

PROMACC

Programa Municipal Ante el Cambio Climático de Tuxtla Gutiérrez



Samuel Toledo Córdova Toledo
Presidente Municipal Constitucional

María Antonieta Vásquez Sánchez
Secretaria de Ecología Municipal

Coordinación
Juan Carlos Franco Guillén
Cecropia Soluciones Locales a Retos Globales A.C.

Equipo Cecropia:

Nancy Gabriela Franco Guillén
Edith Orihuela Belmonte
Melisa Díaz Orantes
Ana Cecilia Ojeda Velasco
Julia Guadalupe Torres Ventura
Gabriel Alberto Franco Guillén
Agustín Escobar López
José Manuel Pascasio Velázquez
Luis Miguel Mandujano Franco
Oscar Vázquez Colin
Susana Carrasco Ramírez
Juan Marcos Mendoza Bolaños
Geovani García Burgos

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	1
1. CONTEXTO MUNICIPAL.....	4
1.1. UBICACIÓN.....	4
1.2. POBLACIÓN.....	4
1.3. DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMÍA.....	5
1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y AMBIENTALES.....	6
1.4.1 OROGRAFÍA.....	6
1.4.2 CLIMA.....	6
1.4.3 HIDROGRAFÍA.....	7
1.4.4 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	7
2. ESCENARIO DE REFERENCIA.....	8
2.1. MARCO JURÍDICO E INSTITUCIONAL.....	8
2.2. LÍNEA BASE DE VULNERABILIDAD, PELIGROS Y EXPOSICIÓN A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS.....	12
2.2.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA.....	12
2.2.2 CLIMA HISTÓRICO DEL MUNICIPIO Y TENDENCIAS.....	14
2.2.3 EXPOSICIÓN DEL MUNICIPIO A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS.....	19
2.3. VULNERABILIDAD HISTÓRICA DEL MUNICIPIO.....	22
2.3.1 VULNERABILIDAD DE ECOSISTEMAS MUNICIPALES Y LOS SERVICIOS QUE ESTOS PROVÉEN.....	23
2.4. COSTOS ECONÓMICOS DE LOS DESASTRES CAUSADOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL MUNICIPIO.....	26
2.5. CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL MUNICIPIO A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS.....	28
2.5.1 CENTROS DE OPERACIÓN.....	29
2.5.2 ACTIVIDADES DE PLANEACIÓN DE LA CONAGUA.....	30
2.5.3 RESPUESTA: DURANTE LA EMERGENCIA.....	30
2.5.4 RECUPERACIÓN: DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.....	31
2.5.5 PLAN OPERATIVO DE ATENCIÓN A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.	31
2.5.6 SISTEMA DE ALERTA HIDROMETEOROLÓGICA DEL RÍO SABINAL.....	32
2.6. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	33
2.6.1 METODOLOGÍA Y ESTANDARES.....	35
2.6.2 FRONTERAS.....	35

2.6.3	EMISIONES POR TIPO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	35
2.6.4	SECTORES	36
2.6.4.1	ENERGÍA	36
2.6.4.1.1	TRANSPORTE	37
2.6.4.1.2	RESIDENCIAL	41
2.6.4.1.2.1	CONSUMO DE GAS LP	41
2.6.4.1.2.2	CONSUMO DE LEÑA RESIDENCIAL	42
2.6.4.2	SECTOR USO DE SUELO Y CAMBIO DE USO DEL SUELO y SILVICULTURA (USCUSS)	43
2.6.4.3	RESIDUOS	47
2.6.4.3.1	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	48
2.6.4.3.2	AGUAS RESIDUALES	49
2.6.4.4	AGRICULTURA	50
2.6.4.4.1	GANADERÍA	50
2.6.4.4.1.1	EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA	52
2.6.4.4.1.2	EMISIONES POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL	52
2.6.4.4.2	AGRICULTURA	53
2.6.4.4.2.1	QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS	53
2.6.4.4.2.2	EMISIONES DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS	54
2.6.4.5	PROCESOS INDUSTRIALES	55
2.6.4.5.1	PRODUCCIÓN DE CAL	56
2.6.4.5.2	GASES PRECURSORES	57
2.6.4.5.3	PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES VARIOS.	57
2.6.5	GASES PRECURSORES (TODOS LOS SECTORES)	59
2.7.	EMISIONES INDIRECTAS	60
3.	ESCENARIO TENDENCIAL	62
3.1.	ESCENARIOS DE CAMBIO PARA LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA DEL MUNICIPIO	62
3.2.	ESCENARIO DE EMISIONES DE GEI A 2030	68
3.2.1	ESCENARIO TENDENCIAL SUBSECTOR TRANSPORTE	69
3.2.2	ESCENARIO TENDENCIAL PARA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	71
3.2.2.1	SERVICIOS Y COMERCIO	72
3.2.2.2	RESIDENCIAL	73
3.2.2.3	ALUMBRADO PÚBLICO	74
3.2.3	ESCENARIO TENDENCIAL SUBSECTOR RESIDENCIAL POR CONSUMO DE GAS LP	74

3.2.4	ESCENARIO TENDENCIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	75
3.2.5	ESCENARIO TENDENCIAL USCUS76	76
4.	ESCENARIO DE ACCIÓN.....	77
4.1.	ADECUACIÓN DEL MARCO REGULATORIO E INSTITUCIONAL	78
4.1.1	GESTIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS	79
4.1.2	BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES	80
4.1.3	ASENTAMIENTOS HUMANOS.....	80
4.1.3.1	CONSIDERACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA	81
4.1.4	COSTOS ECONÓMICOS DE LOS DESASTRES CAUSADOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL MUNICIPIO.....	82
4.2.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN	84
4.2.1.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN DEL SUBSECTOR TRANSPORTE.....	84
4.2.2.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN PARA EL SUBSECTOR CONSUMO ELÉCTRICO	88
4.2.2.1.	COMERCIAL Y DE SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES.....	88
4.2.2.2.	RESIDENCIAL	90
4.2.3.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN SUBSECTOR RESIDENCIAL POR CONSUMO DE GAS LP	93
4.2.4.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN SECTOR RESIDUOS	94
4.2.5.	ESCENARIO DE MITIGACIÓN USCUS	97
4.3.	CURVA DE ABATIMIENTO MARGINAL	98
5.	REFERENCIAS	101
6.	ANEXO 1: ACRÓNIMOS	106

RESUMEN EJECUTIVO

El Programa Municipal ante el Cambio Climático de Tuxtla Gutiérrez (PROMACC), es el instrumento de política pública que informa la toma de decisiones en la capital de Chiapas para reducir la vulnerabilidad al cambio climático y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

A través del PROMACC, Tuxtla Gutiérrez busca contribuir a los esfuerzos internacionales, nacionales y estatales para reducir los efectos del cambio climático global, principalmente al cumplimiento de la Ley General de Cambio Climático y la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas y sus instrumentos, pero sobre todo para mejorar la calidad de vida de la población tuxtleca en condiciones de cambio climático.

Para facilitar el entendimiento de la sociedad y los tomadores de decisión, el PROMACC se presenta en tres escenarios, el primero, denominado **“Escenario de referencia”**, el cual muestra el análisis de los cambios en el clima presente en términos de temperatura y precipitación, así como de los eventos hidrometeorológicos que causaron desastres, principalmente inundaciones. En este mismo escenario se reporta el inventario de GEI para 2010 y el crecimiento de las emisiones entre 2005 y 2012, finalmente el análisis del marco legal demuestra que se requieren reformas para la implementación del programa.

El segundo es el **“Escenario tendencial”**, el cual proyecta los escenarios de cambio climático para el presente siglo y las emisiones de GEI hacia 2030. En ambos casos bajo los supuestos de inacción, es decir de seguir con las prácticas actuales que conllevan a aumentar la vulnerabilidad climática y el incremento en las emisiones de GEI.

Finalmente el **“Escenario de acción”** propone la actualización del marco jurídico, la creación de instituciones como la Comisión de Coordinación Interinstitucional de Cambio Climático del municipio de Tuxtla Gutiérrez, acompañada del Consejo Consultivo de Cambio Climático y el Comité Científico Asesor.

Desde la perspectiva de adaptación, en este escenario se propone la mejora de los sistemas de planeación de mediano y largo plazo, considerando los cambios proyectados a futuro, así como incentivar la prevención de riesgos vinculados cambio climático.

Para la reducción de emisiones se presentan proyectos en distintas áreas como el transporte, el manejo integral del territorio, eficiencia energética y la gestión de los residuos, que en conjunto podrían reducir en un 52% las emisiones proyectadas para 2030 (figura 1).

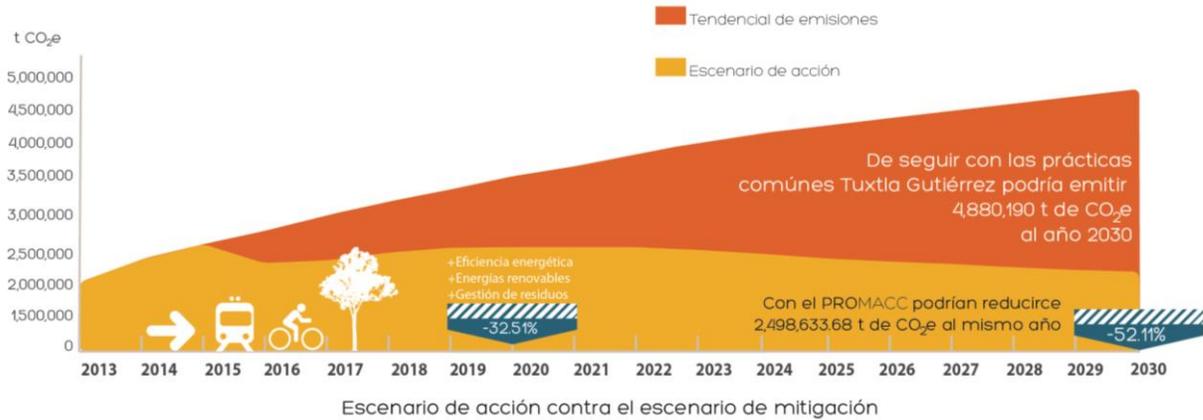


Figura 1. Escenario de mitigación/ Escenario tendencial. Cecropia

MENSAJES CLAVE

Escenario de Referencia

En términos generales, para Tuxtla Gutiérrez las evidencias de cambio indican que de 1980 a 2010, se ha registrado un aumento de 1°C en las temperaturas mínimas promedio y 0.5°C en las temperaturas medias, mientras que el promedio de las temperaturas altas no reflejan un incremento considerable (figura 2).

Promedios de temperaturas máxima, media y mínimas en 30 años - estación 7165

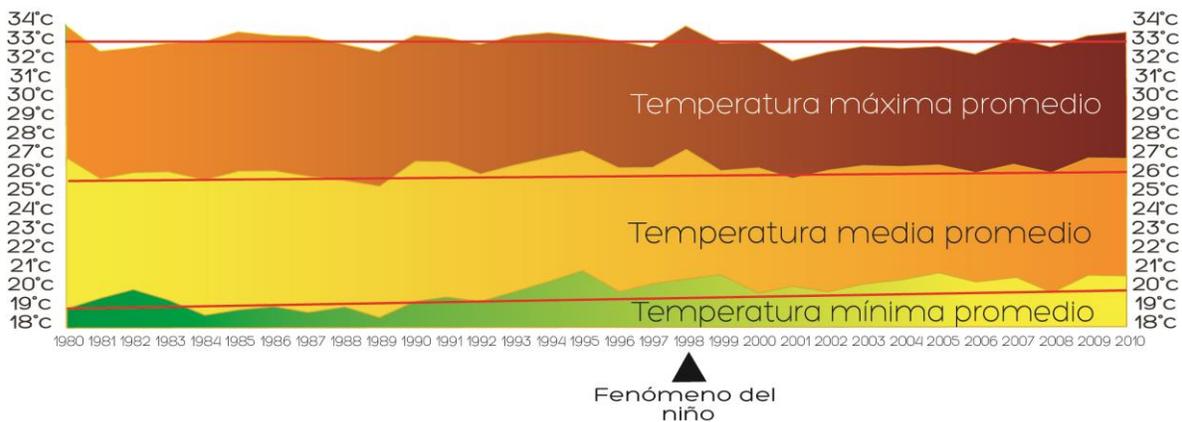


Figura 2. Evidencias de cambio en la temperatura 1980-2010. Cecropia-MAPS a partir (CONAGUA-SMN, 2012).

