipo de cultivo

Tipo de Cultivo	m^3/anuales
Hortalizas	6,400
Forrajes fijadores N	15,850
Forrajes no fijadores N	10,310
Cereales	9,700
Otros granos	4,000
Tubérculos y raíces	8,000
Flores	4,500
Frutales	3,290
Hierbas Aromática	1,700
Leguminosas grano	4,750

Fuente: **Tinoco, *et al.*** (s/f), **Meza, *et al*.** (2001), **Fundación Produce** (2006)

Así mismo como año base para el modelo se tomó el 2010 y el método *Runoffand infiltration* incorporado en **WEAP** para manejar datos sobre escurrimientos e infiltración, tramos de riego, agua subterránea y flujos de retorno.

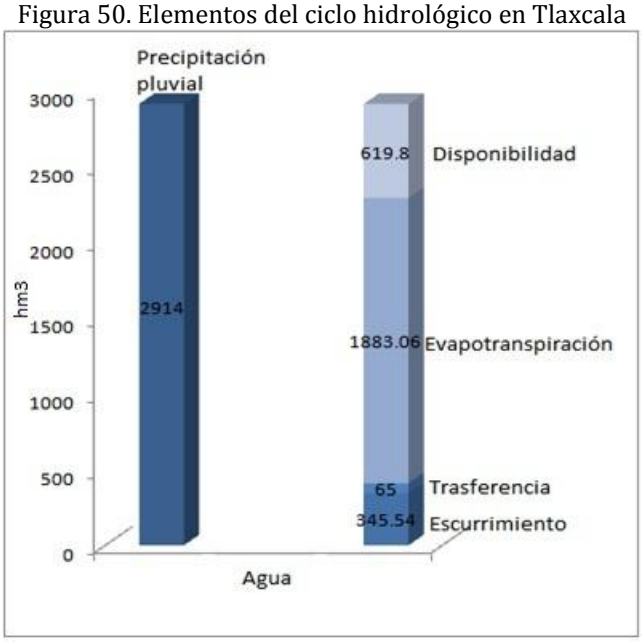
Diagnostico general del agua en Tlaxcala

El estado de Tlaxcala tiene una extensión territorial de 3,997 km^2 y se localiza geográficamente entre las coordenadas a 19º 44' y 19º 06' y latitud Norte y entre 97º 38' y 98º 43' longitud Oeste. Representa el 0.2% de la superficie total del país y colinda, al Norte, con los estados de Hidalgo y Puebla; al Este y Sur con el Estado de Puebla y al Oeste con Puebla, Estado de México e Hidalgo (**INEGI**, 2010).

En el estado Tlaxcala el balance de aguas superficiales indica que la precipitación media anual es de 740.8 mm, la cual equivale a un volumen de 2,914 Hectómetros cúbicos (hm^3); **CONAGUA** (1996) estima para le entidad un volumen de disponibilidad de agua de 619.8 hm^3 una evapotranspiración de 1,883.06 hm^3 y un escurrimiento virgen de 345.54 hm^3, Figura 50.

En la Figura 51, se muestra la disponibilidad y el volumen de agua según su origen.

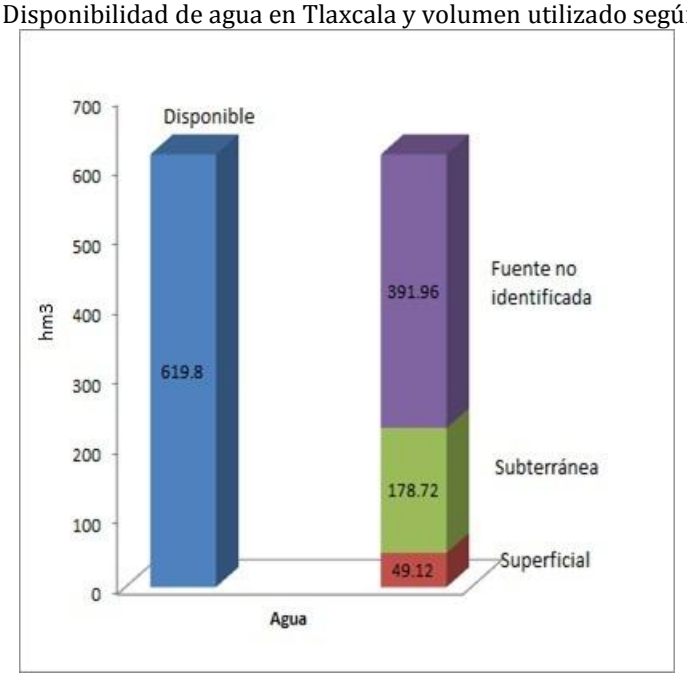
Figura 50. Elementos del ciclo hidrológico en Tlaxcala



Basado en: **CONAGUA, 1996**

De acuerdo la última actualización del Registro Público de Derechos de Agua (**REPDA**), para 2010 los diferentes usos consuntivos del agua en Tlaxcala utilizan 227.18 hm^3, de los cuales se tienen amparados por títulos de concesión 223.8 hm^3.

Figura 51. Disponibilidad de agua en Tlaxcala y volumen utilizado según su origen



Basado en: **CONAGUA, 1996 y REPDA-CONAGUA, 2010**

Como se mencionó líneas arriba, el agua utilizada en el territorio estatal está en cuatro subcuencas e igual número de acuíferos ya señalados en el Cuadro III.1, con un volumen estimado de 227.18 hm^3 de agua concesionada en 2010[21], de la cual 48.41 hm^3 (21.32%), son de origen superficial y los 178.70 hm^3 subterráneo, esto significa que las 1,169,936 personas que **INEGI** (2011) registró tenían para dicho año una la disponibilidad natural media *per cápita* 194.12 m^3/habitante, lo que ubica a la entidad como un zona en estrés hídrico[22]

Cabe señalar que en el documento *Programa de Acciones para la Sustentabilidad Hídrica Visión 2030, estado de Tlaxcala* se menciona que "en el estado de Tlaxcala se estima una oferta sustentable de Agua de 369 hm^3, que se compone de una oferta superficial por capacidad instalada de 194 hm^3 y una subterránea de 175 hm^3, con una demanda de 390 hm^3, los cuales son utilizados 63% (244 hm^3) para la agricultura, 2% (124 hm^3) para el uso público-urbano y 5% (22 hm^3) en la industria autoabastecida" (**CONAGUA**, 2012: 27).

Paralelamente, **REPDA-CONAGUA**, 2010 indica que el volumen de aguas superficiales concesionado se encuentra distribuido en 12 arroyos, 10 barrancas, tres bordos, un dren, dos jagüeyes, 91 manantiales, 16 presas –

[21] Cabe mencionar que en 2007, el REPDA tenía registrados 294.58 Hm3 de agua concesionada.
[22] Toledo, 2000 y Shiva 20002 señalan que la riqueza de agua de las regiones se estima en la disponibilidad en m^3, siendo muy rico, más de 100000; rico entre 10001y 100000, suficiente entre 2001 y 10000, pobre entre 500 y mil y muy pobre con menos de 500.

se incluye la laguna-presa de Atlanga-, los ríos Atoyac y Zahuapan y algunos ríos intermitentes, Figura 52.

En el caso particular de las 16 presas de almacenamiento, Cuadro IV.4, éstas se encuentran en las subcuencas Alto Balsas, Tecolutla y Moctezuma-Tochac y en su conjunto tienen una capacidad de almacenamiento de 79.9 Hm^3 de agua con un volumen concesionado de 14.6 hm^3 destinados prácticamente para uso agrícola, aunque también llega a utilizarse en acuacultura. Cabe señalar que no existen datos de la cantidad de agua concesionada para las presas Guridi y Alcocer, Mazapa, Recova y San Felipe Hidalgo.

Otra fuente de abastecimiento de agua en Tlaxcala, está compuesta por las explotaciones de aguas subterráneas concentradas en los acuíferos Atoyac-Zahuapan, Soltepec, Emiliano Zapata y Huamantla los que en su conjunto cuentan con 1,014 pozos registrados en **CONAGUA** al 2010, Figura 53.

Es importante mencionar, que el agua que se extrae de dichos pozos abastase casi al 100% de las necesidades humanas directas, cerca del 66% de la agricultura de riego y a una tercera parte del sector industrial de la entidad y cada municipio cuenta al menos un pozo profundo.

Figura 52. Principales fuentes de agua superficial en el estado de Tlaxcala

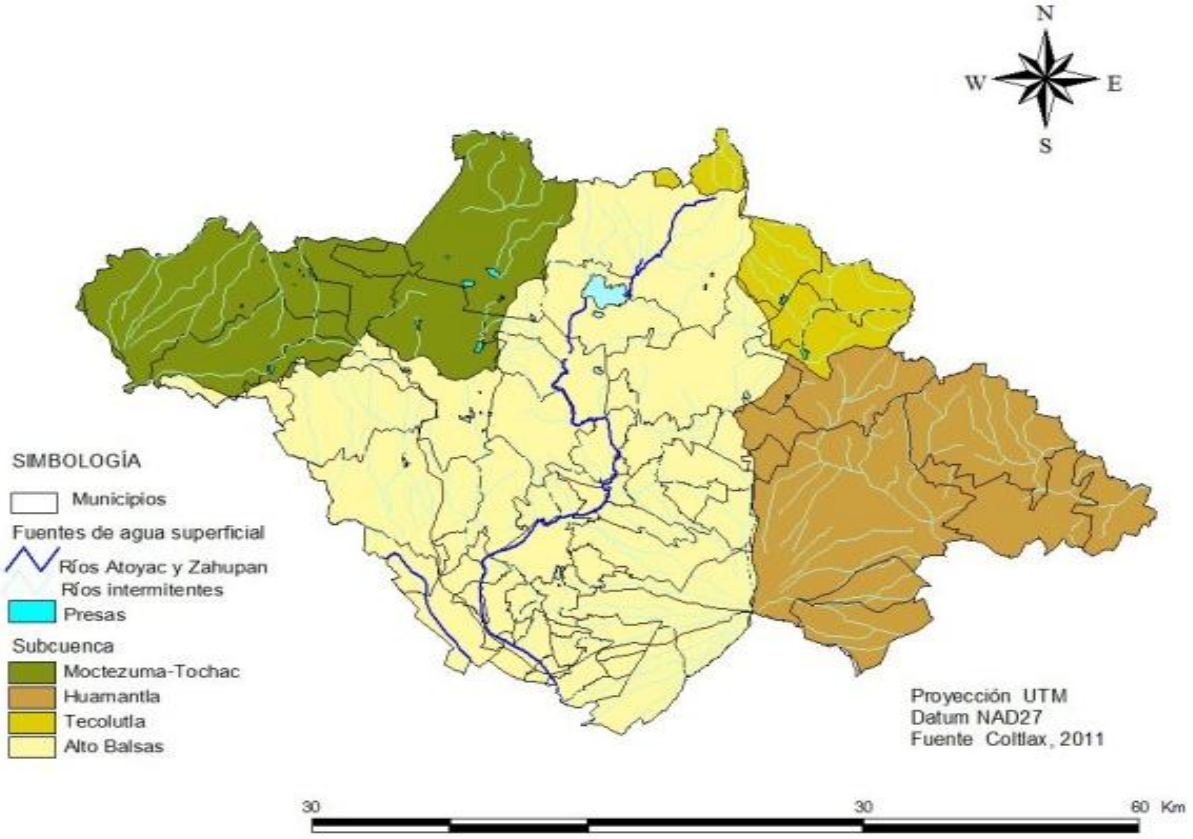
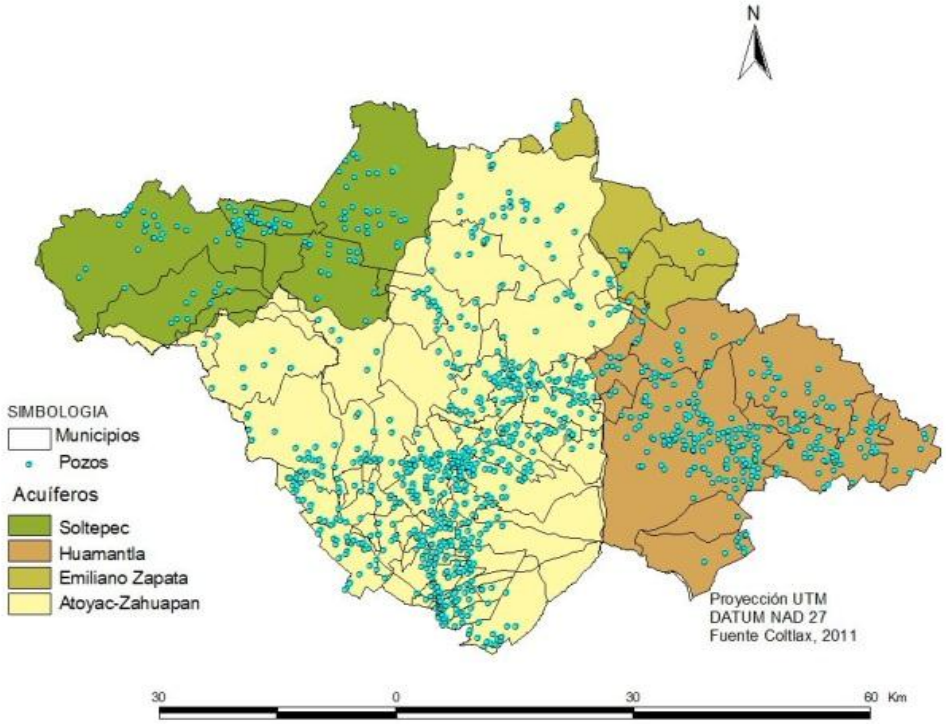


Figura 53. Principales fuentes de agua subterránea en el estado de Tlaxcala



Paralelamente de acuerdo con **CONAGUA** (2000), la mayoría de los acuíferos en la entidad, están reglamentados para el alumbramiento, explotación, uso y aprovechamiento de aguas subterráneas, mediante decretos de veda publicados en el diario oficial de la federación entre los años 1954-1969, por lo que se estima que cerca del 60% de la entidad está en veda, Figura 54, pese a ello Hernández (2005: 67) reporta que en Tlaxcala la explotación intensiva de agua subterránea se registró a partir de la década de los setenta, cuando se impulsó la industrialización en el estado y la población presentó un incrementos considerables.

Para 1970 Tlaxcala contaba con 420,638 habitantes; tres décadas después, **INEGI** (2000) reporta 962,646 personas lo que implica un incremento de 128.86% de la población en ese período. Para el Censo de Población y Vivienda 2010 ya son 1'169,936 habitantes.

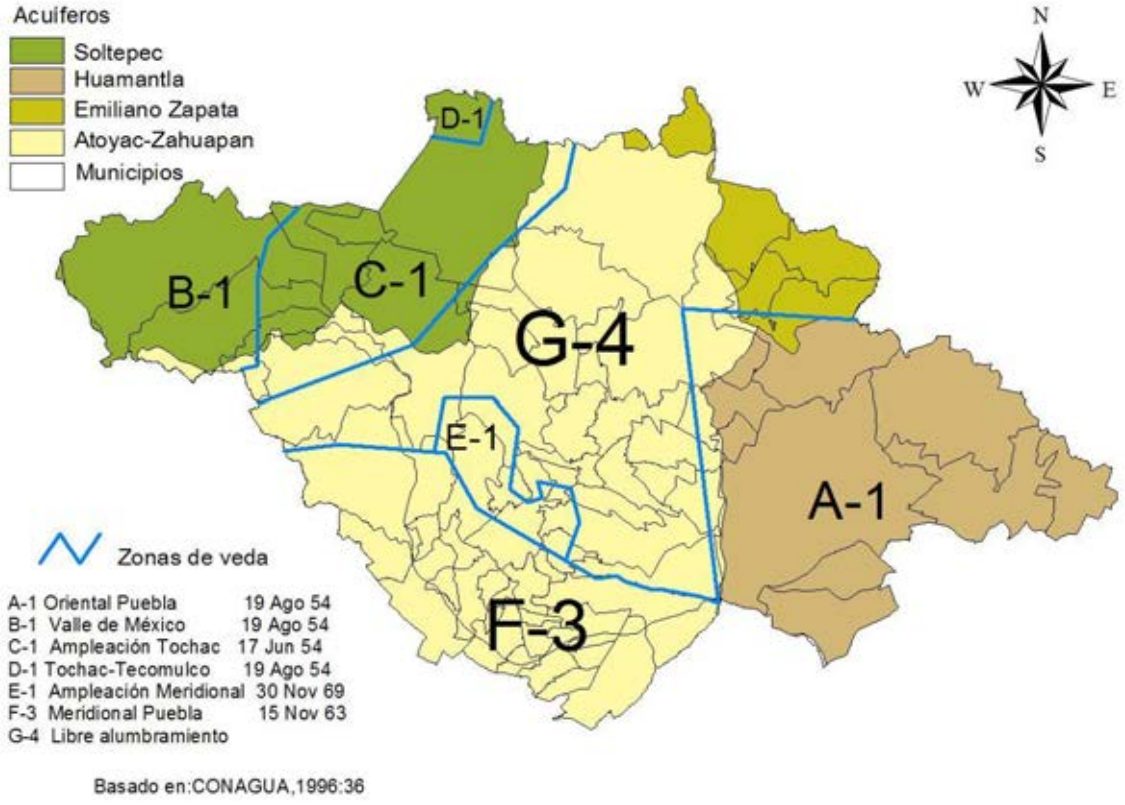
En cuanto al uso del agua, la agricultura de riego es la actividad que más utiliza con 56% del volumen total concesionado a la entidad, lo que equivale a 126.867 hm^3 de los cuales 36.9 hm^3 son de origen superficial y 89.97 hm^3 subterráneo y que en su conjunto para el 2010 irrigaron 28,100 hectáreas en beneficio de 29,710 agricultores Cuadro IV.5.

Cuadro IV.4. Nombre y ubicación de Presas en Tlaxcala

No.	Nombre	Municipio	Subcuenca	Capacidad de Almacenamiento (hm^3)	Azolve (hm^3)	Útil (hm^3)	Volumen Concesionado (hm^3)
1	Atlangatepec	Atlangatepec	Alto Balsas	54.5	3.5	51.0	1.5
2	El Centenario	Domingo Arenas	Alto Balsas	0.8	0.1	0.70	0.3
3	El Sol y la Luna	Hueyotlipan	Alto Balsas	1.68	0.29	1.39	0.7
4	Guridi y Alcocer	Hueyotlipan	Alto Balsas	1.39	0.1	1.29	
5	Las Cunetas	Tetla	Alto Balsas	1.02	0.02	1.00	0.7
6	Mariano Matamoros	Ixtacuixtla	Alto Balsas	5.4	0.5	4.90	1.4
7	San Fernando	Hueyotlipan	Alto Balsas	2.66	0.67	1.99	2.9
8	Techalote	Hueyotlipan	Alto Balsas	0.72			0.7
9	Cárdenas	Terrenate	Tecolutla	3.0	0.07	2.93	2.4
10	Tenexac	Terrenate	Tecolutla	1.3	0.1	1.20	0.7
11	La Cañada	Santorum de L. Cárdenas	Moctezuma Tochac	2.1	0.33	1.77	0.8
12	El Muerto	Tlaxco	Moctezuma Tochac	2.5	0.75	1.75	1.5
13	Mazapa	Calpulalpan	Moctezuma Tochac	0.18	0.02	0.16	
14	Pozuelos	Mariano Arista	Moctezuma Tochac	0.95	0.14	0.81	1.0
15	Recova	Hueyotlipan	Moctezuma Tochac	1.32	0.06	1.26	
16	Sn Felipe Hgo	Mariano Arista	Moctezuma Tochac	0.38	0.03	0.35	
				79.9	6.68	72.5	14.6

Fuente: **INEGI** 2001; **CONAGUA** 1996:11 y 2005:15

Figura 54. Zonas de veda para agua subterránea en el estado de Tlaxcala



Cuadro IV.5. Comparación de fuentes de extracción y uso del agua en Tlaxcala

Usos	No. Pozos profundos	Volumen Extraído (hm^3)
Población	394	69.87
Riego Agrícola	431	89.97
Pecuario	7	0.27
Industrial	111	17.52
Servicios	69	1.09
Acuícola	2	0.01
Total	1,014	178.73

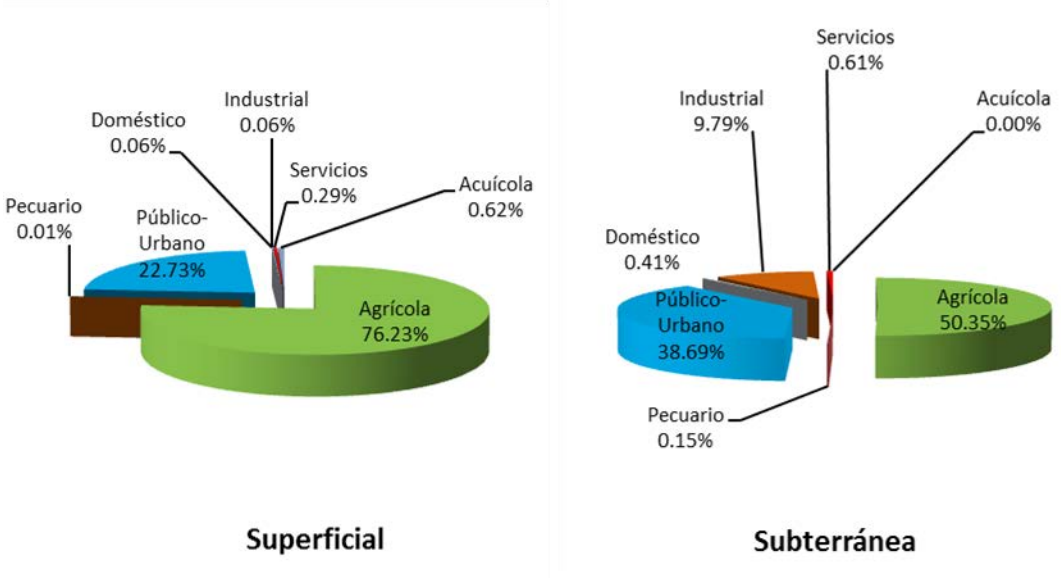
Usos	No. Fuentes superficial-es	Volumen Extraído (hm^3)
Población	64	11.03
Riego Agrícola	87	36.90
Pecuario	1	0.00
Industrial	4	0.03
Servicios	4	0.14
Acuícola	2	0.30
Total	162	48.41

Fuente: **REPDA** 2010 **CONAGUA**

El segundo usuario es el público-urbano con 35.3% del agua divididos en 11 hm^3 que se obtienen de manantiales y 69.8 hm^3 de pozos profundos los cuales para el año base abastecían a una población de 1'169,936 habitantes mientras que el tercer uso en importancia es el industrial con 17.5 hm^3 de agua lo significa que la industria

autoabastecida cuenta con 7.7% del recurso en su mayoría extraído de los acuíferos para 88 industrias. Los usos del agua pecuario, doméstico, servicios y acuícola en su conjunto sólo emplean el 1.13% del recurso disponible en la entidad, Figura 55.

Figura 55. Distribución del uso del agua en Tlaxcala 2010, según su origen



Subcuenca Alto Atoyac y/o Acuífero Atoyac-Zahuapan

Ubicación

La región del Atoyac-Zahuapan en el estado de Tlaxcala tanto en su subcuenca, como en el acuífero, se ubica con fines administrativos un polígono delimitado por las coordenadas a 19º 30' y 19º 38' latitud Norte y entre 98º 02', 98º 19' y 98º 36' longitud Oeste al norte para el acuífero Atoyac-Zahuapan mismo que abarca 2043.08 km^2 desde la zona norte, hasta el centro y poniente de la entidad, lo que equivale al 51.26% de la superficie estatal con 51 de los 60 municipio tlaxcaltecas (**INEGI**, 2011 y **CAT-Coltlax**, 2011).

CONAGUA (2011), señala en promedio la temperatura para el 2010 en dicha región estimada a partir de 14 estaciones meteorológicas fue de 14.54ºC, con una máxima de 27.76ºC y una mínima de 0.89ºC, siendo los meses más calurosos de marzo a junio y los más fríos de noviembre a enero; la precipitación anual fue de 847.3 mm, correspondiendo a el período de julio a septiembre los meses más lluviosos con 559.1 mm, con una evapotranspiración que varió de los 3.0 mm en los meses más bajos hasta 5.0 en los más altos, esto con base en el modelo de escurrimiento **FAO** estimado mediante el **WEAP**, Figura 56.

CONAGUA (2000), señala que en el acuífero Atoyac-Zahuapan las zonas de

recarga natural están definidas por las áreas boscosas de la sierra de Tlaxco, el volcán de la Malinche y principalmente la sierra Nevada (Popocatépetl e Iztaccihuatl). En cuanto a la condición geohidrológica, se clasifica como acuífero libre con suelos de características granulométricas de origen aluvial y lacustre cuya porción sur está constituida principalmente por material aluvial que se caracteriza por tener buena permeabilidad y transmisibilidad. Por lo anterior se considera un acuífero con alta vulnerabilidad debido a los impactos de las actividades antropogénicas.

CONAGUA (2010 y 2012) señala que en esta región están los dos ríos permanentes que hay en el estado, el Zahuapan y el Atoyac, el primero atraviesa por 14 municipios el estado de Norte a Sur con una longitud de 82.8 km., hasta unirse con el Atoyac en el municipio de Xicohtzingo después de un breve tránsito por el estado de Puebla, paralelamente **INEGI** (2010:25), da cuenta de una serie de corrientes intermitentes entre las que destacan al oriente los ríos Texcalac, Atenco, Amomoloc y al sur los ríos Totolac, Atotonilco y Ajejela.

La región hidrológica Atoyac Zahuapan tiene una capacidad física de 111.77 hm^3 de agua subterránea, misma que está concesionada a 659 pozos de los cuales 44% se destinan a extraer agua para consumo humano directo. Esta misma región, a su vez, tiene una capacidad de almacenamiento de agua superficial compuesta por la Laguna-presa Atlangatepec con 54.5 hm^3, las presas El Centenario, El Sol y la Luna, Guridi y Alcocer, Las Cunetas, Mariano Matamoros, San Fernando y Techalote que su conjunto pueden almacenar 12.65 hm^3, 54 manantiales con 8.6 hm^3, dos jagüeyes cuya capacidad es de 21.7 hm^3, cuatro arroyos, cuatro barrancas, un bordo un dren con 3.37 hm^3, Figura 57.

Figura 56. Precipitación y evapotranspiración mensual en la Subcuenca Alto Atoyac 2010

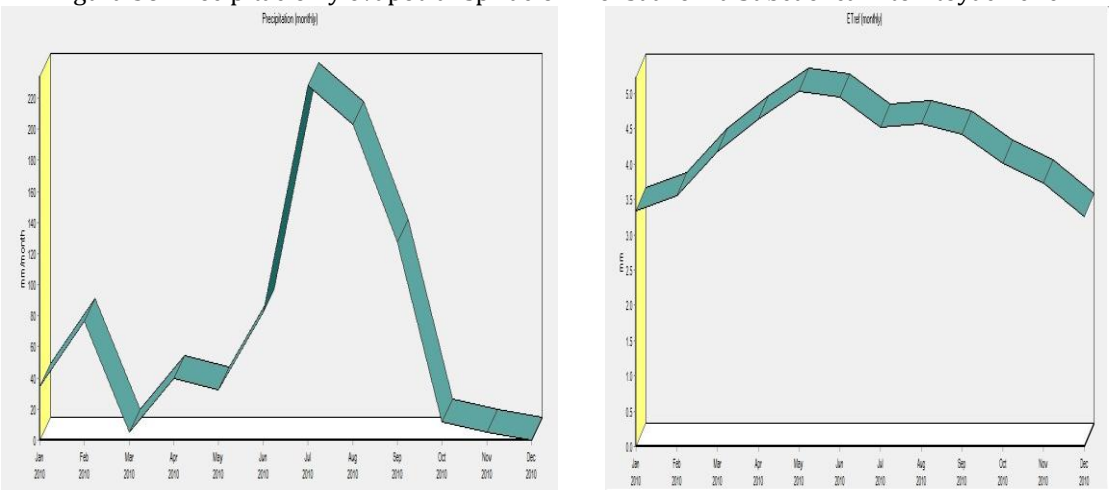
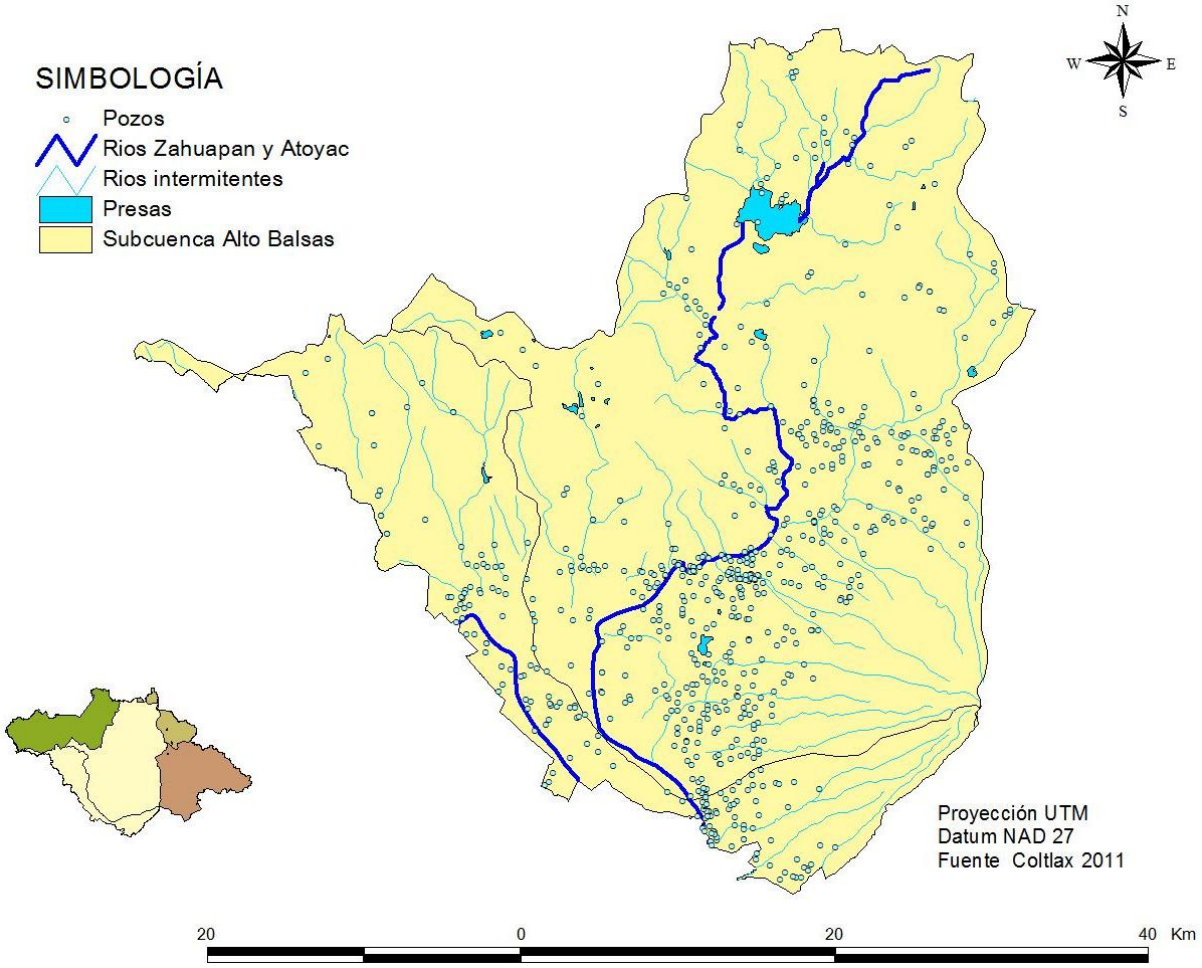


Figura 57. Ubicación de las principales fuentes de agua superficial y subterránea en la Subcuenca Alto Atoyac



Cantidad y Usos de Agua

La subcuenca Alto Balsas Zahuapan-Atoyac y/o Acuífero Atoyac-Zahuapan es la única región hidrológica, en el estado de Tlaxcala, donde para el 2010 se practicaron todos los usos del agua registrados en la entidad, para lo cual utilizó 64.5% de los 227.18 hm^3 aprovechados en el estado, dividido en los siguientes rubros (Cuadro IV.6): Población (43.73%), Agricultura de riego (44.07%), Industrial (11.09%) Servicios (0.79%), Pecuario (0.18%) Acuícolas (0.18%).

Es importante mencionar que en esta subcuenca se encuentra el 100% del agua concesionada con aprovechamientos superficiales y 92% de los pozos profundos cuya agua se utiliza en la industria autoabastecida de la entidad, así como todos los aprovechamientos superficiales de inscritos en el **REPDA** en el sector servicios y al 93.5% del agua de pozo destinada a dicho fin, y todos pozos y manantiales con fines de abrevadero en el estado y el 86% de los aprovechamientos acuícolas, Cuadro III.6.

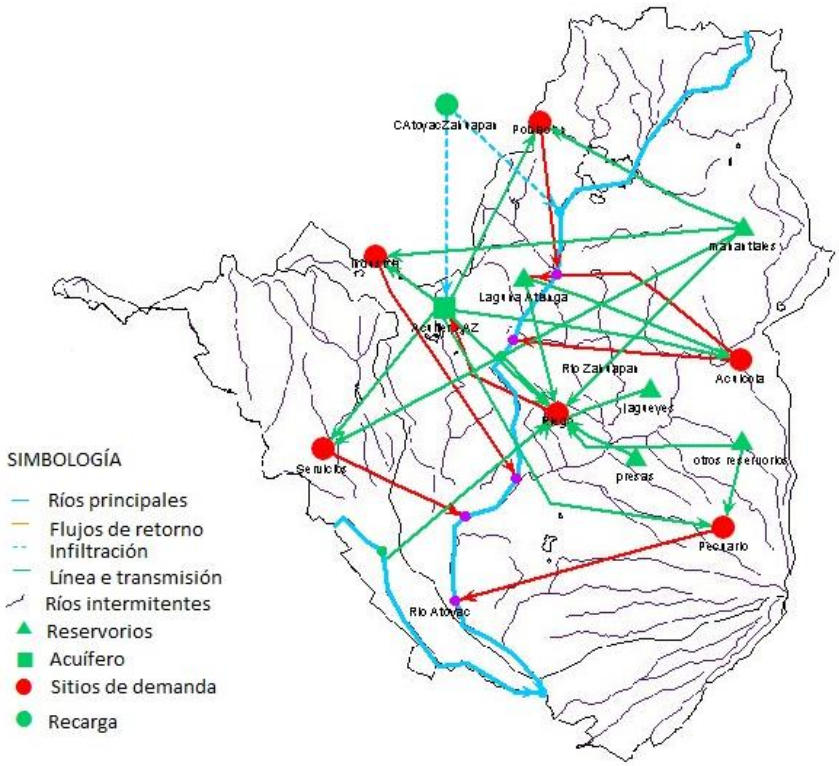
Cuadro IV.6. Volumen de agua extraído de la Subcuenca Alto Atoyac, por origen y uso

Uso	Agua (hm^3) Superficial	Subterránea	Total
Población	6.273	57.72	63.993
Agricultura de riego	27.81	36.67	64.48
Industrial	0.03	16.12	16.15
Servicios	0.14	1.02	1.16
Pecuario	0.003	0.27	0.27
Acuícola	0.26	0.001	0.26
Total	34.52	111.79	146.31

Fuente **(REPDA-CONAGUA, 2010)**

Por otra parte, para elaborar un análisis de la disponibilidad y demanda agua con base en el **WEAP**, se retomó la experiencia de **Suárez *et al.*** (2009a), los datos del **REPDA** (op cit) y la base para Arc View de **El Coltlax** (2011), considerando a toda la Subcuenca como la unidad de trabajo compuesta por cinco elementos: a) los sitos de demanda se definen por los usos de agua arriba señalados, b) el Acuífero Atoyac-Zahuapan, c) cuatro tipos de reservorios: La Laguna de Atlangatepec, presas, jagüeyes y manantiales, d) los ríos Zahuapan y Atoyac y e) el sitio de captación de recarga, Figura 58.

Figura 58. Modelo para la simulación del flujo y disponibilidad de agua en la Subcuenca Alto Atoyac.



Sitios de demanda

Población

Con una extensión de 2,034.08 Km^2, esta subcuenca tiene 935,875 habitantes en 51 municipios (**INEGI**, 2010) cuyas principales fuentes de abastecimiento son 36 manantiales con 6.27 hm^3 y el acuífero Atoyac-Zahuapan con 290 pozos de los que se extraen 57.47 hm^3 anuales.

Agricultura de riego

La agricultura con riego en la subcuenca se practica en 17,380 hectáreas con 41 cultivos diferentes agrupados en hortalizas (8.72%), forrajes fijadores de nitrógeno (16.89%), forrajes no fijadores de nitrógeno (7.29%), cereales (61.52%), otros granos (0.20%), tubérculos y raíces (0.13%), flores (0.09%), frutales (0.26%), hierbas aromáticas (0.33%) y leguminosas (4.56%). El agua para riego se obtiene de 193 pozos con 36.67 hm^3, dos jagüeyes con 0.291 hm^3, seis presas con 4.57 hm^3, la Laguna de Atlangatepec con 1.5 hm^3, 11 manantiales con 3.37 hm^3 y un estimado de 6.4 hm^3 por flujo del río Atoyac de 8.022 hm^3 y del Zahuapan 6.38 hm^3, más 3.6 hm^3 de otros reservorios.

Cabe señalar que en esta subcuenca se encuentra el Distrito de Riego 056 Atoyac- Zahuapan, el cual de acuerdo con **CONAGUA** (2102:14) demanda 27.3 hm^3 para 4,246 ha.

Industrial

En la subcuenca cuatro manantiales que con 0.14 hm^3 abastecen a 2 industrias, mientras que del acuífero 103 pozos abastecen a 79 industrias y dos corredores industriales con un volumen concesionado de 16.12 hm^3.

Servicios

Este sector la subcuenca tiene concesionada el agua para tres manantiales y un tramo de río con un total de 0.141 hm^3 mientras que del agua subterránea se extraen 1.02 hm^3 de 65 pozos, esta agua se utiliza principalmente en hospitales, balnearios, escuelas y baños públicos.

Pecuario

Para este uso el agua es cuenta con dos manantiales que proveen 0.003 hm^3 de aguas superficiales y siete pozos de agua subterránea con 0.27 hm^3. Cabe señalar que para el 2010 con base en **SIAP-SAGARPA** se estimó para la región de estudio 626 932 cabezas de ganado, de las cuales 7.3% son bovinos, 8.9% caprinos, 15.4% ovinos, 13.2% porcinos, 54 % aves de traspatio y 1.1% equinos, aunque no todos ellos se abastecen directamente del agua destinada directamente para abrevadero ya que en algunos casos se asocia a uso doméstico y/o al agrícola.

Acuícola

La acuicultura en la subcuenca tiene concesionados 0.001 hm^3 de agua de

un pozo profundo y 0.262 hm^3 de la Laguna de Atlangatepec.