Respecto a la precipitación, de 1970 a 2010 no existen evidencias de modificaciones en los patrones promedio de lluvia, sin embargo se ha registrado un aumento constante en cuanto al número de lluvias torrenciales dentro de la cuenca del Río Sabinal.

En cuanto a emisiones de GEI, en 2010 Tuxtla Gutiérrez emitió 1,708,447 t CO₂e, éstas crecieron un 51.5% en el periodo 2005-1012. La principal fuente de emisión es el

transporte con un 41%, seguido por el cambio de uso de suelo (pérdida de cobertura forestal) con el 32%, los residuos sólidos con el 20%, el consumo de Gas LP residencial 6%, mientras que la agricultura y los procesos industriales representan menos del 1%. La emisión per cápita es de 3.1 t CO₂e anual, superior a la de grandes urbes como Río de Janeiro.

Escenario Tendencial

Los escenarios de cambio climático muestran que durante el presente siglo es altamente probable registrar aumentos de hasta 2.5°C en promedio y para precipitación indican una probabilidad en la reducción promedio de lluvias durante el presente siglo con mayor incidencia de eventos extremos.

Dado que el municipio no cuenta con las capacidades requeridas en cuanto a reducción de la vulnerabilidad es altamente probable que estas condiciones impacten a la salud, la economía, el medio ambiente, la seguridad y la infraestructura del municipio, por lo tanto su adaptación está en riesgo.

Escenario de Acción

Dado que el cambio climático representa una de las mayores amenazas a la estabilidad de las sociedades a nivel global, Tuxtla Gutiérrez a partir del PROMACC debe iniciar un proceso gradual sostenido y sustancial para el diseño e implementación de acciones de adaptación y mitigación, vinculadas a los procesos estatales, nacionales e internacionales pero con visión local. Estas acciones estarán coordinadas por el Ayuntamiento y planeadas de forma transparente e incluyente con la sociedad, de tal forma que su desarrollo se adapte a las condiciones de cambio climático y se desacople de las emisiones de carbono.

1. CONTEXTO MUNICIPAL

1.1. UBICACIÓN

Tuxtla Gutiérrez es la capital y principal ciudad de Chiapas. Se ubica en el centro oeste del estado, colindando con San Fernando y Osumacinta al norte, al este con Chiapa de Corzo, al sur con Suchiapa y al oeste con Ocozocuatla de Espinoza y Berriozábal (figura 3). Las coordenadas de la cabecera municipal son: 16° 45' 11" de latitud norte y 93° 06' 56" de longitud oeste; se ubica a una altitud de 522 msnm y cuenta con una superficie territorial de 334.61 km², ocupando el 0.45% del territorio estatal (CEIEG, 2012).

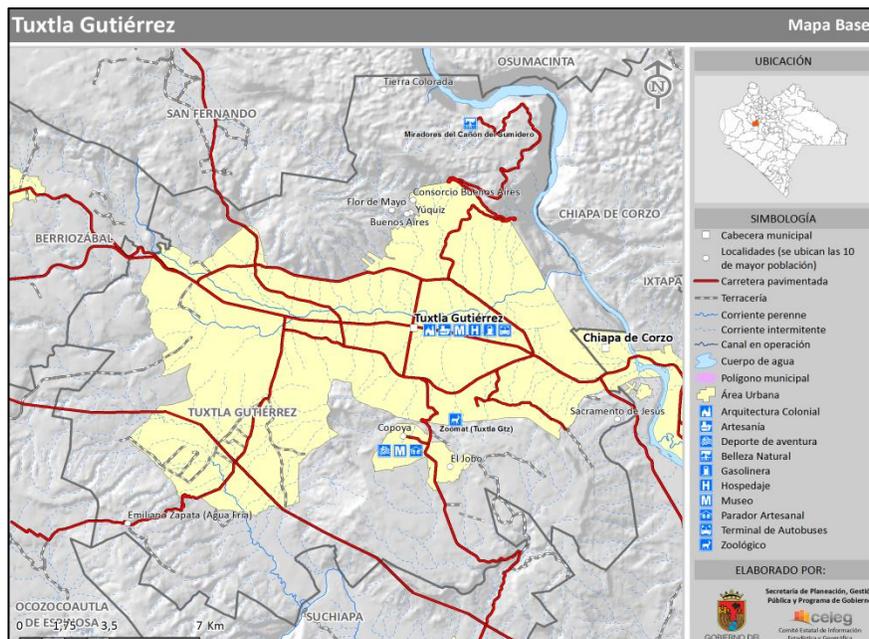


Figura 3. Mapa de la ubicación geográfica de Tuxtla Gutiérrez

1.2. POBLACIÓN

Tuxtla Gutiérrez ha experimentado un proceso intenso de crecimiento poblacional, pasando de 41,244 habitantes en 1960 (INEGI, censos y conteos) a 553,374 habitantes en 2010 (INEGI, 2010). El equivalente a poco más de 13 veces en 50 años (figura 4). El crecimiento se detonó principalmente durante la construcción de las centrales hidroeléctricas Belisario Domínguez (La Angostura) y Manuel Moreno Torres (Chicoasén) en los 70's; durante las décadas siguientes por el proceso de migración proveniente de centros de población tanto urbanos como rurales de otros municipios, y durante los últimos años una mezcla entre este fenómeno, pero ahora acompañado de migración de otros estados.

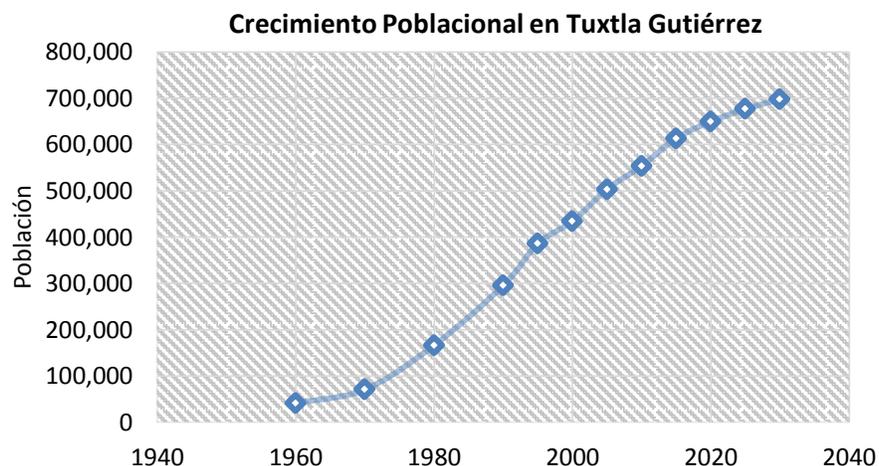


Figura 4. Crecimiento Poblacional en Tuxtla Gutiérrez. Elaboración: Cecropia a partir de INEGI (Censos XVIII-XII, conteos I y II y 2010) y proyecciones de CONAPO.

En términos de población se trata de un municipio urbano, debido a que el 99.37% vive en la zona urbana (CEIEG, 2012). Existe población mayoritariamente joven, el 56.4% es menor de 30 años, las personas de más de 60 años representaban el 7.2% de la población y el restante corresponde a los adultos.

En el municipio existen seis núcleos agrarios en su modalidad de ejidos. De acuerdo con el Padrón e Historial de Núcleos Agrarios en conjunto cuentan con 9,523.5 hectáreas, de las cuales 6,714.65 se encuentran parceladas, equivalentes al 70.5% de la superficie; 784.49 son asentamientos humanos, un 8.24% y 2,023.96 hectáreas son de uso común que representan 21.25% del total de la superficie ejidal (PMD, 2013)

1.3. DESARROLLO SOCIAL Y ECONOMÍA

El Plan municipal de Desarrollo 2012-2015 (PMD) presenta indicadores de rezago para Tuxtla Gutiérrez a partir de CONEVAL relacionados con los ingresos y otras carencias de la población. Según los estudios de medición de pobreza en el municipio 225,392 personas padecen algún tipo de pobreza que representan el 43.3% del total municipal, de estas 41,616 son extremadamente pobres y equivalen al 8.0% del total municipal.

Más de 86,000 personas del municipio padecen rezago educativo, 154,000 no tienen acceso a servicios de salud, 257,000 están desprotegidas por los servicios de seguridad social, 70,000 no cuentan con las condiciones mínimas de calidad y espacio en su vivienda, 132,000 no tienen acceso a los servicios básicos dentro de la vivienda y 97,000 no cuentan con los recursos mínimos para cubrir la cuota alimentaria mínima.

La población de 12 años y más del municipio de Tuxtla Gutiérrez asciende a 428,848 personas, de las cuales 244,282 se encuentran económicamente activas y representan

57.0%. Del total de la Población Económicamente activa (PEA) 237,081 se encuentran ocupando algún empleo y representan el 97.1% de la PEA, la tasa de desempleo equivale al 3%. Del total de la PEA ocupada, el 80.4% labora en el sector terciario destacando la ocupación en el subsector de servicios con 57.5%, en el subsector comercio labora 22.9%; la industria manufacturera y la construcción solo ocupan el 17.2% de los trabajadores; tan solo 1.5% de la PEA ocupada se dedica a las actividades agropecuarias mostrando la incipiente participación del sector primario en la economía municipal.

Según el nivel de ingresos, 9.6% de la PEAO recibe menos de un salario mínimo (sm); 24.5 percibe de 1 hasta 2 sm, 45.3% gana entre 2 y 5 sm, y 15.6 recibe más de 5 salarios mínimos.

1.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y AMBIENTALES

1.4.1 OROGRAFÍA

El municipio forma parte de las regiones fisiográficas Montañas del Norte, Depresión Central y Altos de Chiapas. El 34.62% de la superficie municipal se conforma de llanuras aluviales con lomeríos; 30.39% de sierras altas de laderas tendidas; 25.05% son mesetas típicas; y 4.10% de valles de laderas tendidas con lomeríos y el 2.06% de sierras altas escarpadas complejas (Cañón del Sumidero).

La altura del relieve varía entre los 300 y 1,400 msnm. Las principales elevaciones ubicadas dentro del municipio son: los cerros Loma Verde y Mactumatzá, este último conforma el límite orográfico sur del Valle de Tuxtla. La vegetación del municipio se distribuye de la siguiente forma: 33.9% del total de la superficie la conforma vegetación secundaria, 5.3% corresponde a vegetación inducida, únicamente el 0.9% permanece sin vegetación aparente; las selvas caducifolias y perennifolias ocupan 0.73% y 0.6% respectivamente; los bosques de encino ocupan sólo el 0.12% de la superficie total (PMD, 2013).

1.4.2 CLIMA

El clima predominante del municipio es cálido subhúmedo Aw0(w) con lluvias en verano que abarca 99.92% del territorio municipal; el resto presenta un clima semicálido y subhúmedo A(C)w0(w) con lluvias en verano 0.08% de la superficie municipal. En los meses de mayo a octubre, la temperatura mínima promedio va de los 15°C a los 22.5°C, mientras que la máxima promedio oscila entre 27°C y 34.5°C. En el periodo de noviembre - abril, la temperatura mínima promedio va de 12°C a 18°C, y la máxima promedio fluctúa entre 24°C y 33°C (PMD, 2013). En los meses de mayo a octubre, la precipitación media fluctúa entre los 900 mm y los 1200 mm, y en el periodo de noviembre - abril, la precipitación media va de los 25 mm a 200 mm.