Escenarios

Escenario Base

De acuerdo con las estimaciones del modelo **WEAP**, tomando como año base 2010 la demanda de agua[23] en la zona de estudio durante el período 2010-2100, en el primer año la demanda total de agua en la subcuenca fue de 150.3 hm^3, cuatro hectómetros cúbicos más que los oficialmente extraídos, mismos que el modelo atribuye a los requerimientos hídricos de la población para consumo humano directo.

Como se muestra en el Cuadro IV.7, en los requerimiento para consumo humano, se espera que con un ritmo de crecimiento demográfico de 1.9% anual se llegue a una demanda de 99.5 hm^3 para el 2030 con 1'363,646 personas, mientras que para el 2050 con 1'986,942 habitantes la demanda será de 145 hm^3, cantidad que supera en 1.3 hm^3 el volumen concesionado a la subcuenca en el 2010. Para el 2100 el escenario plantea que tan sólo para el satisfacer las necesidades hídricas de la población estimada en 5'092,071 personas, serán necesarios 371.7 hm^3.

El mismo cuadro señala el crecimiento de la demanda de agua para la agricultura de riego, la cual con un crecimiento esperado de 0.5% anual pasará a requerir 81 hm^3 en el 2030 para atender 21,850 hectáreas, 101.9 hm^3 en el 2050 para 27 460 ha., hasta llegar a 48,600 ha., con una demanda de 180.4 hm^3 para principios del siglo XXII. Suponiendo que los otros usos del agua tengan una demanda similar a la del 2010, para el año 2100 de esta subcuenca en la zona correspondiente al estado de Tlaxcala requerirá 570 hm^3, cantidad 150% mayor que el volumen autorizado para el año base, Figura 59.

Con base en la misma proyección se observa sobreexplotación del agua en esta zona, previéndose para futuro la presencia de conflictos por agua entre los diferentes grupos de usuarios particularmente entre el uso para consumo humano y la agricultura de riego, pues de acuerdo con el **WEAP,** para el año 2036 la población de la cuenca ascenderá a 1.526 millones de habitantes quienes demandarán 111.4 hm^3, cantidad prácticamente similar al total del agua subterránea utilizada en el 2010, mismo fenómeno que se presentará para la agricultura de riego en el año 2058 estimada en 30,009 hectáreas con una demanda de 111.6 hm^3 de agua.

Una clara muestra del impacto de la escasez de agua para la agricultura se puede observar en las proyecciones de disponibilidad para los reservorios de la Subcuenca, donde de acuerdo con el Cuadro III.8 entre los meses de enero

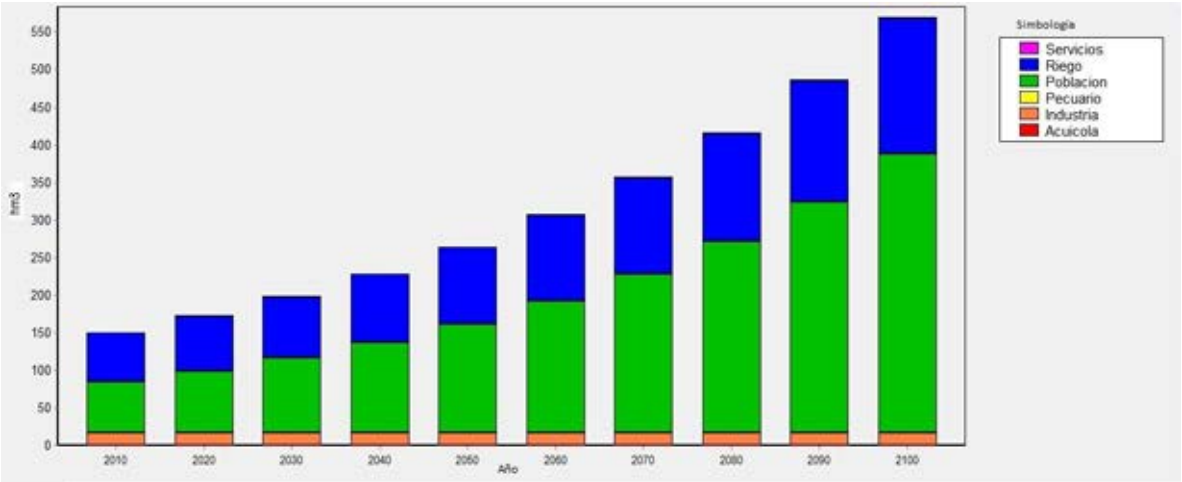
[23] El modelo no incluye pérdidas, reusos, ni gestión del agua.

en los años 2010-2020, el agua total disponible va a disminuir en 25.3 hm³ cantidad que por sí sola supera la capacidad actual de los jagüeyes, recurso utilizado no sólo en la irrigación sino como abrevadero para animales de trabajo.

Cuadro IV.7. Escenarios de demanda de agua en hm³ para la subcuenca Alto Atoyac 2010-2100

	Año									
Uso	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Acuícola	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
Industria	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1	16.1
Pecuario	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Población	68.3	82.5	99.5	120.2	145.0	175.1	211.3	255.1	307.9	371.7
Riego Agrícola	64.5	72.3	81.0	90.9	101.9	114.2	128.0	143.6	160.9	180.4
Servicios	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Total	150.3	172.2	198.1	228.5	264.4	306.8	356.9	416.1	486.4	569.6

Figura 59. Escenario 2010-2100 de demanda de agua la subcuenca Alto Atoyac



Cuadro IV.8. Escenarios de disponibilidad de agua superficial por tipo de reservorio para la subcuenca Alto Atoyac en hm³ (Datos para los meses de enero)

	Año									
Reservorio	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Jagüeyes	21.68	18.76	15.85	12.93	10.02	7.10	4.19	1.27	0.00	0.00
Laguna- Presa Atlanga	54.37	39.30	29.62	26.39	23.51	20.95	18.68	16.65	14.74	13.14
Manantiales	8.07	6.08	5.03	4.17	3.45	2.85	2.36	1.96	1.62	1.34
Otras presas	12.26	7.92	6.87	6.12	5.46	4.86	4.33	3.86	3.42	3.05
Otros reservorios	3.08	2.11	1.83	1.63	1.45	1.30	1.16	1.03	0.91	0.81
Total	99.46	74.16	59.20	51.24	43.89	37.07	30.71	24.77	20.69	18.34

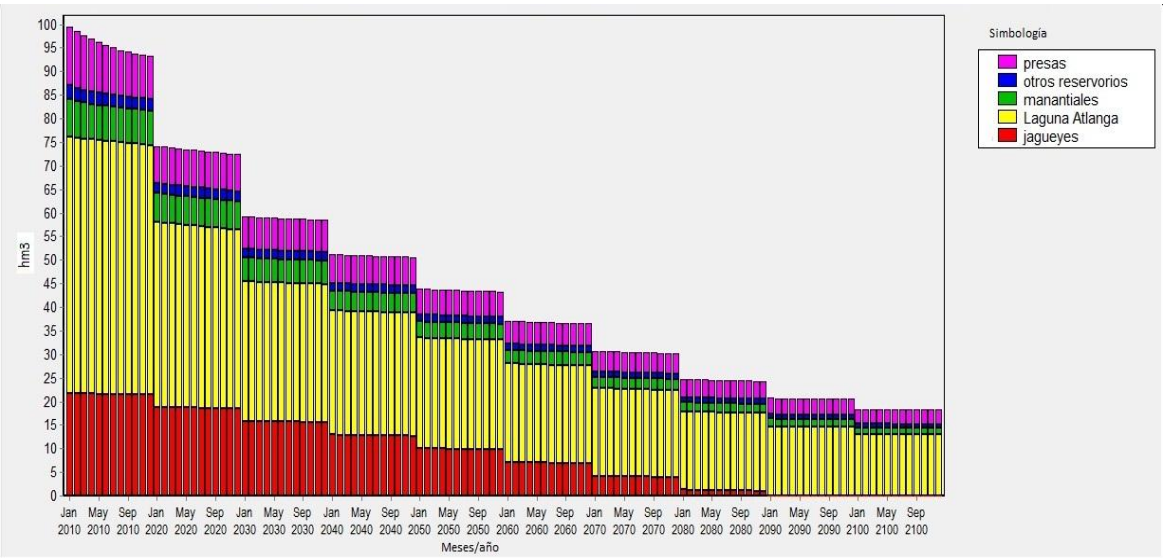
Una muestra del impacto que tendrá la disminución del agua en la agricultura, se puede observar en la Figura 60, en la cual se evidencia la evolución de la oferta del vital líquido en el periodo de estudio, pasando de 68.1 hm^3 en enero del 2010 a 34 en noviembre de 2064 hm^3 y a 18.2 hm^3 para diciembre del 2100. Aunado a lo anterior, la misma Figura indica que la disponibilidad del agua en jagüeyes llegará a cero a principios de los años 90 de este siglo, la presa Atlangatepec, principal cuerpo superficial de agua en la entidad en mayo del 2037 verá disminuido su almacenamiento en 50% al pasar de 54.4 a 27.2 hm^3, mientras que los manantiales tendrán la mitad del volumen actual disponible en enero de 1942, bajando de 8.1 a 4 hm^3. Esta disminución de agua, sin duda afectará la disponibilidad de alimentos en la entidad, así como al ecosistema en su conjunto.

Subcuenca Huamantla

Ubicación

La Subcuenca Huamantla, situada al oriente de Tlaxcala, ocupa 23.23% de la superficie estatal con 925.84 km^2 en diez municipios y una población estimada al año 2010 en 160,837 habitantes (**CAT-Coltlax**, 2011; **INEGI**, 2010).

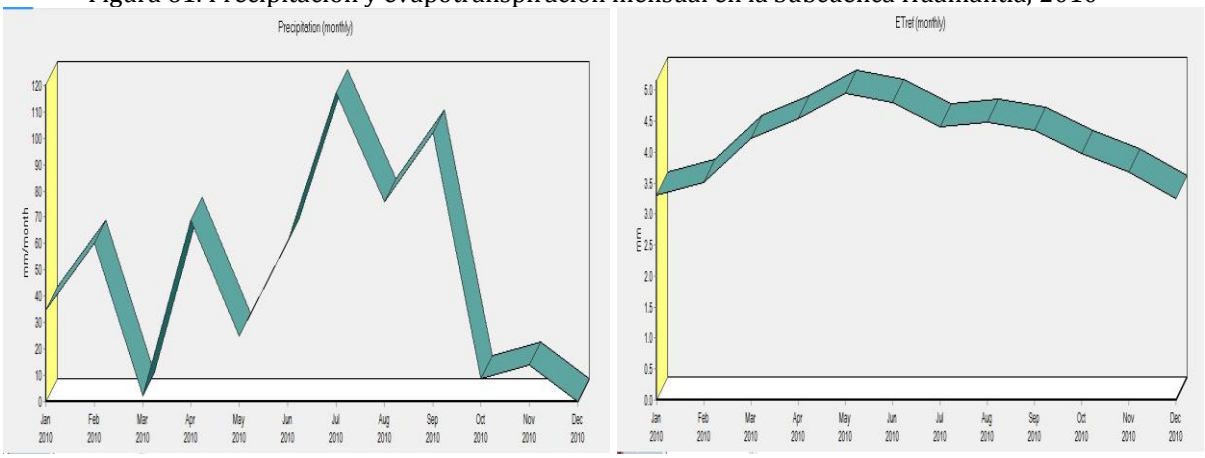
Figura 60. Escenario 2010-2100 de la disponibilidad en reservorios de agua superficial para riego en la subcuenca Alto Atoyac



CONAGUA (2011), señala en promedio la temperatura para el 2010 en dicha región estimada a partir de seis estaciones meteorológicas fue de 13.52°C, con una máxima de 27.40°C y una mínima de -0.97°C, siendo el periodo más caluroso de marzo a junio y los más fríos de noviembre a enero; la precipitación anual fue de 569.4 mm, correspondiendo a el período de julio a septiembre los meses más lluviosos con 295.3 mm, con una

evapotranspiración que varió de los 3.3 mm en los meses más bajos hasta 5.0 en el más alto, esto con base en el modelo de escurrimiento **FAO** estimado mediante el **WEAP**, Figura 61.

Figura 61. Precipitación y evapotranspiración mensual en la Subcuenca Huamantla, 2010



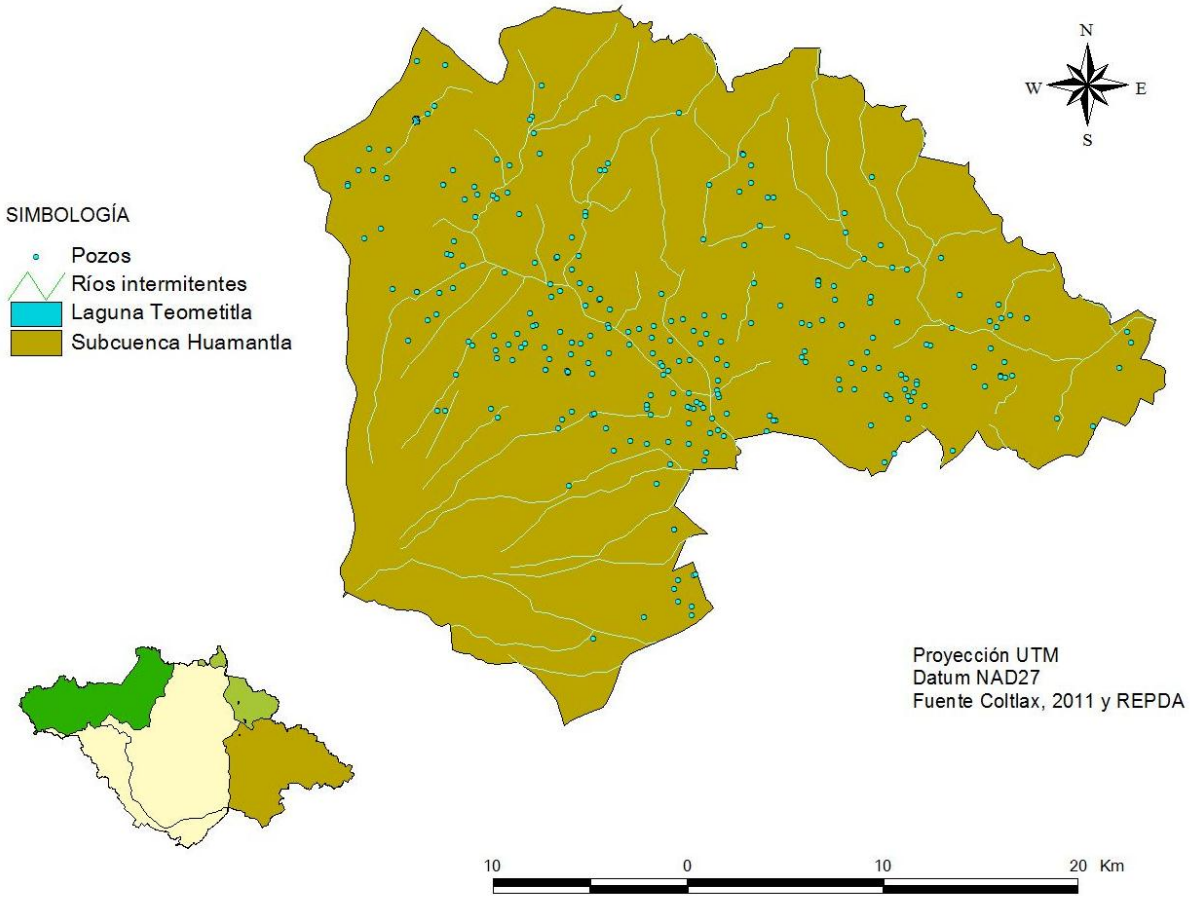
La zona de recarga de este acuífero principal proviene del norte de la sierra de Las Ánimas, por el suroeste y oriente de las faldas de la Malinche e inicio de la sierra del volcán Pico de Orizaba, así como por recargas propias de las sierras de Huamantla y La Caldera. En cuanto a su condición geohidrológica, está constituido por material aluvial, mismo que presenta buena permeabilidad y transmisibilidad media (**CONAGUA**, 2000).

Aunque la región no cuenta con corrientes superficiales permanentes, **CONAGUA** (2010) tiene registrado ríos que suministran agua a la agricultura el río Tequixquitlatl o Atenco y Zahuapan; paralelamente **INEGI** (2010) señala como corrientes superficiales los ríos la Caldera, los Llorones, Tecoac, Xonecuila, San Diego, Altzayanca, El Lindero, Santa Ana Ríos y El Águila, de los cuales la **CONAGUA** no tiene registro alguno, por lo que se asume se trata de corrientes intermitentes y el acuífero tiene una capacidad de almacenamiento de 53.015 hm^3 de agua subterránea que abastece a 260 pozos profundos de los cuales 73% son para riego agrícola; paralelamente, de acuerdo con **INEGI** (2010:5) la subcuenca tiene una pequeña laguna llamada Teometitla, de la cual, **CONAGUA** no tiene registrado título de concesión alguno, Figura 62.

Cantidad y usos del agua

En la subcuenca Huamantla se practican cinco de los siete de los usos del agua permitidos en el estado de Tlaxcala, lo que representa el 23.5% del volumen concesionado a la entidad (227.18 hm^3), divido en los siguientes rubros: Población (18.36%), Agricultura de riego (80.74%), Industrial (0.84%) y Servicios (0.06%) Cuadro IV.9.

Figura 62. Ubicación de las principales fuentes de agua superficial y subterránea en la Subcuenca Huamantla



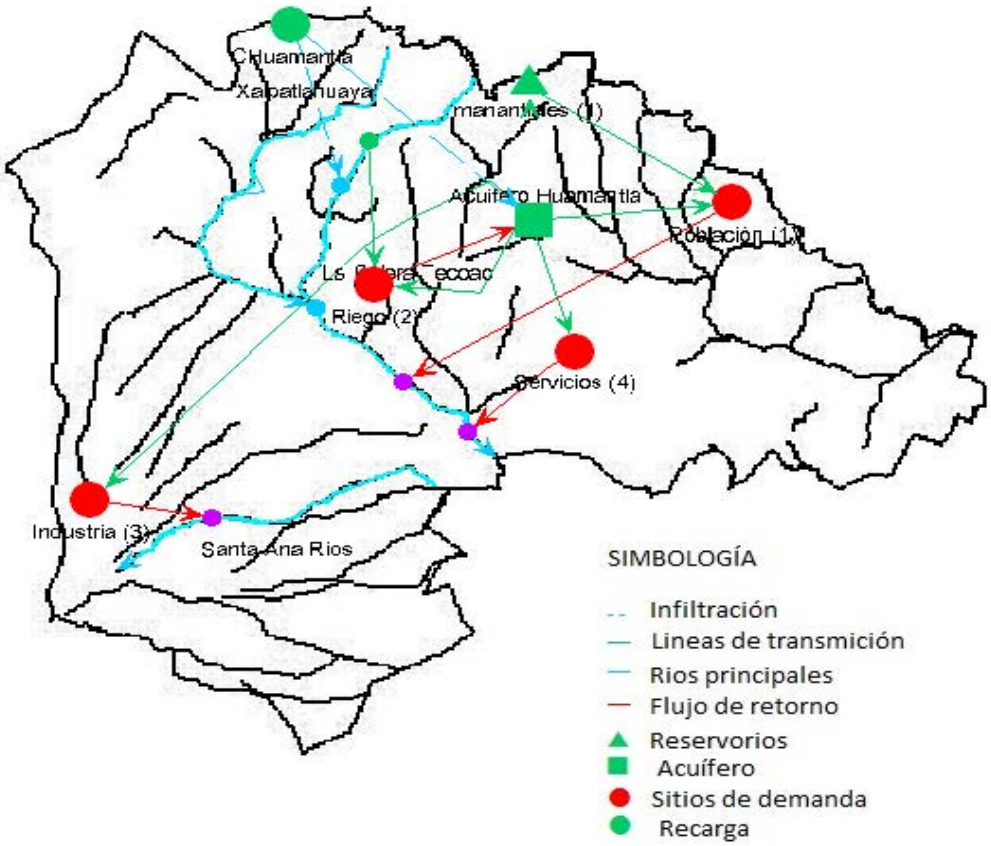
Cuadro IV.9. Volumen de agua extraído de la Subcuenca Huamantla, por origen y uso

	Agua (Hm^3)		
Uso	Superficial	Subterránea	Total
Población	0.42	9.39	9.81
Agricultura de riego	0.003	43.14	43.14
Industrial		0.45	0.45
Servicios		0.03	0.03
Total	0.423	53.01	53.43

Fuente: (**REPDA-CONAGUA**, 2010)

Con base en el **WEAP**, y el mismo proceso seguido antes planteado, se consideraron a) los sitios de demanda de acuerdo a los usos del agua presentados en el Cuadro IV.8, b) el acuífero Huamantla, c) Como reservorios los tres manantiales identificados como agua para consumo humano directo**,** d) ríos intermitentes, y e) Un sitio para la captación de recarga del acuífero denominado C. Huamantla, Figura 63.

Figura 63. Modelo para la simulación del flujo y disponibilidad del agua en la Subcuenca Huamantla



Sitios de demanda

Población

Con una extensión de 9,25.84 Km^2, la subcuenca Huamantla cuenta con 160,048 habitantes (**INEGI**, 2010) en nueve municipios, cuyas principales fuentes de abastecimiento son 66 pozos profundos con 9.38 hm^3 y tres manantiales con 0.400 hm^3 anuales.

Agricultura de riego

La agricultura con riego en esta región se abastece, principalmente, de aguas subterráneas y se practica en 9,148 hectáreas con ocho cultivos diferentes agrupados en hortalizas (11.10), forrajes fijadores de nitrógeno (7.66%), forrajes no fijadores de nitrógeno (13.229%), cereales (55.54%), otros granos (1.250%), tubérculos y raíces (7.75%), frutales (1.37%), y leguminosas (2.11%). El agua para riego se obtiene de 89 pozos con 43.14 hm^3 y un arroyo con 0.003 hm^3

Industrial

Para este uso, la región utiliza el agua de tres pozos profundos con 0.45 hm^3, uno de ellos ubicado en la Ciudad Industrial Xicohténcatl y los otros dos

dedicados al sector de alimentos situados en los municipios de Huamantla y Benito Juárez.

Servicios

El sector servicios cuenta con dos pozos profundos en el municipio de Huamantla con un volumen concesionado total de 0.03 hm^3

Escenarios

Escenario Base

Siguiendo con la metodología del **WEAP**, con 2010 como año base de la demanda de agua[24], para elaborar las proyecciones 2010-2100, se tiene una la demanda inicial total de agua en la subcuenca de 55.54 hm^3, esto es 2.11 hm^3 mayor que el agua oficialmente concesionada según el **REPDA**, mismos que el modelo atribuye a los requerimientos hídricos de la agricultura de riego.

Como se muestra en el Cuadro IV.10, en los requerimientos para consumo humano, se espera que con un ritmo de crecimiento demográfico de 1.9% anual se llegue a una demanda de 17.02 hm^3 para el 2030 con 233,203 personas, mientras que para el 2050 con 339,796 habitantes la demanda será de 24.81 hm^3. Para el 2100 el escenario plantea que tan sólo para el satisfacer las necesidades hídricas de una población con 870,817 personas en dicha región serán necesarios 63.57 hm^3. Con base en lo anterior se puede inferir que la oferta de agua para consumo humano en lo que comprende al territorio de esta subcuenca, está asegurada. Un caso diferente ocurre con el agua destinada a la agricultura de riego pues mientras en el 2010 con 9,148 ha se utilizaban 43.57 hm^3, en tan sólo veinte años y con una tasa de crecimiento anual del 0.5% lo que implica 11,499 ha se requerirán 54.77 hm^3, esto significa que para el año 2030, la irrigación por sí misma necesitará 1.34 hm^3 más que los actualmente concesionados para toda la subcuenca.

Dado que el **WEAP** sólo modela la demanda para la población y la agricultura, los datos para los otros usos se describen con las mismas características que en 2010, esto significan dos pozos para servicios con 0.03 hm^3 y uno con uso industrial que cuenta con una concesión de 0.45 hm^3.

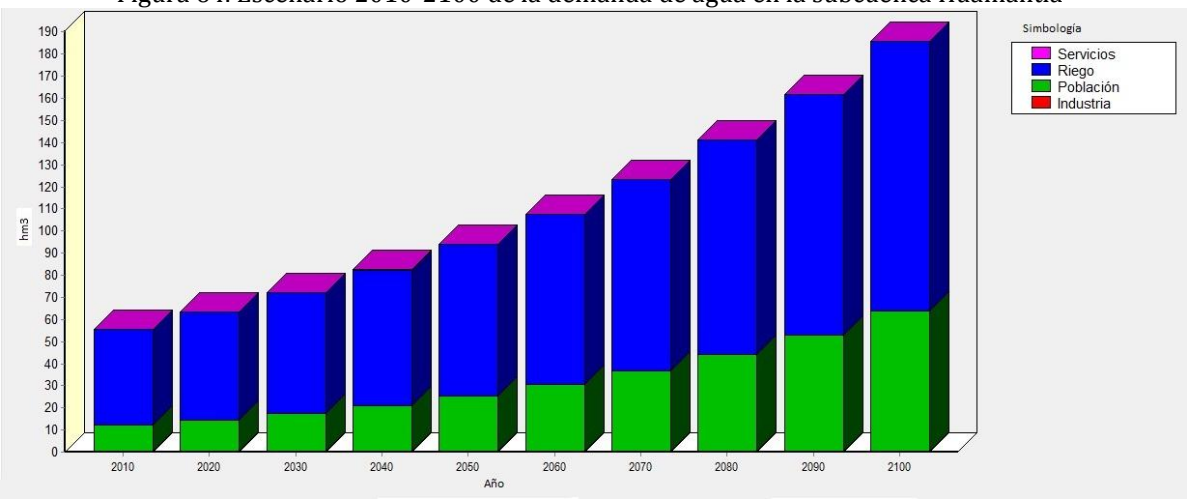
Como se observa en el cuadro IV.10, así como en la Figura 64 y con base en los datos disponibles de **REPDA-CONAGUA** (2010), el **WEAP** infiere que la demanda de agua en la región ha rebasado desde el mismo 2010 la cantidad de agua asignada en 2.31 hm^3, lo que la sitúa en estrés hídrico, este hecho se atribuye a la alta demanda de agua para uso agrícola en la región, la cual concentra al 44% de los 431 pozos con fines de riego que existen en Tlaxcala.

[24] El modelo no incluye pérdidas, reusos ni gestión del agua.

Cuadro IV.10. Escenarios de demanda de agua en hm³ para la subcuenca Huamantla 2010-2100

	Año									
Uso	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Industria	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Población	11.68	14.10	17.02	20.55	24.81	29.94	36.14	4.36	52.66	63.57
Riego	43.57	48.85	54.77	61.40	68.84	77.18	86.53	97.01	108.76	121.94
Servicios	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Total	55.74	63.44	72.27	82.43	94.13	107.60	123.15	101.86	161.91	185.99

Figura 64. Escenario 2010-2100 de la demanda de agua en la subcuenca Huamantla



Paralelamente, el caso del agua superficial, Cuadro IV.11, ésta sólo se representa por tres manantiales cuya agua se utiliza para consumo humano, ubicados en las comunidades de Buenavista y el Xarero municipio de Altzayanca y El Carmen, municipio de El Carmen Tequexquitla.

Cuadro IV.11. Escenarios de disponibilidad de agua superficial por tipo de reservorio para la subcuenca Huamantla en hm³ (Datos para los meses de enero)

	Año									
Reservorio	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Manantiales	0.400	0.354	0.307	0.261	0.215	0.169	0.123	0.077	0.031	0.001
Total	0.400	0.354	0.307	0.261	0.215	0.169	0.123	0.077	0.031	0.001

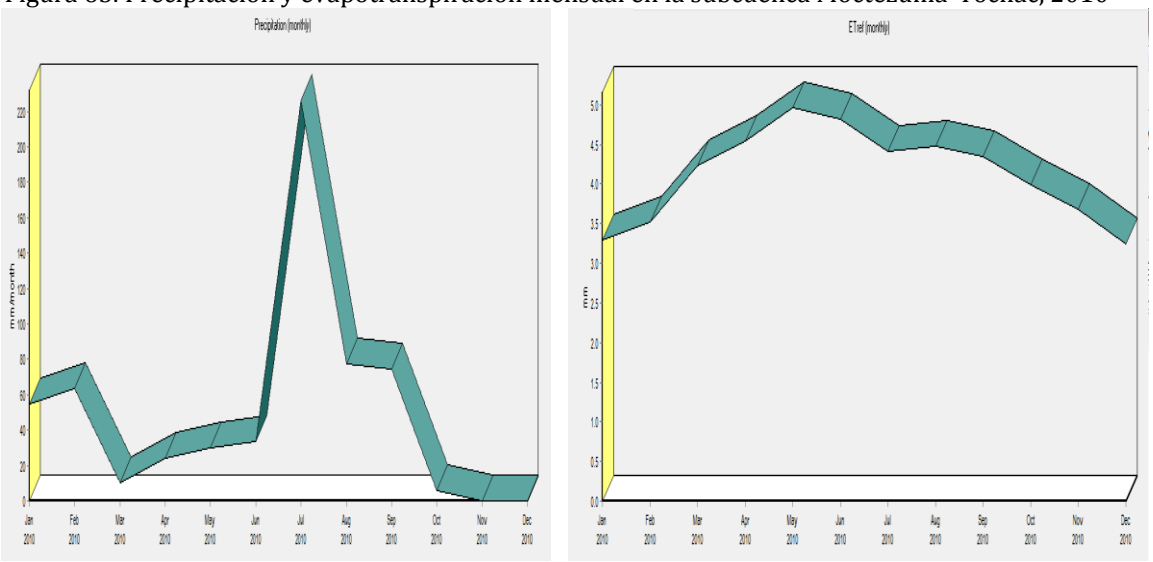
Subcuenca Moctezuma-Tochac y/o Acuífero Soltepec

Ubicación

La subcuenca Moctezuma-Tochac y/o en Acuífero Soltepec en el estado de Tlaxcala, se encuentra ubicada por las coordenadas a 19º 43' y 19º 38' latitud Norte y entre 98º 11', 98º 18' longitud Oeste al occidente de la entidad y comprende 793.44 km², lo que equivale al 19.91% de la superficie estatal en siete municipios (**INEGI**, 2011 y **CAT-Coltlax**, 2011).

CONAGUA (2011), señala en promedio la temperatura para el 2010 en la región estimada en dos estaciones fue de 13.49ºC, con una máxima de 27.15ºC y una mínima de -1.85ºC, siendo los meses más calurosos de marzo a junio y los más fríos de diciembre a febrero; la precipitación anual fue de 600.8 mm, siendo de julio a septiembre los meses más lluviosos con 378.8 mm, con una evapotranspiración que varió de los 3.0 mm en los meses más bajos hasta 5.0 en los más altos, esto con base en el modelo de escurrimiento **FAO** estimado mediante el **WEAP**, Figura 65.

Figura 65. Precipitación y evapotranspiración mensual en la subcuenca Moctezuma-Tochac, 2010

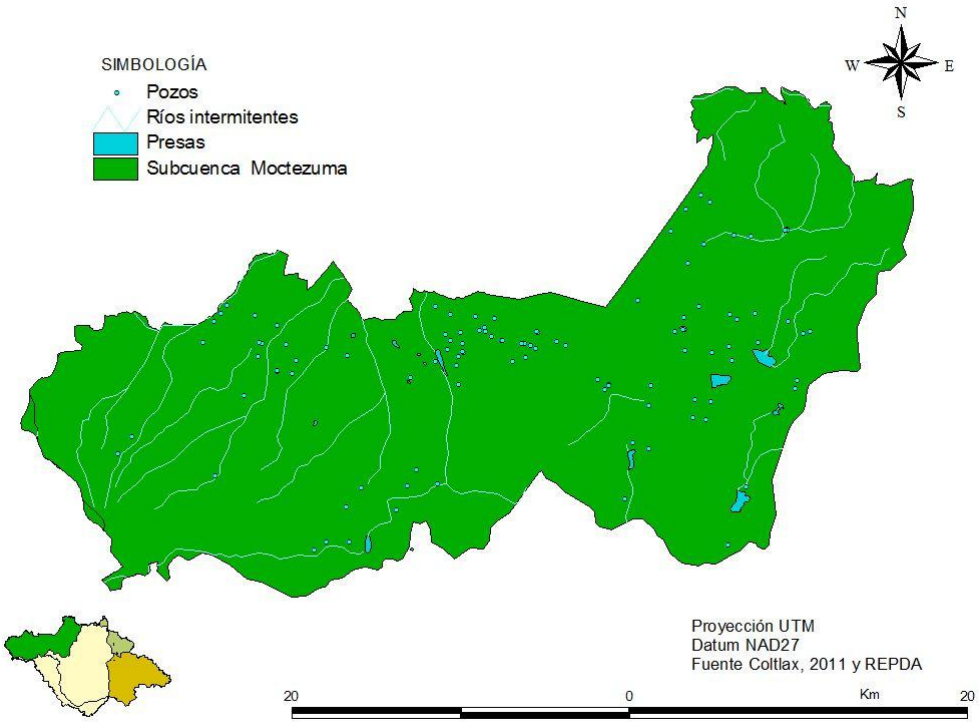


El Acuífero Soltepec, se ubica al poniente de la entidad y ocupa 19.91% del territorio, equivalentes a 793.84 km² en siete municipios, con un total de 63,867 habitantes (**CAT-Coltlax**, 2011; **INEGI**, 2011). Desde el punto de vista geohidrológico, este acuífero tiene suelos de origen lacustre con una permeabilidad y transmisibilidad de media a baja y una recarga natural que proviene de las faldas del volcán Iztaccíhuatl y la sierra de Tlaxco, principalmente constituidas por tobas volcánicas (**CONAGUA**, 2000).

Los ríos de la subcuenca son afluentes de los ríos Pánuco y Moctezuma, entre los que destacan de acuerdo con **INEGI** (2010:25) los conocidos localmente como ríos San José, La Vaquerita y Los Lavaderos al oeste de la subcuenca y El Rosario en el municipio de Tlaxco, esta región hidrológica también cuenta para atender sus necesidades hídricas principales con las presas La Cañada, El Muerto, Mazapa, Pozuelos, Recova y San Felipe las que en su conjunto tienen una capacidad de almacenamiento de 7.43 hm³ de agua, a su vez cuenta con una manantial para uso agrícola y tres para el consumo directo de las comunidades de Ixtafiayuca, Maguey Cenizo y Las Maravillas, Figura 66.

Paralelamente el acuífero Soltepec tiene una capacidad de 13.659 hm^3 de agua del que se extrae el recurso hídrico a través de 89 pozos profundos, de los cuales 54% están destinados a la agricultura de riego.

Figura 66. Ubicación de las principales fuentes de agua superficial y subterránea en la subcuenca Moctezuma-Tochac



Calidad y usos del agua

En la subcuenca Moctezuma-Tochac se practican cinco de los seis de los usos del agua permitidos en el estado de Tlaxcala, con el 8.43% del volumen concesionado a la entidad (227.18 hm^3), divido en los siguientes rubros: Población (16.18%), Agricultura de riego (77.76%), Industrial (5.77%), Servicios (0.18%) y Acuícola (0.29%) Cuadro IV.12.

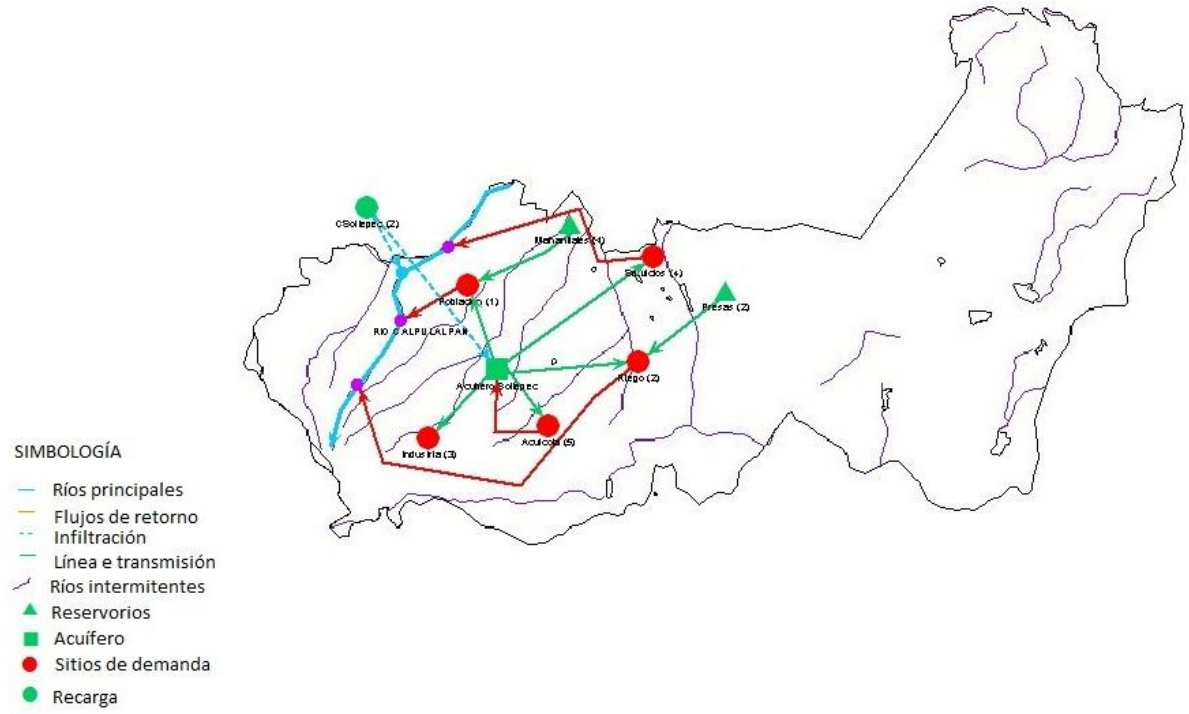
Cuadro IV.12. Volumen de agua extraído de la Subcuenca Moctezuma-Tochac, por origen y uso

	Agua (Hm^3)		
Uso	Superficial	Subterránea	Total
Población	0.004	2.66	2.664
Agricultura de riego	2.9	9.90	12.80
Industrial		0.95	0.95
Servicios		0.03	0.03
Acuícola	0.04	0.007	0.047
Total	2.94	13.55	16.49

Fuente: (**REPDA-CONAGUA**, 2010)

Con base en el **WEAP**, y el mismo proceso seguido en las dos subcuencas anteriores, para éste caso se consideraron a) los sitios de demanda de acuerdo a los usos del agua presentados en el Cuadro IV.12, b) el acuífero Soltepec c) Como reservorios los un manantial destinado al consumo de la población, dos presas para**,** d) el río Calpulalpan cuya corriente no es perenne, y e) Un sitio para la captación de recarga del acuífero denominado C. Soltepec, Figura 67.