1.4.3 HIDROGRAFÍA

El municipio se encuentra en una de las regiones hidrológicas más grandes del país, la de Grijalva-Usumacinta y se incluye en la Subcuenca del Río Sabinal conformada por las Unidades de Gestión Ambiental (UGAS) 39, 54, 49, 45, 31, 2, 82, 71 y 70 (SEMAHN). Los flujos de agua dentro del municipio son los ríos Grijalva, El Sabinal, Suchiapa, Yatipak, Terán, San Agustín, Guadalupe. El río más importante del municipio es El Sabinal que nace en el municipio de Berriozábal, atraviesa la ciudad y desemboca en el río Grijalva. La proliferación de áreas urbanas a ambos lados del río, ha ocasionado que se reciban vertidos masivos de drenaje, por lo que ahora, es parte de esa red.

La Subcuenca del Río Sabinal, por su clima y por sus características geográficas, económicas, sociales y demográficas, enfrenta problemas para satisfacer sus necesidades hídricas y desarrollar sus potencialidades. También enfrenta precipitaciones pluviales altas y por ende altos grados de escurrimiento confrontando graves problemas de inundación y contingencias sociales (PMD, 2013).

1.4.4 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Actualmente solo se conserva la vegetación original y en recuperación en un 25% (10,545.24 hectáreas) del territorio municipal, dentro de las poligonales de Áreas Naturales Protegidas de carácter estatal y federal. El Corredor Cerro Mactumatzá-Meseta de Copoya constituye el 6.97% de la superficie municipal, el Centro Ecológico Recreativo El Zapotal, con 0.4%; Zona Forestal Vedada Villa Allende, con el 1.3% y el Parque Nacional Cañón del Sumidero, con el 16.48%.

En cuanto a los parques, jardines y áreas verdes municipales se contabilizan 193 sitios, los cuales abarcan un total de 0.16% (66.8 hectáreas) del territorio. Se incluyen dos Áreas Naturales Protegidas municipales denominadas “Colina Universitaria” de 3 hectáreas ubicada dentro de la Universidad Autónoma de Chiapas y “Cerro Hueco” de 3 hectáreas muy cercana al Zapotal, en donde todavía se encuentra presencia de mono aullador (*Alouatta palliata*) (PMD, 2013).

2. ESCENARIO DE REFERENCIA

El escenario de referencia es el diagnóstico de las condiciones presentes en términos de marco legal e institucional, vulnerabilidad al cambio climático y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). A partir del análisis de información oficial y privada proporcionada por entidades de los tres órdenes de gobierno y la iniciativa privada, la cual fue tratada y analizada en base a metodologías y estándares internacionales, nacionales y propias. Además se requiere conocer el marco regulatorio e institucional actual para comprender las fortalezas y debilidades del Ayuntamiento en términos de adaptación y mitigación.

En el caso del análisis de vulnerabilidad se trata de una revisión técnica del comportamiento de la precipitación y temperatura de las estaciones hidrometeorológicas de la CONAGUA de la cuenca del río Sabinal de las últimas 4 décadas y el historial de eventos hidrometeorológicos extremos registrados entre 1921 y 2012 en el municipio. En resumen y en lenguaje práctico se responde a las preguntas: ¿Cuál era el clima y cuáles fueron los eventos extremos que impactaron al municipio en el pasado histórico e inmediato?

Sin embargo hay otras preguntas que resolver, el análisis de vulnerabilidad nos habla de la relación entre el clima y el municipio, en sí, como afecta lo global a lo local, las otras preguntas que responde el escenario base están en sentido inverso ¿Cómo afectan las actividades de Tuxtla al clima global? ¿Cuáles son las principales causas de las emisiones? y ¿Cuál ha sido el comportamiento de estas emisiones? Para ello se hicieron inventarios de Gases de Efecto Invernadero anuales de 2005 a 2012. Las respuestas a estas preguntas cruciales se describen a lo largo de este capítulo.

2.1. MARCO JURÍDICO E INSTITUCIONAL

Derivado del análisis a los reglamentos del Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez se encontró que no están alineados a las políticas públicas actuales, a la realidad presente del municipio y que no incluyen el tema de cambio climático, sustentabilidad y buena gobernanza. Debido a que los reglamentos fueron realizados en diversos tiempos y por diversas necesidades del municipio, no existe coherencia en las funciones, atribuciones e instancias administrativas que cambian cada trienio, los Planes de Desarrollo Municipal, el Plan Chiapas Sustentable y la Agenda Estratégica Tuxtla 2030 y tampoco son reales con la necesidad Socioeconómica y geográfica actual, que permita reducir el riesgo y la vulnerabilidad.

Los reglamentos no se encuentran preparados para darle cumplimiento a la Ley General del Cambio Climático, la Estrategia Nacional 10-20-30, la Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas y el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas¹. Tampoco contemplan medidas de adaptación y

¹ Ley General de Cambio Climático, obligaciones del Municipio: artículos 11, 12, 2, 7, 9, 15 fr. VIII, 16 fr. I, 22, fr. X, 28, 30, 75, 103, artículo tercero y décimo transitorio y Ley. Ley para la Adaptación y Mitigación ante el

mitigación ante el cambio climático, y algunas de las acciones para la sustentabilidad no están basados en escenarios futuros o instrumentos para la toma de decisiones tales como el Atlas de Riesgo y el Ordenamiento Ecológico del Territorio.

La transparencia, perspectiva de género y el respeto a los derechos a un medio ambiente saludable y a la salud no están claramente considerados en todos los reglamentos. No se contempla la participación del sector social y privado como aliados ante el cambio climático y actores estratégicos para la implementación y cumplimiento de las políticas públicas en la buena gobernanza.

En caso no de adoptar un cambio en las políticas públicas el municipio mantendrá problemas recurrentes que se incrementarán de manera significativa, tales como el aumento del peligro, exposición y vulnerabilidad en la población por los efectos adversos que provocan fenómenos meteorológicos extremos, así como al aumento de las emisiones de GEI. Se revisó el marco regulatorio municipal para poder analizar cuál es el sustento jurídico actual (tabla 1), para generar propuestas de ajuste y/o modificación por rubros en el contexto de cambio climático.

Tabla 1. Revisión de marco regulatorio municipal.

Rubro	Reglamentos	Número de Propuestas por rubro
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de Tránsito y vialidad Municipal • Reglamento de Estacionamientos y Parquímetros 	79
Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de Construcción para el municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Mercados Públicos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Ferias del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Panteones para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez Chiapas • Reglamento para el Control y Vigilancia de los Establecimientos que Prestan el Servicio de Video Juegos, Billares, Boliches, Juegos de Mesa o Similares del Municipio de Tuxtla Gutiérrez 	139

Energía	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento Interno del Comité de Obra Pública del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Lineamientos Operativos para el Ejercicio de los Recursos del Ramo 33 para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Tránsito y Vialidad del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para la Organización de la Asamblea de Barrio en los Barrios, Colonias, Ejidos y Fraccionamientos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento para el Ejercicio del Comercio en Vía Pública: Fijo, Semifijo y Ambulante del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento de Actividades Protocolarias para el Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento de Box y Lucha Libre para el Ayuntamiento de Tuxtla 	
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento para la Venta y Consumo de Bebidas Alcohólica en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Comité de Adquisiciones, Arrendamiento de Bienes Muebles y Contratación de Servicios • Estatutos del Consejo Consultivo Ciudadano • Reglamento del Comité Interno para la Contratación de la Obra Pública del Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Diversiones y Espectáculos Públicos para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento de Ferias del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento sobre la Regulación del Graffiti • Reglamento para el Funcionamiento de Molinos de Nixtamal y Tortillerías del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Mercados Públicos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Panteones para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Parque Agroindustrial al Pie del Cañón • Lineamientos Operativos para el Ejercicio de los Recursos del Ramo 33 para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para el Control y Vigilancia de los Establecimientos que Prestan el Servicio de Videojuegos, Billares, Boliches, Juegos de Mesa o Similares • Reglamento Interior del Instituto de Planeación del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Tránsito y Vialidad del Municipio • Reglamento de Protección a la Fauna Doméstica en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Protección Civil del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Construcción para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Protección Ambiental y Aseo Urbano para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez 	201

<p>Industria</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de Construcción para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Ferias del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para el Funcionamiento de Molinos de Nixtamal y Tortillerías del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento Interno del Parque Agroindustrial "Al Pie del Cañón" de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para el Control y Vigilancia de los Establecimientos que Prestan el Servicio de Videojuegos, Billares, Juegos de Mesa o Similares del Municipio de Tuxtla Gutiérrez 	<p>13</p>
<p>Vulnerabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de la Administración Pública Municipal de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento Interno del Comité de Obra Pública del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Acciones Protocolarias para el Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Mercados Públicos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Protección Civil del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento interior para el Instituto de Planeación del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para el Ejercicio del Comercio en Vía Pública: Fijo, Semifijo y Ambulante del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento Interior de la Secretaría de Seguridad Pública Municipal del H. Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Tránsito y Vialidad del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Construcción para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Servicio Público de Limpieza para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento para el Fomento y Desarrollo Turístico Municipal de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento para la Organización de la Asamblea de Barrio en los Barrios y Colonia, Ejidos y Fraccionamientos del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento de Box y Lucha libre para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Comité de Adquisiciones, Arrendamiento de Bienes Muebles y Contratación de Servicios del Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Comité Interno para la Contratación de la Obra Pública del Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez • Estatutos del Consejo Ciudadano • Reglamento del Consejo Consultivo de la Industria de la Masa y la Tortilla del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento del Funcionamiento del Cuerpo Edilicio para Tuxtla Gutiérrez 	<p>673</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento de Diversiones y Espectáculos Públicos para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Ferias del Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento de Vigilancia y Control del Ejercicio del Sexo Servicio en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento de Regularización de la Tenencia de la Tierra para el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas • Reglamento para el Uso del Suelo Comercial y la Prestación de Servicios Establecidos en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez • Reglamento Interior del Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia del Municipio de Tuxtla Gutiérrez 	
--	--	--

2.2. LÍNEA BASE DE VULNERABILIDAD, PELIGROS Y EXPOSICIÓN A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Tradicionalmente al intentar describir el riesgo que suponen los nuevos regímenes de precipitación y temperatura resultado del cambio climático global, los diagnósticos se enfocan en el aumento del peligro que se traduce en el incremento de riesgos propios de cada región. Actualmente la comunidad científica ha llegado al consenso que los riesgos se rigen principalmente por tres factores: el peligro, la exposición y la vulnerabilidad (IPCC, 2012), por lo tanto al intentar comprender los riesgos que supone el cambio climático para la economía, la sociedad, la naturaleza y los servicios que esta provee es necesario prever las condiciones que la sociedad podría estar construyendo a futuro (figura 5).

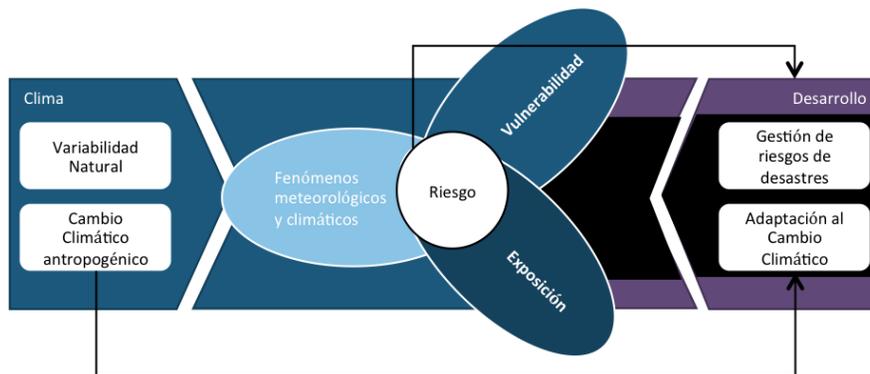


Figura 5.- Conceptos centrales del informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Fuente: IPCC, 2012

2.2.1 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Esta sección está basada en las metodologías descritas en el Anexo I de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (Gobierno de la Republica, 2013), los escenarios climáticos del modelo japonés utilizados por el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas (PACCCH) y el Estudio de Vulnerabilidad Social y Económica para las regiones Metropolitana, Soconusco, Frailesca, Sierra Mariscal, Valles Zoque y Norte de

Chiapas (MAPS, 2012). Estas mismas metodologías son utilizadas para el escenario tendencial y de acción.

Los conceptos mostrados en la *figura 6* se entenderán como sigue:

- **El evento meteorológico** es aquél que se puede considerar peligroso si las condiciones de vulnerabilidad y exposición lo convierten en una amenaza (Gobierno de la Republica, 2013).
- **La exposición** es la presencia de personas, vidas, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales en lugares que pueden ser afectados de manera adversa (Gobierno de la Republica, 2013).
- **Vulnerabilidad** es predisposición a ser afectado de manera adversa por un evento meteorológico (Gobierno de la Republica, 2013)
- **Riesgo de desastre** es la probabilidad de que ocurran alteraciones severas al funcionamiento normal de una sociedad debido a eventos climáticos que interactúan con condiciones de vulnerabilidad. El riesgo es considerado cuando existe alguna exposición y vulnerabilidad al evento climático correspondiente (Gobierno de la Republica, 2013)

A continuación se presenta el resumen de los índices de vulnerabilidad de mayor intensidad para el municipio, así como los eventos climatológicos proyectados a futuro cercano (2015 – 2039) y futuro lejano (2075 – 2099), junto con la exposición de los subsistemas social, ambiental y económico y el riesgo resultante de la combinación que estos representan para Tuxtla Gutiérrez.

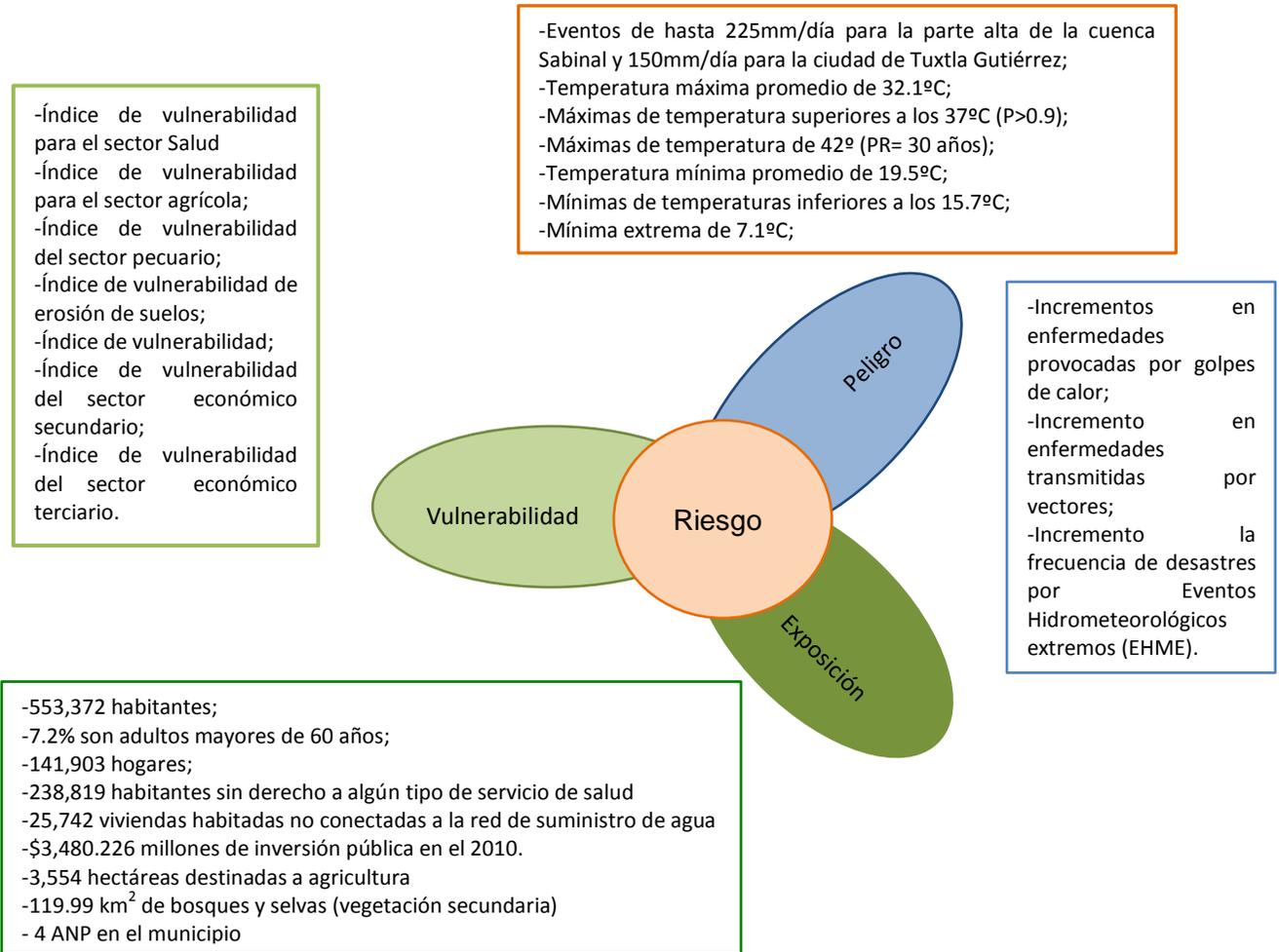


Figura 6.- Principales factores de riesgo del municipio al cambio climático. Fuente: Cecropia-MAPS con datos de INEGI, CONAGUA y PACCCH.

2.2.2 CLIMA HISTÓRICO DEL MUNICIPIO Y TENDENCIAS

Para definir el clima histórico del municipio, los umbrales de precipitación para que ocurran desastres y las tendencias de cambios en el clima histórico, se tomaron en cuenta los datos de cuatro estaciones meteorológicas facilitados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Dos estaciones se encuentran en la zona urbana del municipio, una más en el municipio de Berriozábal y otra en San Fernando correspondiendo estas dos últimas a mediciones en la parte alta de la cuenca del Río Sabinal (tabla 2).

Tabla 2. Estaciones meteorológicas dentro de la Cuenca del Río Sabinal con datos que permiten reconocer tendencias meteorológicas en el municipio. Fuente: CONAGUA, 2012

Estación	7165	7176	7319	7372	Celda 1348
Municipio	Tuxtla Gutiérrez	Tuxtla Gutiérrez	San Fernando	Berriozábal	CRU Histórica
Intervalo de datos	1980 – 2010	1970 - 2009	1978-2010	1988 - 2010	1961- 2000

Coordenadas	Lat.	16.7500	16.7617	16.8731	16.7969	16
	Long.	-93.1333	-93.1028	-93.2269	-93.2653	-93
Precipitación	MAX.	148	121	150	225.5	N/A
	P.90	45	7.5	7	7.2	N/A
	P.10	0	0	0	0	N/A
	Total/Año	Sin datos	999mm	1021mm	926mm	946.6mm
Temperatura	MAX.	42°C	43°C	N/A	N/A	30.3 Max
	P. 90	37°C	36.5°C	N/A	N/A	23.4 Med
	P. 10	15°C	15°C	N/A	N/A	16.5 Min
	MIN.	7.1°C	3.2°C	N/A	N/A	N/A

Para la cuenca en estudio, la temperatura media anual es de 25.4°C, la temperatura promedio máxima es de 32.3°C, siendo la máxima extrema reportada de 45.5°C (febrero de 1982), y la temperatura promedio mínima es de 18.3°C, siendo la mínima extrema de 4°C (enero de 1953 y diciembre de 1963). Los meses más calurosos son de marzo a junio, con temperaturas del orden de los 35°C.

La CRU² histórica con resolución de 0.5° X 0.5°, aproximadamente 50 km X 50 km, revelan que para la zona la temperatura promedio máxima es de 30°C, la media de 23.4°C y la media mínima es de 16.5°C promedio, la diferencia entre la CRU histórica y los datos recabados por las estaciones meteorológicas pueden deberse a que la primera refleja el promedio existente en una superficie de aproximadamente 2,500 km², es decir las zonas altas y bajas de la cuenca de Tuxtla Gutiérrez, mientras la segunda son datos puntuales de estaciones hidrometeorológicas. Los datos de la CRU son importantes, ya que los escenarios climáticos que pueden apreciarse en el escenario tendencial se basan en datos de este tipo (figura 7) (Cavazos, 2013).

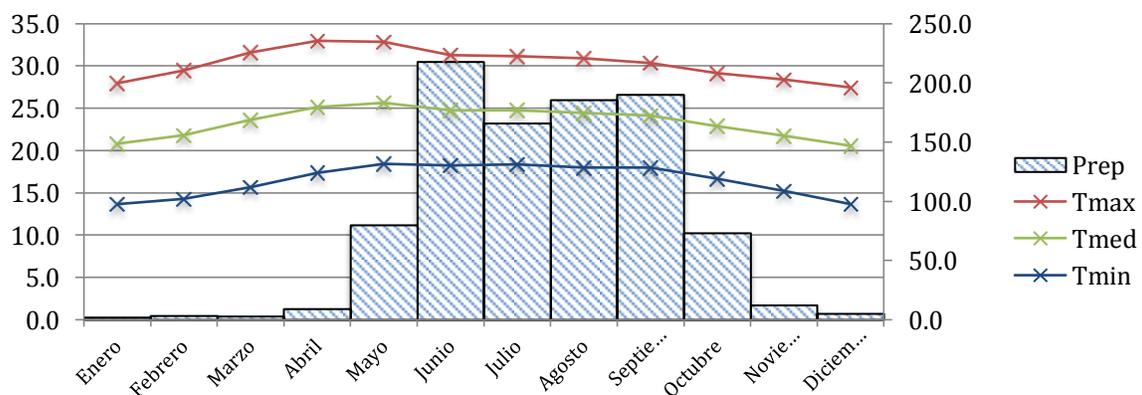


Figura 7. Normales de temperatura máxima, media y mínima de acuerdo a la CRU histórica.

²Generada por la unidad de Investigación Climática (CRU por sus siglas en inglés), que es parte de la Escuela de Ciencias Ambientales en la Universidad del Anglia Oriental, Inglaterra (UEA, por sus siglas en inglés). CRU es ampliamente reconocida como una de las instituciones líder dedicadas al estudio del cambio climático natural y antropogénico, cuyo principal objetivo es mejorar el entendimiento científico en tres áreas considerando tanto la historia del clima pasado y su impacto en la humanidad, el curso y las causas del cambio climático durante este siglo y los cambios esperados en el futuro.

De acuerdo con los límites de temperatura media anual establecidos por García (1988), se tiene una condición del clima que tiende a ser semicálido en la región poniente de la cuenca (San Fernando y Berriozábal). Su temperatura media anual se acerca a los 22°C y la condición de clima tiende a ser muy cálido hacia el oriente (Tuxtla Gutiérrez) ya que su temperatura media se acerca a los 26°C sin llegar a los límites establecidos por García.

El clima cálido está comprendido entre los 22°C y 26°C de temperatura media anual. Las lluvias dentro de la cuenca son de tipo convectivo, es decir, se forman por corrientes de aire ascendentes cuando la tierra se calienta más en unas zonas que en otras, enfriándose la masa de aire y formando nubes, la precipitación anual es de 955.8mm. Los meses lluviosos son de mayo a octubre, con una precipitación acumulada de 916.8mm que representa un 95.9% de la precipitación anual, siendo el mes de junio el más lluvioso, con una precipitación media mensual de 216.6mm.