Figura 67. Modelo para la simulación de flujo y disponibilidad de agua en la subcuenca Moctezuma-Tochac



Sitios de demanda

Población

Esta región cuenta con una extensión de 793.43 Km^2 en la que al 2010 según **INEGI**, habitaban 63,867 personas en seis municipios de la entidad, cuyas principales fuentes de abastecimiento son tres manantiales con una asignación anual de 0.004 hm^3 de agua y el acuífero Soltepec del que se extraen 2.6 hm^3 mediante 34 pozos.

Agricultura de riego

La agricultura de riego en la región se practica en 1,442 hectáreas con 11 cultivos diferentes, de los cuales 10% son forrajes fijadores de nitrógeno, 18.2% forrajes no fijadores de nitrógeno, 62.3% cereales, 0.2% otros granos, 8.5% hortalizas y 0.8% leguminosas, las que en su conjunto son irrigadas con 15.50 hm^3 de agua obtenidas principalmente de 48 pozos

profundos (9.9 hm^3) y cuatro presas de almacenamiento (2.94 hm^3).

Industrial

Este uso tiene concesionados cinco pozos con 0.95 hm^3 de agua subterránea, destinado a la manufactura de calzado y elaboración de bebidas y textiles.

Servicios

En el rubro de servicios, la región cuenta con un pozo profundo y la concesión de 0.03 hm^3, destinados al sector salud ubicado en el municipio de Calpulalpan.

Acuícola

Por su parte la acuacultura utiliza 0.04 hm^3 de la presa Pozuelos y 0.007 para un pozo ubicado en la localidad de San Felipe Sultepec, municipio de Calpulalpan.

Escenarios

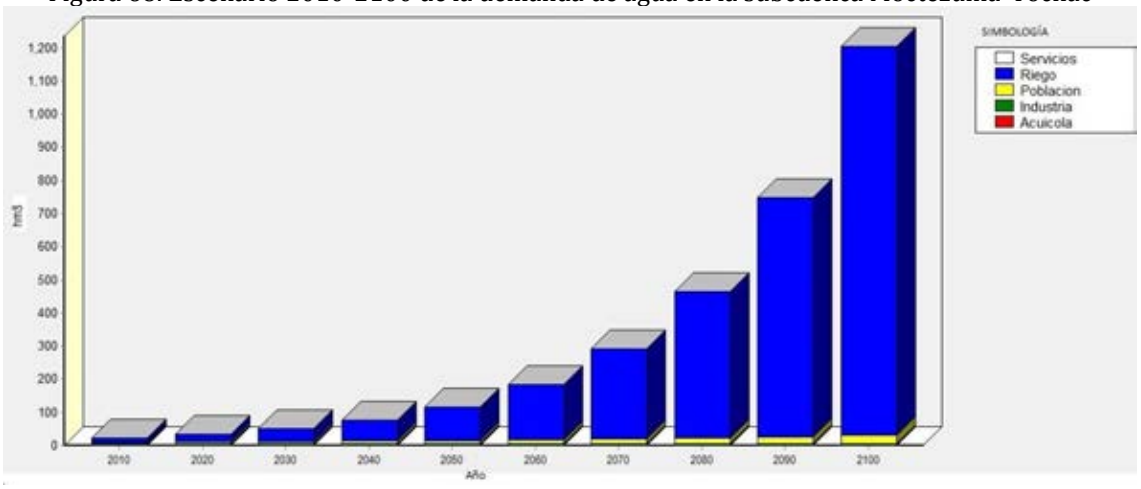
Escenario Base

Siguiendo con la metodología del **WEAP**, con 2010 como año base de la demanda de agua. El modelo no incluye pérdidas, reusos, ni gestión del agua, Cuadro IV.13 y Figura 68.

Cuadro IV.13. Escenarios de demanda de agua en hm^3 para la subcuenca Moctezuma-Tochac 2010-2100

	Año									
	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Acuícola	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007
Industria	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77	4.77
Población	4.66	5.63	6.79	8.20	9.90	11.95	14.42	17.41	21.02	25.37
Riego	14.56	23.71	38.62	62.91	102.48	166.92	271.90	442.90	721.43	1175.14
Servicios	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037
Total	24.034	34.153	50.230	75.927	117.190	183.686	291.138	465.121	747.261	1205.318

Figura 68. Escenario 2010-2100 de la demanda de agua en la subcuenca Moctezuma-Tochac



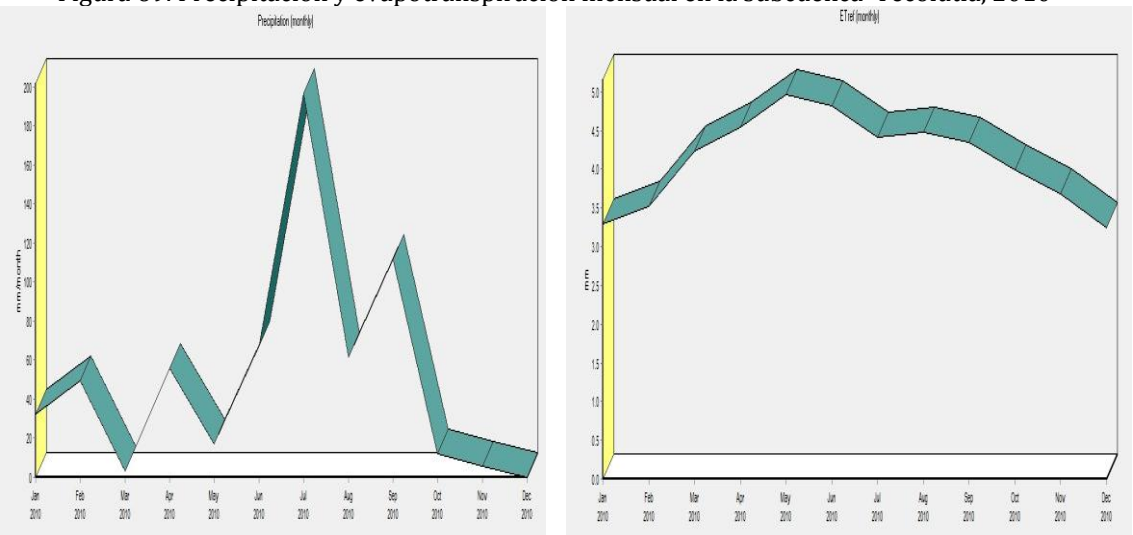
Subcuenca Tecolutla y/o Acuífero Emiliano Zapata

Ubicación

Esta región se encuentra delimitada por las coordenadas a 19º 30' y 19 º 38' latitud Norte y 98º 06', 97º 58´ y 93º 04' longitud Oeste al norte al nororiente de Tlaxcala con una superficie de 223.26 km² en 6 municipios, cubriendo tan sólo el 5.6% de la entidad (**INEGI**, 2011 y **CAT-Coltlax**, 2011).

CONAGUA (2011), señala que la temperatura promedio para el 2010 en la región estimada en dos estaciones climatológicas fue de 14.71ºC, con una máxima de 25.15ºC y una mínima de 4.95ºC, siendo los meses más calurosos de marzo a junio y los más fríos de noviembre e enero; la precipitación anual fue de 613.36 mm, siendo de julio a septiembre los meses más lluviosos con 369.88 mm, con una evapotranspiración que varió de los 3.3 mm en los meses más bajos hasta 5.0 en el más altos, esto con base en el modelo de escurrimiento **FAO** estimado mediante el **WEAP**, Figura 69.

Figura 69. Precipitación y evapotranspiración mensual en la subcuenca Tecolutla, 2010

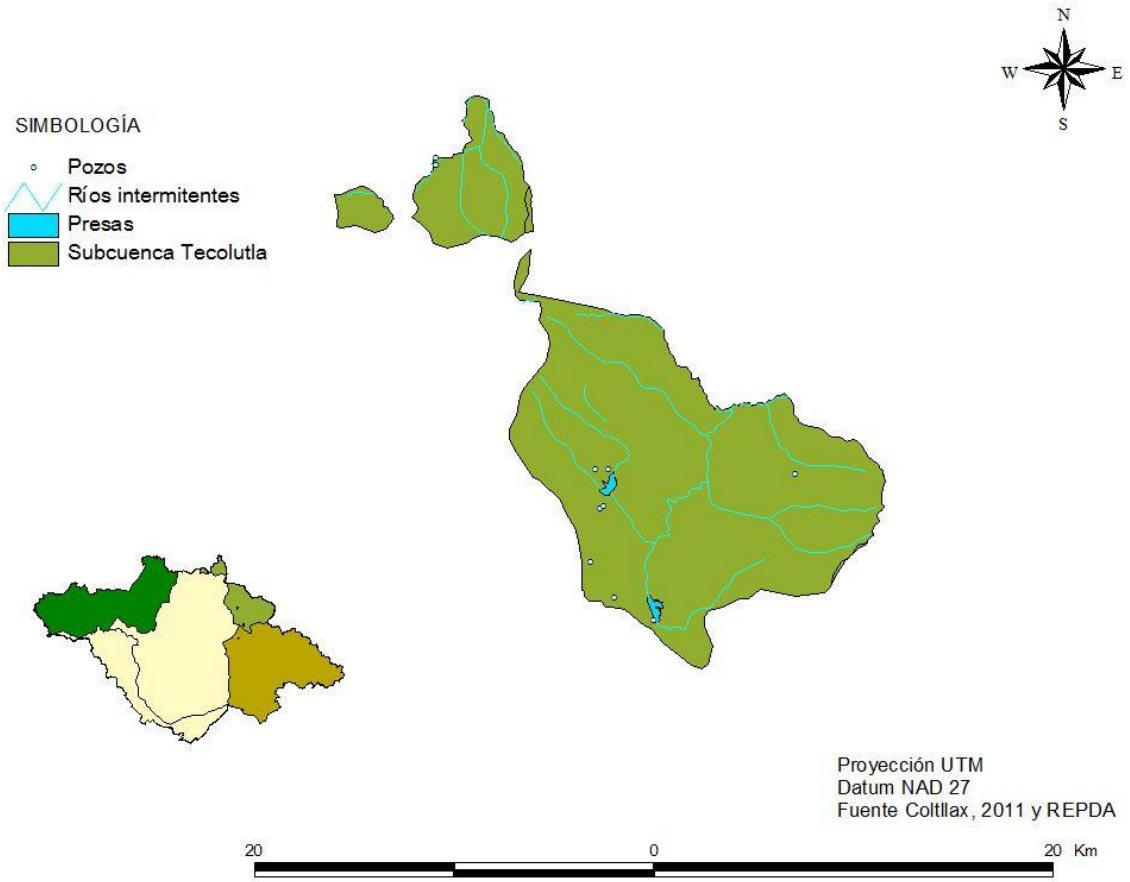


El acuífero Emiliano Zapata, ubicado al el noreste de la entidad, ocupa una superficie de 223.26 km² en 5 municipios del estado. Este acuífero al año 2010 contaba con una población de 10 154 habitantes distribuidos en cinco municipios (**CAT-Coltlax**, 2011; **INEGI**, 2011). La zona de recarga natural corresponde a las sierras de La Caldera y Tlaxco. En cuanto a su condición geohidrológica está constituido, principalmente, por tobas de origen volcánico con permeabilidad y transmisibilidad de media a baja (**CONAGUA**, 2000).

Esta región no cuenta con ríos permanentes, sin embargo, como afluentes del río Apulco cuenta con

corrientes intermitentes de los ríos Grande, Las Cajas y la Mancera **CONAGUA** (2010), adicionalmente **INEGI** (2010:25) menciona además los ríos Tenexac y Texcacola. El acuífero Emiliano Zapata que tiene una capacidad física de 0.258 hm^3, cuya agua está concesionada a 6 pozos, uno para agricultura de riego, cuatro para consumo de la población y uno más para servicios; además tiene 29 manantiales, siete arroyos y tres barrancas, Figura 70 y las presas Tenexac y Cárdenas con una capacidad de 1.3 y 3.0 hm^3, respectivamente. La zona de recarga natural corresponde a las sierras de La Caldera y Tlaxco. En cuanto a su condición geohidrológica está constituido, principalmente, por tobas de origen volcánico con permeabilidad y transmisibilidad de media a baja (**CONAGUA**, 2000).

Figura 70. Ubicación de las principales fuentes de agua superficial y subterránea en la subcuenca Tecolutla



Cantidad y usos de agua

En la subcuenca Tecolutla y/o Acuífero Emiliano Zapata durante 2010 se utilizó 3.2% del agua concesionada a Tlaxcala, esto es 7.20 hm^3, distribuida en los siguientes usos, Cuadro IV.15: Población (49.6 %), Agricultura de riego (50.3%) y Servicios (0.01%). Los

usos pecuarios, acuícola e industrial no registran actividad en esta región.

Para elaborar el análisis de la disponibilidad y demanda agua con base en el **WEAP**, se retomó la experiencia de **Suárez *et al***. (2009a), los datos del **REPDA** (*op cit*) y la base para Arc View de **El Coltlax** (2011), considerando la Subcuenca Tecolutla como la unidad de trabajo compuesta por cinco elementos a) los sitios de demanda se definen por los usos de agua arriba señalados; cabe señalar con fines de modelaje el uso doméstico se unificó con al público-urbano del agua, b) el Acuífero Emiliano Zapata, c) cuatro tipos de reservorios: La Laguna de Atlangatepec, presas, jagüeyes y manantiales y, d) el sitio de captación de recarga.

Cuadro IV.15. Volumen de agua extraído de la Subcuenca Tecolutla, por origen y uso

	Agua (hm^3)		
Uso	Superficial	Subterránea	Total
Población	3.49	0.09	3.58
Agrícola de riego	3.46	0.16	3.62
Servicios	0	0.001	0.001
Total	6.94	0.25	7.201

Sitios de demanda

Población

Con una extensión de 223.26 Km^2, esta subcuenca comprende el territorio en 6 municipios con un total de 63,867 habitantes (**INEGI**, 2010), cuyas principales fuentes de abastecimiento son 19 manantiales con 3.49 hm^3 y con 4 pozos del acuífero Emiliano Zapata del que extraen 0.09 hm^3 anuales, Figura 71.

Agricultura de riego

La agricultura con riego, en la subcuenca, se practica en 307 hectáreas con 11 cultivos diferentes agrupados en hortalizas (85.34%), forrajes fijadores de nitrógeno (1.30%), forrajes no fijadores de nitrógeno (1.30%), cereales (3.26%), tubérculos y raíces (1.30%), flores (5.86%) y leguminosas (1.63%). El agua para riego se obtiene de un pozo con 0.167 hm^3, 10 manantiales con 0.107 hm^3, las presas Tenexac y Lázaro Cárdenas con 3.08 hm^3, los ríos intermitentes: Grande, La Mancera y Las Cajas con un total de 0.122 hm^3, otros reservorios con 1.43 hm^3

Servicios

El sector servicios se atribuye a un pozo con 1,000 m^3 concesionado a un hotel-albergue.

Figura 71. Modelo para la simulación del flujo y disponibilidad de agua en la subcuenca Tecolutla

Escenario

Escenario Base

Al igual que en las anteriores regiones hidrológicas se aplicó el **WEAP**, tomando al 2010 como año base de la demanda de agua[25], para elaborar las proyecciones 2010-2100 partiendo de una la demanda inicial de agua en la subcuenca de 4.37 hm^3, lo que equivale al 59% de los 7.40 hm^3 concesionados para el año **REPDA**.

Como se muestra en el Cuadro IV.16, en los requerimiento de agua para consumo humano directo bajo un ritmo de crecimiento demográfico de 1.9% será de 1.08 hm^3 de para el 2030 con 14,796 habitantes y no será sino hasta entre los años 2093 y 2094 que una población de no más de 49 348 personas demandará por sí misma entre 3.54 y 3.60 hm^3, cantidad similar al volumen disponible para ese uso en el año base. Caso contrario ocurre con el agua destinada a la agricultura, pues de acuerdo con el modelo **WEAP**, ya en el 2010 base se utilizó toda el agua

[25] El modelo no incluye pérdidas, reusos ni gestión del agua.

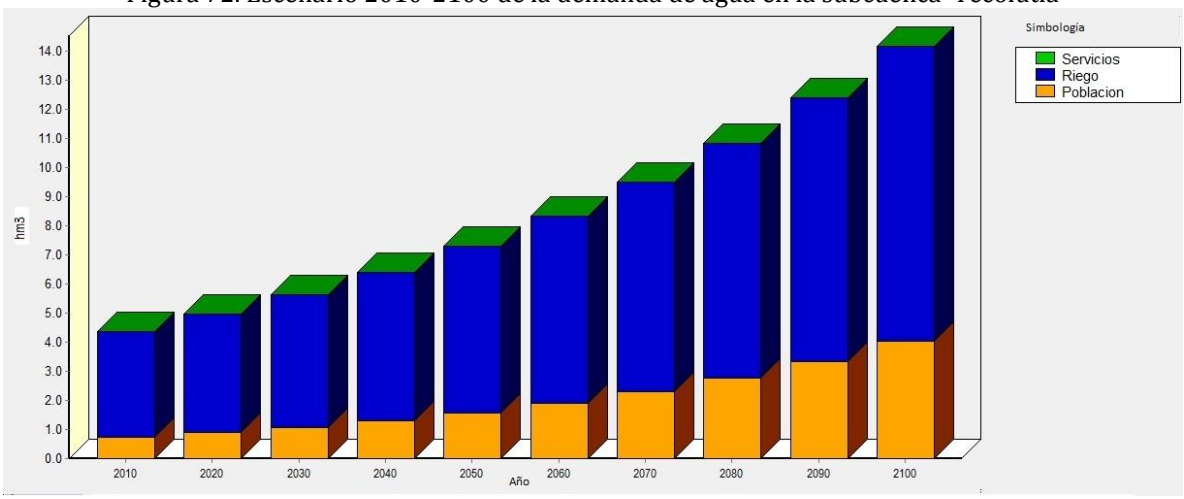
concesionada para ese uso (3.62 hm³), de seguir el crecimiento estimado en la metodología del orden de 0.5% anual en la agricultura de riego, la subcuenca necesitará 0.93 hm³ más para irrigar 386 ha en el 2030 y un total de 5.72 hm³ para irrigar en 2050 a 485 ha.

Cuadro IV.16. Escenarios de demanda de agua en hm³ para la subcuenca Tecolutla 2010-2100

	Año									
Uso	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Población	0.74	0.89	1.08	1.30	1.57	1.90	2.29	2.77	3.34	4.03
Riego	3.62	4.06	4.55	5.11	5.72	6.42	7.20	8.07	9.04	10.14
Servicios	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Total	4.37	4.96	5.64	6.41	7.30	8.32	9.49	10.84	12.39	14.17

Con base en **WEAP,** esta región tiene a la fecha suficiente agua concesionada como para satisfacer las necesidades de su población y agricultura de riego hasta entrado el año 2049 donde los requerimientos hídricos serán de 7.20 hm³, considerándole hasta entonces una subcuenca en equilibrio, Figura 72.

Figura 72. Escenario 2010-2100 de la demanda de agua en la subcuenca Tecolutla



IV.6 Estrategias para enfrentar el Cambio Climático

En México, la presión a la agricultura campesina y su economía inicia a partir de 1941, cuando la generación de tecnología fundamentalmente insumista y de mejoramiento genético da como resultado la "Revolución Verde". Para ello, se requiere de suelos planos, mecanizables y depende de insumos de producción externos y caros, lo que no es una herramienta apropiada para promover la innovación y desarrollo agrícola con unidades familiares de escasos recursos.

De acuerdo a Hewitt en 1985, se buscaba la forma de incrementar la

producción en el sector privado de la agricultura mexicana y no en el gran sector de las unidades de producción campesina. La crítica que se hace al respecto, es que desde el punto de vista técnico, era una revolución biológica y química; sin embargo desde una perspectiva socioeconómica, es parte de una revolución comercial expresada en la venta de fertilizantes químicos, semillas mejoradas, insecticidas, fungicidas, maquinaria agrícola, etc., ampliamente ligada a los mercados internacionales, y a las trasnacionales que encuentran las condiciones idóneas para su distensión.

El sistema agrícola debe tener la capacidad de adaptarse a las nuevas condiciones que se presenten y mantener un proceso productivo estable, o buscar nuevos equilibrios y continuar generando beneficios. Esta adaptación implica la búsqueda de nuevas estrategias para enfrentar la variabilidad climática. Actualmente, la agricultura de temporal muestra una baja capacidad para adaptarse, no obstante, se puede lograr a través de nuevas prácticas agrícolas.

Una manera de enfriar al planeta es con prácticas agrícolas apropiadas, el tema de cambio climático y agricultura deberán plantear una nueva dimensión en las maneras de producir, comercializar y consumir alimentos (**Ríos et al.**, 2009).

En el estado existe desafortunadamente como un caso aislado, el municipio de Españita, en el que existe una organización no gubernamental llamada Desarrollo Rural Integral Vicente Guerrero A. C. mejor conocido como Grupo Vicente Guerrero (**GVG**). La existencia de una organización como esta trae considerables beneficios para los productores, como la concientización para el manejo sustentable de sus recursos naturales, agua y suelo. Esta organización se caracteriza por apoyar acciones de capacitación con el fin de valorar y validar técnicas alternativas al alcance de la población para hacer agricultura ecológica, con perspectiva al desarrollo sustentable. Recientemente la organización comparte experiencias y estrategias con el municipio de Hueyotlipan.[26]

Faenas

Realizar faenas es uno de los mecanismos para que los campesinos se organicen, estas consisten en dar mantenimiento a los caminos, arreglar brechas contrafuegos, reforestar, desazolve de zanjas y dar mantenimiento al sistema de agua potable, no todas las comunidades llevan a cabo esta actividad, Figura 73. Se habla de sanciones económicas para todos aquellos que no participan en las faenas programadas.

[26] Tesis Doctoral: Capacidades tecnológicas y culturales de los agricultores de maíz de temporal para enfrentar la Variabilidad climática. Caso Españita y San Felipe Ixtacuixtla Tlaxcala. Maricela Hernández Vázquez. Colegio de Tlaxcala A. C.

Prácticas agroecológicas

Ante la preocupación por conservar el suelo y el agua, los agricultores llevan a cabo una serie de prácticas agroecológicas, la más común es la construcción de **zanjas**, estas se usan para proteger el terreno del exceso de agua y tiene dimensiones variables, pueden medir 60 cm de ancho, y de fondo hasta de 30, 35 o 40 cm, estas tienen pequeños retenes cada 8 ó 10 metros entre sí y sirven como reguladores, su función es dejar pasar el agua de un tramo de zanja a otro, sin que tome velocidad y cause deterioro al canal, Figura 74.

Figura 73. Faenas en Españita

Fuente: Archivos **GVG**

Figura 74. Zanjas para la conservación de suelo y agua

Fuente: Archivo personal, 2008

Las zanjas ayudan a retener la tierra y a mantener el equilibrio en la humedad del suelo, almacenan el agua, que va infiltrándose poco a poco para que sea aprovechada por los cultivos. También sirve para desviar el exceso de agua, a un lado, o a ambos lados del terreno, el final de la zanja puede ser complementada con la construcción de un jagüey o un estanque de almacenamiento, el entrevistado comenta que le encontraron un uso más, el de lindero, para delimitar la parcela de otras parcelas vecinas que no tienen obras de conservación, limitando así, los efectos negativos de las escorrentías que pudieran ocurrir.

Terrazas

Estas se diseñan en escalonamiento de las diferentes secciones de los terrenos de cultivo, generalmente cada sección se encuentra al mismo nivel o metepantle, pero más alto o bajo que los contiguos. Estas se construyen con la finalidad de evitar fuertes corrientes que pudiesen erosionar el terreno cuando hay exceso de lluvia ya que distribuyen la humedad, evitando así que haya lugares inundados y secciones secas, Figura 75.

Bordos

Los bordos son otra estrategia y consiste en acumular tierra formando un tipo de barda, cuya finalidad es detener el suelo, Figura 76. Para que los bordos funcionen de manera óptima, se les plantan barreras vivas

como plantas, pastos o árboles frutales pues sus raíces funcionan compactando el bordo evitando así que se desborden a la parte baja, o en algunas regiones los refuerzan con piedra, trozos de tepetate o materiales de la región.

Figura 75. Terrazas para la conservación de suelo y agua

Fuente: Archivo personal, 2008

Figura 76. Bordos para la conservación de suelo y agua

Fuente: Archivo personal, 2008.

Manejo de laderas

El aparato "A" es el instrumento campesino más importante para saber cómo medir las pendientes, así como por dónde van las curvas de nivel. Se llama "A" porque tiene la forma de una A mayúscula. También es utilizada para la construcción de terrazas, bordos y zanjas, el manejo de este instrumento fue aprendido por agricultores de Vicente Guerrero localidad de Españita en la escuela de conservación de suelos y agua, a cargo de la cooperativa Katoki Ketzal de Guatemala, en 1978 (**Ramos**, 1998).

Los agricultores consideran que es fácil aprender a usarlo y también es fácil construirlo, además es económico y efectivo para evitar la erosión hídrica en los terrenos de cultivo, sobre todo en aquellas zonas con ladera. Vicente Guerrero es la comunidad pionero del estado de Tlaxcala y de México, respecto al uso del aparato "A", Figura 77.

Figura 77. Aparato "A"

Fuente: Archivos **GVG**

Protección de suelos agrícolas

La rotación es una práctica importante en la agricultura ecológica, tiene como objetivo aprovechar las ventajas de los diferentes cultivos, como: cobertura y protección del suelo, disminuir efectos negativos con la extracción de nutrientes del suelo, fija nutrientes y recupera suelos; así mismo previene plagas y enfermedades. Es más

frecuente que los agricultores opten por sembrar únicamente maíz en sus tierras de cultivo, pero también hacen rotación maíz, haba, frijol. En general, los productores realizan rotaciones entre gramíneas o monocultivo de maíz, el resto hace asociaciones entre gramíneas, leguminosas y cucurbitáceas, o bien rotaciones entre gramíneas y leguminosas.

La insistencia por cultivar maíz, permite la conservación de la biodiversidad del maíz en México, y solo en algunos casos se asegura las condiciones mínimas de subsistencia de las familias rurales. Es urgente aumentar la recepción de los productores a alternativas que se les planteen para mejorar o preservar sus condiciones de vida, a través de la agricultura.

Conservación de semilla criolla

Prevalece la conservación de maíz criollo, pues los elevados precios de la semilla y gastos en agroquímicos hace que los agricultores año con año seleccionen su semilla y la almacenen para el siguiente año agrícola, además van en contra de la introducción de maíz transgénico, Figura 78. A la vez retoman el uso de fertilizantes orgánicos que mejoran la producción, los agricultores fabrican su propio fertilizante a base de estiércol. Además el agricultor comenta que el exceso de agroquímicos tiene la tierra "drogada" y difícilmente produce, al principio es necesario ayudar a la tierra con pequeñas dosis de fertilizantes químicos después de un par de años se observan mejores rendimientos de maíz. Estos fertilizantes aportan una gran cantidad de nutrientes que ayudan a reparar toda la estructura del suelo.

Figura 78. Semilla criolla

Fuente: Archivo personal, 2008

Surcos elevados

Difícilmente se enfrenta las granizadas, su impacto rasga las hojas de la planta y la acama, sin embargo, los agricultores coinciden que es posible contrarrestarlas sí la tierra está bien trabajada, para ello el surco debe ser levantado lo más posible (trabajo que se lleva a cabo en "la segunda"), esto permite que la raíz de la milpa esté más enterrada evitándose así que el granizo o los fuertes vientos la acamen, también hacen uso de las barreras naturales para enfrentar este problema, Figura 79.

Captación de agua

Existen sistemas tradicionales para la captación de lluvia como los jagüeyes,

esto permite aprovechar el recurso de una manera eficiente. Los agricultores señalan que este sistema de almacenamiento reduciría los problemas por sequía, sin embargo, pocos poseen una pequeña fosa en la que capta agua de lluvia aprovechando el desnivel que tienen las partes bajas de los terrenos de cultivo, Figura 80.

Figura 79. Impactos de las granizadas

Fuente: Archivo personal, 2008

Figura 80. Fosa para captar agua

Fuente: Archivo personal, 2008

Sin duda estas estrategias permiten reducir la magnitud de los riesgos. Los agricultores dan un orden de importancia a estos riesgos climáticos que afectan los cultivos: las sequías son las que más daños causan, continúan las heladas, le siguen las granizadas y finalmente las lluvias torrenciales –señalan-. Perciben claramente las variaciones del clima y mencionan que en los últimos años han sido muy evidentes, ello los obliga a buscar nuevas estrategias para adaptarse a esta variabilidad.

Se sugiere una participación conjunta de diversos actores para que intercambien información y productos que permitan la retroalimentación del sistema. La información climática local y de pronóstico con la que se cuenta actualmente resulta de gran utilidad, y si se conjunta con el pronóstico del agricultor que hace a partir de la observación de bioindicadores, se pueden complementar las investigaciones sobre riesgos, otorgando mayor significado a este análisis con el objetivo de planificar un calendario de predicción. A partir de ello habrá criterios para decidir la mejor estrategia para minimizar vulnerabilidades productivas frente a las heladas, granizadas, sequías o inundaciones.

El gobierno local debe integrar la reducción del riesgo como política pública y en los planes de desarrollo. Aunque las estrategias, si traen consigo beneficios en términos de riesgos evitados, casi nunca los beneficios se expresan en términos monetarios, y es ahí donde los responsables de la toma de decisiones deben decidir si se deben tomar medidas o no, para adaptarse a un determinado riesgo.

Se deben fortalecer los programas gubernamentales que fomentan la

calidad producción agrícola, incluyendo los fondos de apoyo a productores afectados por contingencias climatológicas dirigidos a productores primarios sin posibilidades económicas para contratar seguros por sí mismos.

La gestión del riesgo en la producción agrícola debe partir de los saberes locales, de considerar su rescate y revalorización, el uso adaptado, además de su conocimiento y reconocimiento como capital y aporte en la construcción de visiones de futuro fundamentadas en las potencialidades locales.

Es importante decir que existen falsas estrategias de producción y que pueden tener costos mayores a los que ya de por sí el cambio climático puede tener implícito. Las modernización de la producción tradicional en la mayor parte de las tierras agrícolas mexicanas se logrará con una tecnología de alta productividad para pequeñas parcelas, basadas en semillas nativas adaptadas a la región con tecnología orgánica, ambientalmente sana y socialmente apropiada; no se logrará con la mecanización a gran escala ni en el uso de insumos industriales que provocan la dependencia económica y el deterioro ambiental.

Conceptualización de las medidas de adaptación

En el cuadro IV.17, se muestra la Conceptualización de la estrategia de adaptación con consideración hacia objetivos, indicadores, esquema de monitoreo e integración en los planes de desarrollo Nacional/Estatal y el Programa Especial de Cambio Climático Federal **PECC**).

Cuadro IV.17 Conceptualización de la estrategia de adaptación

Estrategia de adaptación	Medida de adaptación	Objetivos	Indicadores	Monitoreo	Integración a Planes de Desarrollo (Estatal/Federal)
Agua	Reconversión productiva de áreas estratégicas para la captación de agua (recubierta forestal)	Incrementar la seguridad hídrica para el estado de Tlaxcala	Porcentaje de áreas agrícolas con reconversión productiva	Informe sobre las acciones implementadas por parte de las instancias responsables	Modificar la Ley de Aguas Nacionales, incorporando el enfoque de derechos humanos ante el Cambio Climático
	Construir obras de captación de agua (cisternas de ferrocemento, jagüeyes, tinas)		Porcentaje de unidades familiares beneficiarias con obras de captación de agua		Adecuar la Ley de Agua del Estado y su reglamento. Adecuar la Ley Municipal de Tlaxcala
	Producción de árbol forestal con germoplasma nativo (adaptado a las condiciones locales)		Número de árboles producidos con germoplasma Nativo. Número de especies producidas. Número de tipos de ecosistemas representados		Integrar elementos sobre cambio climático, recursos forestales y agua en la Ley de Desarrollo Forestal Sustentable del Estado
	Reforestación con árboles nativos		Porcentaje de hectáreas reforestadas con árboles nativos		Integrar y operar programas relacionados con el manejo eficiente e integral de los bienes naturales del estado

Cuadro IV.17 Conceptualización de la estrategia de adaptación (continuación)

Estrategia de adaptación	Medida de adaptación	Objetivos	Indicadores	Monitoreo	Integración a Planes de Desarrollo (Estatal/Federal)
Agua	Eficientar el uso de agua (microrriego)	Incrementar la seguridad hídrica para el estado de Tlaxcala	Número de hectáreas reconvertidas a microrriego	Informe sobre las acciones implementadas por parte de las instancias responsables	Integrar y operar un programa estatal integral de manejo de agua
	Rehabilitar los cuerpos de agua del estado		Número de hectáreas de cuerpos de agua rehabilitados		
	Revisar y modificar (en su caso) el instrumento técnico-legal de la veda hídrica de los acuíferos de Tlaxcala		Número de trámites o procesos realizados para la modificación del instrumento técnico-legal sobre la veda hídrica en Tlaxcala		
	Realizar obras de la conservación de agua y suelo (zanja, bordos, tinas ciegas)		Porcentaje de hectáreas con nuevas obras de conservación de suelo y agua		
	Pago por servicios ambientales		Número de convenios integrados y firmados entre los distintos actores del estado (municipios, estado, federación, empresarios, localidades)		
	Intensificar acciones del saneamiento de agua		Incremento del porcentaje del Volumen de agua saneada		

Cuadro IV.17 Conceptualización de la estrategia de adaptación (continuación)

Estrategia de adaptación	Medida de adaptación	Objetivos	Indicadores	Monitoreo	Integración a Planes de Desarrollo (Estatal/Federal)
Alimentación	Identificar semillas susceptibles de soportar heladas, granizadas y sequía, para asegurar el abasto de alimentos Identificar semillas de ciclos cortos y menor demanda de agua Utilizar riego por goteo para optimizar el uso del agua	Contar con un acervo de germoplasma nativo adaptado a las condiciones climáticas extremas para hacer frente a una posible crisis alimentaria en la entidad	Número de semillas criollas identificadas por evento climático Número de regiones o municipios con semillas criollas Número de especies con germoplasma identificado	Informe sobre el cumplimiento de metas por institución que interviene	Integrar elementos sobre adaptación al cambio climático con un enfoque de derecho a la alimentación Integrar la Ley Federal sobre la Seguridad Alimentaria Integrar Programas Federales con el enfoque de fortalecimiento de capacidades para la seguridad alimentaria Integrar la Ley Estatal sobre Seguridad Alimentaria
	Dotar de equipo y capacitación en técnicas agrícolas para la seguridad alimentaria familiar	Fortalecer las capacidades técnico productivas de las unidades familiares (rurales y urbanas)	Porcentaje de unidades familiares con capacitación, para hacer frente a crisis alimentaria	Programa de equipamiento y capacitación	
	Incrementar la superficie agrícola mediante la recuperación de suelos erosionados Aplicar al suelo estiércol fresco para evitar la pérdida de nitrógeno	Integrar superficies erosionadas a la producción de alimentos y servicios ambientales	Porcentaje de incremento al presupuesto para este programa Porcentaje de hectáreas erosionadas con obras de recuperación	Informe de resultados	
	Impulsar técnicas de agroforestería y agrosilvopastoriles Implementar prácticas de cosecha de agua (pileteo)	Integrar elementos agroecosistémicos a la producción de alimentos y servicios ambientales	Porcentaje de hectáreas con prácticas de agroforestería		

Cuadro IV.17 Conceptualización de la estrategia de adaptación (continuación)

Estrategia de adaptación	Medida de adaptación	Objetivos	Indicadores	Monitoreo	Integración a Planes de Desarrollo (Estatal/Federal)
Biodiversidad	Incremento de hectáreas bajo estatus de protección	Incrementar el número de hectáreas bajo estatus de protección	Porcentaje de incremento de hectáreas bajo estatus de protección	Informe de las instancias responsables sobre el cumplimiento de objetivos e indicadores de resultados	Contemplar incentivos fiscales a quienes opten de manera voluntaria en la determinación de áreas protegidas de carácter particular y ejidal
	Integración de programas de manejo bajo el enfoque de protección del hábitat ante un escenario de cambio climático	Integrar programas de manejo bajo el enfoque de protección del hábitat ante un escenario de cambio climático	Porcentaje de hectáreas con programa de manejo bajo el enfoque de cambio climático		Integrar reglas de operación para concursar por recursos para la integración de planes de manejo

IV.7 Escenarios climáticos

Los escenarios climáticos son una poderosa herramienta en la toma de decisiones, que permitirá generar planes de adaptación de corto y largo plazo que ayudará a reducir la vulnerabilidad y evitar cuantiosos daños e invaluables pérdidas humanas. Estos escenarios proporcionan información sobre el probable comportamiento del clima, tal como los incrementos de la temperatura, y variaciones en los patrones de lluvia.

Las investigaciones regionales generan información y conocimiento, que permiten dar una solución de acuerdo a las necesidades de cada región, facilitando diseñar estrategias de cómo enfrentar eventos extremos que, sin duda, estos pueden estar relacionados con el Cambio Climático de una región. En este estudio, se analizaron los impactos del Cambio y la Variabilidad Climática que representan los sistemas meteorológicos ya que están ocurriendo con mayor frecuencia e intensidad, sequías, heladas, tormentas y granizadas, como las padecidas recientemente en nuestro Estado, desde un punto de vista de mayor resolución, ya que se consideraron seis estaciones del estado: Atlangatepec, Apizaco, Huamantla, Hueyotlipan, Tlaxcala Capital y Tlaxco, que cumplen con las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial

(**OMM**).[27] Se proyectó a futuro bajo escenarios de cambio climático (A2 y A1B), para las estaciones mencionadas se aplicó el software Lars-WG, para las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima, para los periodos proyectados B25, B50, B75, C25, C50 y C75 respectivamente, donde 25= Periodo 2010-2039, 50= Periodo 2040-2069, 75= Periodo 2070-2099, B= escenario A2 y C= escenario A1B. Utilizando el software Statistica para realizar el análisis estadístico (media, desviación estándar, Boxplot, mediana, valor máximo y mínimo, además de que nos permite trabajar con un mayor número de datos que en Excel), para realizar el comparativo de la Climatología base 1961-1990 con los escenarios proyectados.

Introducción

La resolución típica de los Modelos de Circulación General de la Atmósfera (**MCGA**), entre 100 y 300 km, no es suficiente para estudiar las características del clima sobre una escala regional o a nivel local, en términos del Estado de Tlaxcala o sus municipios. Por lo tanto, las proyecciones obtenidas directamente desde **GCCMs** para el siglo 21 no son útiles para evaluar el impacto a escala regional y local que se dará debido al cambio y variabilidad climática. Por eso es recomendado el uso de técnicas de reducción de escala, para generar escenarios de clima futuro de alta resolución (**IPCC**, 2007). Esas técnicas consisten básicamente en encontrar las variables meteorológicas principales con el mayor detalle espacial. Las técnicas pueden dividirse en dos grupos: estadísticas y dinámicas. Las técnicas estadísticas usan relaciones empíricas entre variables climáticas de gran escala (o predictores) y regional o variables locales (predictándos). Por otro lado, las técnicas dinámicas usan modelos meteorológicos de área limitada, modelos de mesoescala, para obtener las mismas variables. Ambas técnicas de reducción de escala sirven como puentes de transmisión de información entre los encargados de los modelos de cambio climático y aquellos encargados de estudiar sus potenciales impactos, siempre y cuando se cuente con series de tiempo con observaciones diarias de al menos 30 años de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima. La necesidad de reducción de escala de las simulaciones de **GCCMs**, discutidas arriba, es aún más evidente en áreas con una orografía compleja tal como se presenta en Tlaxcala.

El estado de Tlaxcala fue seleccionado, en 1996, para realizar estudios de las

[27] http://www.wmo.int/datastat/wmodata_es.html La **OMM** define las normales climatológicas estándar como "medias de datos climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 años, a saber: desde el 1 de enero de 1901 hasta el 31 de diciembre de 1930, desde el 1 de enero de 1931 hasta el 31 de diciembre de 1960, etc." (**OMM**, 1984). El período de normales estándar mundiales más reciente es 1961-1990, y el próximo período está comprendido entre el 1 de enero de 1991 y el 31 de diciembre de 2020.

posibles medidas de adaptación al cambio climático en sus componentes Bosques, Agua y Agricultura (**INE**, 2007). En esa primera etapa se consideró el ensamble de sólo seis **MCGA**, generando un solo escenario para todo el estado de Tlaxcala, además incluyendo una componente subjetiva al seleccionar menos de la mitad de los modelos disponibles. En particular, fueron seleccionados: **CCSRNIES** (Japón), **CGM** (Canadá), **CSIRO** (Australia), **ECHAM** (Europa), **GFDL** (Estados Unidos) y **HADCM3** (Reino Unido).

Considerando que los escenarios son una visión del mundo futuro, internamente consistentes, coherentes y viables, sin embargo, hay dos fuentes fundamentales de la incertidumbre en los escenarios de cambio climático regional que deben ser consideradas en los impactos proyectados:

1) Las incertidumbres en las emisiones futuras, que afectan el forzamiento radiativo del sistema climático. Este elemento cobra importancia pues los cambios en temperatura y precipitación, incluso a escala regional, pueden variar de acuerdo a las concentraciones de **GEI** proyectadas.

2) Incertidumbre en la sensibilidad global del clima y los cambios de patrones de circulación, principalmente atmosférica a escala regional, que simulan los modelos del clima. Existen diferencias entre escenarios aun para un mismo forzante. Así, mientras un modelo proyecta un cambio de 1°C, otro puede indicar un cambio de 2°C. Similarmente, algunos modelos predicen incrementos en la precipitación, mientras que otros sugieren una disminución, pero todos los resultados forman parte de la solución, considerando un enfoque de sistemas dinámicos.

De lo que no hay duda, es que se trata de un cambio que afectará a todas las regiones y países; por ello, en los últimos años se le ha dedicado gran atención y se está actuando a nivel mundial, nacional y regional (**Moreno y Urbina**, 2008).

Región de estudio, base de datos y clima local

El estado de Tlaxcala se localiza geográficamente en la región Centro-Oriental de la República Mexicana. Al noroeste colinda con el estado de Hidalgo; al norte, sur y este con el estado de Puebla y al oeste con el Estado de México, como puede verse en la Figura 1, del Capítulo I.

Los escenarios generados para las seis estaciones, Figura 81, son representativos de los diferentes tipos de uso de suelo, además, estando distribuidas por los cuatro puntos cardinales, lo que nos permite elaborar mapas de escenarios representativos en áreas desprotegidas de base de datos.

Figura 81. Distribución espacial de las seis estaciones con escenarios

La Base de Datos (**BD**) está conformada por tres Series de Tiempo de observaciones diarias, por estación Climatológica de: Precipitación, Temperaturas Máxima y Mínima: Se consideraron seis estaciones del estado: Atlangatepec, Apizaco, Huamantla, Hueyotlipan, Tlaxcala Capital y Tlaxco, que cumplen con las recomendaciones de la **OMM**.

Se analizan los comportamientos de los climas "locales" para el periodo base 1961-1990, de acuerdo a la **OMM**, que nos permitirán hacer el comparativo con los escenarios proyectados y el periodo 1991-2010.

Cabe mencionar que, actualmente se experimenta una variación del clima a nivel global (**IPCC-AR4**, 2007; Singer, 2008; **OCC**, 2008). Según datos de la **OMM** (2006), entre 1998 y 2004 se presentaron los años más calurosos desde 1861. También se ha observado una tendencia al incremento de la temperatura atmosférica de 0.5 a 3.0°C y de 1.5° a 4.5°C en el Océano entre los años de 1995 y 2006 (**IPCC-AR4**, 2007; **Barrie**, 2005; **UNEP**, 2008; **NASA-GISS**, 2008; **Gouretski y Koltermann**, 2007). Estas variaciones han repercutido en la modificación espacial y temporal del ciclo hidrológico, sobre todo en la evaporación y en la precipitación.

En el caso de la precipitación, la afectación observada se refiere tanto a la intensidad como a la frecuencia (**Mirza *et al***, 1998; **Karl y Knight**, 1998, **Christensen *et al***, 2001; **Semmler y Jacob**, 2004). A futuro se estima, un incremento del 10 al 15% en

los eventos extremos de precipitación, con una reducción de la periodicidad de 10 a cinco años para todo el hemisferio norte (**Arnell**, 1989; **Chagnon y Huff**, 1992; **Semmler y Jacob**, 2004); así mismo, se esperan incrementos en la escorrentía del orden del 30% en varias regiones del hemisferio norte del planeta (**Arnell y Reynard**, 1989; **Shiklomanov**, 1989; **McMahon *et al***, 1992; **Douglas *et al***, 2000).

En las Figuras 82, 83 y 84 se presentan las distribuciones de la precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima, respectivamente, para el periodo 1961-1990, con información de las seis estaciones seleccionadas.

Figura 82. Distribución de la precipitación (mm), 1961-1990

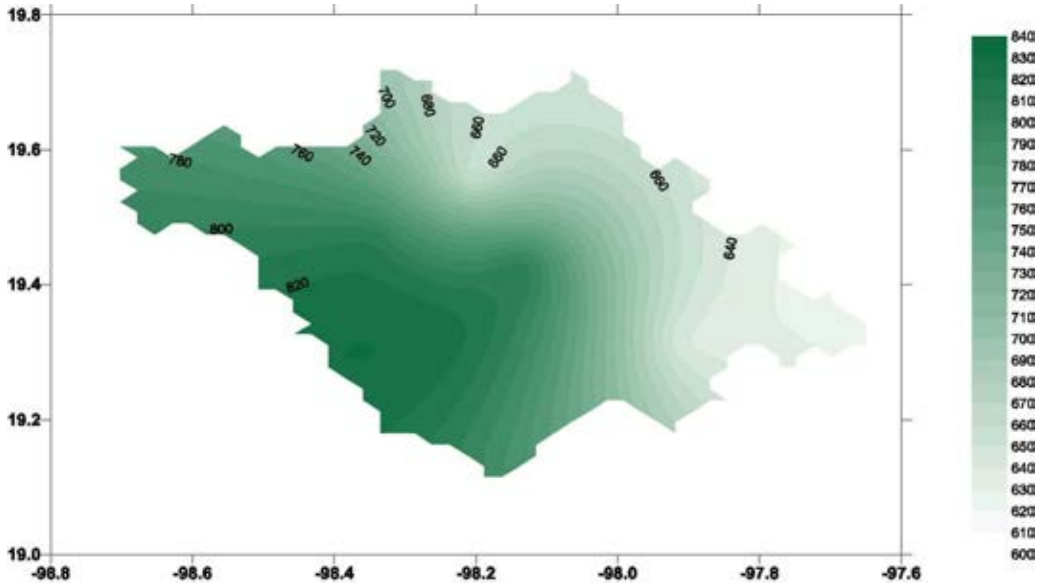


Figura 83. Distribución de la temperatura máxima (°C), 1961-1990

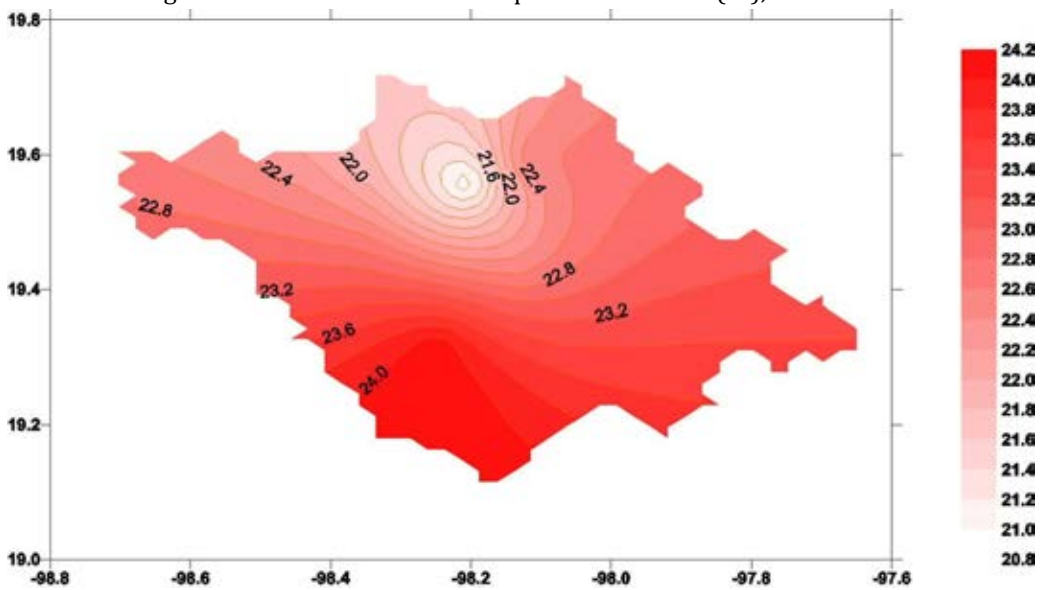
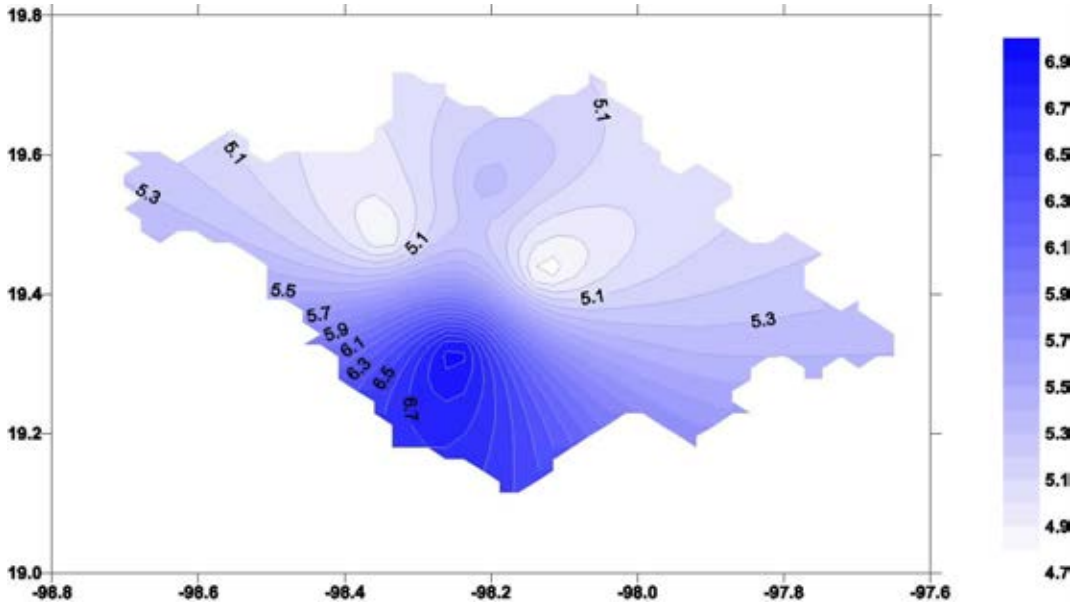


Figura 84. Distribución de la temperatura mínima (°C), 1961-1990



En el Anexo A se presentan los análisis más detallados por cada estación meteorológica.

Análisis de las componentes de los escenarios

Tipos de escenarios

Los escenarios comprenden una línea evolutiva similar en lo que respecta a sus características demográficas, sociales, económicas, de cambio tecnológico y está constituido de cuatro familias de escenarios: **A1, A2, B1** y **B2**.

La familia de escenarios y línea evolutiva **A1** describe un mundo futuro de crecimiento económico muy rápido; la población mundial alcanza su nivel más alto a mitad de siglo y disminuye posteriormente, produciéndose una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficientes. Las cuestiones más importantes son la interacción cultural y social entre las regiones y la capacitación, con una importante reducción de las diferencias regionales en los ingresos *per cápita*. La familia de los escenarios **A1** se divide en tres grupos que describen las distintas direcciones del cambio tecnológico en el sistema energético. Los tres grupos **A1** se distinguen por su énfasis tecnológico: fuentes de energía intensivas de origen fósil **A1F1**, de origen no fósil (**A1T**) o un equilibrio entre todas las fuentes **A1B** (el equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso final).

La familia de escenarios y línea evolutiva **A2** describe un mundo muy heterogéneo. La cuestión subyacente es la autosuficiencia y preservación de las

identidades locales. Los perfiles de fertilidad en las distintas regiones tienden a converger muy lentamente, lo cual acarrea un aumento continuo constante de la población. El desarrollo económico tiene una orientación principalmente regional y el crecimiento económico *per cápita* y el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

La familia de escenarios y línea evolutiva **B1** describe un mundo convergente, con la misma población mundial, que alcanza su nivel más alto a mediados del siglo para disminuir posteriormente, como línea evolutiva **A1** pero con cambios rápidos en las estructuras económicas hacia una economía de la información y de los servicios, con reducciones en el consumo de materiales e introducción de tecnologías limpias y de recursos eficaces. En esta línea evolutiva se hace insistencia en las soluciones mundiales a la sostenibilidad económica social y ambiental, lo que comprende una mejora de la equidad.

La familia de escenarios y línea evolutiva **B2** describe un mundo en el que se hace hincapié en las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Se trata de un mundo cuya población mundial crece continuamente, a un ritmo menor al de la línea evolutiva **A2**, con niveles medios de desarrollo económico y cambios tecnológicos menos rápidos y más variados que en las líneas evolutivas **B1** Y **A1**. Aunque el escenario también está orientado hacia la protección ambiental y a la equidad social, se centra en las escalas: local y regional.

Destaca la variabilidad dentro del clima, o sea fluctuaciones en las propiedades estadísticas sobre períodos de semanas, meses o años. De esta manera se determinan límites dentro de los cuales los valores medios, desvíos o frecuencias de valores entre los límites establecidos pueden ser aceptados como normales. Los eventos fuera de estos límites pueden ser vistos como anómalos a un cierto nivel de significación.

Para generar los escenarios para las estaciones mencionadas se aplicó el software **Lars-WG** y auxiliándose del software **Statistica** para realizar el análisis estadístico.

Selección del Tipo Escenarios de Cambio Climático

Se consideraron los escenarios **A2** y **A1B** por ser los más probables, **A2** "Seguimos como hasta ahora, sin tomar medidas de mitigación, adaptación,…" y, por otro lado, **A1B** que representa un equilibrio entre todas las fuentes energéticas. El equilibrio se define como la no dependencia excesiva de una fuente de energía concreta, suponiendo que se apliquen ritmos similares de mejoras en todas las formas de aprovisionamiento energético y en las tecnologías de uso

final, para comparar los resultados, entre los dos extremos de los posibles escenarios.

Realizamos la proyección a futuro bajo los escenarios de cambio climático para dos escalas temporales, mensual y estacional.

Análisis numérico sobre la generación de escenarios

El Análisis de los escenarios de precipitación de las seis estaciones seleccionadas se presenta a continuación; en las Figuras 85, 86 y 87 se presentan los escenarios de precipitación de la estación de verano, considerando el escenario A2 B25, B50 y B75, respectivamente. En las Figuras 88, 89 y 90 se presentan los escenarios de precipitación correspondiente al verano para el escenario A1B C25, C50 y C75. Para posteriormente, realizar la comparación de la distribución de precipitación de verano del periodo 1961-1990, Figura 91.

En las Figuras 92, 93 y 94 se presentan los escenarios de temperatura máxima, considerando el escenario A2 B25, B50 y B75, respectivamente. En las Figuras 95, 96 y 97 se presentan los escenarios de temperatura máxima para el escenario A1B, C25, C50 y C75. Para posteriormente, realizar la comparación de la distribución de temperatura máxima del periodo 1961-1990, Figura 98.

Así mismo, se realizó el mismo comparativo para la temperatura mínima, Figuras 99-105.

Figura 85. Escenario A2 B25 Verano, anomalías de precipitación (mm)

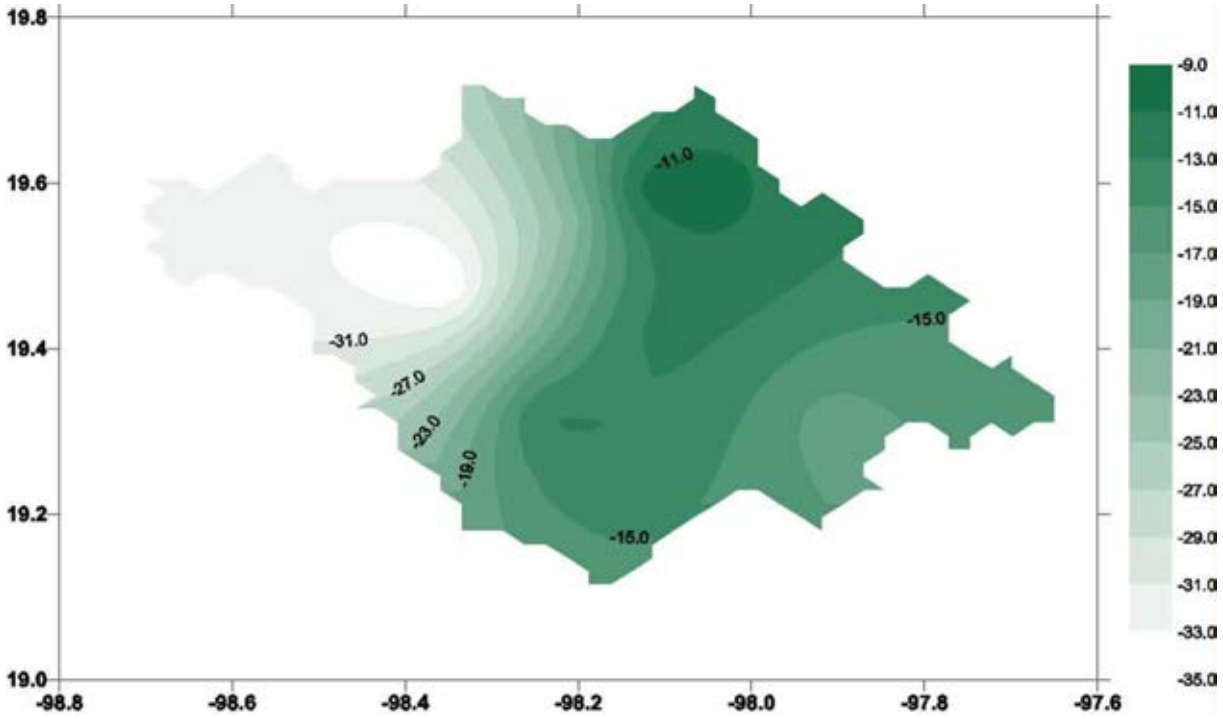


Figura 86. Escenario A2 B50 Verano, anomalías de precipitación (mm)

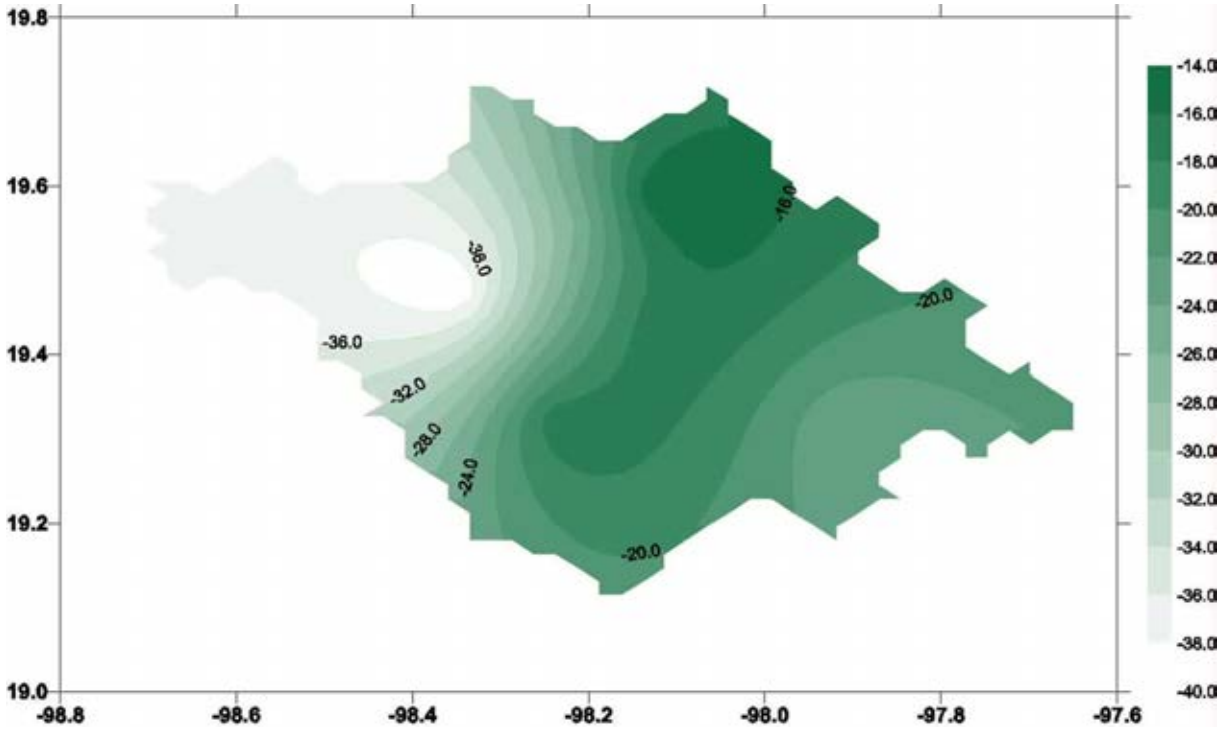


Figura 87. Escenario A2 B75 Verano, anomalías de precipitación (mm)

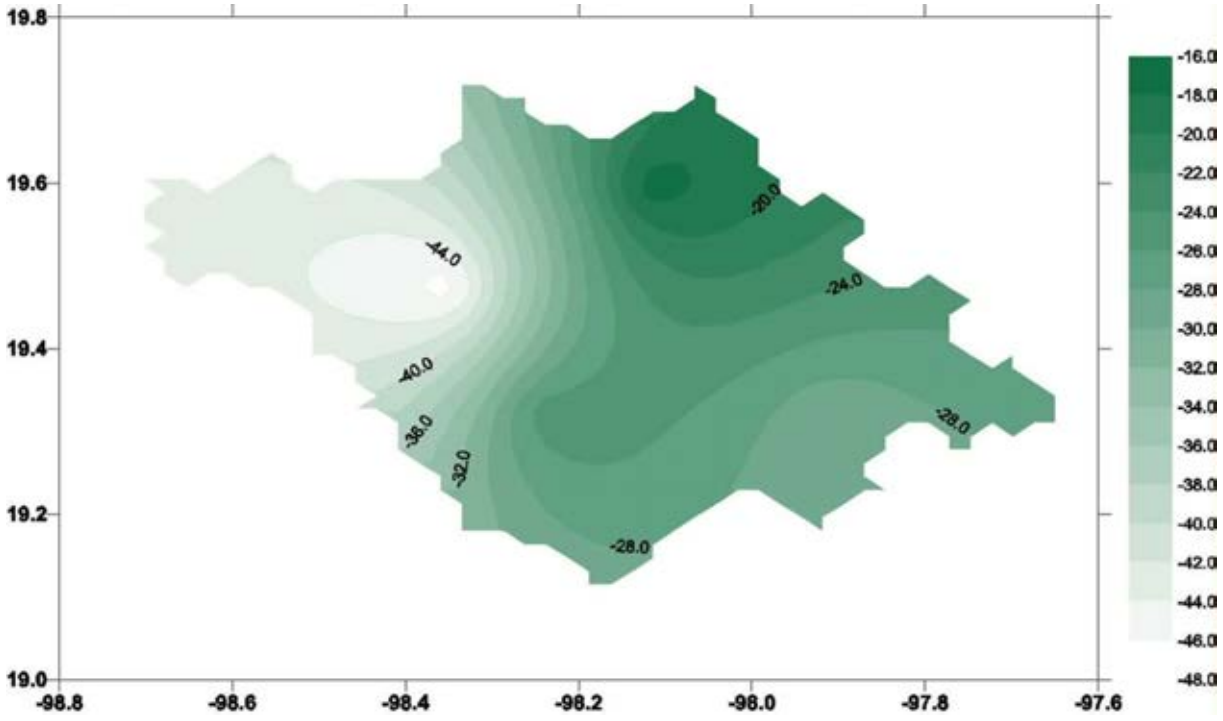


Figura 88. Escenario A1B C25 Verano, anomalías de precipitación (mm)

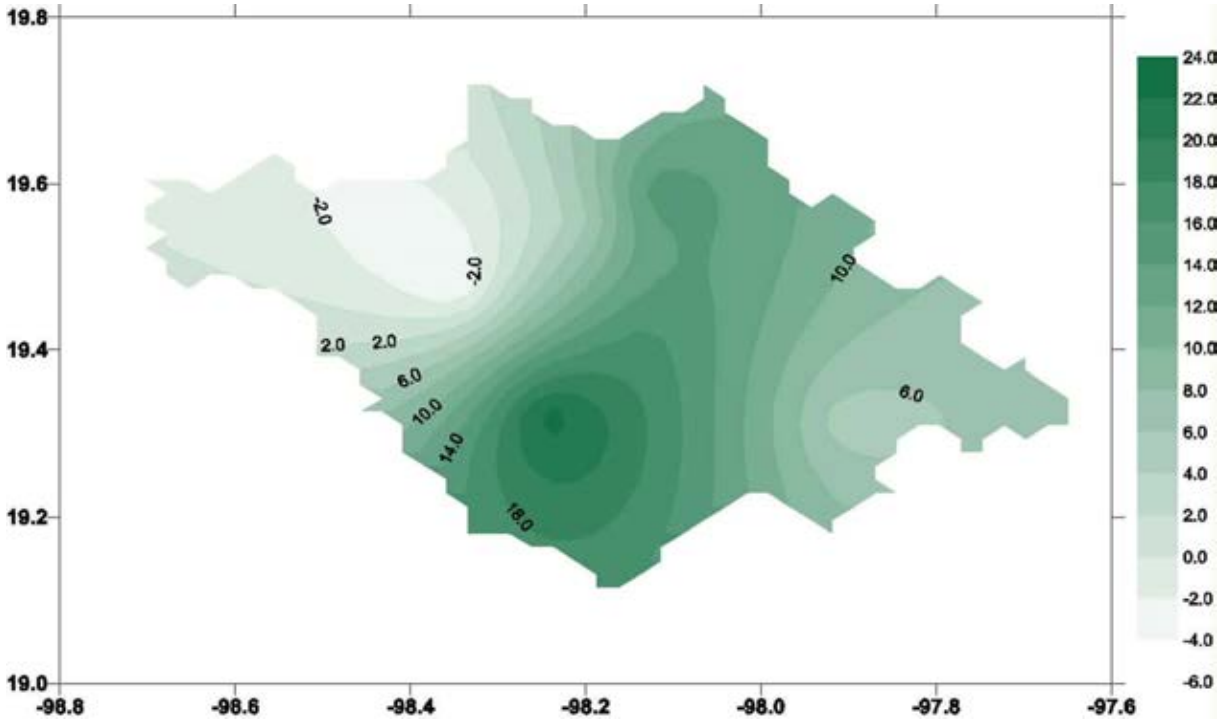


Figura 89. Escenario A1B C50 Verano, anomalías de precipitación (mm)

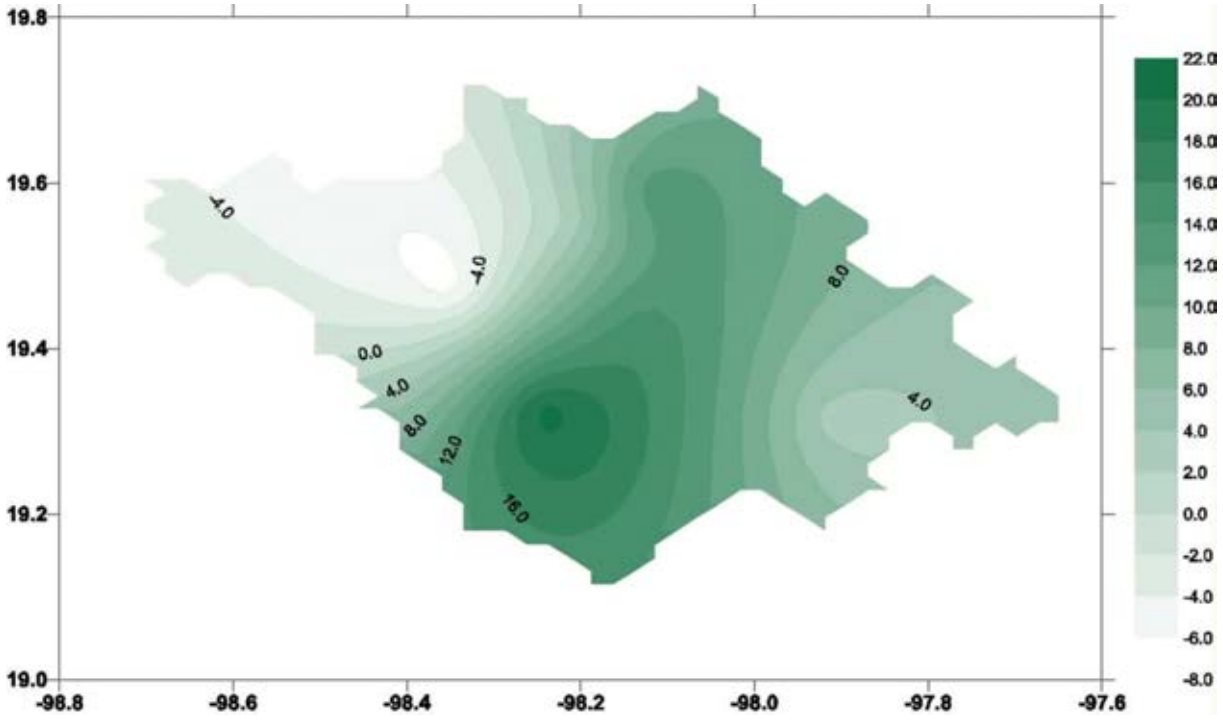


Figura 90. Escenario A1B C75 Verano, anomalías de precipitación (mm)

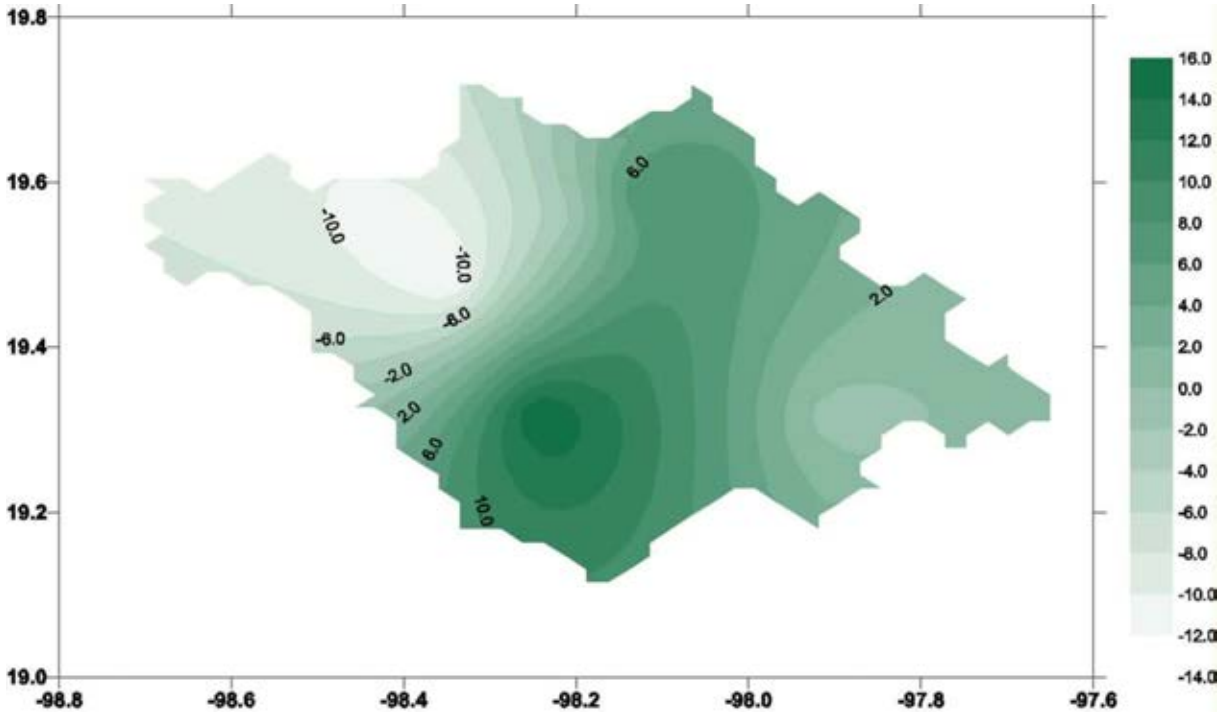


Figura 91. Precipitación (mm) Verano, 1961-1990

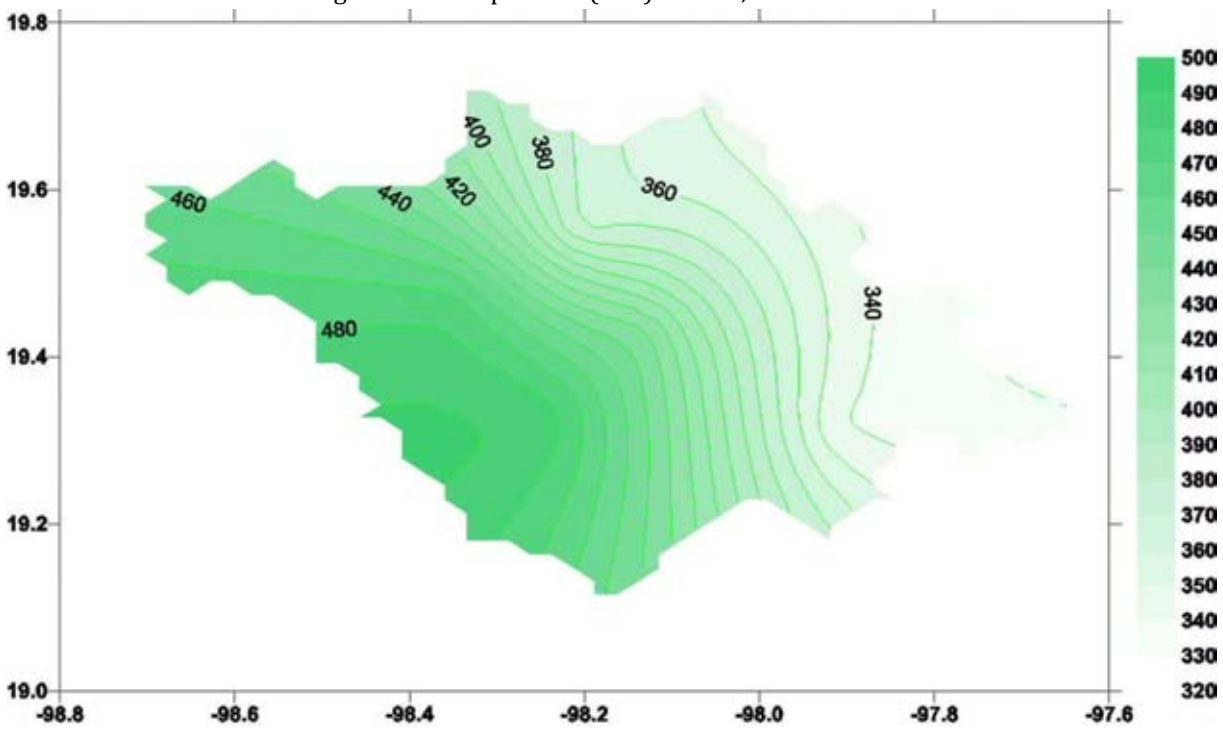


Figura 92. Escenario A2 B25, Anomalía de temperatura máxima (°C)

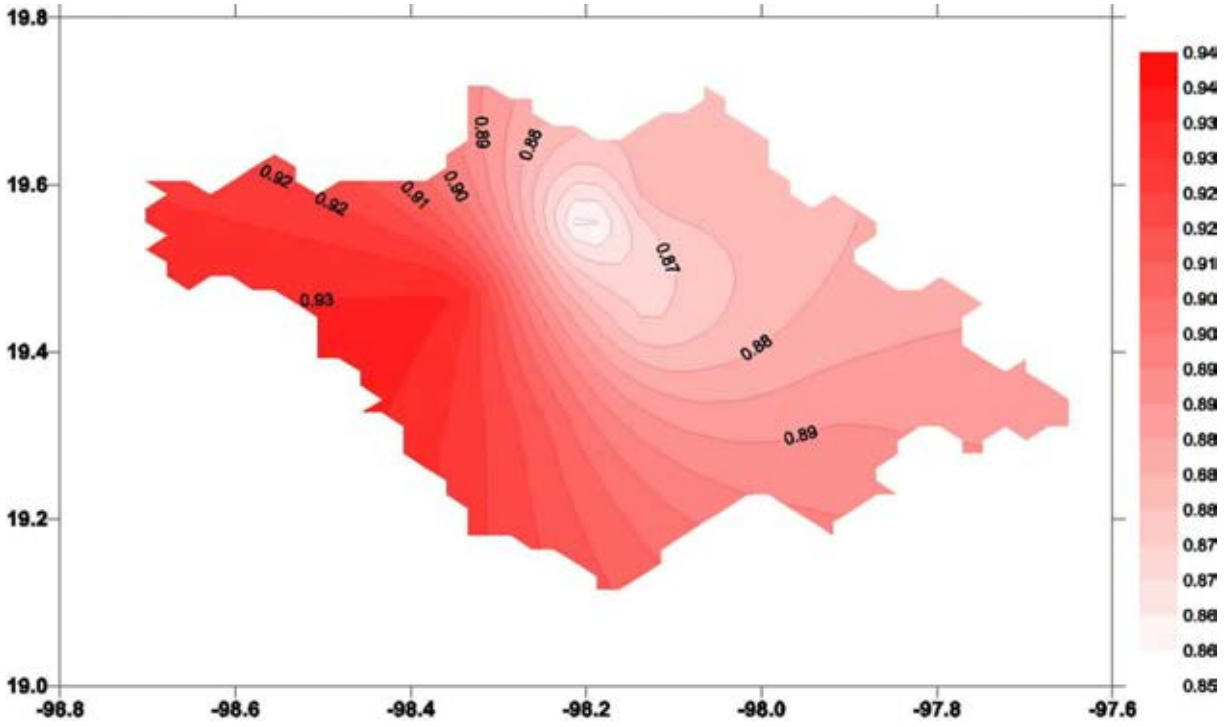


Figura 93. Escenario A2 B50 Anomalía de temperatura máxima (°C)