De acuerdo a los datos de la estación 7165 podemos observar un aumento de la temperatura mínima promedio con una tendencia a la alza apenas superior a 1°C y una tendencia a la baja de la temperatura máxima menor a los 0.5°C (Figura 8). Esto coincide con los modelos de los escenarios climáticos descritos en el escenario tendencial en la sección 3.1 de éste documento que modelan un aumento mayor en la temperatura mínima.

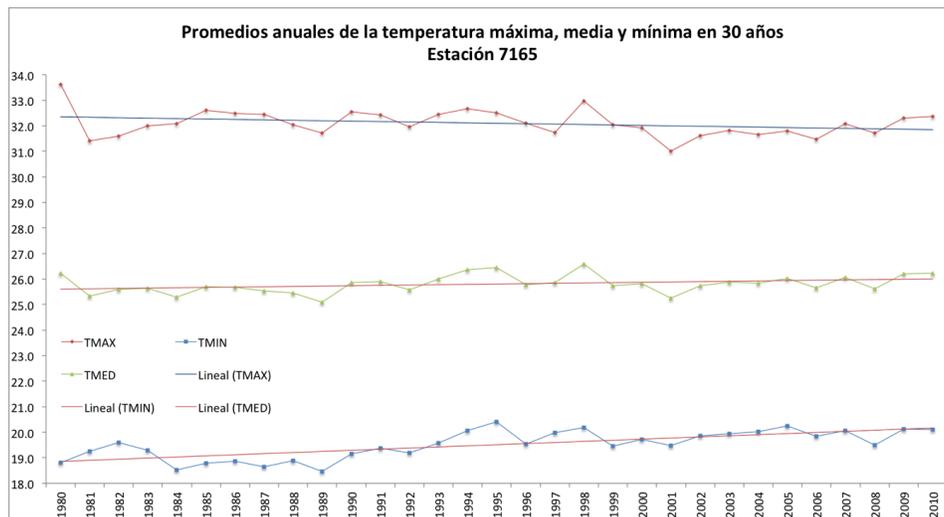


Figura 8.- Variación de la temperatura mínima y máxima diaria y tendencia en el clima histórico (30 años) observado por la estación 7165 en Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (CONAGUA-SMN, 2012)

De la misma forma en el 2010 en Programa de Acción ante el Cambio Climático de Estado de Chiapas (PACCCH) detectó para el municipio un incremento histórico en el número de eventos con 6 o más noches consecutivas con temperatura mayor a los 25°C y una desaparición de los eventos con 6 o más días con temperaturas menores a 10°C (Figura 9) (PACCCH, 2011).

Para el caso de la precipitación se observa un incremento importante en la cantidad total promedio mensual entre la década de los 70's y los 80's, una baja nuevamente durante los años 90's y una tendencia de incremento para principios de siglo (CONAGUA, 2011) en la estación 7165 (Figura 10). Sin embargo, también se puede observar lo contrario en la estación 7176, lo que podría soportar el modelo de los escenarios climáticos que no advierten de cambios importantes ni en la cantidad total ni el régimen de la misma. Es importante señalar que a pesar de que las condiciones de precipitación se pudiesen mantener en el tiempo, estas han demostrado ser suficientes para causar desastres en el municipio.

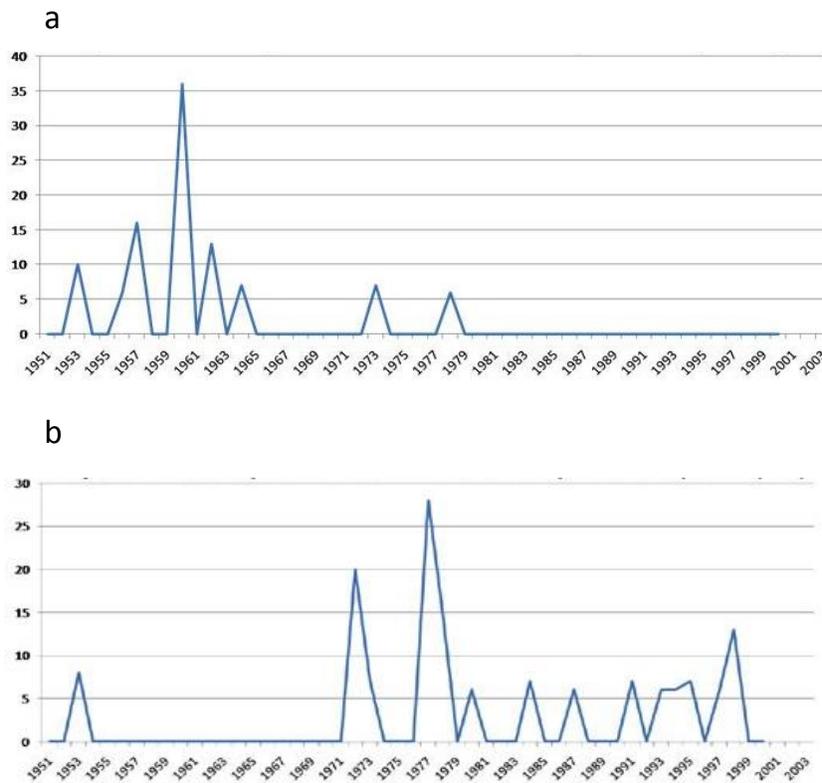


Figura 9.- Indicador de periodos fríos (a) y cálidos (b) con por lo menos 6 días consecutivos con temperatura mínima <10 percentil y máxima > 90percentil, respectivamente. Fuente PACCCH 2011

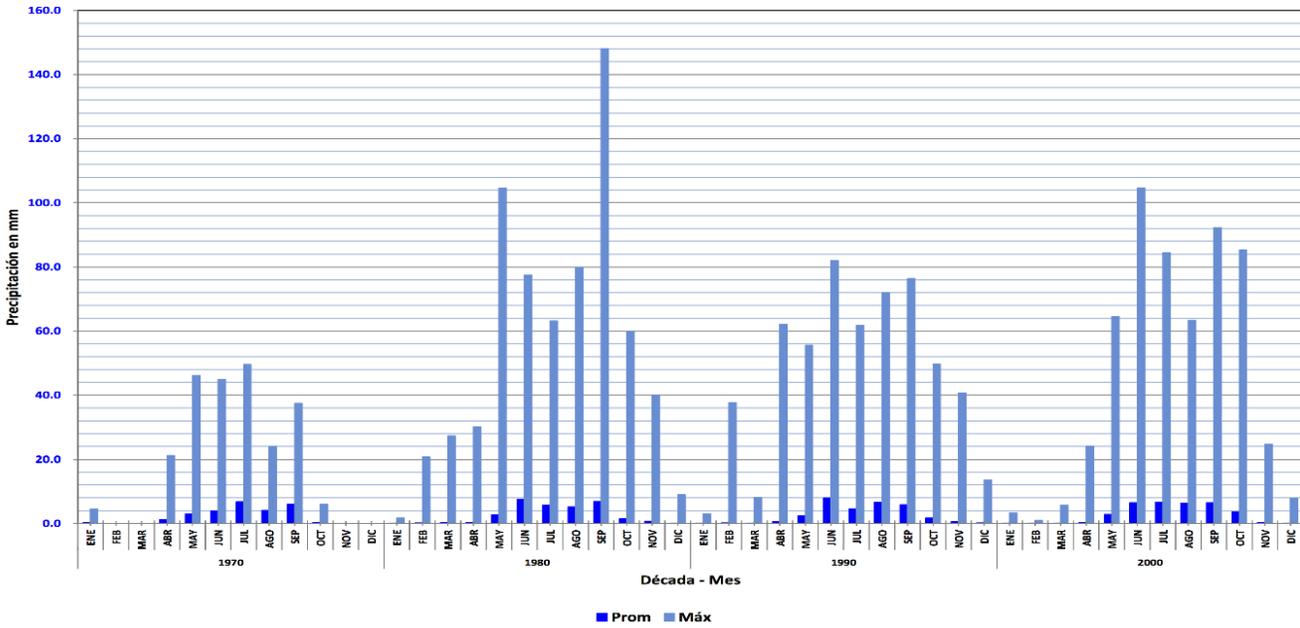


Figura 10.- Precipitación promedio y máxima por década registrada por la estación 7165 en Tuxtla Gutiérrez. Fuente: (CONAGUA-SMN, 2012)

A pesar que dentro del municipio no se observan tendencias claras de cambios en la precipitación histórica, en las estaciones meteorológicas 7319 en el municipio de San Fernando y 7372 en el municipio de Berriozábal, que corresponden a la parte alta de la cuenca del Río Sabinal, sí se registra una tendencia de incremento en los eventos extremos, como se observa en los registros históricos descritos más adelante. Durante el 2003 lluvias extremas en estos municipios, producto del paso del huracán Larry, ocasionaron fuertes avenidas de agua y desbordamiento del Río Sabinal lo que provocó uno de los mayores desastres en la historia del municipio (Figura 10 y 11) (UNACH-CEAS, 2005).

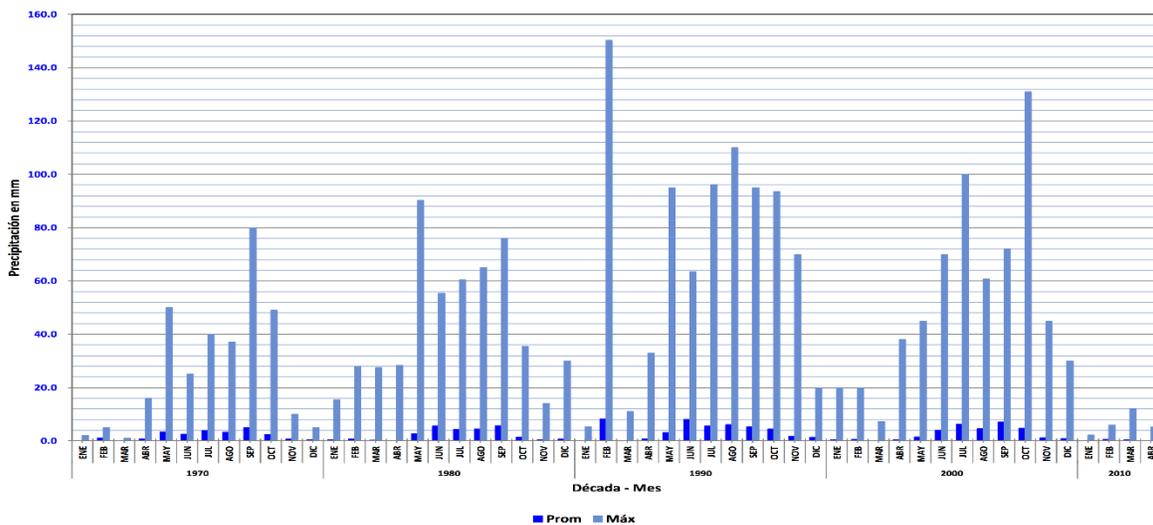


Figura 11.- Precipitación promedio y máxima por década registrada por la estación 7319 (a) en San Fernando. Fuente: (CONAGUA SMN, 2012)

2.2.3 EXPOSICIÓN DEL MUNICIPIO A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Históricamente, la población y ciudad de Tuxtla Gutiérrez se han visto afectadas por inundaciones debido al desborde del Río Sabinal, que cruza en una longitud de 6.5 kilómetros la zona urbana y el cual contiene los arroyos Jotipak, Pospón, Cachotopak, Penipak, Potinaspak, Yucucupak, Xamaipak, Pistimbak, Popombak, Capetecjopak, Factaccosok, entre otros, así como por el río Quishimpak (El Sabinal). Pero los que le han causado mayores desastres son el Sabinal, el arroyo San Roque y el Potinaspak principalmente (tabla 3).