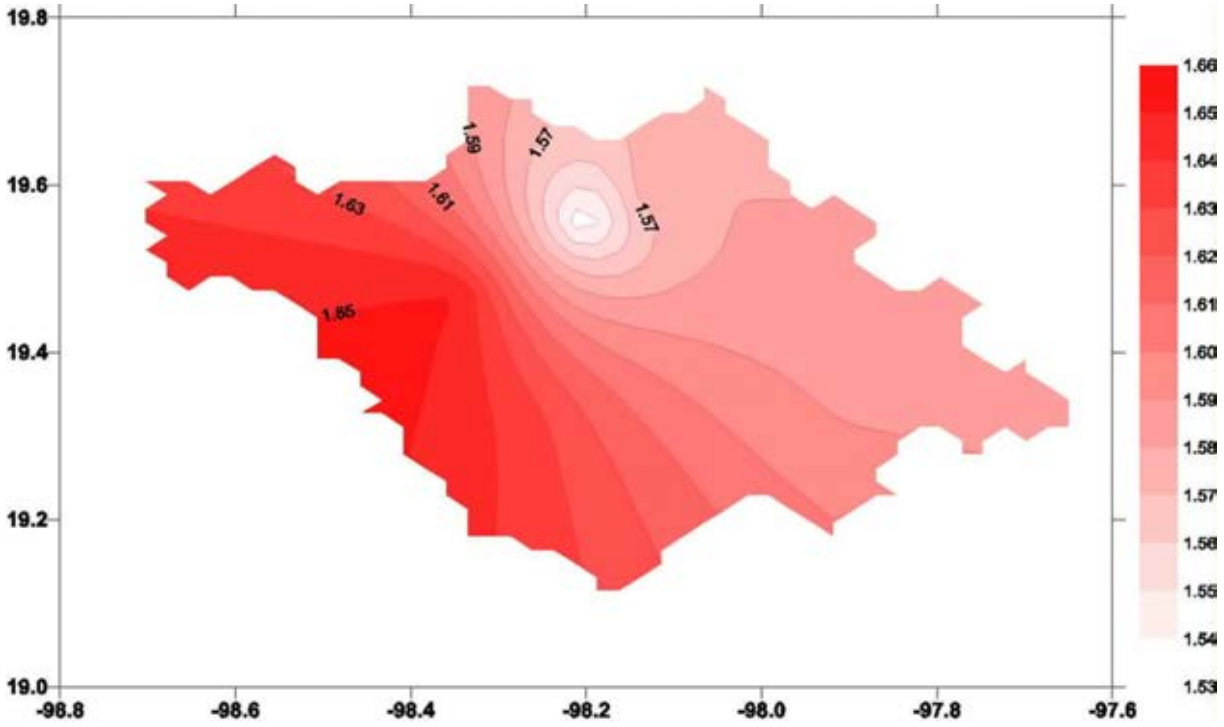


Figura 94. Escenario A2 B75 Anomalía de temperatura máxima (°C)

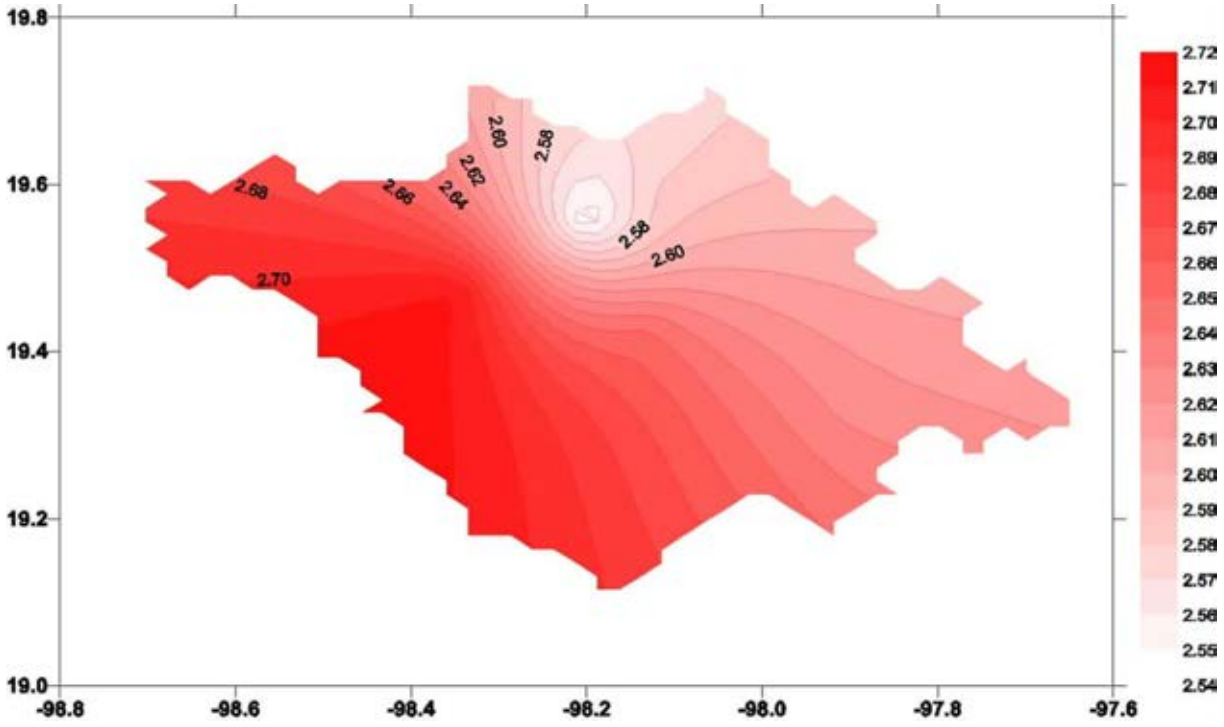


Figura 95. Escenario A1B C25 Anomalía de temperatura máxima (°C)

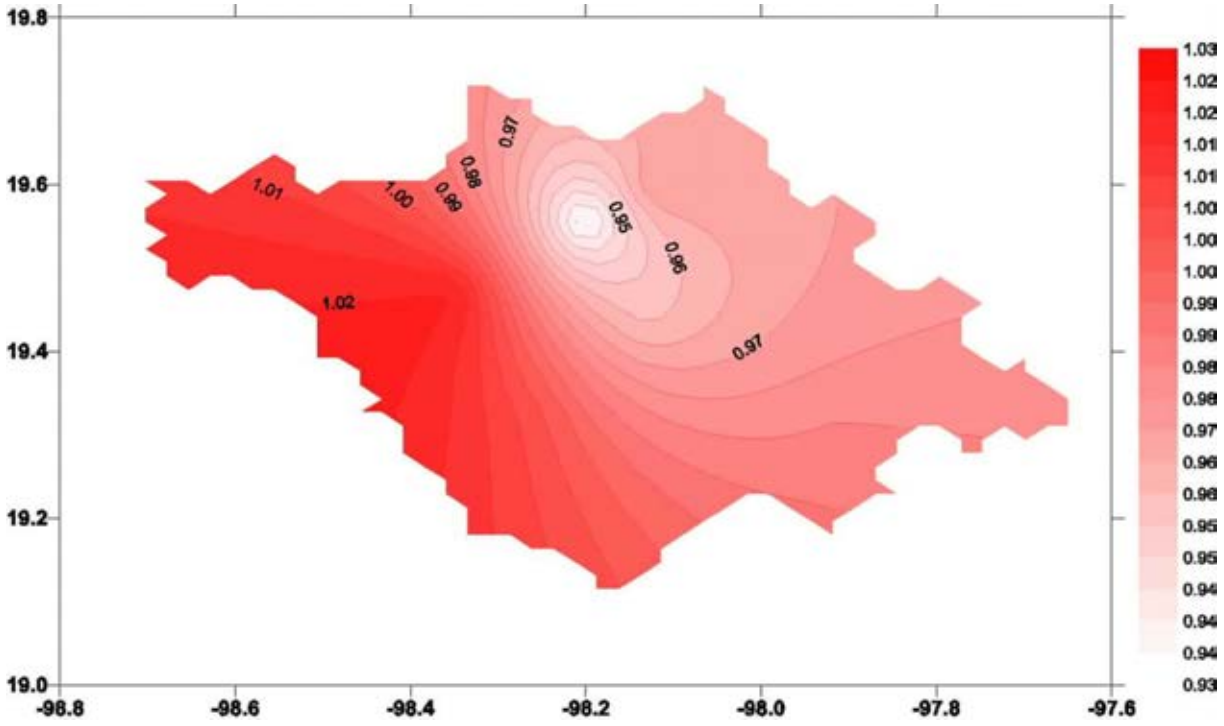


Figura 96. Escenario A1B C50 Anomalía de temperatura máxima (°C)

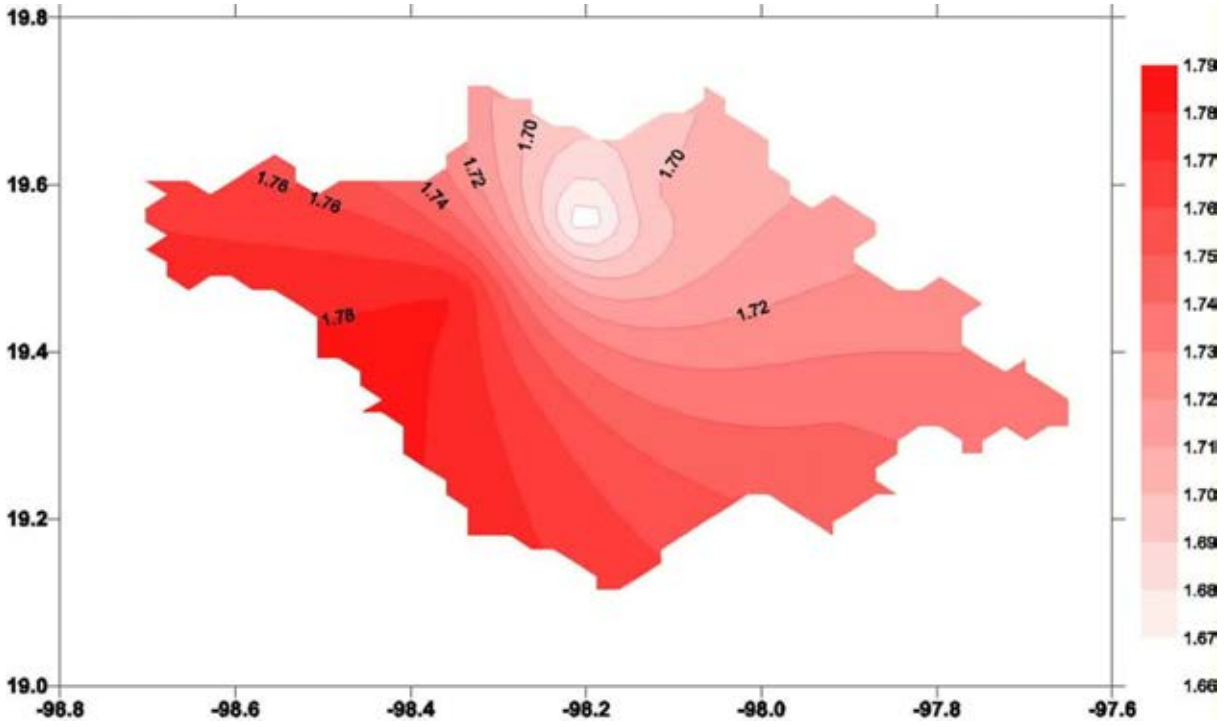


Figura 97. Escenario A1B C75 Anomalía de temperatura máxima (°C)

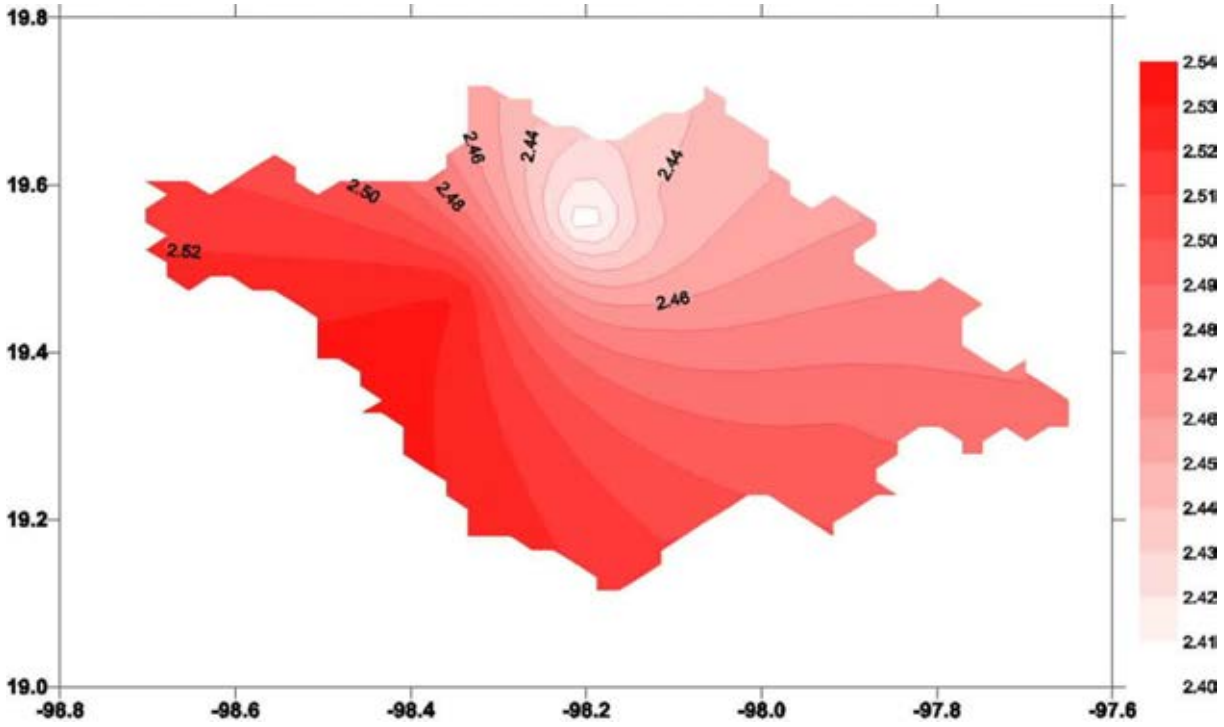


Figura 98. Temperatura Máxima (°C), 1961-1990

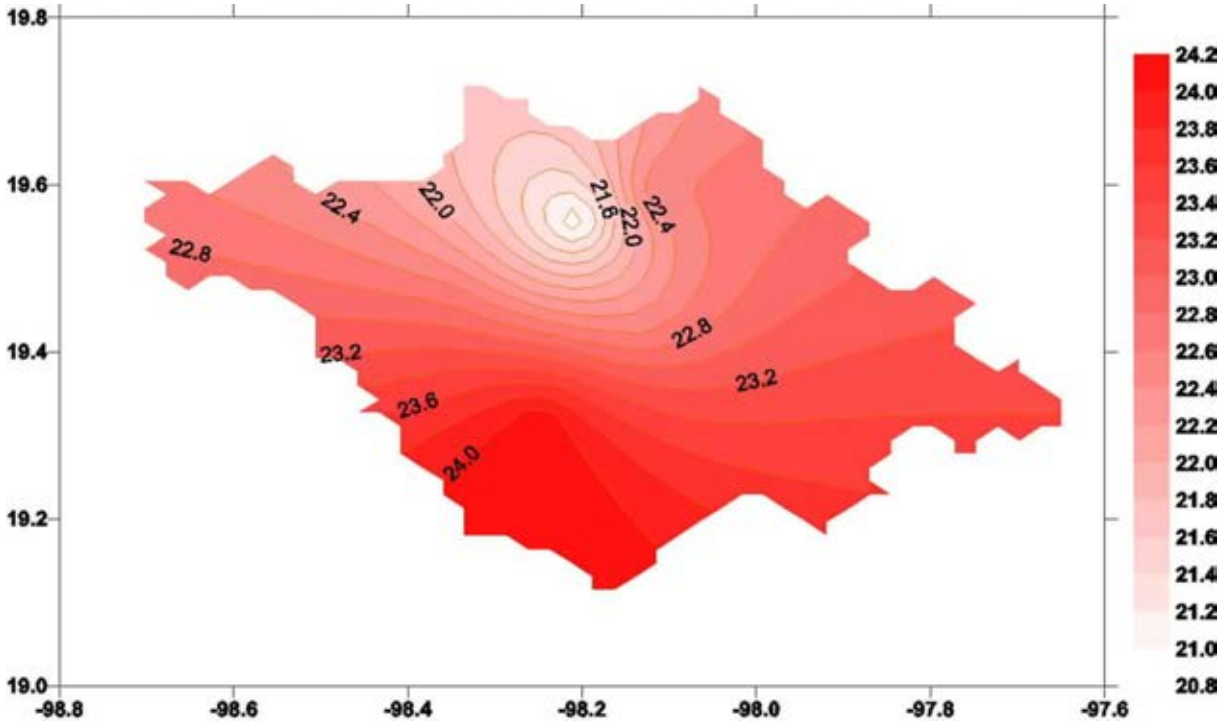


Figura 99. Escenario A2 B25 Anomalía de temperatura mínima (°C)

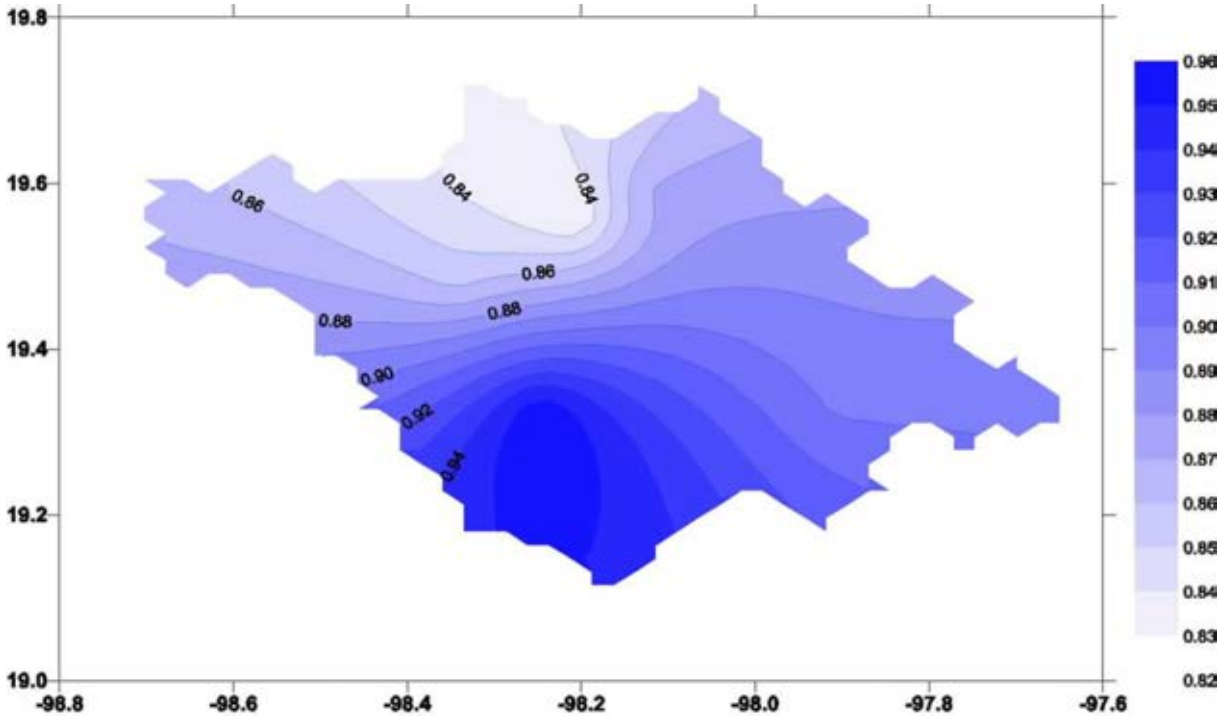


Figura 100. Escenario A2 B50 Anomalía de temperatura mínima (°C)

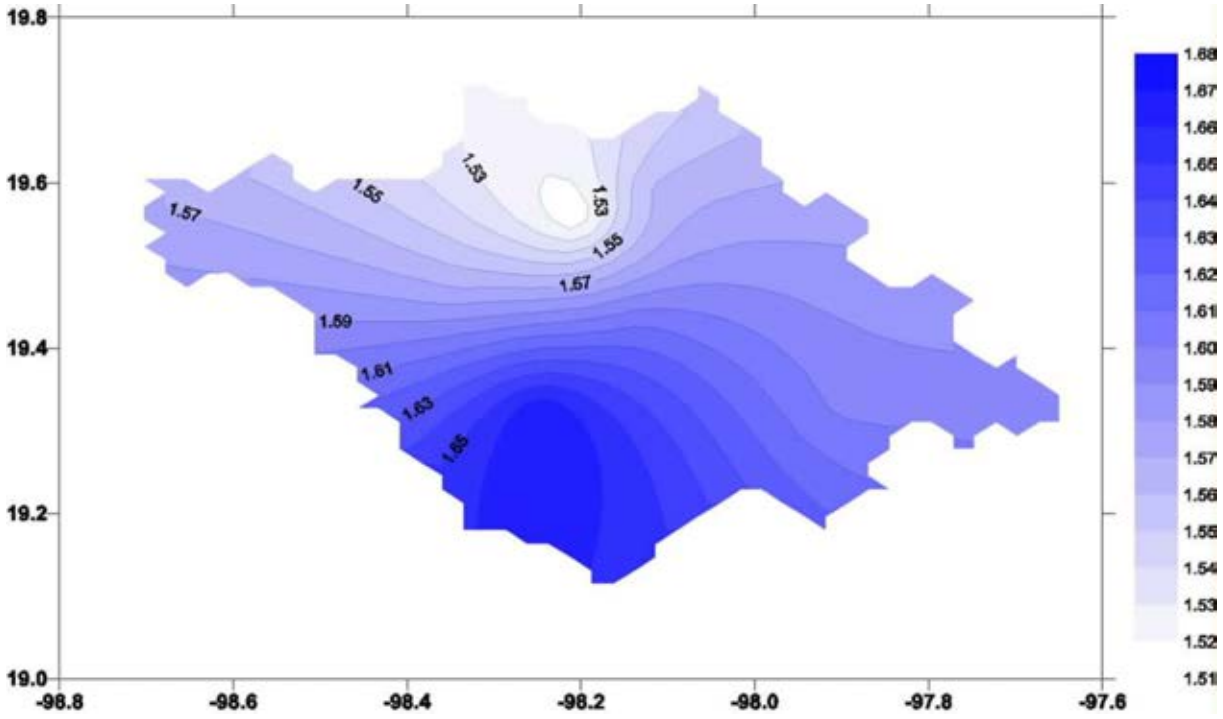


Figura 101. Escenario A2 B75 Anomalía de temperatura mínima (°C)

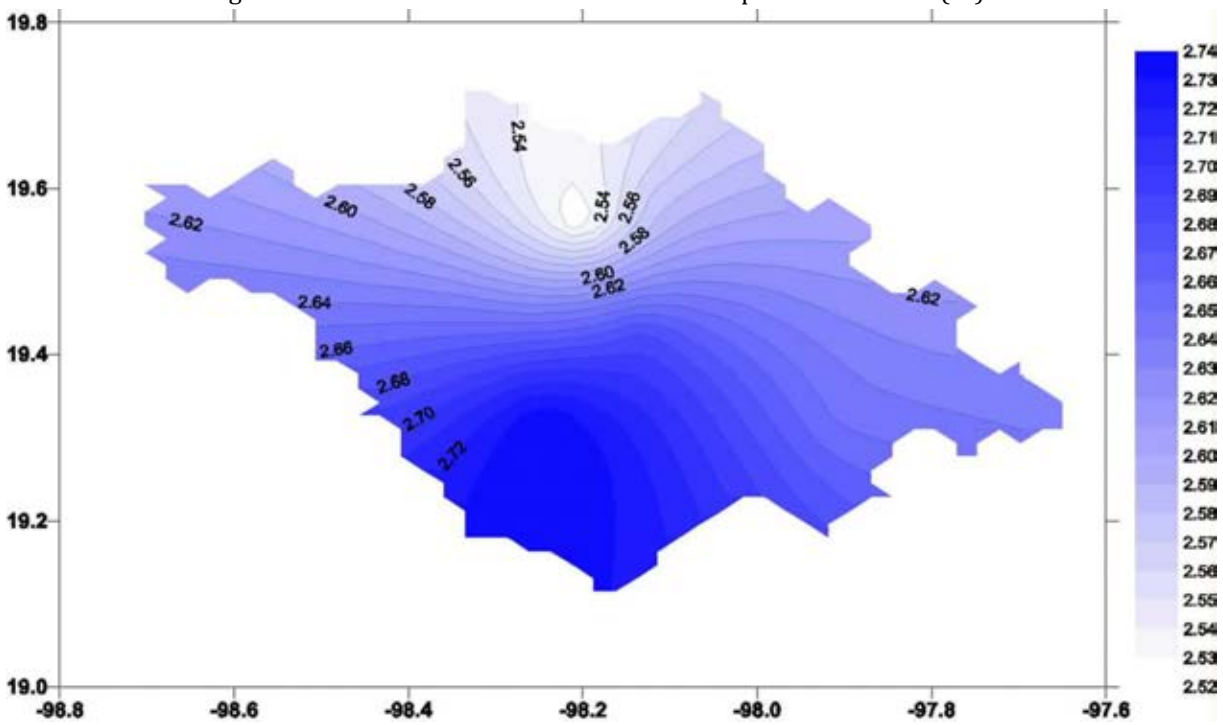


Figura 102. Escenario A1B C25 Anomalía de temperatura mínima (°C)

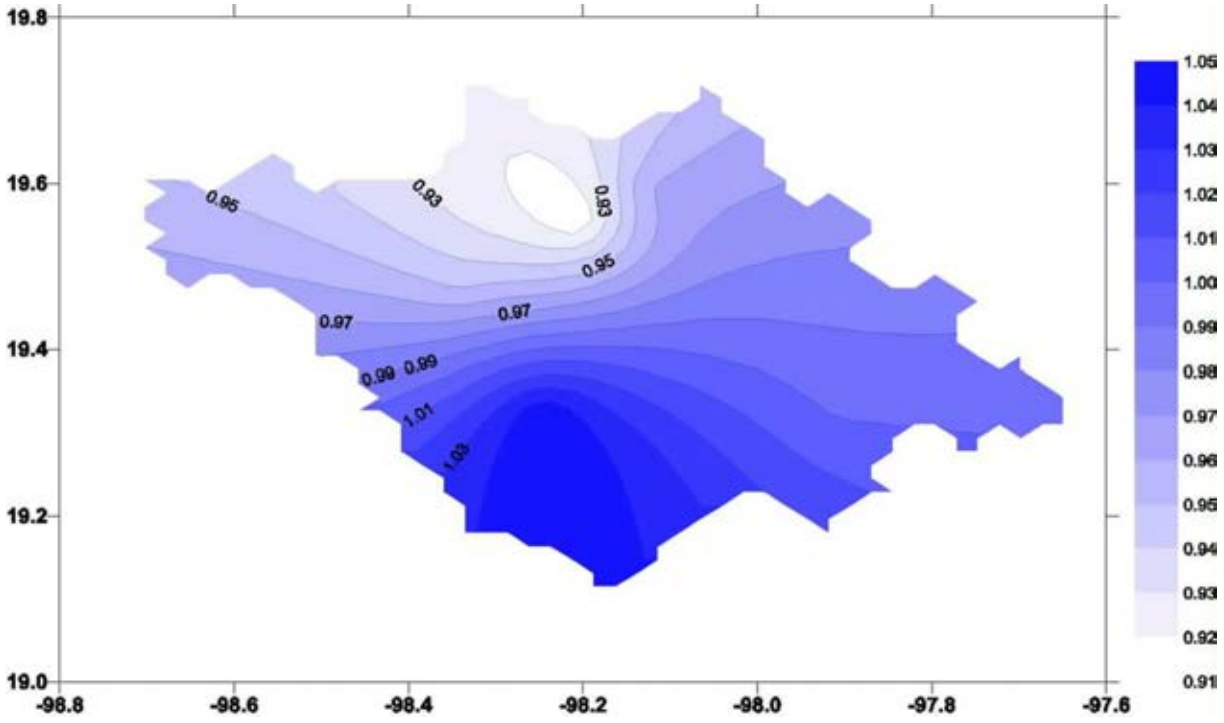


Figura 103. Escenario A1B C50 Anomalía de temperatura mínima (°C)

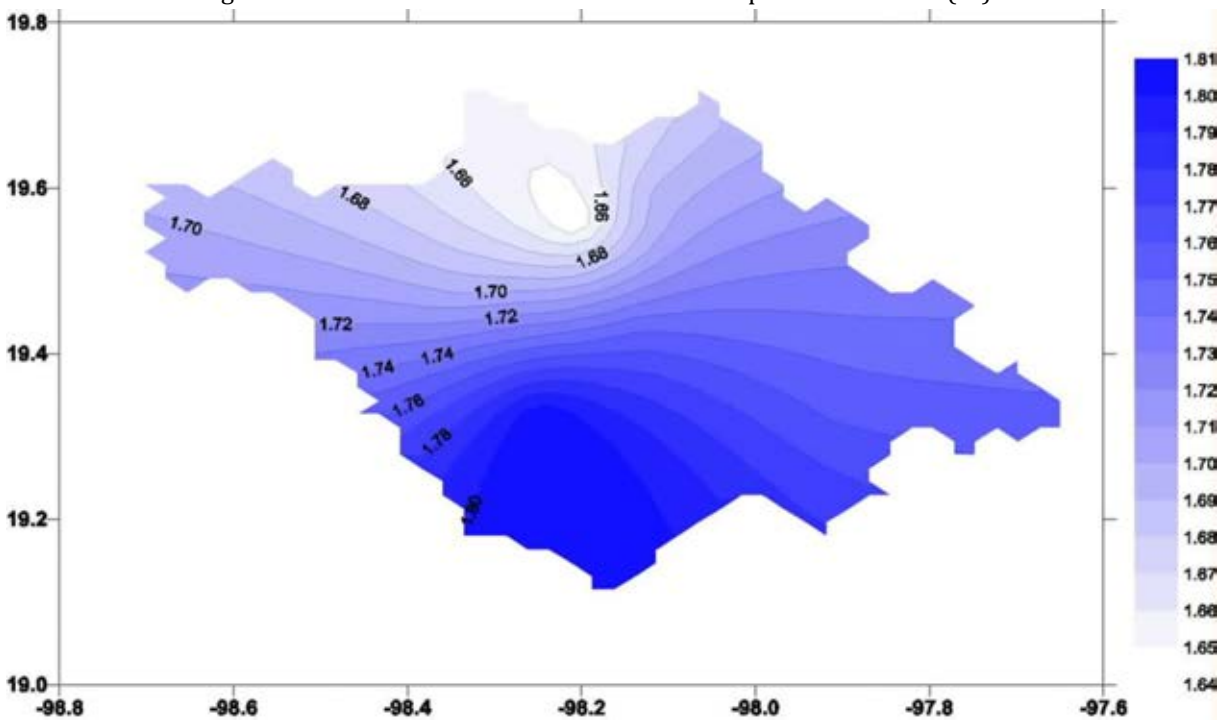


Figura 104. Escenario A1B C75 Anomalía de temperatura mínima (°C)

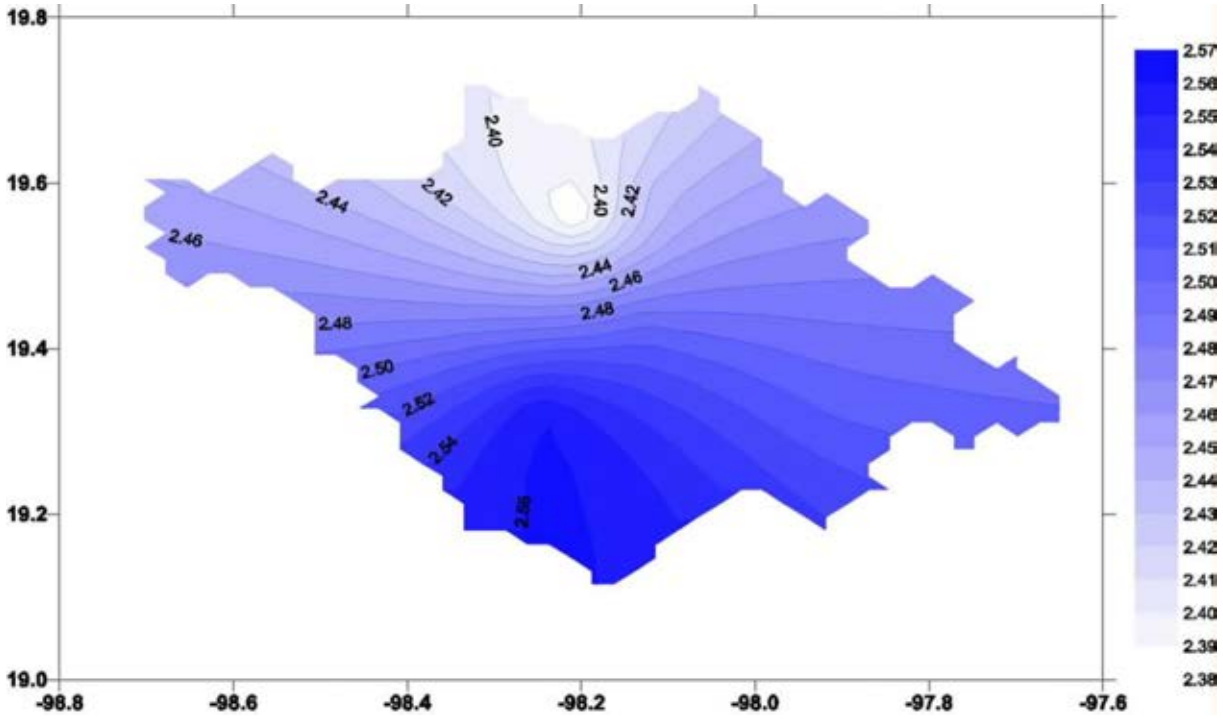
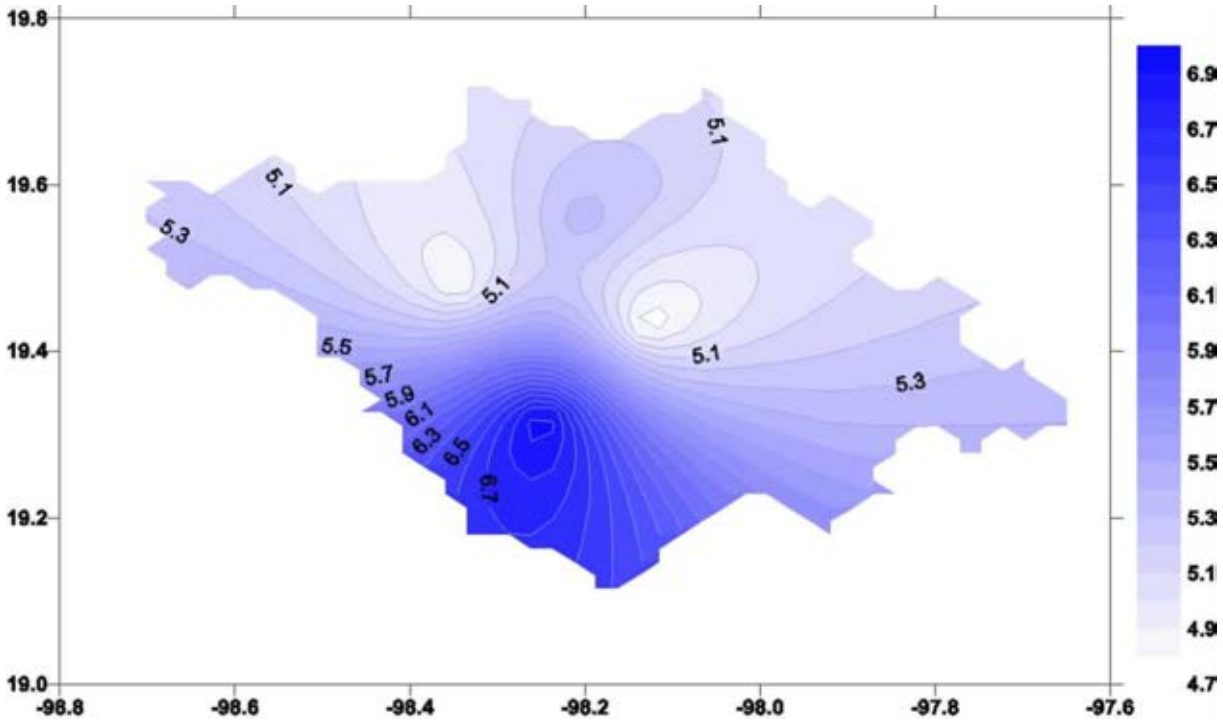


Figura 105. Temperatura mínima (°C), 1961-1990



En el Anexo B, se presentan los análisis a detalle de los resultados para las estaciones de Apizaco, Atlanga y Tlaxco.

Análisis complementario

Como se tiene la base de datos actualizada de las series de tiempo diarias de precipitación y temperaturas máxima y mínima. Se presentan en las Figuras 106-107, las climatologías de precipitación para los periodos 1961-1990, 30 años y 1991-2010, 20 años, de Apizaco, y esperamos identificar /evaluar si se tienen ya cambios "significativos" en los recientes 20 años.