Los daños por inundación, se acentúan por la presencia de asentamiento humanos en zonas propensas a inundaciones como los cauces naturales en zonas bajas, y son más severos porque el agua se concentra rápidamente y en mayor volumen a consecuencia de la pérdida de la cobertura vegetal originada por la deforestación (CONAGUA, 2012). Se calcula que cuando menos existen dos mil casas construidas en las márgenes de 13 de los 21 afluentes del Río Sabinal (UNACH-CEAS, 2005). En contraste, cuando la escasez de lluvia se mantiene durante periodos prolongados, se generan sequías que afectan el abasto de agua a las poblaciones, produciendo daños a la agricultura, ganadería y otras actividades económicas (CONAGUA, 2012).

En 1999 el Gobierno del estado construyó siete nuevos puentes, para tratar de evitar su desbordamiento durante la época de lluvias, los cuales vinieron a sustituir a los antiguos puentes de arco de arquitectura tradicional. Sin embargo, como se observa en la tabla 3, más allá de reducir los desastres ocasionados por el desbordamiento del Sabinal, pareciera que el desastre se vuelve cada más recurrente en el municipio, esto debido probablemente a que la exposición y el peligro pueden estar aumentando en el tiempo (UNACH-CEAS, 2005) .

Tabla 3. Desastres en el municipio de Tuxtla Gutiérrez causados por fenómenos hidrometeorológicos extremos. Fuente: (UNACH-CEAS, 2005) y Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez

Fecha	Evento	Descripción	Afectación
20 y 21 de octubre de 1921	Lluvias torrenciales	Desbordamiento del río Sabinal	13 familias
11 y 12 de octubre de 1932	Fuertes lluvias	Desbordamiento del río Sabinal	Inundaciones en la colonia Terán y el poniente de Tuxtla Gutiérrez
10 de julio de 1951	Fuertes lluvias	Desbordamiento del río Sabinal	Inundaciones en los barrios Juy Juy, La Pimienta y Colón
1974	Fuertes lluvias	Inundación	Inundación en la 5a Norte y en las inmediaciones del arroyo San Roque
1984	Fuertes lluvias	Se provocó una fuerte avenida en el afluente San Agustín	Daños menores en las colonias Los Laureles y FOVISSSTE
1988	Fuertes lluvias	Afluente San Agustín	Daños en las colonias Plan de Ayala y Juan Crispín, 77 casa

Fecha	Evento	Descripción	Afectación
			dañadas y 320 personas damnificadas
24 y 25 de junio de 1996	Lluvia extrema 187.8mm de precipitación	Desbordamiento del arroyo Santa Ana provoca inundaciones con niveles de hasta 2 metros	500 comercios 1,500 casas habitación 11 Colonias de la ciudad, Fraccionamientos La gloria, Rincón de los Lagos, Jardines de Tuxtla, El Vergel, FOVISSSTE, San José Terán, El Arenal, Lumhá, 5a Norte entre 10a y 5a Oriente, Plan de Ayala, Campestre y Los Laureles.
10 de agosto de 1996	Lluvias entre 75mm y 80mm	Desbordamiento del arroyo Potinaspak	60 colonias afectadas
30 de septiembre de 1998	Lluvias torrenciales	Desbordamiento de los arroyos Potinaspak y Totoposte que provoca el desbordamiento del Río Sabinal con niveles de 1.2 metros	1 Automóvil 1 mujer muerta
Mayo de 2001	Lluvias prolongadas durante todo el mes		1 barda del penal Cerro Hueco derrumbada 150 viviendas afectadas en 20 colonias
31 de mayo de 2001	Fuertes lluvias	Desbordamiento del Río Sabinal	4 Colonias afectadas, Los Pájaros, Bienestar Social, Terán y Potinaspak.
5 y 6 de octubre de 2003	Sistema Tropical "Larry" 131mm en San Fernando 225.5mm en Berriozabal	Desbordamiento del Río Sabinal en distintos puntos inundando 318 hectáreas. Desbordamiento de los arroyos San Agustín, La Chacona y Potinaspak. La existencia de azolve, basura y vegetación en los cauces; estructuras de cruce (puentes), bóvedas y obras de captación pluvial, hacen que disminuya el área hidráulica del cauce principal y sus afluentes; así como la insuficiencia en dimensiones de la sección transversal en algunos puntos del cauce principal y sus afluentes.	28 colonias afectadas 39,000 habitantes en la ciudad 49,720 viviendas
19 de agosto de 2010	Eventos de más de 45mm en la estación de San Fernando y hasta 50mm por tres días consecutivos	Desbordamiento del río Sabinal	30 colonias las más afectadas la 5ª Norte y Francisco I. Madero 1 plaza comercial El libramiento norte de la ciudad 4 decesos
15 de agosto de	Sin información	Corrientes pluviales en las calles de la ciudad	23 viviendas afectadas 13 vehículos dañados

Fecha	Evento	Descripción	Afectación
2011			
28 de agosto de 2011	Eventos de entre 31 y 131mm en la estación de Berriozábal la semana del desastre, sólo 7.8 registrado el día del desastre	Desbordamiento del río Sabinal y del arroyo Potinaspak El agua llegó hasta a 1.5 metros de altura	200 casa inundadas 20 personas abandonaron sus viviendas Colonias Francisco I. Madero, Los Laureles, Niño de Atocha y la zona comercial de la 5ª Norte
5 de septiembre de 2011	Sin información	Fuertes avenidas de agua pluvial en las calles de la ciudad	276 familias afectadas de manera directa 13,000 personas afectadas indirectamente

De acuerdo a los datos del Atlas Municipal de Riesgos, son 48 colonias las que se encuentran expuestas a inundaciones ocasionadas por desbordamiento del río Sabinal, de las cuales 17 tienen grado de vulnerabilidad de medio a alto y el resto con baja vulnerabilidad, esto debido a que muchas de las colonias que se encuentran en los márgenes de ríos son comerciales o residenciales (figura 12).

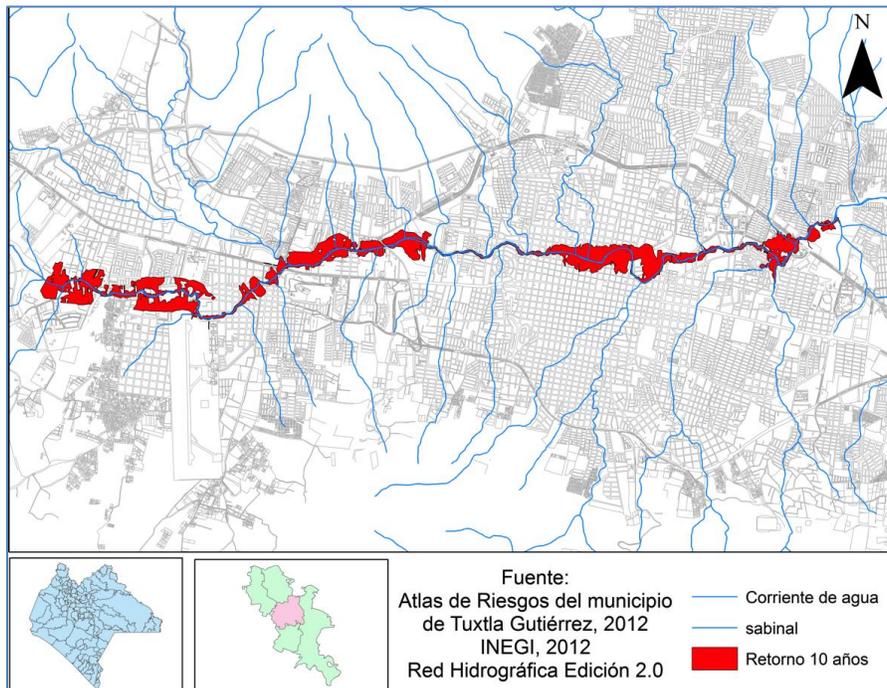


Figura 12.- Exposición a inundaciones por fenómenos hidrometeorológicos extremos, (Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2012)

2.3. VULNERABILIDAD HISTÓRICA DEL MUNICIPIO

De acuerdo al Atlas Climático generado por el Centro de Ciencias de la UNAM (Monterroso R.A., et al., 2013), el municipio está catalogado como de media vulnerabilidad a los efectos del cambio climático y su capacidad adaptativa, baja sensibilidad climática y como alta exposición a estos efectos, así mismo, el Atlas Municipal de riesgos de Tuxtla Gutiérrez identifica que el 75% del área urbana del municipio cuentan con una vulnerabilidad que va de baja a media a desastres y el 25% del área urbana restante se identifica como alta o muy alta (Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2012) (figura 13).

Estos índices son construidos utilizando indicadores del orden económico, social y ambiental, donde son utilizados parámetros como el total de inundaciones, heladas, lluvias intensas y desplazamientos reportados en el periodo 1980-2005, además de otras, como el porcentaje de población indígena o con jefatura femenina (figura 14).

Estos índices no dan una idea de que tan sensible es el municipio a los posibles efectos del cambio climático y, cómo se pueden comparar con el resto del estado y el país para que la Estrategia Nacional permita su priorización, sin embargo, a pesar de que el municipio cuenta con relativamente poco porcentaje de población indígena y un menor porcentaje de jefaturas femeninas, en contraste con los municipios de la Región Altos de Chiapas.

La exposición a eventos hidrometeorológicos y la cantidad de personas que se encuentran expuestas a estos eventos, hacen del municipio de Tuxtla Gutiérrez prioritario en la implementación de acciones de adaptación a los efectos del cambio climático.



Figura 13. Índices de vulnerabilidad para el municipio de Tuxtla Gutiérrez (Monterroso R.A., et al., 2013).

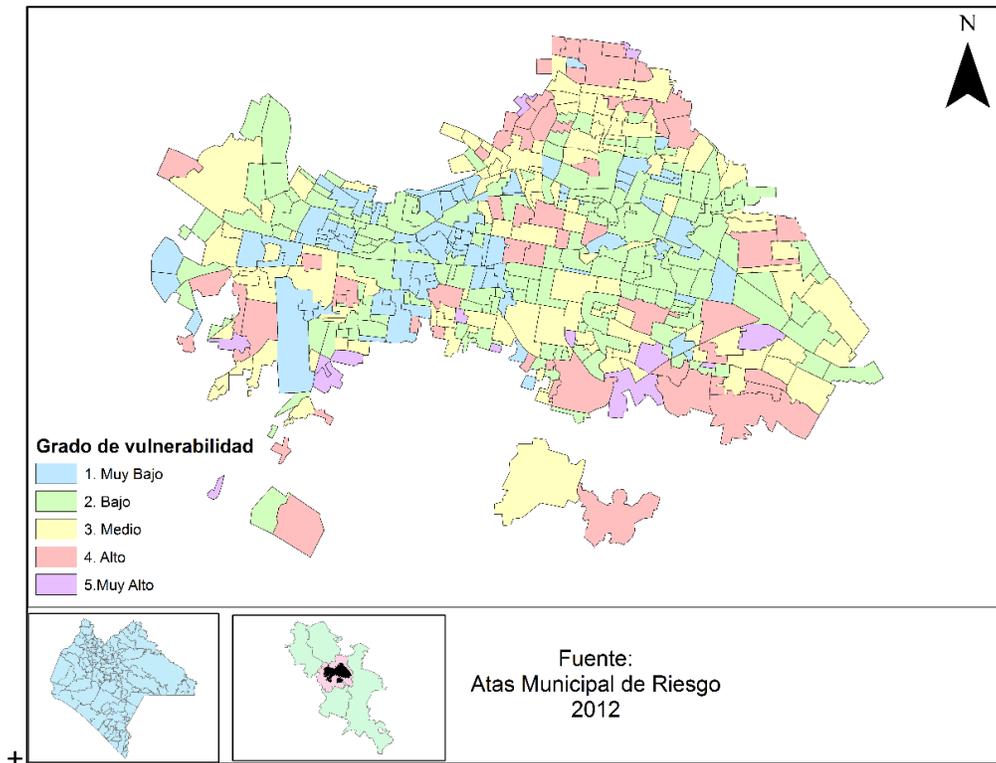


Figura 14. Grado de vulnerabilidad por colonia para las zonas urbanas del municipio.

2.3.1 VULNERABILIDAD DE ECOSISTEMAS MUNICIPALES Y LOS SERVICIOS QUE ESTOS PROVÉEN

Vegetación

La vegetación presente en el municipio es la siguiente: vegetación secundaria (selva baja caducifolia y subcaducifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) que abarca 24.18%, selvas secas (selva baja caducifolia y subcaducifolia), 15.20%; pastizales y herbazales (pastizal inducido), 4.56%; vegetación secundaria (selva alta y mediana subperennifolia con vegetación secundaria arbustiva y herbácea) 0.29%; selvas húmedas y subhúmedas (selva alta y mediana subperennifolia) que abarca 0.23% y bosques deciduos (bosque de encino) que ocupan 0.18% de la superficie municipal (figura 15).

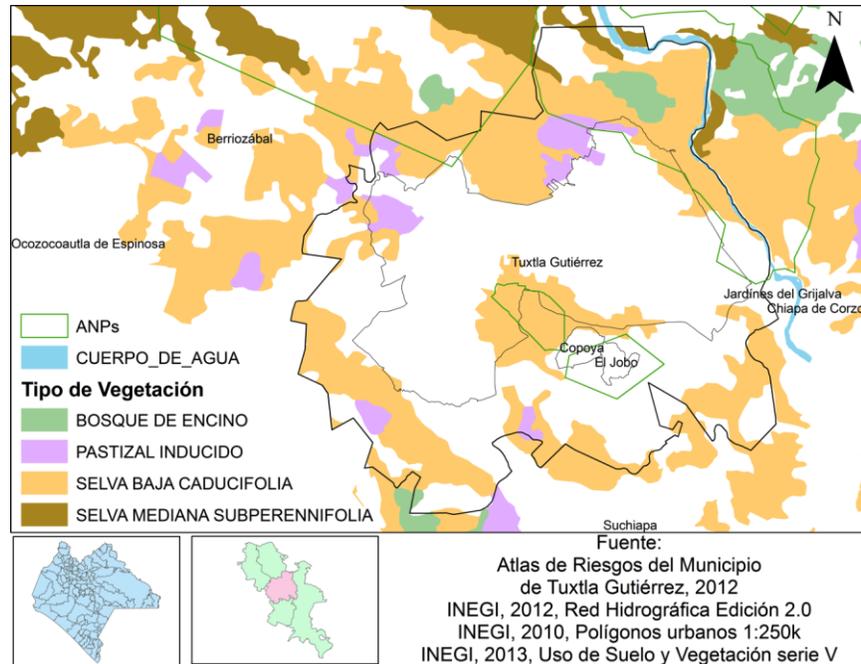


Figura 15.- Vegetación municipal de acuerdo a los mapas de Vegetación Serie V. Elaboración Cecropia-MAPS

Agua

Los escenarios de cambio climático en la zona de Tuxtla Gutiérrez indican que con cambios de 2°C en la temperatura y disminuciones de 5% en las lluvias, aproximadamente hacia mediados del presente siglo, la disponibilidad de agua tenderá a disminuir, sobre todo si se trata de agua superficial (figura 16).

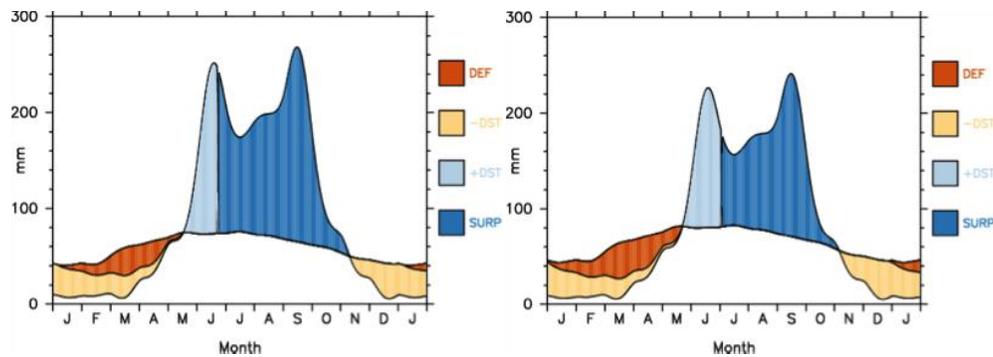


Figura 16.-Balance hídrico alrededor de Tuxtla Gutiérrez en condiciones de clima actual (a) y bajo cambio climático (b). Fuente: ONU-HABITAT, 2010

Los eventos de precipitación extrema intensificados podrían impactar en la calidad del agua, ya que ésta disminuye al transportarse grandes cantidades de azolves después de eventos de lluvia fuerte. La presencia de Áreas Naturales Protegidas en el municipio contribuyen al mantenimiento de los servicios ambientales hídricos (figura 17).

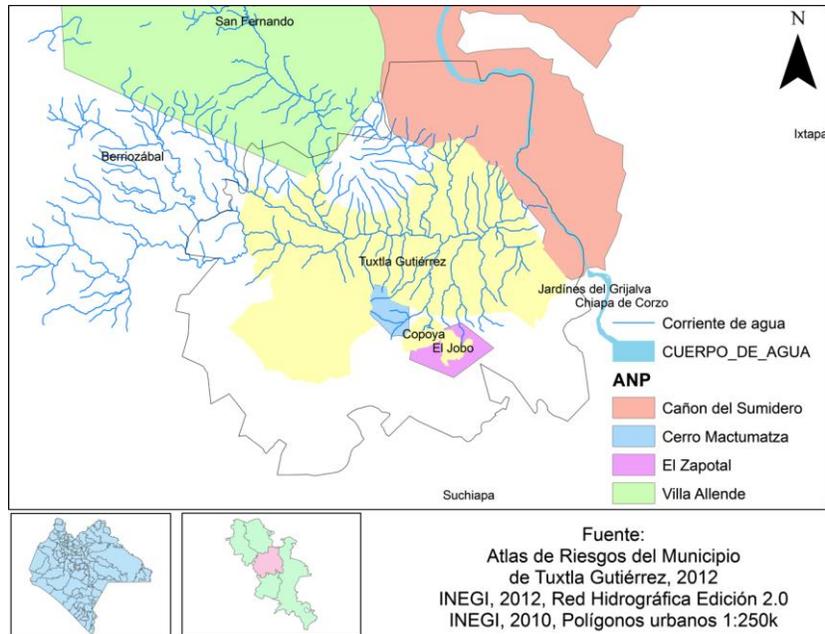


Figura 17.- Áreas Naturales Protegidas presentes en el municipio y cuerpos de agua que provienen de ellas. Elaboración Cecropia-MAPS

Los aumentos esperados de temperatura disminuirán la cantidad de oxígeno disuelto en el agua por lo que la calidad del agua se verá disminuida. Durante episodios de ondas de calor intensas el consumo de agua se incrementa y la disponibilidad de agua disminuirá junto con su calidad durante las ondas de calor más intensas, lo que constituye un riesgo para la salud de la población (Franco, et al., 2010).

Existen en el municipio 25,742 viviendas que no se encuentran conectadas a la red de suministro de agua potable y que dependen de los arroyos que se generan en las partes altas de la cuenca del Río Sabinal como lo es la colonia Cerro Hueco. Estas colonias que se encuentran en la periferia de la ciudad probablemente serán afectadas por la falta de disponibilidad en el recurso acuífero, sin embargo, es importante señalar que las acciones de adaptación deberán concentrarse en la retención del recurso y en asegurar la calidad del mismo.

Erosión

El fenómeno de erosión que se presenta en la zona de estudio consiste en la destrucción de las rocas por procesos fluviales (Lugo, 1989); es decir, las escorrentías o arroyos que bajan de las partes altas de las montañas son el agente modelador del relieve que da origen a la formación de una red de barrancos, los cuales presentan formas alargadas y angostas. Cabe señalar que los barrancos localizados al norte y norte poniente de la ciudad en donde se localizan las colonias: Poma Rosa, Laguitos, Potinaspak, Jardines del Norte, Las Granjas, Atenas, Chapultepec, entre otras, describen dos tipos de red hidrográfica: a) radial y b) paralela. Con base a estos argumentos se piensa que la

dirección de los arroyos está regida por el rumbo que manifiestan las diferentes fracturas geológicas presentes en la zona (figura 18).

Por lo que respecta a los barrancos ubicados al sur–poniente y sur oriente de Tuxtla Gutiérrez, se concluye que los barrancos presentan una forma dendrítica, por lo que existe una mayor comunicación entre las diferentes cuencas que integran la red.

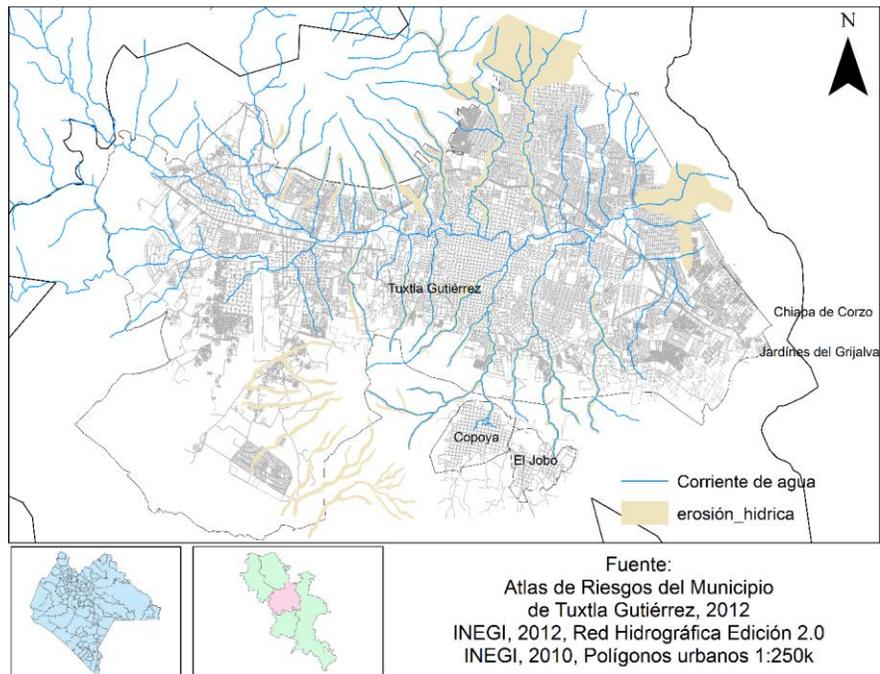


Figura 18.- Erosión hídrica en el municipio

Por último, el grado de peligrosidad en ambos casos es alto; sin embargo, cabe destacar que los barrancos localizados al Norte y Norte–Poniente presentan un mayor poder erosivo, ya que la mayoría de las escorrentías tienen una jerarquía menor al tercer orden de corriente (ambiente netamente erosivo), con pendientes superiores a los 20° y una disección vertical alta (112–167 m/Km²), situación que los hace tener la capacidad de transportar bloques y derrubios de tamaño considerable en tiempo de lluvias, los cuales son depositados en las partes bajas de la montaña en donde se localizan arterias viales de primer orden como es el bulevar Los Laguitos (Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2012).

2.4. COSTOS ECONÓMICOS DE LOS DESASTRES CAUSADOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL MUNICIPIO

El estado ha gastado del año 1997 al 2010 la cantidad de \$35,746,883,505 pesos (MAPS, 2013) en desastres por fenómenos hidrometeorológicos. Durante este periodo el gasto más significativo fue durante el 2005 por los daños provocados por el huracán Stan donde el Fondo Nacional de Desastres aportó un poco más de 15,000 millones de pesos para la

reconstrucción de las regiones Soconusco, Costa, Sierra Mariscal y Frailesca principalmente (figura 19).