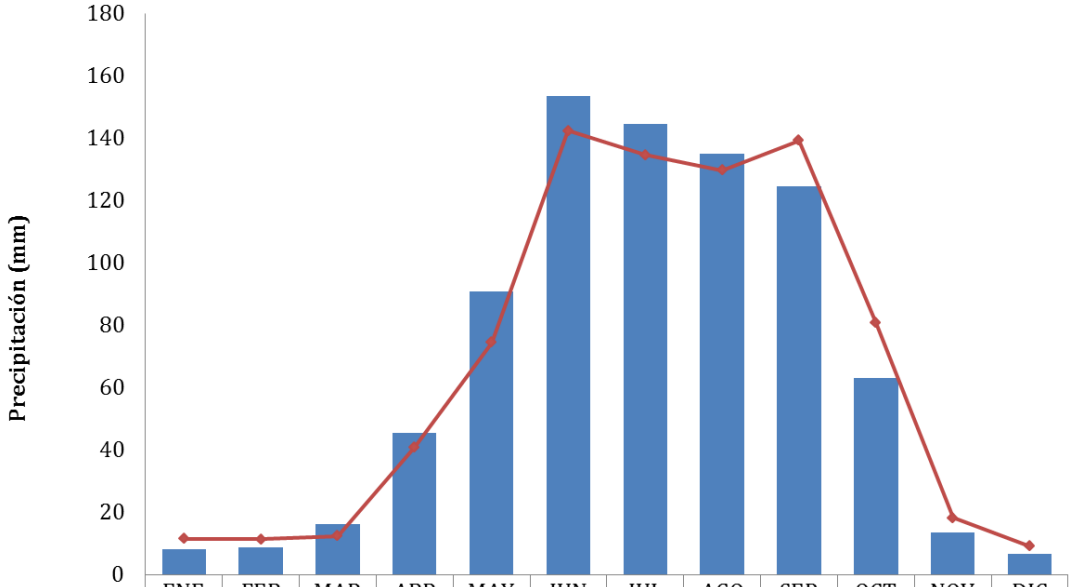
En el análisis debemos considerar la diferencia de 10 años más que tiene el periodo base del estudio. Se observa para las 20 años recientes un déficit de lluvia en primavera (**MAM**) de 25mm, en verano (**JJA**) de 26 mm y un incremento de ésta en otoño (**SON**) de 37 mm e invierno (**DEF**) de 8 mm. Así que tenemos un déficit anual de 6 mm.

La intensidad de la canícula es mayor, es decir, tenemos menos precipitación en los últimos veinte años, según esta climatología.

Se observa menos lluvia en primavera pero más en otoño, esto es muy importante para la actividad agrícola. Esta característica debe buscarse en los pronósticos anuales y, de presentarse, se debe "agronomizar" el pronóstico.

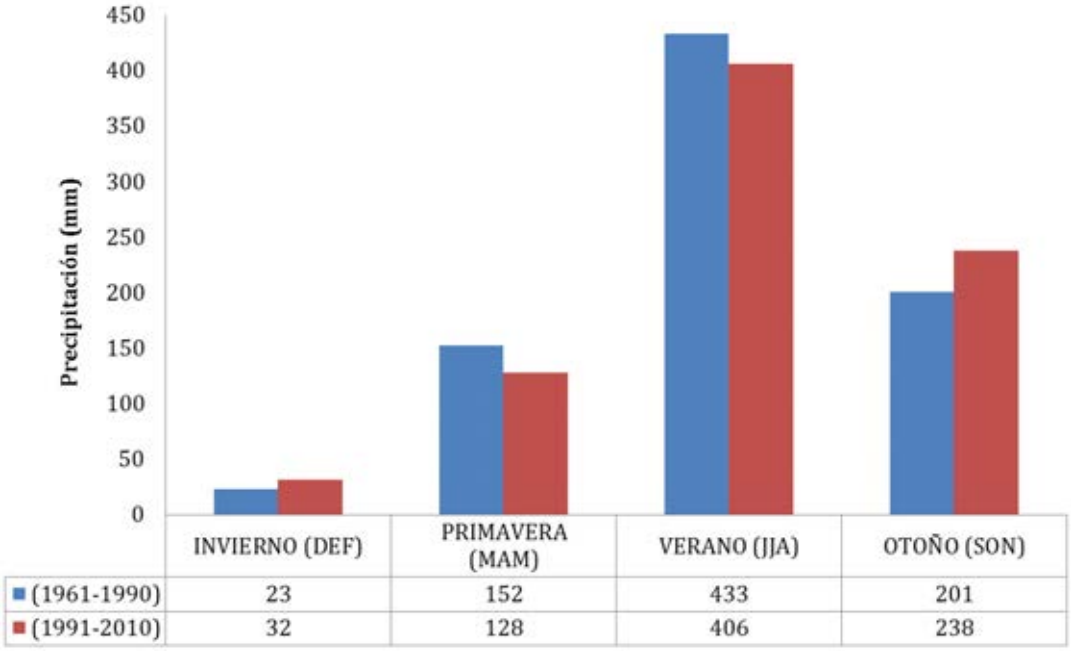
Los efectos identificados en los últimos 20 años, corresponden en gran medida a lo sugerido por los experimentos numéricos de cambio climático con el escenario **A2 B25**, esto confirma lo sugerido por el **IPCC** de usar el periodo base 1961-1990 para generar los escenarios de cambio climático y de esa forma no incluir tendencias identificadas en las recientes dos décadas en la estación de Apizaco.

Figura 106. Comparativo climatologías de precipitación mensual, Apizaco



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
(1961-1990)	8	9	16	45	91	153	145	135	125	63	13	6
(1991-2010)	11	11	12	41	74	142	135	130	139	81	18	9

Figura 107. Comparativo climatologías de precipitación estacional, Apizaco



Comparación de resultados 1: Estudio actual y el anterior 2007

El estudio anterior destaca: "Los mayores aumentos de temperatura se producirán en el periodo en que la temperatura es más alta, es decir entre los meses de abril y mayo", además: "la información proporcionada sobre escenarios de cambio climático para el estado de Tlaxcala indica que los aumentos de la temperatura, combinados con un déficit de precipitación pueden resultar tanto en una disminución de humedad en el suelo de entre 5 y 10% en los meses de primavera, como en un retraso de un mes en el establecimiento de un superávit de humedad en el suelo"

"se proyecta que en promedio disminuirán las lluvias de la región entre los meses de abril y mayo, así como a medio verano"

"La comparación de escenarios A2 con B2 muestra que el impacto de A2 es más severo que el de B2, por lo que la adaptación cobra importancia para este sector"

Todo esto con un escenario homogéneo para el estado de Tlaxcala, de acuerdo a los términos de referencia, entonces no se consideró a la variabilidad climática local la cual debe analizarse, dado que el estado de Tlaxcala presenta diversidad de relieve, topografía, uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura, entre otras variables que modifican a escala estatal la climatología, eliminando la posibilidad de identificar diferencias del impacto del cambio climático entre regiones, es decir, la existencia de un gradiente, como ahora podemos identificar, así que una fortaleza del estudio actual es

la identificación de un impacto diferenciado.

Este estudio nos permite identificar el mayor incremento de la temperatura a mediados del verano, además de una disminución de la lluvia.

Comparación de resultados 2: Estudio actual y Estado de Puebla 2010

La metodología utilizada por el grupo de trabajo del estado de Puebla, permite identificar un Gradiente, sobre toda la superficie que conforma el estado de Puebla, con la dirección este-oeste, páginas 39-45, es decir, un mayor déficit de precipitación en la parte oeste con respecto a la parte este del estado de Puebla, así que se infiere para Tlaxcala, todo esto gracias a que el estado de Puebla rodea a nuestro estado.

Ahora con los escenarios generados para Atlanga, Apizaco, Huamantla, Hueyotlipan, Tlaxcala Capital y Tlaxco obtenemos un mapa bi-dimensional de escenarios que nos permite identificar el impacto diferenciado del Cambio Climático en un estado con superficie relativamente pequeña.

Conclusiones

La generación de escenarios de cambio climático a escala regional, representada por las series de tiempo diarias de precipitación, temperaturas máximas y mínimas observadas en seis estaciones, considerando escalas mensual y estacional, mejoran los resultados previos en lo que respecta identificar un impacto diferenciado tanto en el espacio como en el tiempo.

Se observa la existencia de un gradiente en la dirección este-oeste, con un mayor déficit de precipitación en la parte oeste. Esto concuerda con la inferencia que puede hacerse con el estudio de cambio climático para el estado de Puebla.

Los resultados de la generación de escenarios de cambio climático, aplicando la técnica de reducción de escala, manifiestan clara ventaja sobre escenarios homogéneos, correspondiendo a la necesidad que tiene el estado de Tlaxcala de conocer “más en detalle” el posible impacto del cambio climático al tener una superficie muy compleja, ya que tiene lomeríos, valles, montañas, etc.

Otra consideración importante está en la forma de generar los escenarios del clima, se generaron considerando los forzantes locales en aquellas estaciones que cumplieron los requerimientos del **IPCC**, eliminando la limitación asociada a un escenario homogéneo para el estado, ya que el territorio estatal tiene montañas, sierras, lomeríos, valles, etc.

IV.8 Medidas de adaptación

En el Cuadro IV.18, se presentan las principales medidas de adaptación identificadas en el análisis del **PEACC** Tlaxcala.

Cuadro IV.18 Principales medidas de adaptación

Medida de Adaptación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Captura de agua pluvial en otoño-invierno, con una administración eficiente/orientada del recurso, para asegurar el inicio del ciclo agrícola en Mar-Abr-May	Construir bordos de tierra con capacidad suficiente para irrigar hectáreas destinadas a la producción agrícola estratégica	**CONAGUA SAGARPA SEFOA**	Municipios productores primarios, áreas de carencia de agua	Se requieren de 8,000 m^3 para los primeros tres meses del ciclo de producción de maíz en 100 ha con costo de un peso por litro de agua captada. Se necesita invertir 8 millones de pesos en obras de captura de agua	**SAGARPA SEFOA** Recurso Federal y Estatal
Incrementar la superficie agrícola mediante la recuperación de suelos erosionados	Construcción de bordos y zanjas, roturación	**SEFOA, SAGARPA**	Municipios de alta producción agrícola (Nanacamilpa, Calpulalpan, Huamantla, Altzayanca, Terrenate, Cuapiaxtla, Tlaxco)	Hasta $2,744.00/ha incluyendo asistencia técnica, inducción tecnológica y riesgo compartido, al primer año	Recurso Federal y Estatal Instituciones públicas del sector agrícola
Fortalecimiento y desarrollo de capacidades técnicas de los productores primarios para comercialización y autoconsumo	Desarrollo de capacidades productivas a campesinos	**SEFOA, SAGARPA**	Todo el estado	$5,500.00 por productor	Recurso Federal y Estatal Instituciones públicas del sector agrícola
Conservación, desarrollo de capacidades (prácticas de selección) de maíces criollos resistentes a la variabilidad climática	Desarrollo de capacidades	Centros de investigación **SAGARPA SEFOA**	Zonas agrícolas del Estado	$5,500.00 por productor	Recurso Federal y Estatal Instituciones públicas del sector agrícola, Instituciones Internacionales

Cuadro IV.18 Principales medidas de adaptación (continuación)

Medida de Adaptación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Construir obras de captación de agua (cisternas de ferrocemento, jagüeyes, tinas)	Captación de agua	**SEFOA SAGARPA**	Municipios eminente-mente rurales	$1.00/m³ de agua capturada	Recurso Federal y Estatal
Realizar obras de conservación de agua y suelo (zanjas derivadoras de agua, bordo, tinas ciegas)	Captación de agua	**SEFOA SAGARPA CONAFOR SEMARNAT**	Municipios eminente-mente rurales	$3,100.00/ha con asistencia técnica	Recurso Federal y Estatal Instituciones públicas del sector agrícola
Intensificación de las acciones relacionadas con el abasto de agua	Rehabilitación de plantas tratadoras de agua	**CEA CGE** Municipios	Todo el Estado, en específico donde se encuentran las plantas de tratamiento	$5.45/m³ de agua, incluye, abasto, suministro, desalojo y saneamiento	Recurso Federal y Estatal Instituciones públicas relacionadas con el manejo de agua, organizaciones de usuarios
Reforestación ó reconversión de zonas agrícolas a forestales	Incrementar el potencial productivo, evitar la erosión y azolve de cuerpos de agua	**CONAFOR CGE** Silvicultores	Municipios con actividades agrícolas y forestales y áreas de recarga de pozos de abastecimiento urbano	$3,100.00/ha de reforestación integral con asesoría técnica	Gobierno Federal y Estatal Instituciones públicas relacionadas con el manejo de recursos forestales y agrícolas, Empresas Socialmente Responsables

Cuadro IV.18 Principales medidas de adaptación (continuación)

Medida de Adaptación	Nombre de acción específica	Instancia ejecutora	Municipio /región	Cantidad de dinero aproximada	Potenciales fuentes de financiamiento
Pago por servicios ambientales hídricos en 62 mil ha	Evitar el cambio de uso de suelo, generar ingresos a los poseedores del bosque, asegurar la infiltración de agua, corresponsabilizar a los usuarios	**CONAFOR CGE**	Municipios forestales y áreas de recarga para zonas urbanas	$382.00/ha anual y $16 000.00/año por asistencia técnica (se ha calculado que el precio real por el servicio ambiental es de $1,800.00/ha)	Empresas, municipios, grupos de regantes, Fondos Internacionales
Impulsar programas de vivienda sustentable	Eficientar el uso de recursos naturales, disminuir su consumo	**INDUVIT SEDATU INFONAVIT**	Áreas rurales y urbanas	Hasta $5,000.00 por ecotecnologías	Instituciones públicas relacionadas con la construcción de vivienda, Fondos Internacionales

V. Normatividad

V. NORMATIVIDAD

V.I. Introducción

El cambio climático es uno de los principales problemas ambientales del siglo XXI, tal y como ha venido señalando las Naciones Unidas desde la reunión celebrada en Kioto en 1997. Según los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés) el clima de la Tierra ya ha sido alterado como resultado de la acumulación de **GEI** en la atmósfera. Como consecuencia de esto, la temperatura media del planeta se ha incrementado en 0.74°C en el último siglo y puede aumentar un rango entre 1.8°C y 6°C a finales del siglo XXI.

V.2 Marco Legal Internacional

México ratificó su participación en la Convención Marco en marzo de 1993 como un país en desarrollo perteneciente al No-Anexo 1, con lo cual asumió el compromiso de estimar e informar sus emisiones de **GEI** en sus Comunicaciones Nacionales, México ha cumplido este compromiso, sin embargo la realización de Inventarios Estatales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (**IEEGEI**) es beneficiosa, ya que permitirá cruzar la información con los inventarios nacionales de **GEI** que se han elaborado y por consecuencia disminuir la incertidumbre y mejorar la exactitud del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (**INEGEI**). Los inventarios más exactos permitirán a los diferentes niveles de gobierno, al sector privado y a la academia, identificar fuentes importantes de emisiones y sumideros de **GEI** con mayor confianza, y tomar así decisiones políticas mejor sustentadas con respecto a medidas de respuesta.

V.3 Marco Legal Nacional

Los **PEACC** están vinculados a las necesidades identificadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, en el Eje 4. Sustentabilidad Ambiental; 4.6 Cambio climático, mediante el objetivo 10: Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el objetivo 11 Impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático.

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 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 CO_2 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.

El **IEEGEI** se realiza conforme a la Estrategia Nacional de Cambio Climático de México que representa un marco referencial para la adopción de políticas, programas e instrumentos para mitigar las emisiones de **GEI** y adaptarse ante los efectos del cambio climático. La Estrategia establece bases de diagnóstico cuantitativo de emisiones de **GEI** y líneas de acción en sectores prioritarios. Así mismo, la Estrategia establece bases de diagnóstico y líneas de acción en el área de adaptación al cambio climático, apuntando a la gestión de riesgos hidrometeorológicos y manejo de recursos hídricos, conservación de la biodiversidad, reducción de la vulnerabilidad en los sectores agrícola, ganadero, y asentamientos humanos, e implicaciones en la generación y uso de la energía y la salud humana.

En la Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**CMNUCC**), se menciona que México comparte con el mundo la preocupación por el cambio climático global y reconoce la necesidad de participar en el esfuerzo por la mitigación, pero además ha tomado un rumbo definitivo en su trabajo de **adaptación**.

V.4 Marco Legal Estatal

En el Plan Estatal de Desarrollo Tlaxcala 2011-2016, dentro del cuarto eje del Plan "Protección Integral del Medio Ambiente y la Biodiversidad" se hace énfasis en acciones encaminadas a la mitigación de **GEI**. En este se plantea la necesidad de proteger el medio ambiente y la biodiversidad como una de las prioridades del desarrollo del estado. Se tiene la voluntad política de convertir a Tlaxcala en un estado verde, lo que implica preservar nuestros recursos naturales y enfrentar el cambio climático mediante la instrumentación de programas y acciones de adaptación y mitigación, para avanzar hacia el desarrollo sustentable desde una perspectiva transversal que considera trabajar simultáneamente en cinco dimensiones: la económica, la humana, la ambiental, la institucional y la tecnológica.

En la dimensión económica, más que la producción en sí misma, debemos evaluar los costos asociados a la contaminación; en la humana, se requiere reducir la pobreza, moderar el crecimiento demográfico y aumentar la formación de capital humano; en la ambiental, establecer un modelo de desarrollo para el uso de los recursos

naturales y de los ecosistemas hasta el límite de su capacidad de regeneración; en la institucional, avanzar en la descentralización y en la participación ciudadana, y en la tecnológica adoptar el uso de tecnologías más eficientes y limpias en los sectores productivos.

Para tener un estado limpio, con conciencia ecológica y prevenir la contaminación, se requiere fomentar el uso de energías alternativas, la innovación del equipo y maquinaria en las fábricas, de nuevos métodos y técnicas en la agricultura, la acuacultura o la ganadería, incorporando tecnologías limpias que pueden resultar onerosas en algunos casos, pero siempre serán menos caras que destruir el capital natural de Tlaxcala.

El proceso requiere de una conducción política y nuevas instituciones para su administración. Por ello, se evaluará la conveniencia de renovar la legislación local en la materia y la modernización de las instancias responsables de regular aspectos como el manejo de residuos sólidos, el control de emisiones atmosféricas, el tratamiento de aguas residuales, la ubicación de los asentamientos humanos, la promoción de la reforestación, el uso de las reservas hidrológicas y otras actividades de carácter preventivo, así como de una autoridad con facultades para investigar y sancionar las violaciones de las normas.

Por otra parte, considera que la problemática del medio ambiente tiene una dimensión regional, por lo que es necesario llegar a convenios y acuerdos con los gobiernos federal y de las entidades vecinas a fin de abordarlos en forma conjunta, compartiendo costos en forma proporcional para programas y acciones. La participación ciudadana y de los agentes económicos en la preservación del capital natural del estado es indispensable, dado que la sociedad puede hacer aportaciones fundamentales a las tareas de protección ecológica, sin costos institucionales y con beneficios sociales.

Las políticas de mitigación estarán orientadas a contribuir a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, actuando en diferentes campos, tales como, un uso eficiente de la energía generada con combustibles fósiles y sustituyéndola, en la medida de lo posible, con energías alternativas, la modernización de la industria, la conservación y renovación de los bosques, la tecnificación de la actividad agropecuaria y otras fuentes que están propiciando el cambio climático a nivel internacional y afectando, sin distinción,

Las políticas de mitigación estarán orientadas a contribuir a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, actuando en diferentes campos, tales como, un uso eficiente de la energía generada con

combustibles fósiles y sustituyéndola, en la medida de lo posible, con energías alternativas, la modernización de la industria, la conservación y renovación de los bosques, la tecnificación de la actividad agropecuaria y otras fuentes que están propiciando el cambio climático a nivel internacional y afectando, sin distinción, la vida en todos los países.

En la línea de acción 1.3.2, se menciona: Desarrollar el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala en línea con los requisitos federales, adaptado a la realidad del estado y elaborar los Planes Estatales de Mitigación y Adaptación que concreticen la aplicación del Programa Estatal de Acción en el corto, mediano y largo plazo.

En la línea de acción 1.3.3, se menciona: En coordinación con el gobierno federal, integrar y actualizar el Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

En las líneas de acción, 1.3.1, 1.3.5, 1.3.7, 1.3.8, 1.3.9 a 1.3.16, 1.3.26 a 1.3.31, 1.41 a 1.4.6, se mencionan medidas de mitigación principalmente, cabe destacar la importancia que tendrá el Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero dentro del **PEACC** Tlaxcala, ya que permitirá identificar las fuentes clave de emisión, y se podrá complementar con las opciones de mitigación que se plantean en el Plan Estatal de Desarrollo y facilitará la toma de decisiones de aquellas medidas de mitigación que realmente impactarán en el estado.

V.5 Revisión del Marco Legal

Se revisaron los marcos legales de otros estados y la recién publicada Ley General de Cambio Climático, con lo que se integró una propuesta de Ley Estatal de Cambio Climático, que en su momento daremos a conocer, para poder incorporar al grupo de especialistas en su discusión y seguimiento.

LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Expedida en Junio 2012, entró en vigor en Octubre 2012. Asegura la continuidad de los esfuerzos de mitigación y adaptación, crea nuevos arreglos institucionales y clarifica atribuciones de los diversos órdenes de gobierno y entre dependencias

Art. 5º. La Federación, las entidades federativas, el Distrito Federal y los municipios ejercerán sus atribuciones para la mitigación y adaptación al cambio climático, de conformidad con la distribución de competencias previstas en esta ley y en los demás ordenamientos aplicables.

Art. 7º. Son atribuciones de la federación:

XIV. Formular y adoptar metodologías y criterios, expedir las disposiciones jurídicas que se requieran para la elaboración, actualización y publicación del inventario y en su caso los inventarios estatales; así como requerir la información necesaria para su integración a los responsables de las siguientes categorías de fuentes emisoras:

a) Generación y uso de energía;

b) Transporte;

c) Agricultura, ganadería, bosque y otros usos de suelo;

d) Residuos;

e) Procesos industriales, y

f) Otras, determinadas por las instancias internacionales o las autoridades competentes

Art. 8º. Corresponde a las entidades federativas las siguientes atribuciones:

I. Formular, conducir y evaluar la política estatal en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional;…

IV. Elaborar e instrumentar su programa en materia de cambio climático, promoviendo la participación social, escuchando y atendiendo a los sectores público, privado y sociedad en general;…

V. Elaborar e integrar, en colaboración con el **INECC**, la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción, para su incorporación al Inventario Nacional de Emisiones y en su caso, integrar el inventario estatal de emisiones, conforme a los criterios e indicadores elaborados por la federación en la materia.

TLAXCALA

LEY DE ECOLOGÍA Y DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE DEL ESTADO DE TLAXCALA

Artículo 1. …tiene por objeto:

V. Establecer la protección de las áreas naturales de jurisdicción local y el aprovechamiento racional de sus elementos naturales.

VI. Establecer las normas para la prevención y restauración de la calidad ambiental en materia de jurisdicción local;

VII. Prevenir los impactos ambientales. …

DISPOSICIONES APLICABLES AL CAMBIO CLIMÁTICO

Titulo Cuarto

CAPITULO I

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DE LA ATMOSFERA

Art. 23. El ejecutivo Estatal, a través de la Coordinación y con la intervención de las Dependencias correspondientes, establecerá y aplicará medidas de prevención y control de la contaminación a la atmósfera, originada por ruido, humos, polvos, vapores y gases, que puedan dañar al ambiente o la salud de seres humanos, animales o plantas, asimismo establecerá el sistema de medición y evaluación de la calidad del aire, así como el inventario de las fuentes fijas sin menoscabo de las facultades de las demás autoridades en la materia.

Art. 24. La Coordinación, aplicará las medidas preventivas y correctivas conjuntamente con las demás autoridades en la materia, para evitar contingencias ambientales por la contaminación de la atmósfera.

Art. 25. En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por la industria y prestadores de servicios, la Coordinación:

I. Establecerá medidas correctivas y preventivas para reducir las emisiones contaminantes de la atmósfera.

II. Aplicar los criterios y normas técnicas para la protección a la atmósfera.

III. Requerir, en su caso, la instalación de equipos o sistemas de control de emisiones contaminantes.

Art. 26. Las personas físicas o morales que tengan fuentes emisoras de contaminantes que rebasen los límites permisibles, tendrá la obligación de:

I. Instalar equipos o sistemas de control de emisiones.

II. Realizar la medición periódica de sus emisiones a la atmósfera e informarlo a la autoridad competente.

III. Permitir y facilitar a la autoridad competente, la verificación de la medición de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

IV. Proporcionar la información que la autoridad le requiera.

Art. 27. En materia de prevención y control de la contaminación a la atmósfera producida por vehículos automotores, la Coordinación, en forma conjunta con las autoridades competentes de los sectores de salud, transporte y Dirección de Vialidad y seguridad Pública del Estado.

I. Establecerá medidas preventivas y correctivas para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera.

II. Regulará el establecimiento y operación de sistemas de verificación de emisiones de vehículos automotores en circulación.

III. Exigirá a los propietarios o poseedores de vehículos automotores el cumplimiento de las medidas de control dispuestas y, en su caso, retirará de la circulación aquellos vehículos que no acaten la normatividad.

IV. Promoverá el mejoramiento de los sistemas de transporte y realizará toda clase de medidas para disminuir las emisiones de contaminantes.

Art. 28. Todos los propietarios y poseedores de los vehículos automotores deberán:

I. Realizar el mantenimiento de las unidades y observar los límites permisibles de emisiones señalados en la normatividad aplicable.

II. Verificar periódicamente las emisiones de contaminantes a la atmósfera, de acuerdo con los programas, mecanismos y disposiciones establecidos.

III. Observar las medidas y restricciones que las autoridades competentes dicten para prevenir y controlar emergencias y contingencias ambientales.

IV. Acatar las demás disposiciones que las autoridades dicten con el propósito de proteger y salvaguardar el ambiente.

Art. 29. Las emisiones a la atmósfera provocadas por erupciones volcánicas, incendios forestales, tolvaneras y otros siniestros, será objeto de programas de emergencias y contingencias ambientales, los que se aplicarán conjuntamente con las autoridades competentes.

CAPITULO IV

PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN VISUAL Y LA GENERADA POR RUIDO, VIBRACIONES, ENERGÍA TÉRMICA Y LUMÍNICA; VAPORES, GASES Y OLORES.

Art. 38. Corresponde a la Coordinación, establecer las disposiciones reglamentarias y las medidas necesarias para evitar la generación de contaminación por ruido, vibraciones, energía térmica, energía lumínica, olores y contaminación visual. Esta disposición será también aplicable a la contaminación visual, entendiéndose por ésta el exceso de obras, anuncios, objetos inmóviles, cuya cantidad o disposición crea imágenes discordantes o que obstaculiza la belleza de los escenarios naturales.

Art. 39. A fin de exigir el cumplimiento de las disposiciones en la materia, las Comisiones Municipales de Ecología, auxiliarán a la Coordinación, en las acciones de inspección y vigilancia, dentro de sus respectivas jurisdicciones.

Art. 40. En la construcción de obras o instalaciones, o en la realización de actividades que generen ruido, vibraciones, energía térmica, energía lumínica y olores, deberán llevarse a cabo las acciones preventivas y, en su caso aplicarse las sanciones correspondientes para evitar los efectos nocivos de tales contaminantes de conformidad con la normatividad respectiva.

Art. 41. Cuando las emisiones de tales contaminantes provengan de zonas o fuentes de jurisdicción Federal, se estará a lo dispuesto por la Ley General y sus Reglamentos. Estará a cargo de los Ayuntamientos la prevención y control de la contaminación visual que se genere en zonas o por fuentes de jurisdicción Municipal.

CAPITULO V

PREVENCIÓN Y CONTROL DE EMERGENCIAS ECOLÓGICAS Y CONTINGENCIAS AMBIENTALES

Art. 42. Corresponde al Gobierno del Estado la adopción de medidas necesarias para prevenir y controlar emergencias ecológicas y contingencias ambientales, cuando la magnitud o gravedad de los desequilibrios ecológicos o daños al ambiente no rebasen el territorio de la entidad, o no hagan necesaria la acción exclusiva de la Federación o de un Municipio.

La competencia de las Comisiones, se circunscribirá a los casos en que la magnitud o gravedad de los desequilibrios ecológicos o daños al ambiente no rebasen su ámbito territorial.

En todo caso deberá procurar que las acciones se desarrollen en forma coordinada entre los diferentes niveles de Gobierno.

Cuando la acción sea exclusiva de la Federación se promoverá y apoyará la acción de ésta.

Art. 43. Para el establecimiento de estas medidas, la Coordinación realizará estudios a fin de determinar una posible emergencia ecológica o contingencia ambiental, así como las zonas de su probable incidencia.

Art. 44. La Coordinación, elaborará los programas que se requieran en los que se contengan:

I. Las medidas que se deban adoptar y los procedimientos para llevarlas a cabo.

II. La propuesta de las autoridades que deban participar.

III. Los sectores sociales, cuya participación se estime indispensable para asegurar el fin perseguido.

IV. Los acuerdos o convenios de coordinación que pudiesen resultar necesarios.

Art. 45. Los programas se someterán a la consideración del organismo estatal de ecología, a fin de que en su seno se acuerde lo conducente, con la participación de las Comisiones Municipales de Ecología, en cuya jurisdicción se vayan a desarrollar.

Art. 46. La Coordinación deberá evaluar anualmente el funcionamiento de estos programas, proponiendo en su caso, las actualizaciones que estime necesarias.

Art. 47. Si de los estudios resultara la competencia Federal o Municipal, la Coordinación lo comunicará a la autoridad competente.

Art. 48. Corresponde a los Ayuntamientos, por medio de las Comisiones Municipales de Ecología:

I. Con base en la comunicación que la Coordinación le haga, conforme lo previsto por el Artículo 42 del presente ordenamiento, proporcionar a la misma la información y apoyo que requiera para la realización de los estudios.

II. Elaborar los programas que resulten, cumpliendo las condiciones a que se refiere el Artículo 38 de ésta Ley.

III. Derogada.

IV. Evaluar anualmente los programas a fin de verificar su funcionamiento y en su caso, proponer las medidas conducentes.

V. Participar en las sesiones del sub-comité de ecología y protección al ambiente y de la Coordinación de Ecología en las que se consideren programas con aplicación en su territorio.

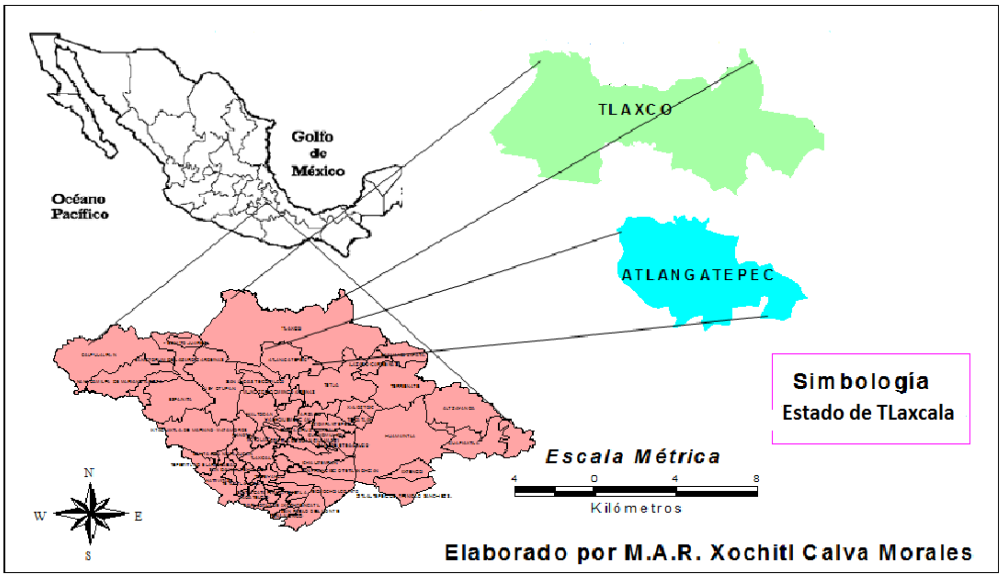
En base a lo anterior: el proponer una iniciativa de Ley Estatal de Cambio Climático del Estado de Tlaxcala, tiene una estimación aproximada de $2 millones de pesos.

Anexo A

ANEXO A

Se presentan los análisis más detallados por cada estación meteorológica. En la Figura 1, se muestra la ubicación de los municipios de Atlangatepec y Tlaxco, al norte del estado de Tlaxcala, las estaciones climatológicas están a una distancia de 9 km, de acuerdo a una estimación con **Google**. El **verde** de Tlaxco es por tener Bosque y es donde "nace" el Río Zahuapan y **azul** para Atlanga por tener un cuerpo de agua, una presa, escribimos Atlanga para referirnos a la estación climatológica y Atlangatepec al Municipio.

Figura 1. República Mexicana, Estado de Tlaxcala y dos Municipios

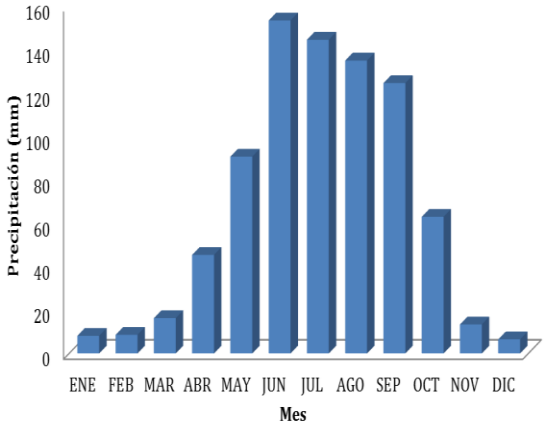


Tlaxcala es el estado más pequeño de la República Mexicana, cuenta con 60 municipios que suman 3,914 km^2, tienen una población de 1,169,936 habitantes y de ésta, sólo el 2,765 es indígena, (**INEGI**, 2010).

En las Figuras 2-5, Figuras 6-9 y Figuras 10-13 se presentan los comportamientos de los climas "locales" para el periodo base 1961-1990, de Apizaco, Atlanga y Tlaxco respectivamente, de acuerdo a la Organización Meteorológica Mundial (**OMM**), que nos permitirán hacer el comparativo con los escenarios proyectados y el periodo 1991-2010.

CLIMA DE APIZACO (1961-1990)

Figura 2. Distribución mensual de la climatología de precipitación



Queda de manifiesto que la variabilidad mensual de la precipitación media, representativa del periodo de 30 años, genera información muy importante complementaria a la estacional.

Figura 3. Distribución estacional de la climatología de precipitación

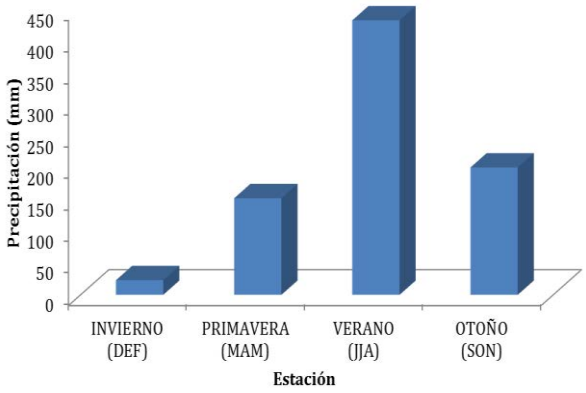


Figura 4. Distribución mensual de la climatología de temperaturas

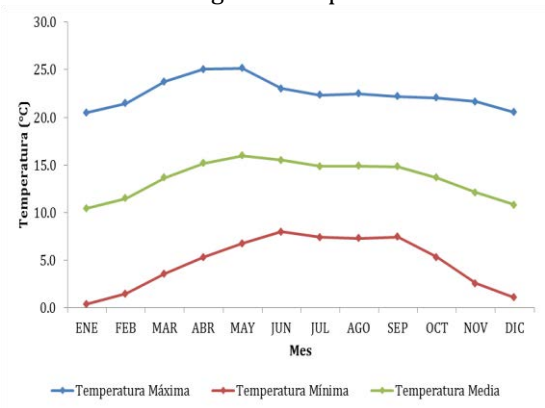
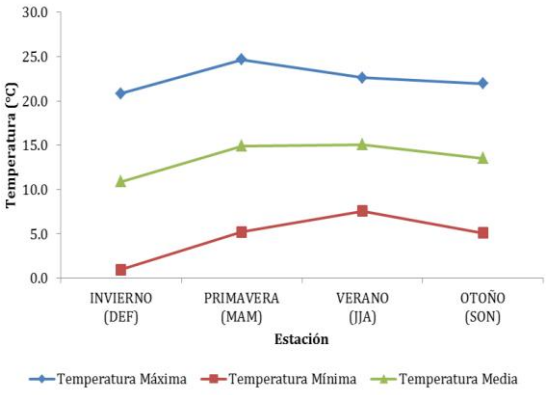


Figura 5. Distribución estacional de la climatología de temperatura



CLIMA DE ATLANGA (1961-1990)

La estación de Atlanga tiene una presa que termo regula la variabilidad registrada, se incluye para compararla: Apizaco que, generalmente registra viento, pues está en una parte relativamente alta y Tlaxco, cerca del cuerpo de agua.

Figura 6. Distribución mensual de la climatología de precipitación

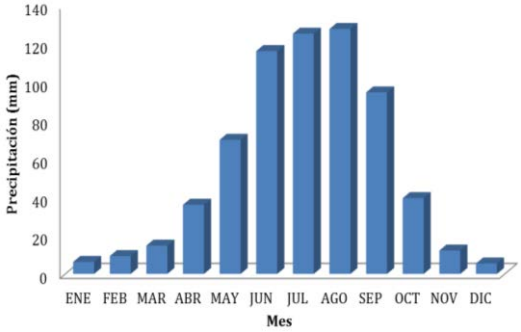


Figura 7. Distribución estacional de la climatología de precipitación

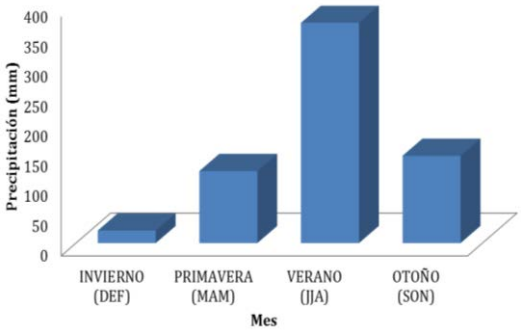


Figura 8. Distribución mensual de la climatología de temperatura

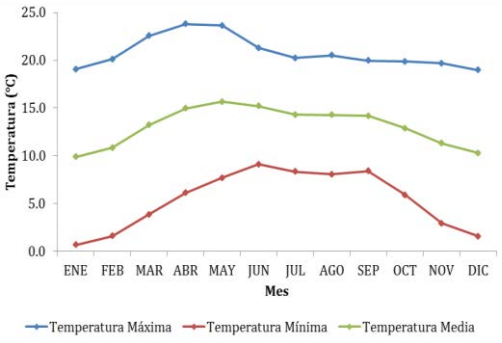
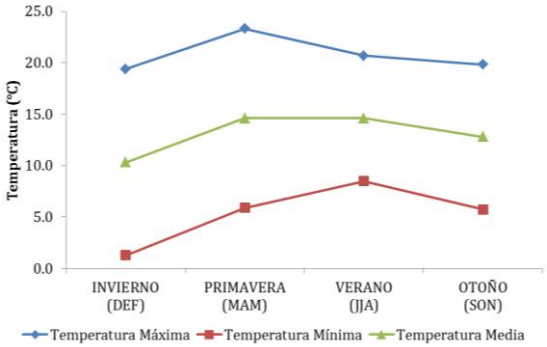


Figura 9. Distribución estacional de la climatología de temperaturas



A una distancia relativamente corta de la estación de Atlanga, se encuentra la estación climatológica de Tlaxco, así que resulta interesante comparar ambos comportamientos, por tener un cuerpo de agua Atlanga y no en Tlaxco.

CLIMA DE TLAXCO (1961-1990)

Figura 10. Distribución mensual de la climatología de precipitación

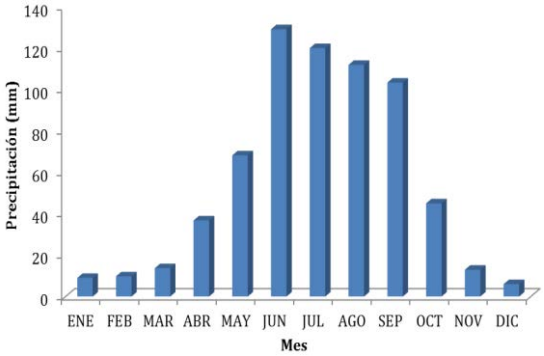


Figura 11. Distribución estacional de la climatología de precipitación

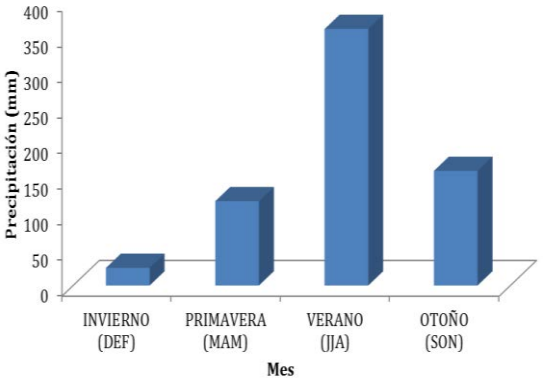


Figura 12. Distribución mensual de la climatología de temperaturas

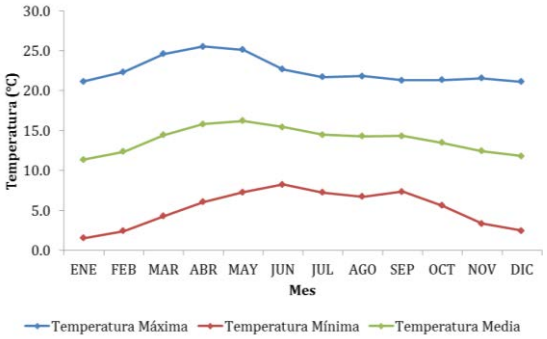
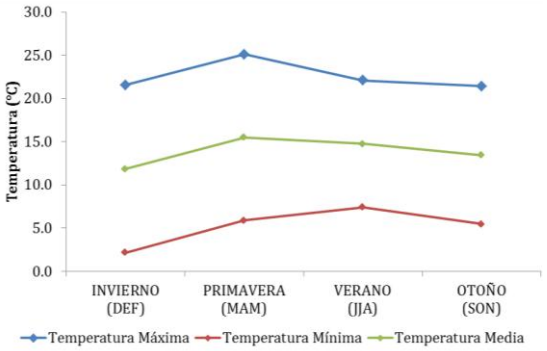


Figura 13. Distribución mensual de la climatología de temperaturas



Al analizar el comportamiento de la distribución mensual de la precipitación, desde un punto de vista climático para el periodo base 1961-1990, según la **OMM**, y comparando las Figuras 2, 6 y 10, se observan comportamientos similares en Apizaco y Tlaxco, sobre saliendo el decremento lineal de la precipitación de Junio a Septiembre, de acuerdo a los parámetros dinámicos como tiempo de retardo, dimensión (**Peña**, 2012).

Mientras que la distribución de la precipitación mensual en Atlanga tiene un comportamiento diferente, debido al efecto del cuerpo de agua como termorregulador de la variabilidad de los registros de temperatura,

reflejándose en la caracterización dinámica de éstos (**Peña**, 2012).

Mientras que a escala estacional tienen el mismo comportamiento, Figuras 3, 7 y 11, para Apizaco, Atlanga y Tlaxco, respectivamente, excepto los valores máximos relativos, presentándose los máximos en precipitación en verano con 433 mm, 369 mm y 345 mm, respectivamente.

Con respecto al comportamiento de la temperatura media mensual para Apizaco, Atlanga y Tlaxco, Figuras 4, 8 y 12, respectivamente. En el caso de la temperatura máxima media mensual, línea azul, presentan un comportamiento similar en las tres estaciones alcanzando un máximo en Abril y Mayo, y luego presenta un decrecimiento paulatino hasta diciembre. Para el caso del comportamiento de la temperatura mínima, línea roja, Figuras 5, 9 y 13, se puede identificar la distribución del sol, excepto para Julio-Agosto, donde registran en las tres estaciones el efecto de la canícula, que en este caso podríamos llamarle "canícula térmica" (**Carrasco**, 2009; **García**, 2009).

A escala estacional, el comportamiento de la temperatura máxima media sigue la marcha solar, sobre saliendo un "déficit" de temperatura en pleno verano. En el caso de la temperatura mínima sigue la distribución solar.

Presentamos los resultados para las estaciones de Atlanga y Tlaxco, bajo el formato que se realizó para la estación de Apizaco, para los escenarios de cambio climático.

Anexo B

ANEXO B

A continuación se presenta el análisis numérico de los escenarios de precipitación, para Apizaco, Atlanga y Tlaxco.

Precipitación mensual Apizaco

Se ilustran tres barras representando tres diferentes escalas de tiempo, rojo para el caso del escenario **A2 B25**, verde para **A2 B50** y morada para **A2 B75**. Cabe recordar que la interpretación **B25** corresponde un escenario **A2** válido para la década 2020-2030, así sucesivamente para los otros dos casos.

Para el caso del escenario **A1B C25**, **A1B C50** y **A1B C75**, se interpreta de igual forma el rango de validez.

En la Figura 1 se presenta el escenario de precipitación mensual, para condiciones equivalentes a un crecimiento como el actual, sin tomar medida alguna que pudiese reducir la emisión de **GEI**.

A nivel individual vemos que marzo presenta la menor variabilidad, pero para 75 años se tendría una disminución de la precipitación. Sumando las anomalías de los tres primeros meses, para los tres rangos, 25, 50 y 75, se tendría una anomalía negativa relativamente pequeña, en el primer caso sería -1 mm, -2 mm y -3 mm, respectivamente.

Para abril, mayo y junio se espera anomalías positivas excepto para junio en el caso de 75 años. Por otro lado, para julio, agosto y septiembre se esperan anomalías negativas, de mayor amplitud, que los tres anteriores meses.

Para el caso del escenario **A1B**, están representados en la Figura 2. Observándose que los tres primeros meses no habrá cambios significativos en la precipitación, sin embargo, aunque hay variabilidad a partir de abril se tendrá un balance positivo anual, como debería esperarse pues se han tomado medidas contra la emisión de gases invernadero principalmente.

Algo peculiar que se observa es el cambio de signo de anomalía para agosto, mientras que el escenario **A2** era negativa con el escenario **A1B** es positiva la anomalía. Los balances positivos anuales serían para **C25** de 36 mm, 41 mm para **C50** y 26 mm para **C75**. A pesar que las amplitudes de cambio son mayores, como puede observarse en los valores para septiembre.

Figura 1. Distribución mensual de precipitación, Escenario A2

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	2	-3	0	5	13	8	-12	-9	-22	-9	11	9
ESC A2 B50	2	-3	-1	5	13	4	-13	-7	-21	-7	10	9
ESC A2 B75	2	-3	-2	2	7	-2	-14	-8	-20	-7	11	8

Figura 2. Distribución mensual de precipitación, Escenario A1B

Precipitación Estacional Apizaco

Los escenarios para precipitación estacional, generados para **A2**, se presentan en la Figura 3. Se observan anomalías positivas para invierno y primavera, en los tres periodos **B25**, **B50** y **B75**, sin embargo, verano y otoño presentan anomalías negativas con una amplitud relativamente mayor, generando un déficit de precipitación anual de -8.0 mm para **B25**, -13 mm para **B50** y -27 para **B75**.

Por otro lado los escenarios de la precipitación acumulada en forma estacional para **A1B**, Figura 4, solo presentan en otoño anomalías negativas para los tres rangos de tiempo. Pero las tres anomalías positivas para invierno, primavera y verano generan un balance anual positivo de más 36 mm para **C25**, 41 mm para **C50** y 26 mm **C75**. Cabe destacar que el propiciar un desarrollo incluyendo un balance entre las diferentes fuentes energéticas genera condiciones favorables para la lluvia de verano, caso contrario para el escenario **A2**, así como mayor precipitación en invierno y primavera.

Figura 3. Distribución estacional de precipitación, Escenario A2

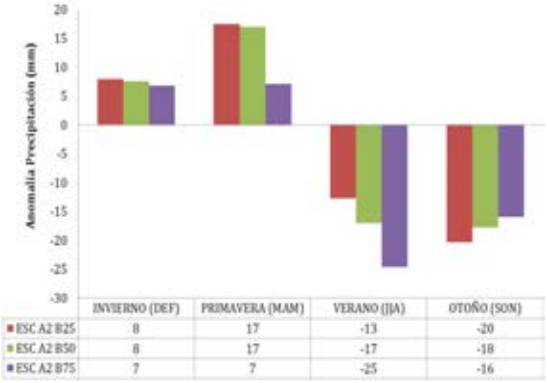
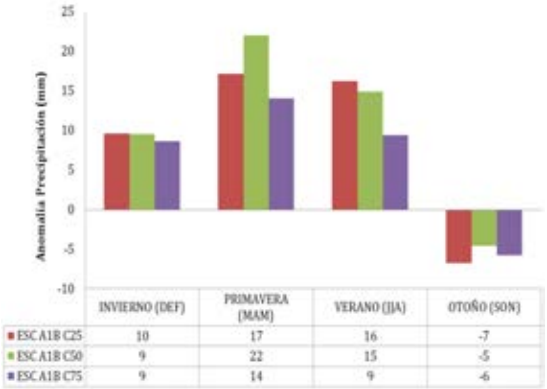


Figura 4. Distribución estacional de precipitación, Escenario A1B



Temperaturas máximas mensuales Apizaco

Figura 5. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A2

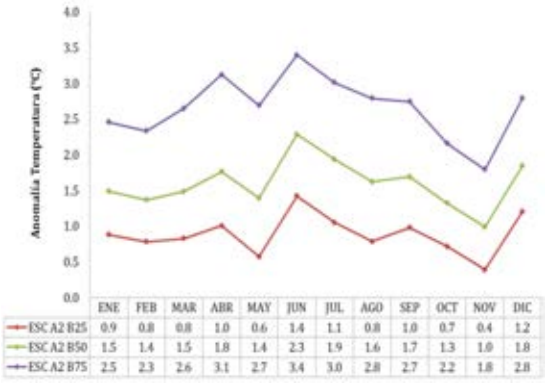
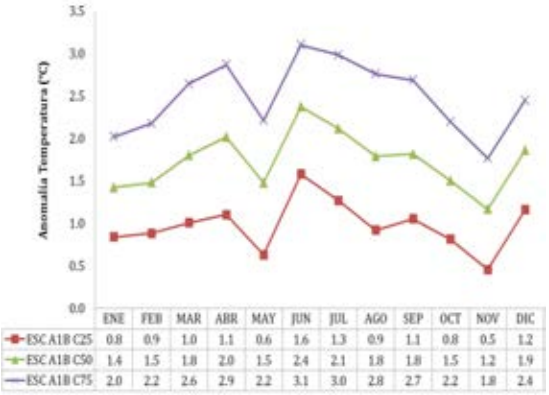


Figura 6. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A1B



Temperaturas máximas estacionales Apizaco

Figura 7. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A2

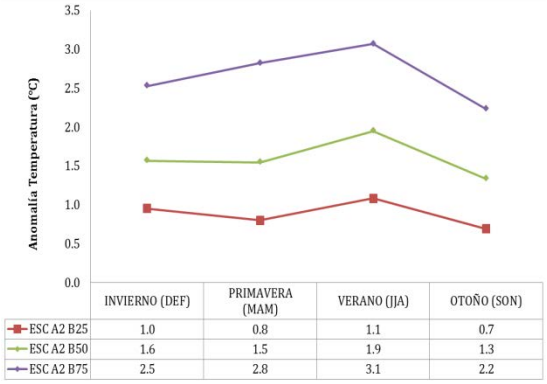
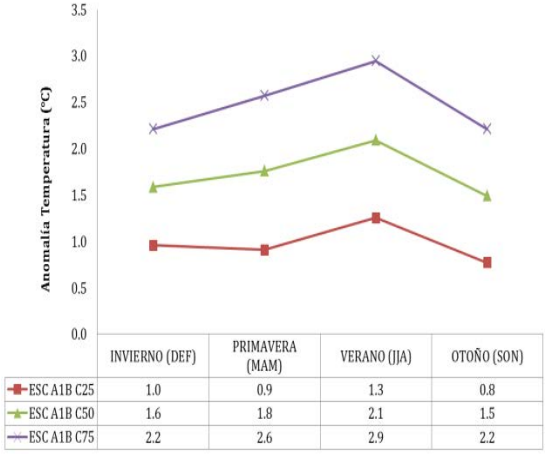


Figura 8. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A1B



Temperaturas mínimas mensuales Apizaco

Figura 9. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A2

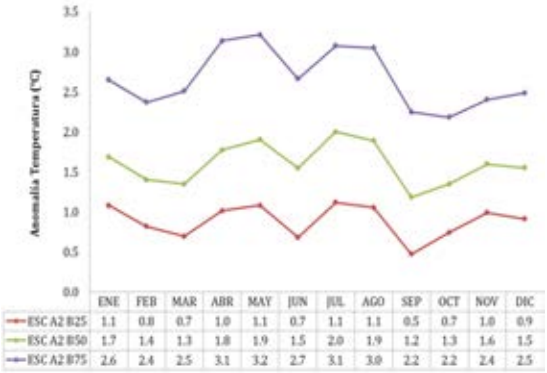
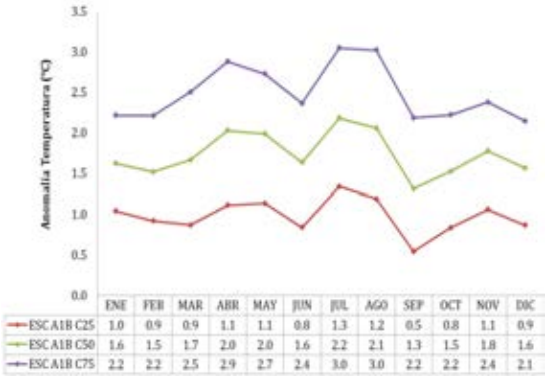


Figura 10. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A1B



Temperaturas mínimas estacionales Apizaco

Figura 11. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A2

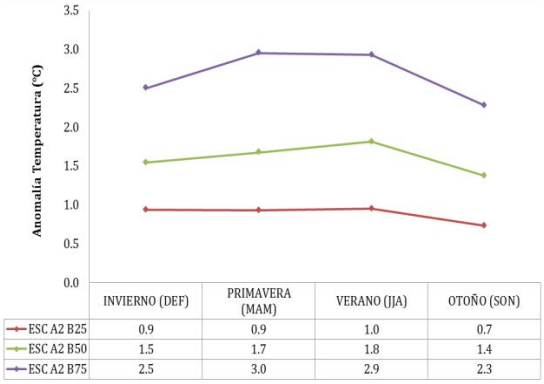
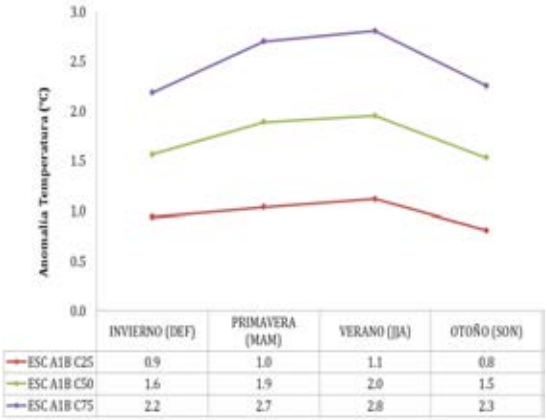


Figura 12. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A1B



Temperaturas medias mensuales Apizaco

Figura 13. Distribución mensual de temperatura media, Escenario A2

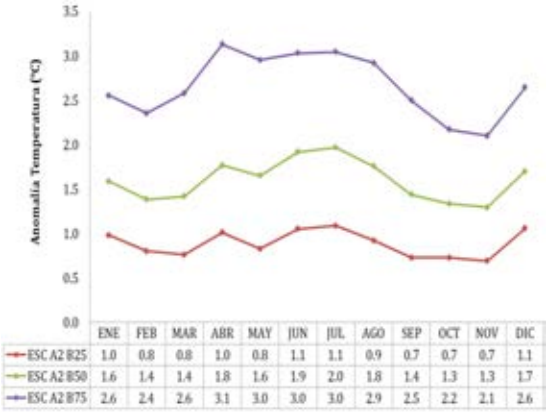
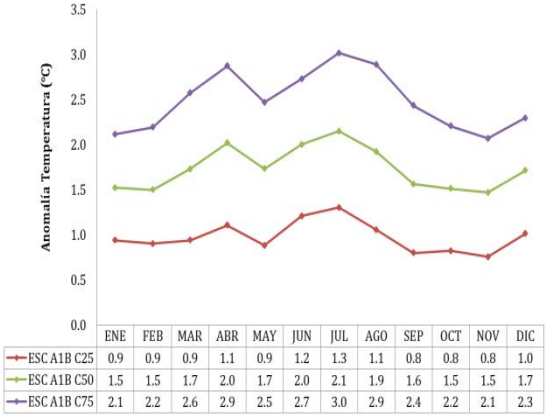


Figura 14. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B



Temperaturas medias estacionales Apizaco

Figura 15. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A2

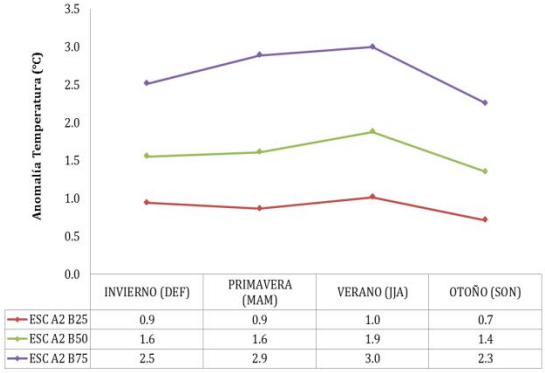
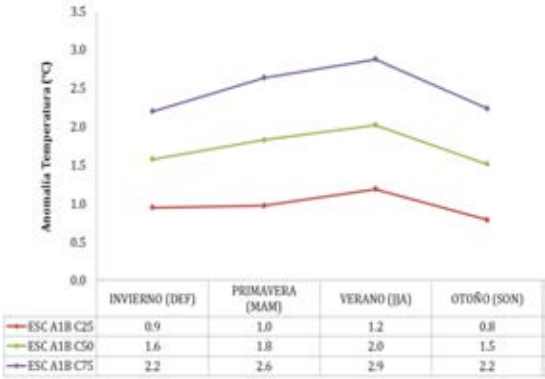


Figura 16. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B

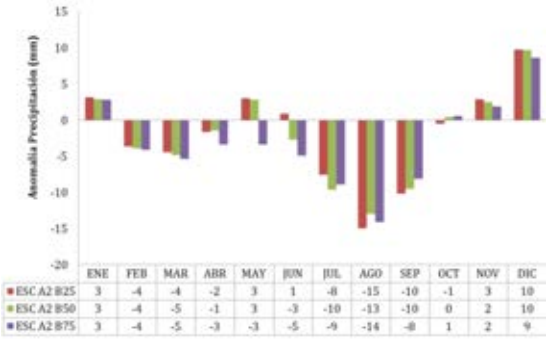


Los análisis de los resultados para las estaciones de Atlanga y Tlaxco se presentan a continuación, bajo el mismo formato que se consideró para la estación de Apizaco.

Precipitación mensual Atlanga

En la Figura 17, se presenta el escenario de precipitación mensual, para condiciones equivalente a un crecimiento como el actual, sin tomar medida alguna que pudiese reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Figura 17. Distribución mensual de precipitación Escenario A2



A nivel individual vemos que marzo presenta la menos variabilidad pero para 75 años se tendría una disminución de la precipitación. Sumando las anomalías de los tres primeros meses, para los tres rangos, 25, 50 y 75, se tendría una anomalía negativa relativamente pequeña, en el primer caso sería -1 mm, -2 mm y -3 mm, respectivamente.

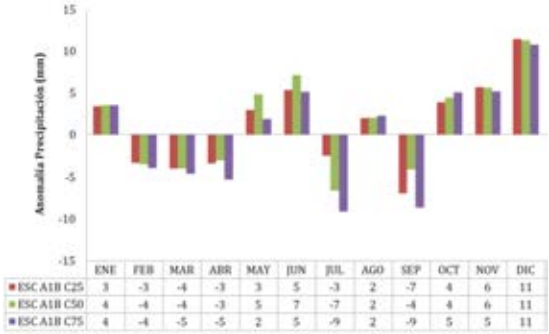
Para abril, mayo y junio se espera anomalías positivas excepto para junio en el caso de 75 años. Por otro lado, para julio, agosto y septiembre se esperan anomalías negativas, de mayor amplitud, que los tres anteriores meses. Para el caso del escenario **A1B**, están representados en la Figura 18.

Observándose que los tres primeros meses no habrá cambios significativos en la precipitación, sin embargo, aunque hay variabilidad a partir de abril se tendrá un balance positivo anual, como debería esperarse pues se han tomado medidas contra la emisión de gases invernadero principalmente.

Algo peculiar que se observa es el cambio de signo de anomalía para agosto, mientras que el escenario **A2** era negativa con el escenario **A1B** es positiva la anomalía. Generando condiciones más "favorables" para los productores de cebada que tienen pérdidas cuando se presenta una "canícula seca", que tiene que ver con la sequía relativa intraestival, aproximadamente del 15 de julio al 15 de agosto. Los balances positivos anuales serían para **C25** de 36 mm, 41 mm para **C50** y 26 mm para **C75**.

A pesar que las amplitudes de cambio son mayores, como puede observarse en los valores para septiembre.

Figura 18. Distribución mensual de precipitación Escenario A1B

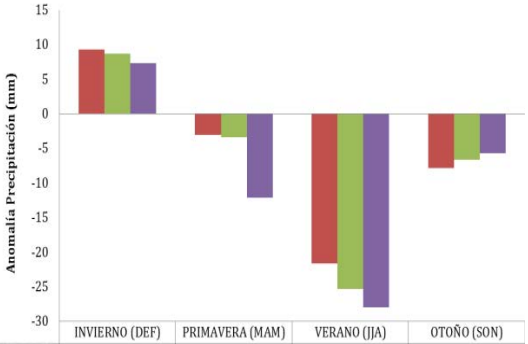


Precipitación Estacional Atlanga

Los escenarios para precipitación estacional, generados para **A2**, se presentan en la Figura 19. Se observan anomalías positivas para invierno y primavera, en los tres periodos **B25**, **B50** y **B75**, sin embargo, verano y otoño presentan anomalías negativas con una amplitud relativamente mayor, generando un déficit de precipitación anual de -8.0 mm para **B25**, -13 mm para **B50** y -27 para **B75**.

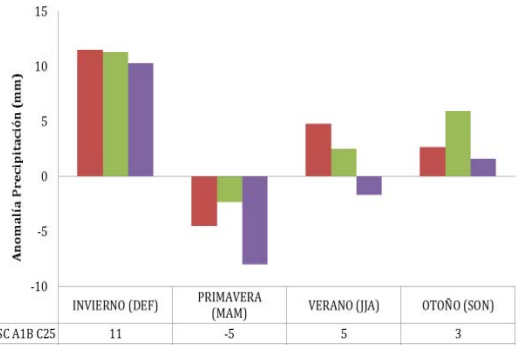
Por otro lado los escenarios de la precipitación acumulada en forma estacional para **A1B**, solo presentan en otoño anomalías negativas para los tres rangos de tiempo. Pero las tres anomalías positivas para invierno, primavera y verano generan un balance anual positivo de más 36 mm para **C25**, 41 mm para **C50** y 26 mm **C75**. Cabe destacar que el propiciar un desarrollo incluyendo un balance entre las diferentes fuentes energéticas genera condiciones favorables para la lluvia de verano, caso contrario para el escenario **A2**, así como mayor precipitación en invierno y primavera.

Figura 19. Distribución estacional de precipitación, Escenario A2



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A2 B25	9	-3	-22	-8
ESC A2 B50	9	-3	-25	-7
ESC A2 B75	7	-12	-28	-6

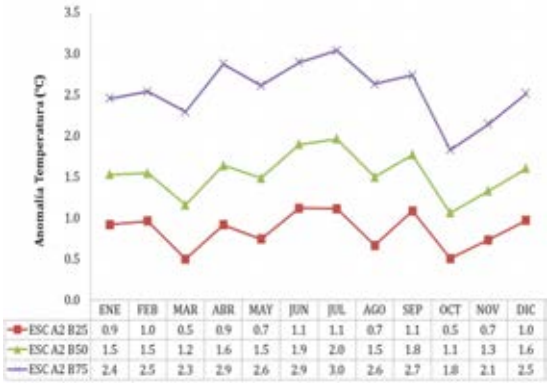
Figura 20. Distribución estacional de precipitación, Escenario A1B



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A1B C25	11	-5	5	3
ESC A1B C50	11	-2	3	6
ESC A1B C75	10	-8	-2	2

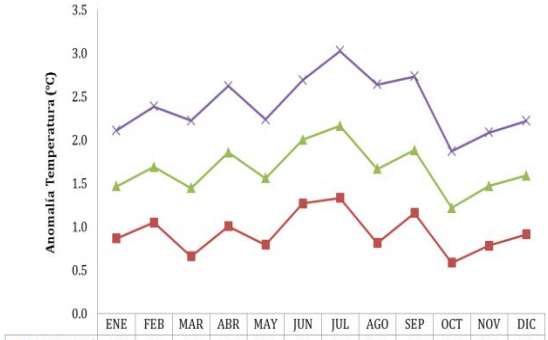
Temperaturas máximas mensuales Atlanga

Figura 20. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A2



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	0.9	1.0	0.5	0.9	0.7	1.1	1.1	0.7	1.1	0.5	0.7	1.0
ESC A2 B50	1.5	1.5	1.2	1.6	1.5	1.9	2.0	1.5	1.8	1.1	1.3	1.6
ESC A2 B75	2.4	2.5	2.3	2.9	2.6	2.9	3.0	2.6	2.7	1.8	2.1	2.5

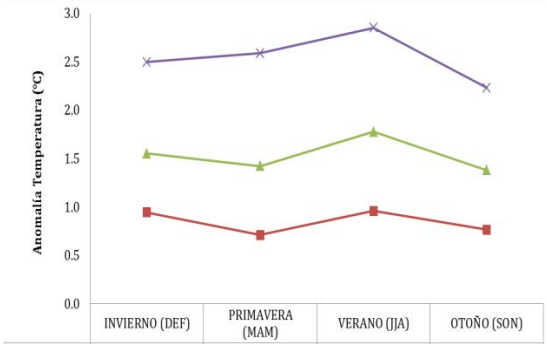
Figura 21. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A1B



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	0.9	1.0	0.7	1.0	0.8	1.3	1.3	0.8	1.2	0.6	0.8	0.9
ESC A1B C50	1.5	1.7	1.4	1.9	1.6	2.0	2.2	1.7	1.9	1.2	1.5	1.6
ESC A1B C75	2.1	2.4	2.2	2.6	2.2	2.7	3.0	2.6	2.7	1.9	2.1	2.2

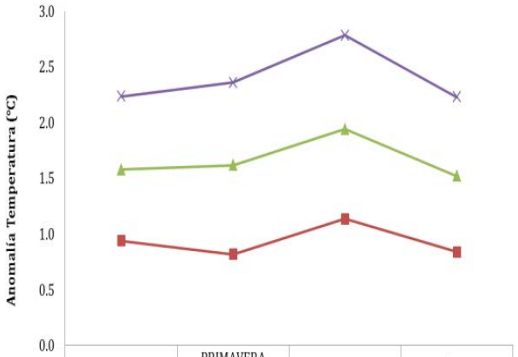
Temperaturas máximas estacionales Atlanga

Figura 22. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A2



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A2 B25	0.9	0.7	1.0	0.8
ESC A2 B50	1.6	1.4	1.8	1.4
ESC A2 B75	2.5	2.6	2.8	2.2

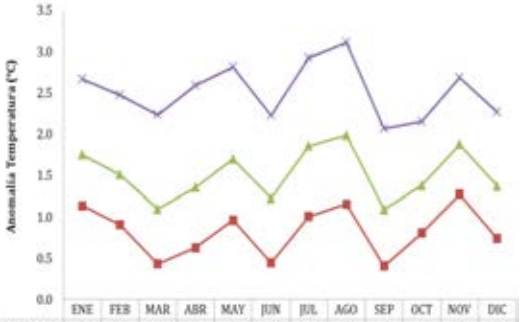
Figura 23. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A1B



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A1B C25	0.9	0.8	1.1	0.8
ESC A1B C50	1.6	1.6	1.9	1.5
ESC A1B C75	2.2	2.4	2.8	2.2

Temperaturas mínimas mensuales Atlanga

Figura 24. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A2



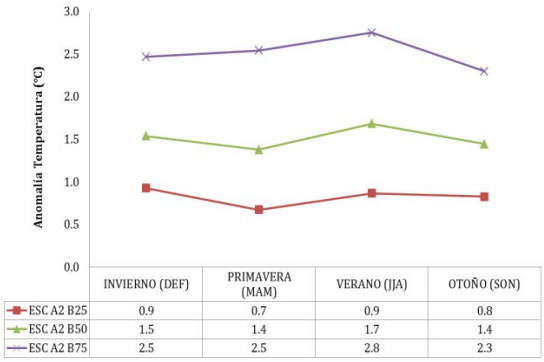
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	1.1	0.9	0.4	0.6	1.0	0.4	1.0	1.2	0.4	0.8	1.3	0.7
ESC A2 B50	1.7	1.5	1.1	1.4	1.7	1.2	1.8	2.0	1.1	1.4	1.9	1.4
ESC A2 B75	2.7	2.5	2.2	2.6	2.8	2.2	2.9	3.1	2.1	2.1	2.7	2.3

Figura 25. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A1B

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	1.1	1.0	0.6	0.7	1.0	0.6	1.2	1.3	0.5	0.9	1.3	0.7
ESC A1B C50	1.7	1.6	1.4	1.6	1.8	1.3	2.1	2.1	1.2	1.5	2.0	1.4
ESC A1B C75	2.3	2.3	2.2	2.3	2.4	2.0	2.9	3.1	2.1	2.2	2.6	2.0

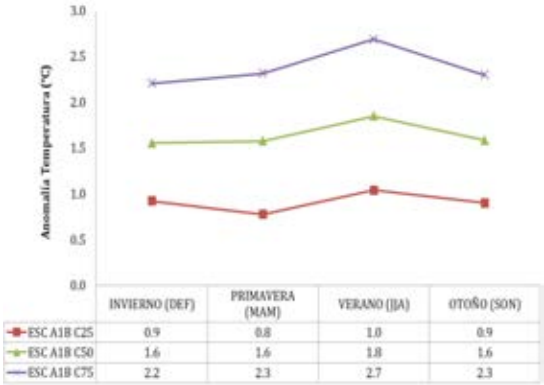
Temperaturas mínimas estacionales Atlanga

Figura 26. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A2



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A2 B25	0.9	0.7	0.9	0.8
ESC A2 B50	1.5	1.4	1.7	1.4
ESC A2 B75	2.5	2.5	2.8	2.3

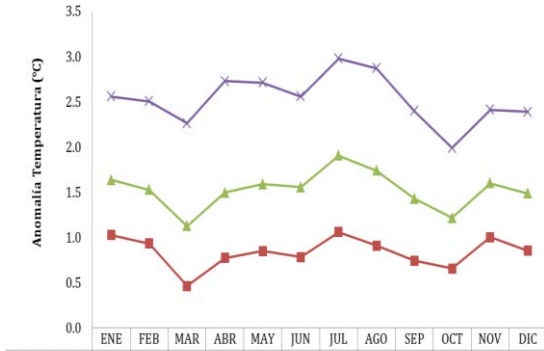
Figura 27. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A1B



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A1B C25	0.9	0.8	1.0	0.9
ESC A1B C50	1.6	1.6	1.8	1.6
ESC A1B C75	2.2	2.3	2.7	2.3

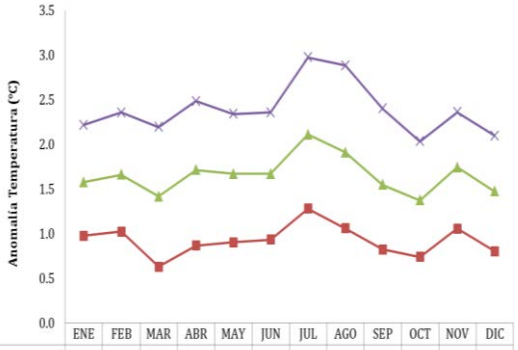
Temperaturas medias mensuales Atlanga

Figura 28. Distribución mensual de temperatura media, Escenario A2



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	1.0	0.9	0.5	0.8	0.8	0.8	1.1	0.9	0.7	0.7	1.0	0.9
ESC A2 B50	1.6	1.5	1.1	1.5	1.6	1.6	1.9	1.7	1.4	1.2	1.6	1.5
ESC A2 B75	2.6	2.5	2.3	2.7	2.7	2.6	3.0	2.9	2.4	2.0	2.4	2.4

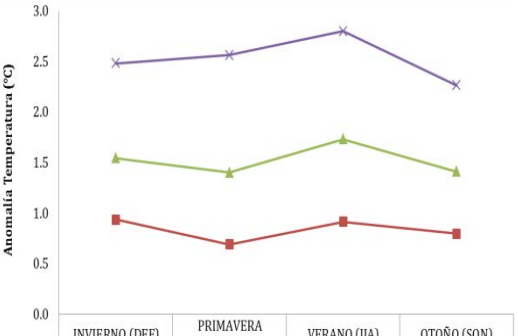
Figura 29. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	1.0	1.0	0.6	0.9	0.9	0.9	1.3	1.1	0.8	0.7	1.1	0.8
ESC A1B C50	1.6	1.7	1.4	1.7	1.7	1.7	2.1	1.9	1.5	1.4	1.7	1.5
ESC A1B C75	2.2	2.4	2.2	2.5	2.3	2.4	3.0	2.9	2.4	2.0	2.4	2.1

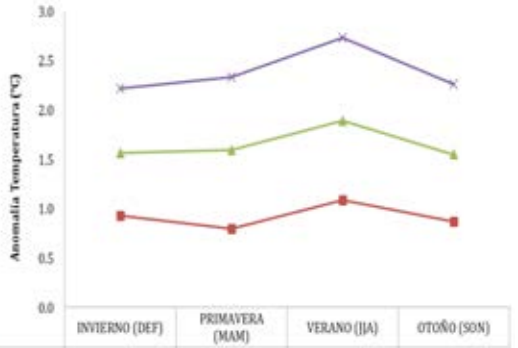
Temperaturas medias estacionales Atlanga

Figura 30. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A2



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A2 B25	0.9	0.7	0.9	0.8
ESC A2 B50	1.5	1.4	1.7	1.4
ESC A2 B75	2.5	2.6	2.8	2.3

Figura 31. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B



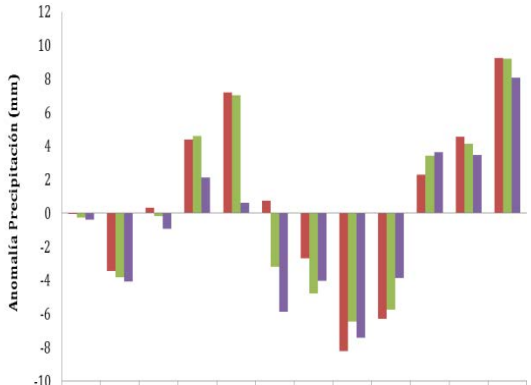
	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A1B C25	0.9	0.8	1.1	0.9
ESC A1B C50	1.6	1.6	1.9	1.6
ESC A1B C75	2.2	2.3	2.7	2.3

Precipitación mensual Tlaxco

A continuación se presentan y analizan los experimentos numéricos para los escenarios de la precipitación.

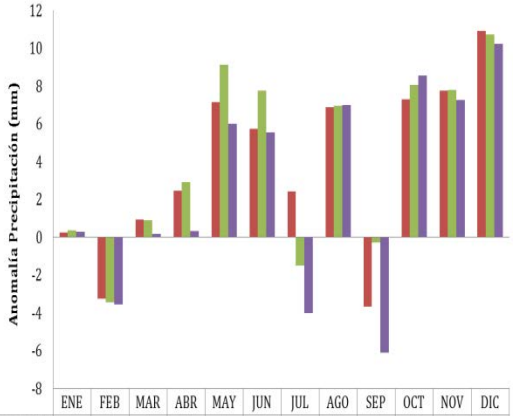
En la Figura 32, se presenta el escenario de precipitación mensual, para condiciones equivalente a un crecimiento como el actual, sin tomar medida alguna que pudiese reducir la emisión de gases de efecto invernadero.

Figura 32. Distribución mensual de precipitación, Escenario A2



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	0	-3	0	4	7	1	-3	-8	-6	2	5	9
ESC A2 B50	0	-4	0	5	7	-3	-5	-6	-6	3	4	9
ESC A2 B75	0	-4	-1	2	1	-6	-4	-7	-4	4	3	8

Figura 33. Distribución mensual de precipitación, Escenario A1B



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	0	-3	1	2	7	6	2	7	-4	7	8	11
ESC A1B C50	0	-3	1	3	9	8	-2	7	0	8	8	11
ESC A1B C75	0	-4	0	0	6	6	-4	7	-6	9	7	10

Precipitación estacional Tlaxco

Figura 34. Distribución estacional de precipitación, A2

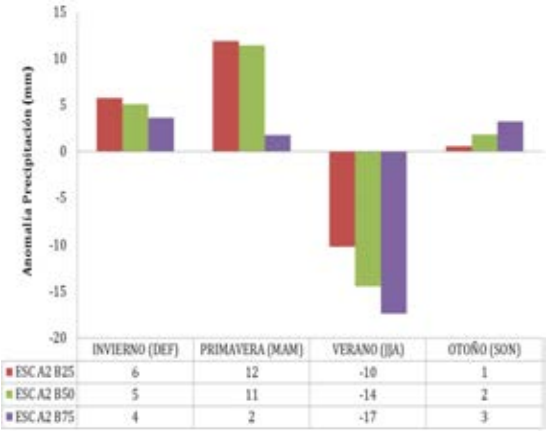
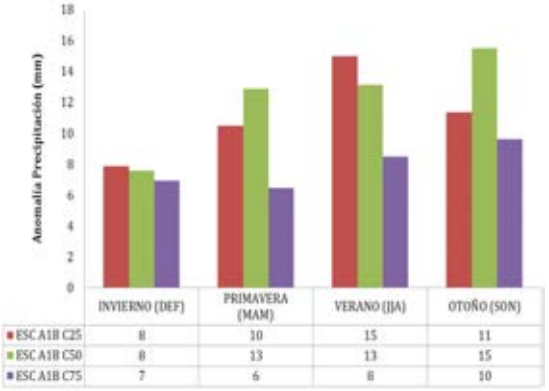


Figura 35. Distribución estacional de precipitación, Escenario A1B



Temperaturas máximas mensuales Tlaxco

Figura 36. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A2

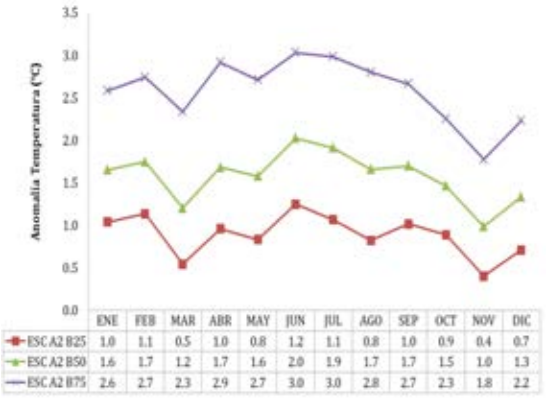
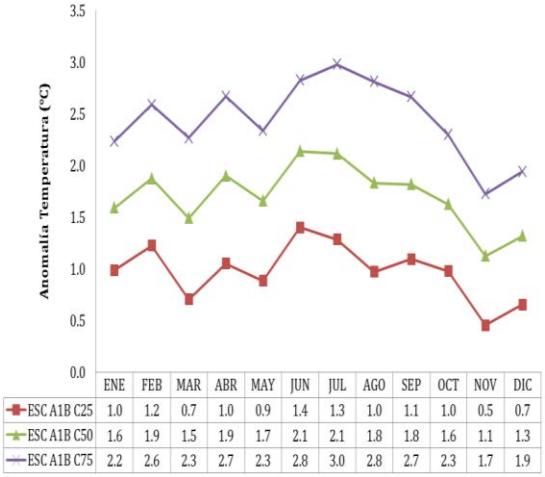


Figura 37. Distribución mensual de temperatura máxima, Escenario A1B



Temperaturas máximas estacionales Tlaxco

Figura 38. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A2

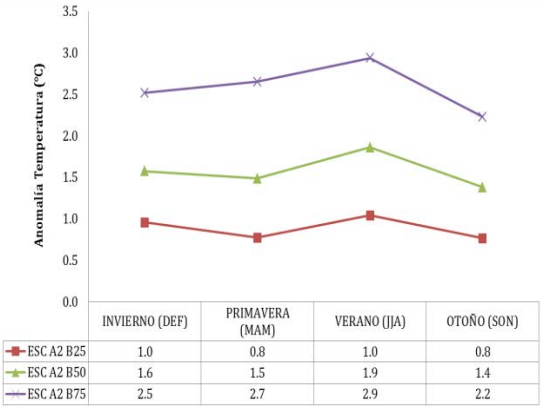
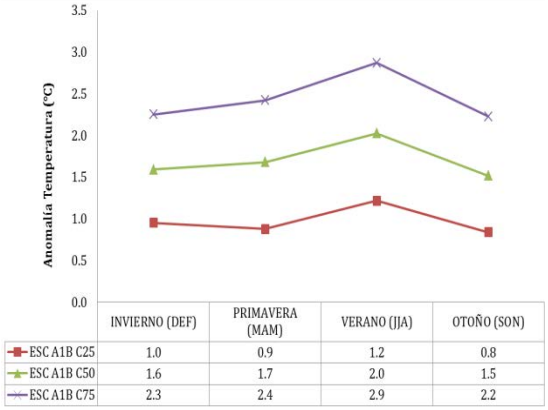
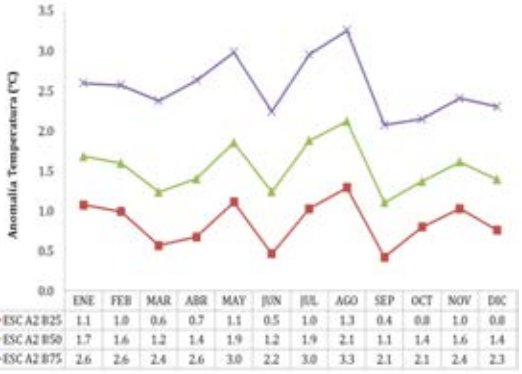


Figura 39. Distribución estacional de temperatura máxima, Escenario A1B



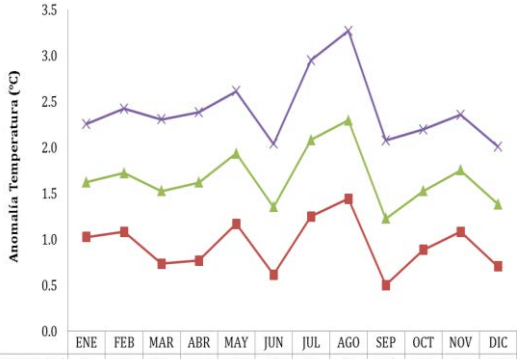
Temperaturas mínimas mensuales Tlaxco

Figura 40. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A2



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	1.1	1.0	0.6	0.7	1.1	0.5	1.0	1.3	0.4	0.8	1.0	0.8
ESC A2 B50	1.7	1.6	1.2	1.4	1.9	1.2	1.9	2.1	1.1	1.4	1.6	1.4
ESC A2 B75	2.6	2.6	2.4	2.6	3.0	2.2	3.0	3.3	2.1	2.1	2.4	2.3

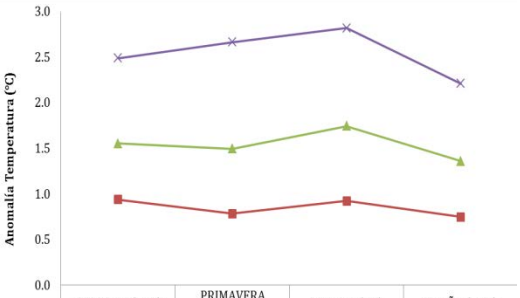
Figura 41. Distribución mensual de temperatura mínima, Escenario A1B



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	1.0	1.1	0.7	0.8	1.2	0.6	1.2	1.4	0.5	0.9	1.1	0.7
ESC A1B C50	1.6	1.7	1.5	1.6	1.9	1.3	2.1	2.3	1.2	1.5	1.7	1.4
ESC A1B C75	2.3	2.4	2.3	2.4	2.6	2.0	2.9	3.3	2.1	2.2	2.4	2.0

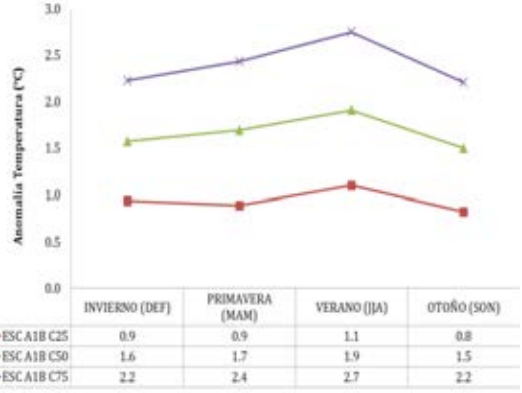
Temperaturas mínimas estacionales Tlaxco

Figura 42. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A2



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A2 B25	0.9	0.8	0.9	0.7
ESC A2 B50	1.6	1.5	1.7	1.4
ESC A2 B75	2.5	2.7	2.8	2.2

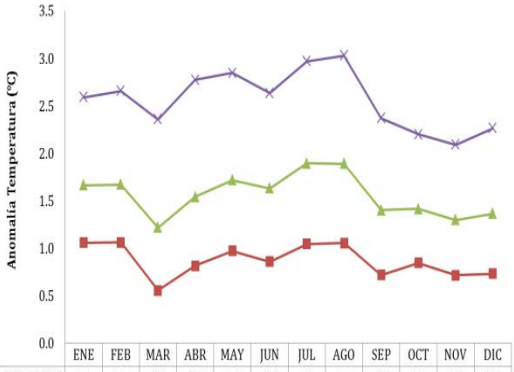
Figura 43. Distribución estacional de temperatura mínima, Escenario A1B



	INVIERNO (DEF)	PRIMAVERA (MAM)	VERANO (JJA)	OTOÑO (SON)
ESC A1B C25	0.9	0.9	1.1	0.8
ESC A1B C50	1.6	1.7	1.9	1.5
ESC A1B C75	2.2	2.4	2.7	2.2

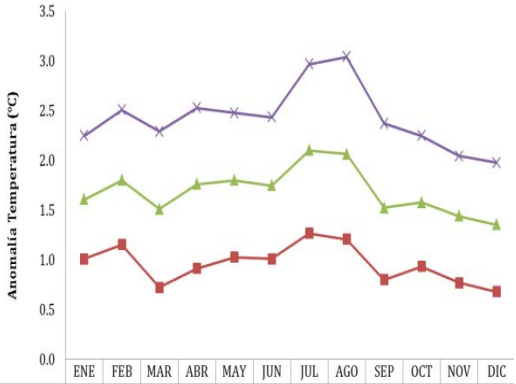
Temperaturas medias mensuales Tlaxco

Figura 44. Distribución mensual de temperatura media, Escenario A2



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A2 B25	1.1	1.1	0.6	0.8	1.0	0.9	1.0	1.1	0.7	0.8	0.7	0.7
ESC A2 B50	1.7	1.7	1.2	1.5	1.7	1.6	1.9	1.9	1.4	1.4	1.3	1.4
ESC A2 B75	2.6	2.7	2.4	2.8	2.8	2.6	3.0	3.0	2.4	2.2	2.1	2.3

Figura 45. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
ESC A1B C25	1.0	1.2	0.7	0.9	1.0	1.0	1.3	1.2	0.8	0.9	0.8	0.7
ESC A1B C50	1.6	1.8	1.5	1.8	1.8	1.7	2.1	2.1	1.5	1.6	1.4	1.3
ESC A1B C75	2.2	2.5	2.3	2.5	2.5	2.4	3.0	3.0	2.4	2.2	2.0	2.0

Temperaturas medias estacionales Tlaxco

Figura 46. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A2

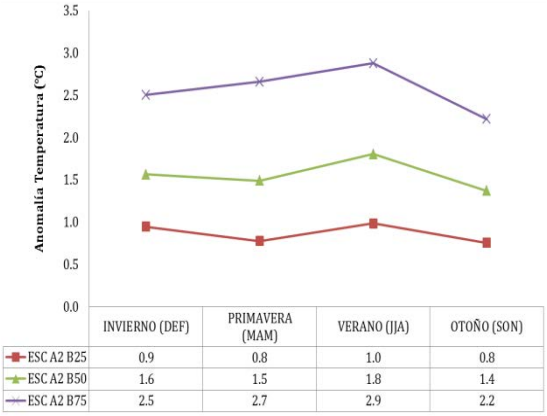
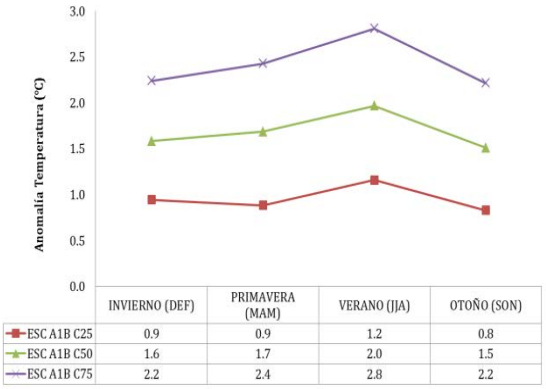


Figura 47. Distribución estacional de temperatura media, Escenario A1B



Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

Agenda de Género ante el Cambio Climático (2010). Gobierno del Estado de Tabasco-El Colegio de la Frontera Sur. México

Antón, Danilo (2003). "Saciando la sed planetaria: Los problema del agua de fin del milenio" en: Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI (Ávila, P. Editora) El Colegio de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, IMTA. Zamora, Michoacán, México

Bárbara V. Braatz y Michiel Doorn (2008). Manejo del proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Manual de la unidad de apoyo a las comunicaciones nacionales **PNUD**-Fondo para el medio ambiente. Traducción y adaptación para México. Julia Martínez (Traducción). Disponible en: http://www.ine.gob.mx/descargas/cclimatico/e2008g_guia.pdf fecha de consulta 20 octubre 2011.

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 pp

Carabias, J., Landa, R., Collado, J y P. Martínez (2005). Agua, medio ambiente y sociedad: Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. **UNAM**, El Colegio de México, A.C., Fundación Gonzalo Río Arronte, **IAP**. México, D.F.

Carrasco Baez María de los Ángeles/2009 **"**Analizando el conocimiento empírico campesino sobre la variabilidad climática en la región de Tlaxco, Tlax, México" Lic. en Ciencias Ambientales. Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala (copias disponibles).

Castellón, G. J.J. y Ma. de L. Hernández R (2011). Inventario estatal de emisiones de gases efecto invernadero, sector agricultura, Tlaxcala. En… Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático (Coord. Adolfo Cuevas, Tomás Morales y Bernal Morales) documento inédito. **AECID**, **INECC**, **UATx,** Tlaxcala, México.

Castro, P. M., Águila, M.F.M., Quevedo N. A. Kleisinger, S., Tijerina Ch. L y E. Mejía S. (s/f). Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. http://scielo.unam.mx/pdf/agritm/v34n4/v34n4a9.pdf

CAT- Coltlax (2011). Base de datos de Tlaxcala para Arc View. Circulación interna. Inédito.

CESET- El Colegio de Tlaxcala (2007). Diagnóstico situacional del estado de Tlaxcala. Documento de circulación interna.

CICC, 2010. Marco de Políticas de Adaptación a Mediano Plazo. **CICC, SEMARNAT**. México

CMNUCC, 2004. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático: Los diez primeros años. Disponible en: http://unfccc.int/resource/docs/publications/first ten years sp.pdf fecha de consulta 20 de octubre 2011.

CONAFOR, 2013. Informe final de incendios forestales. http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/las-demas/reportes-de-incendios-forestales. Consultado el 13 de Febrero de 2013.

CONAGUA, 1996. Programa estatal hidráulico 1995-2000. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal Tlaxcala, México

CONAGUA, 2000. Programa estatal hidráulico 2000-2020. Comisión Nacional del Agua Gerencia Estatal Tlaxcala, México

CONAGUA, 2011**.** Registros de precipitación y temperatura mensual 2010 por estación climatológica en el estado de Tlaxcala. Estaciones climatológicas **CONAGUA**, Tlaxcala

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. Octubre

CONAGUA, 2012. Atlas Digital del Agua México 2010. Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/atlas/atlas.html?seccion=1&mapa=5 Consultado el 17 de noviembre de 2012.

CONAGUA, 2010. Unidad del Servicio Meteorológico Nacional y Subgerencia de Sistemas de Observaciones Climatológicas hechas a las 8 horas. Tlaxcala.

CONAZA/UACH, 2005. Escenarios climatológicos de la República Mexicana ante el Cambio Climático. Tomo I. Comisión Nacional de Zonas Áridas y Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Conde, C., V. Magaña, R. M. Ferrer. (1999). On the Use Of a Climate Forecast in the Planning of Agricultural Activities in the State of Tlaxcala, Mexico. Preprints. 11th Conference on Applied Climatology. 10-15 January, 1999, Dallas, Texas. American Meteorological Society. 101-102 p.

Conde Cecilia, Ferrer Rosa Ma, Gay Carlos y Raquel Araujo (2004). Impactos del cambio climático en la agricultura en México, **INE**. Disponible en: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/437/conde.html fecha de consulta 31 de marzo 2011

Conde, A. Luis A. (2010). Introducción al inventario de gases efecto invernadero. Presentación en ppt. Junio 29

CONEVAL, (Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social). (2005). Estimaciones del **CONEVAL** con base en el Conteo de Población y Vivienda (2005) y la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares.

DARA and the Climate Vulnerable Forum -Climate Vulnerability Monitor, 2010- "The State of the Climate Crisis" – 2010 Report of the Climate Vulnerability Initiative. Editor DARA. ISBN: 978-84-614-5713-7. 290 p. **DOF,** 2009.

Diario Oficial de la Federación (2008). Ley de Aguas Nacionales. Última reforma 18 de Marzo

Diario Oficial de la Federación (2009). PROGRAMA ESPECIAL DE Cambio Climático 2009-2012. 29 de Agosto

Domínguez Sarmiento Christian (2012). El Papel de los Ciclones Tropicales. Tesis Maestro en Ciencias (Física de la Atmósfera). **UNAM** Posgrado Ciencias de la Tierra. 89 Págs.

FAO, 2011. Maíz Forrajero http://www.fao.org/ag/AGPC/doc/counprof/Spanishtrad /mexico_sp/mexico2_sp.htm fecha de consulta septiembre 2011

FAPRACC, 2007. Padrón Preliminar. Disponible en: http://pacc.sagarpa.gob.mx/

Fundación PRODUCE (2006). Catálogo de tecnologías de investigación y transferencia de tecnología http://www.slideshare.net/gromerol/catalogo-de-tecnologia

Fundación Producir Mejor (2011). Tomate de cáscara. Disponible en http://www.Producirmejor.com/libros/ftomate/tomate2.pdf fecha de consulta septiembre 2011. Limón, O. Agustín; Villaseñor, M. H. Eduardo y Patricia Pérez H (2010). Sistemas de siembra para trigo y manejo para la calidad del grano. **INIFAP** Folleto técnico 44. Tlaxcala, Tlax.

Galindo, L. M (coordinador) (2010a). La Economía del cambio climático. **UNAM-IIE**c, **SEMARNAT**-Subsecretaria de Planeación y Política Ambiental, Centro Mario Molina, **INE**, **UNAM-CCA**, México, D.F

Galindo, L. M (coordinador) (2010b). "Anexo 4 Una perspectiva política y social del cambio climático" en La Economía del cambio climático. **UNAM-IIE**c, **SEMARNAT**-Subsecretaria de Planeación y Política Ambiental, Centro Mario Molina, **INE**, **UNAM-CCA**, México, D.F

Galindo, L. M (coordinador) (2010c). "Recursos Hídricos" en La Economía del cambio climático. **UNAM-IIE**c, **SEMARNAT**-Subsecretaria de Planeación y Política Ambiental, Centro Mario Molina, **INE**, **UNAM-CCA**, México, D.F pp145- 186

García Pérez Josefina/2009. "Identificación de una teleconexión

entre la variabilidad de la temperatura superficial del Océano pacifico tropical del este y la producción de cebada en la región de Tlaxco, Tlax, México" Lic. en Ciencias Ambientales. Facultad de Agrobiología. Universidad Autónoma de Tlaxcala (copias disponibles).

Grassi, C. B., (1983). Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala, respecto a los cultivos básicos. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Gutiérrez, R. Nicolás (2004). "Uso de fertilizantes y abonos orgánicos en Tlaxcala en el cultivo de maíz" en… Apropiación de tecnología agrícola: características técnicas y sociales de los productores de maíz en Tlaxcala (Damian, H. Miguel A. Coord). BUAP, **CONACyT-SIZA**, H. Congreso del estado de Tlaxcala, LVII Legislatura. Puebla, Pue.

Grupo Inter Agencial de Género del Sistema de las Naciones Unidas en México. Género y cambio climático, ficha informativa sobre Género y Desarrollo No. 7, año 2009

Hernández, V. M. (2010). Capacidades tecnológicas y culturales de los agricultores de maíz de temporal para enfrentar la Variabilidad climática. Caso Españita y San Felipe Ixtacuixtla Tlaxcala. Tesis Doctoral. Colegio de Tlaxcala A. C.

Hernández Vázquez, M., T. Morales Acoltzi y J. Jiménez López (2011) "Estrategias de los Agricultores de Temporal para Enfrentar los Riesgos por Variabilidad Climática: Casos Españita e Ixtacuixtla" XX Congreso Mexicano y V Congreso Internacional de Meteorología Acapulco, Guerrero, México, 14 al 18 de noviembre. Memorias publicadas en la página web en la siguiente dirección: http://www.ommac.org/congreso2011/inicio11.htm, ISBN:978-607-95130-4-7

Hernández, V. M. (2010). Capacidades tecnológicas y culturales de los agricultores de maíz de temporal para enfrentar la Variabilidad climática. Caso Españita y San Felipe Ixtacuixtla Tlaxcala. Tesis Doctoral. Colegio de Tlaxcala A. C.

Hernández Rodríguez, Ma. de Lourdes. (2005) Aspectos del uso y valoración del agua subterránea en el estado de Tlaxcala. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, campus Puebla, México. Edumed-Universidad de Málaga http://www.eumed.net/tesis/2007/lhr/index.htm

Herrera Cortés Ana María, (2010). "Análisis dinámico de los incendios forestales en Tlaxco ante la variabilidad ambiental" Tesis Licenciatura en Ciencias Ambientales, Facultad de Agrobiología (Campus Tlaxco), UATx.

Hewitt, A. C. (1985). La modernización de la agricultura mexicana, 1949-1970. Siglo XXI editores, 5ª edición, México, D. F.

INE, 2012. Guía metodológica para la evaluación de la vulnerabilidad ante cambio climático. Estudio elaborado por Magaña Rueda V

INEGI, 2005. Marco Geoestadístico Nacional 2005.

INEGI, 2007. VII Censo agrícola, ganadero y forestal 2007. Tlaxcala. http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/agropecuario2007/ fecha de consulta, septiembre 2011.

INEGI, 2010. Perspectiva estadística Tlaxcala. Junio 2010. Disponible en http://www.inegi,org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/perpectivas/perpectiva_tla.pdf fecha de consulta junio 2010.

INEGI, 2010. Disponible en: http://www.inegi.org.mx.

INEGI, 2010. Anuario estadístico de Tlaxcala 2009, mapa de corrientes y cuerpos de agua. México DF, Págs. 25

INEGI, 2011. Censo de población y vivienda 2010, Tlaxcala, Disponible en: http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487&e=29

INEGI, 2011. Perspectiva estadística Tlaxcala Marzo 2012. 87 pp. Disponible en: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estados/persc_estd/tlax/pers-tla.pdf

INEGI, 2012. Cuéntame > Territorio de México > Ubicación de México en el mundo. Consultado el 14 de noviembre de 2012. Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/mexico.aspx?tema=T
Cuéntame > Información por entidad > Tlaxcala > Territorio > División municipal. Consultado el 14 de noviembre de 2012. Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/div_municipal.aspx?tema=me&e=29

INEGI, 2012a. Cuéntame>Información por entidad>Tlaxcala>Territorio>Relieve Consultado el 14 de noviembre de 2012. Disponible en: http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/tlax/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=29

INEGI, 2013. Censo de Población y Vivienda, 2010. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?src=487. Consultado el 18 de febrero de 2013.

INEGI, 2013a. Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV, escala 1:250000.

Informe sobre el Estado de la Población 2009. Fondo de Población de las Naciones Unidas.

INIFAP, 2012. Pronóstico Agroclimático 2012. 65 pp. Disponible en: http://www.sagarpa.gob.mx/Delegacio

nes/tlaxcala/Documents/2012/PRONOSTICO%20AGROCLIMATICO%202012.pdf Consultado el 19 de noviembre de 2012.

IPCC, 1996. Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. **OMM**, **PNUMA**. Washington, DC

IPCC, 1996a. Directrices del **IPCC** para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. Libro de trabajo Vol. 2. Disponible en http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/spanish.html fecha de consulta julio-septiembre 2011.

IPCC, 1996b. Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. OMM, **PNUMA**. Washington, DC.

IPCC, 2001. Glosarios de términos, en "Tercer Informe de Evaluación del **IPCC**" disponible en: http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf fecha de consulta 31 de marzo 2011.

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 996

IPCC, 2008. Cambio climático 2007: Informe de Síntesis **OMM-PNUMA** disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf fecha de consulta 25 de octubre de 2011.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ITDT, 2011. Estimaciones de ganado de lidia en el estado de Tlaxcala. Comunicado electrónico del Luis Mariano Andalco, director general del Instituto Tlaxcalteca de Desarrollo Taurino. 12 septiembre.

Jaime, P. A. 1999. "Una Visión del Agua en México". Conferencia Magistral presentada en: Memorias del 1º Foro Regional de consulta sobre Legislación en materia de agua, Comisión de Asuntos Hidráulicos de la H. Cámara de Diputados, LVII Legislatura, Mazatlán, Sinaloa, México

Jiménez, N. 2010. Celebran el día mundial forestal. El sol de Tlaxcala. 26 de marzo. México, Tlaxcala. 2010. http://www.oem.com.mx/elsoldetlaxcala/notas/n1571719.htm

Landa, R., Ávila, B. y M. Hernández (2010). Cambio climático y desarrollo sustentable para América Latina: Conocer para comunicar. British Counsil, **PNUD**, Catedra **IMTA-UNESCO**, **FLACSO**-México, México 140 pp

López, M. (2011). Encuesta prioridad temática regional, Agua y Cambio Climático. Disponible en: http://www.aguaycambioclimatico.org/fotos/plandocumento/0M%C3%A9xico%20Cuestionario%202%C2%B0%20Meta%20Regional.pdf fecha de consulta, 10 de octubre de 2012

Loza, P. Álvaro Frijol (1997). Metodología para el análisis de rentabilidad de explotaciones agrícolas. Fundación produce **SAGARPA-INIFAP**. Folleto técnico no 7. Tlaxcala

Lucero, O., Rozas, D. (2001). Characteristics of aggregation of daily rainfall in a middle-latitudes region during a climate variability in annual rainfall amount. Atmos Res. 35–47.

Magaña V. O. R. Y Morales-Acoltzi T. "Variabilidad Climática Y Agricultura En México" Claridades Agropecuarias: Apoyos Y Servicios A La Comercialización Agropecuaria (**ASERCA**), SAGDR No. 57, mayo 1998, 32-39.

Magaña V. O. R., Morales-Acoltzi T., J.L. Pérez L., C. Conde, S. Orozco F. J. Lezama G., J.A. Vázquez C. Y M. Hernández V. "Utilización De Pronósticos Climáticos En Actividades Agrícolas Para El Estado De Tlaxcala" Revista Notas: Revista de Información y Análisis, **INEGI** No. 7, 1999, Págs. 30-38.

Magaña, R. V. y C. Neri V. (2007). Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. **PNUD/CATHALAC/INE/CCA-UNAM**.

Magaña Rueda Víctor (Editor) (2004). Los impactos de El Niño en México. Centro de Ciencias de la Atmósfera **UNAM**, Secretaría de Gobernación. México 229 p. Disponible en: http://www.atmosfera.unam.mx/editorial/libros/el_nino/index.html consultado el 15 de noviembre de 2012

Magaña, R. Víctor O. (2004.). El cambio climático global: Comprender el problema, en Cambio climático una visión desde México. **SEMARNAT-INE**

Magaña, R.V.O (2009). Guía para generar y aplicar escenarios probabilísticos regionales de Cambio Climático en la toma de decisiones. **INE**, **CEDAM**/Tecnológico de Monterrey, Embajada Británica. México D.F. 99 Págs.

Martínez-Austria, P y C. Patiño G (2012). Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México, vol. IV: Adaptación al Cambio Climático. **IMTA**. Jiutepec, Mor 123 Págs.

Maza, S. R. y D. D. Regaydas (2001). Área potencial y tecnológica de producción de cultivos en valle de Sto. Domingo. **INIFAP**. Baja California Sur.

Matías R. L. G., O. A. Fuentes M. y F. García J. (2001). Heladas. Centro Nacional de Prevención de Desastres. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación, México.

Ministerio de Ciencia y Tecnología (2010) Segunda Comunicación Nacional de Brasil a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Vol. II. Brasilia, Brasil

Morales-Acoltzi T. and Magaña V. O. R. (1999) "Unexpected Frosts in Central Mexico During Summer" Memories: American Meteorological Society, 1999 Annual meeting 10-15 January 1999, Dallas, Texas, **USA**

Morales-Acoltzi T. (1986) "El Fenómeno de **EL NIÑO**: La Suspensión de los Vientos Alisios Produce Grandes Alteraciones Climáticas" Gaceta **UNAM**, Octava Época, Vol. II, No. 54, 21 de Agosto de 1986, Págs. 6 y 30.

Morales-Acoltzi T. and Magaña V. O. (2000) "On Applications of Regional Climate Predictions For Agriculture Activities In The State Of Tlaxcala, Mexico: 97-98 **El Niño** and 99-00 **La Niña**" Memories: American Meteorological Society, 2000 Annual meeting 24-28 April 2000, Palisades, N. Y., **USA**

Morales Acoltzi, T., V. O. Magaña Rueda, G. Vázquez Cruz y R. Bernal Morales (2011) "Sistema de Información Meteorológica en el Estado de Tlaxcala como Herramienta en la Gestión de Riesgo" **XX** Congreso Mexicano y **V** Congreso Internacional de Meteorología Acapulco, Guerrero, México, 14 al 18 de noviembre. Memorias publicadas la página web en la siguiente dirección: http://www.ommac.org/congreso2011/inicio11.htm, **ISBN**:978-607-95130-4-7.

Moreno, A. R. y J. Urbina S. (2008). "Impactos Sociales del Cambio Climático en México". ISBN: 978-968-817-883-6. Libro electrónico disponible en: http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=572. [Acceso el 12 de marzo de 2009].

Neri, V.C. (2004). Evaluación del riesgo en el sector agrícola por la variabilidad climática. Tesis de Licenciatura. **UNAM**. Cap. 1. Págs. 1-18.

Ordóñez J. Antonio B y T. T. Hernández (2005). Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Parte 4; Sector Agricultura.

Ortiz, H. Ma. Laura (Coord), (2011). Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero en el estado de Morelos- primera versión-. UA estado de Morelos, **CEAMA, SEMARNAT, CONACyT, INE.** Morelos, México

Ortiz, Solorio. C.A. (1987). Elementos de agro-meteorología cuantitativa. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Ojeda, B. W., Sifuentes I. E., Rojano A.A., y M Iñigüez C (2012). "Adaptación de la agricultura de riego ante el cambio climático". Págs.71-119 En Martínez-Austria, P y C. Patiño G, Efectos del cambio climático en los recursos hídricos en México, vol. IV Adaptación al Cambio Climático. **IMTA**. Jiutepec, Mor 123 pp.

Peña Maciel Daniel/2012. "Análisis de Series de Tiempo de Variables Atmosféricas aplicando la Teoría de Sistemas Dinámicos no Lineales y un enfoque de Minería de Datos": Estado de Tlaxcala. Ing. Geofísico. Facultad de Ingeniería. UNAM (copias disponibles).

Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. Diario Oficial de la Federación 28 de agosto 2011.

Puebla, Gobierno del Estado/**SMRN**, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2010). Síntesis de la Estrategia de Mitigación y Adaptación del Estado de Puebla ante el Cambio Climático. Primera Edición, 358 Págs.

REPDA-CONAGUA, 2010. Base de datos de fuentes de agua superficial y subterránea en el estado de Tlaxcala. REPDA- CONAGUA. Disponible en: http://www.conagua.gob.mx/REPDA/consultarepda.aspx fecha de consulta diciembre 2010

Ríos, L. H., S. Miranda L. y D. Vargas B. (2009). ¡El mundo está caliente! ¿Cómo lo enfriamos desde la agricultura? **LEISA** revista de agroecología.

Rubio, C. Oswaldo; Fernández, S. Rogelio y Julián Magallanes, G. (2007). El cultivo de papa (Solanum tuberosum L,) en el estado de Tlaxcala. Folleto técnico no.31 **INIFAP** Tlaxcala.

SAGARPA-ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria). (2009). Disponible en http://www.aserca.gob.mx/

SEDECO, 2010. Variables económicas del estado. Gobierno del estado de Tlaxcala. Secretaria de Desarrollo Económico. http://www.tlaxcala.gob.mx/sedeco/pdf/ind_eco.swff fecha de consulta 25 de octubre de 2011.

SEGOB, 2007. Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación.

SEGOB, 2008. Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2008. Centro Nacional de Prevención de Desastres, Secretaría de Gobernación.

SEI, 2009**.** Water Evaluation And Planning System (**WEAP**). Tutorial, a collocation af stand-alone modules to aid in learning **WEAP** software. Stockholm Evironment Institute (**SEI**). Estocolmo, Suiza.

SEI, 2009. Water Evaluation And Planning System (**WEAP**). Disponible en: http://www.weap21.org/index.asp?action=218

SEMARNAT, 2009. México Cuarta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. 274 pp.

SEMARNAT, 2009. Comunicación con Unidad de Protección de la Capa de Ozono (**UPO-SEMARNAT**). México

SEMARNAT, 2013. Compendio de Estadísticas Ambientales 2012. Consultado el 18 de febrero de 2013. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/Compendio_2012/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet42e4.html

SIAP-SAGARPA, 2011a. Base de datos **SIACON** estado de Tlaxcala, cultivos cíclicos y perennes modalidades temporal y riego 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index fecha de consulta julio-octubre 2011.

SIAP-SAGARPA, 2011b. Base de datos **SIACON** estado de Tlaxcala, ganadería 2005, 2006, 2007, 2008 y 2009. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index fecha de consulta julio-octubre 2011.

SIAP-SAGARPA, 2011c. Base de datos **SIACON** estado de Tlaxcala, cultivos cíclicos y perennes modalidades temporal y riego 2010. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index fecha de consulta octubre 2011.

SMN, 2012. Temperatura media, máxima y mínima, 1971-2011. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=10 Consultado el 11 de noviembre de 2012.

SMN, 2012a. Precipitación 1971-2010. Disponible en: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=10 Consultado el 16 de noviembre de 2012.

Suárez, S. J; Muñoz, N. H; Ritter, O. W; Orozco, F. S; Jiménez, L.J; Corona, V.M.C; Sánchez, T.E.G; Van der W, J.C y J.M. Treviño T (2009a). Manejo integrado de cuencas hidrológicas: Delimitación de cuencas y modelos de simulación de balance de agua. **UATx**, Tlaxcala, México. 70 Págs.

Suárez, S. J; Muñoz, N. H; Ritter, O. W; Orozco, F. S; Jiménez, L.J; Corona, V.M.C; Sánchez, T.E.G; Van der W, J.C y J.M. Treviño T (2009b). Disponibilidad de agua y cambio climático global en la

subcuenca del río Zahuapan, Tlaxcala, México. Gestión Ambiental 18: pp 49-61.

Tejeda, M. A. y Morales-Acoltzi T. (1989) Huracanes: Teleconexiones y Especulaciones. **EL NIÑO** Contra los Ciclones" ICyT: Información Científica y Tecnológica, Agosto de 1989, Vol. II, No. 155. Págs. 40-43.

Tecnologías, Políticas y Medidas Para Mitigar el Cambio Climático.

Tinoco, R.J.A, Gómez, J.D. y R.A. Monterroso (s/f). Efectos del cambio climático en la distribución potencial del maíz en el estado de Jalisco, Méx. http://www.smcs.org.mx/pdf/terra/29-2/161-168.pdf

Tortoledo, V.A. 2000**.** El agua y su historia: México y sus desafíos hacia el siglo XXI. Colección Umbrales de México. Siglo XXI, México, D.F.

Torregrosa, Ma. L. (Cood. México), 2012 "Los recursos hídricos en México, situación y perspectivas" en Jímenez, C. Blanca y José Galizia Tundisi (Coord gral) Diagnóstico del agua en las Américas. **IANAS** y Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México, D.F. Págs. 309-358.

VI Foro mundial del agua, 2012. Proceso Regional de las Américas: Agua y adaptación al cambio climático en las Américas. Documento de posicionamiento, Metas 2.1 y 2.2 http://www.aguaycambioclimatico.org/es/why.php

Acrónimos

ACRÓNIMOS

AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo
AIE	Agencia Internacional de Energía
ANP	Áreas Naturales Protegida
BAU	Escenarios tendenciales (Business as Usual)
CCA-UNAM	Centro de Ciencias de la Atmósfera de **UNAM**
CECC	Consejo Estatal de Cambio Climático
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CFCs	Clorofluorocarbonos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CH_4	Metano
CICC	Comisión Intersecretarial de Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (**UNFCCC**, por sus siglas en inglés)
CO	Monóxido de Carbono
CO_2	Bióxido de Carbono
CO_2 eq	Bióxido de Carbono equivalente
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COP16	Décima Sexta Conferencia de las Partes
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano
CPCC	Coordinación del Programa de Cambio Climático del **INECC**
DOF	Diario Oficial de la Federación
EMEP/CORINAIR	Guías de Inventarios de Emisiones Atmosféricas de la Agencia Ambiental Europea
ENACC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
ETCCDI	Grupo de Expertos en Detección de Cambio Climático e Índices
FAPRACC	Fondo para Atender a la Población Afectada por Contingencias Climáticas
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
FONDEN	Fondo de Desastres Naturales

FOPREDEN	Fondo de Prevención de Desastres Naturales
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
GEI	Gases de Efecto Invernadero
Gg	Gigagramos
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HFCs	Hidrofluorocarbonos
IEEGEI	Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INE	Instituto Nacional de Ecología
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
LEAP	Long-Range Energy Alternatives Planning System
MCGs	Modelos de Circulación General
N_2O	Óxido Nitroso
NO	Óxido de Nitrógeno
NOx	Óxidos de Nitrógeno
PEACC	Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PFCs	Perfluorocarbonos
PIB	Producto Interno Bruto
PICC/IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (**IPCC**, por sus siglas en inglés)
PND	Plan Nacional de Desarrollo
PNUD/UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PRONATURA	Pronatura A.C.
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SO_2	Bióxido de azufre

COLABORADORES DEL PROYECTO

Oscar Diego Armendáriz Ibarra
Nadia Yadira Mejía Arriaga
María Guadalupe Ramírez Hernández
María de los Ángeles Carrasco Báez
Débora Cruz de la Serna
Juan Francisco Torres Origel
Josefina García Pérez
Ruth Guadalupe Carmona González
Miguel Francisco Carreón Coca
Sergio Muñoz Cabrera
Alí Chumacero López
José Manuel Lobato Posadas
Ismael Cuamatzi Cuamatzi
Rosa Elena Morales Rebollar
Ana Eugenia Minor Caballero
Carlos Vázquez Medina

ASESORES EXTERNOS

Víctor Orlando Magaña Rueda
José Antonio Benjamín Ordoñez Díaz,
Xochitl Cruz Núñez
Itsel Fernanda Jiménez Álvarez
Adolfo Galicia Naranjo

Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático
Estado de Tlaxcala, México
se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de
IMAGEN INTEGRAL
Calle Grulla #6 Col. La laguna C.P. 90114
Tlaxcala, Tlax.
el 27 de mayo de 2014

Se tiraron 200 ejemplares

El Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tlaxcala (**PEACC** Tlaxcala) contribuirá con sus resultados actuales a cumplir con el compromiso internacional de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (**GEI**) a un 50% en relación a las emitidas en el año 2000, al mismo tiempo le permitirá al estado de Tlaxcala implementar proyectos específicos con medidas de mitigación y adaptación que permitan asegurar que las emisiones en nuestro estado se reducirán, simultáneamente reactivando la economía del estado.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA

POR LA CULTURA

A LA JUSTICIA SOCIAL