Costo anual económico de desastres en Chiapas en miles de pesos

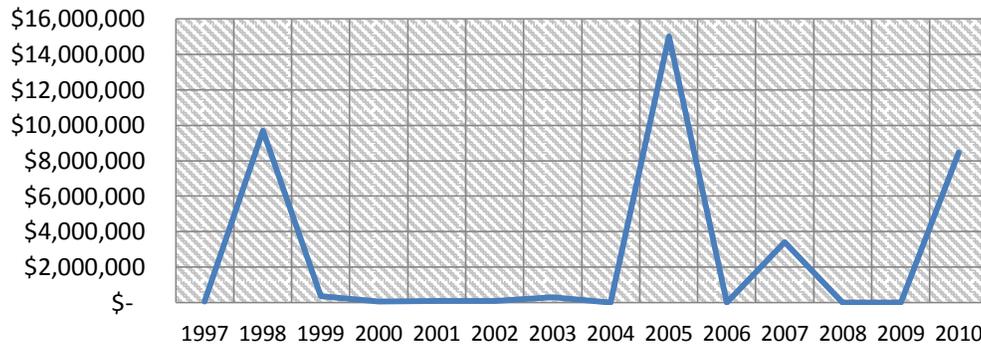


Figura 19. Costo económico anual en Chiapas (Instituto de Protección Civil, 2013)

Para Tuxtla Gutiérrez una de las mayores pérdidas económicas ocurrió en 2003, donde los daños provocados por inundaciones sumaron poco más de 165 millones de pesos. Se calcula que cada 5 años el Río Sabinal recibe un afluente de aproximadamente los 250 m³/s, cada 10 años de 350 m³/s y cada 20 años de casi 500 m³/s, existe una estimación de costos económicos por daños a viviendas en las márgenes del río, calculado con datos del desastre ocurrido en el 2003 por el huracán Larry (UNACH-CEAS, 2005). De acuerdo a estos datos el costo que se calcula es que por cada 5 años (probabilidad de 0.2) se pierden \$165.5 millones de pesos por daños a hogares, mientras que el costo de reacción al fenómeno rodea los \$21.9 millones de pesos sumando un costo total de \$187.4 millones de pesos (tabla 4).

Tabla 4.- Pérdidas económicas estimadas para el municipio por desastres ocurridos en periodos de retorno de 5, 10 y 20 años

Tiempo de retorno	Gasto (m ³ /s)	Probabilidad	Daños a hogares (millones de pesos)	Daños por infraestructura y atención a emergencias (millones de pesos)	Total (millones de pesos)
5 años	234	0.2	\$165.50	\$21.90	\$187.40
10 años	358	0.1	\$288.00	\$28.10	316.10
20 años	494	0.05	\$352.30	\$53.00	405.30

Bajo los supuestos manejados, las condiciones que superan el umbral para que ocurran desastres en el municipio suceden cada 5 años. Como podemos ver en la tabla 4, las probabilidades de desastres están aumentando, puesto que el peligro se encuentra gradualmente en aumento (cambio climático) y la exposición y la vulnerabilidad del

sistema no ha disminuido, entonces debido a lo ocurrido en 2001 y 2011, se cree que pueden ocurrir hasta tres eventos en un solo año.

En la figura 20 se observan que los costos necesarios para comenzar a generar estrategias de prevención a desastres y adaptación al cambio climático son menores que los costos de los daños ocasionados por un solo evento de desastre, sin embargo, es importante considerar que estos costos se dispararían si se tomarán en cuenta los costos sociales.

Inversión anual de proyectos de adaptación por sector contra costos de desastres de la tormenta tropical Larry

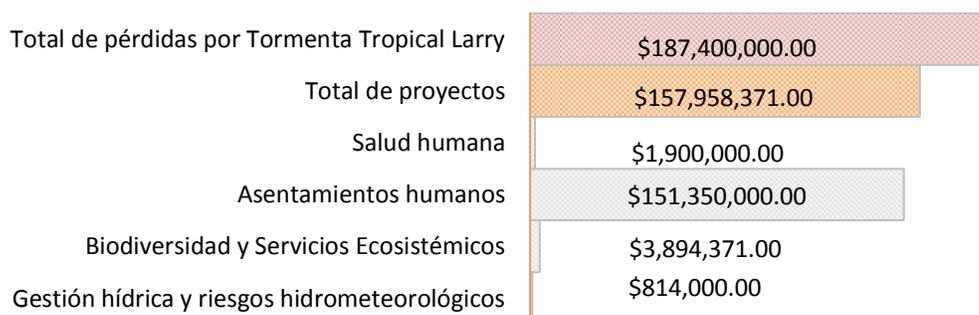


Figura 20.- Inversión total de proyectos comparado con los costos económicos de daños en hogares y respuesta a la emergencia.

2.5. CAPACIDAD DE RESPUESTA DEL MUNICIPIO A EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS EXTREMOS

Para enfrentar emergencias, la CONAGUA, a través del “Plan de Emergencia de Inundación, Corrientes problemáticas, Rio Sabinal” realizó el siguiente planteamiento general:

En el Sistema Nacional de Protección Civil (SNPC), dentro de sus funciones debe coordinar a todas las dependencias y organismos participantes en emergencias hidrometeorológicas, con el objetivo de brindar una rápida atención a las personas afectadas. Por su parte el Consejo Estatal de Protección Civil, ahora Sistema Estatal de Protección Civil (SEPC), coordinará todos los trabajos y procedimientos de los tres niveles de gobierno y organismos que intervengan en caso de alguna emergencia hidrometeorológica. Asimismo, el SEPC será el lugar donde se concentrará toda la información que los integrantes de los organismos de respuesta proporcionen.

De igual manera, todos los titulares de las Dependencias y Organismos serán convocados por el Sistema Estatal de Protección Civil a reuniones, con la frecuencia que la situación lo amerite, para planear las acciones necesarias que conlleven a evitar o mitigar los daños correspondientes. El primer nivel de respuesta, lo deben realizar las Consejos Municipales

de Protección Civil informando a la coordinación central de la situación que prevalezca. La respuesta para las emergencias hidrometeorológicas, se dividen en las siguientes fases:

- 1ª. Antes de la emergencia (Alertamiento)
- 2ª. Durante la emergencia (Respuesta)
- 3ª. Respuesta de la emergencia (Recuperación)

2.5.1 CENTROS DE OPERACIÓN

El Centro Estatal de Operación para Emergencias Meteorológicas, estará establecido en el Palacio de Gobierno del Estado de Chiapas y será presidido por el C. Gobernador Constitucional o en su ausencia por el C. Secretario General de Gobierno. El Centro de Operación Estatal estará establecido en las Instalaciones del Gobierno Municipal de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas es comandado por el Presidente Municipal y el Subsecretario de Protección Civil del Estado, coordinado por el Gobernador del Estado (CONAGUA, 2012).

Integrantes de la Organización de Respuesta a nivel Estatal:

- 1.- Secretaría de Gobierno.
- 2.- Consejo Estatal de Seguridad Pública.
- 3.- Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana.
- 4.- Secretaría de Desarrollo Social.
- 5.- Secretaría de Administración.
- 6.- Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (Subsecretaría de Protección Civil).
- 7.- Secretaría de Desarrollo Social (Chiapas Solidario).
- 8.- Secretaría de Hacienda.
- 9.- Secretaría del Campo.
- 10.- Secretaría de Pueblos Indios.
- 11.- Secretaría de Salud.
- 12.- Secretaría de Educación.
- 13.- Secretaría de Pesca y Acuicultura.
- 14.- Secretaría de Turismo y Proyectos estratégicos.
- 15.- Secretaría de Infraestructura.
- 16.- Ministerio de Justicia del Estado.
- 17.- ISSTECH.
- 18.- Instituto de Infraestructura Física Educativa.
- 19.- Coordinación de Comunicación Social/ Sistema Chiapaneco de Radio y Televisión.
- 20.- Coordinación de Transportes Aéreos.
- 21.- Talleres Gráficos.
- 22.- Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia.(DIF Chiapas)
- 23.- Colegio de Bachilleres.
- 24.- Universidad Autónoma de Chiapas.
- 25.- Consejo Estatal para la Cultura y las Artes.
- 26.- Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- 27.- H. Ayuntamiento Municipal de Tuxtla Gutiérrez.

2.5.2 ACTIVIDADES DE PLANEACIÓN DE LA CONAGUA

Prevención

Involucra todas las acciones previas, para reducir la vulnerabilidad, y por ende, el grado de riesgo, el cual comprenderá la estructura siguiente:

Se establecerá un diagnóstico de infraestructura de protección, como son: bordos de protección, presas y bordos de almacenamiento en caso de que existan en el área de estudio. Cada año y previamente a la temporada de lluvias, La CONAGUA, convocará a una reunión con Protección Civil Estatal y Municipal, con el objetivo de establecer los mecanismos de respuesta en los tres órdenes de Gobierno, para la atención de emergencias hidrometeorológicas.

Si fuera necesario, se deberá preparar como centro de acopio los Palacios Municipales de los municipios con probable afectación; además de tener identificados los bancos de material respectivos, necesarios para esta acción. Cada Municipio afectado deberá tener preparado su fuerza de trabajo con el equipo disponible para ayuda, como son: camiones pipa, lanchas, trascabos, motoconformadoras, camiones de carga, etc.

Se establecerá un Centro de Operación en la Dirección General del Organismo de Cuenca Frontera Sur, de la CONAGUA, para análisis hidrometeorológico diario, así como los reportes de almacenamientos de presas. El Director General de Organismo de Cuenca establecerá el alertamiento con la Unidad Municipal y Dirección Estatal de Protección Civil y Bomberos, notificándole la situación hidrometeorológica prevaleciente.

La Dirección Estatal de Protección Civil, notificará a los integrantes de la Organización de Respuesta; así como identificar los recursos de apoyo. La CONAGUA, deberá mantener permanentemente las condiciones de operatividad mediante el sistema de radiocomunicación de información de la red.

2.5.3 RESPUESTA: DURANTE LA EMERGENCIA

En coordinación con la Dirección Estatal de Protección Civil de Gobierno del Estado, dependencias involucradas y municipio realizarán vigilancias permanentes mediante recorridos a la infraestructura de protección. La CONAGUA, informará sobre el desarrollo del fenómeno con base a la información proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional y los Sistemas de Monitoreo Local. Se llevará el registro horario de lluvias y almacenamiento de presas para su análisis diario en el Centro de Operación, se mantendrá una estrecha vigilancia en las zonas potenciales de inundación.

La CONAGUA, promoverá a través de la Unidad Estatal y Municipal de Protección Civil y Bomberos campañas de concientización a través de comunicación a la población; (Boletines, Radio, T.V., Periódicos, etc.). También establecerá mediante el Director General de Organismo de Cuenca un solo canal de información oportuno y confiable de la

problemática de la inundación, o quien él designe. Se realizarán trabajos de reforzamiento (Costalera, sobreelevación, etc.), en los puntos críticos recurrentes, así como en las estructuras hidráulicas de protección.

2.5.4 RECUPERACIÓN: DESPUÉS DE LA EMERGENCIA.

La CONAGUA, apoyará para el restablecimiento de funciones vitales de su competencia como son:

- Abastecimiento de agua potable.
- Acciones de saneamiento básico: Cloración de fuentes de abastecimiento y focos de infección a fin de evitar brotes de enfermedades gastrointestinales.

Elaborará un informe con las actividades que desarrolló durante la emergencia, que incluirá conclusiones y recomendaciones para mejorar los métodos de alerta utilizados y continuará actuando con sus áreas involucradas, emitiendo boletines hidrometeorológicos y verificando la seguridad de la infraestructura hidráulica.

2.5.5 PLAN OPERATIVO DE ATENCIÓN A FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

El sistema municipal de Protección Civil cuenta con un “Plan Operativo de Atención a Fenómenos Hidrometeorológicos” el cual llevan a cabo desde el Centro Hidrometeorológico Regional Tuxtla Gutiérrez, el primero de los centros regionales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Este cuenta con el sistema de alerta temprana como medida preventiva para reducir los daños y pérdida de vidas humanas; monitorea permanentemente las condiciones para proporcionar puntualmente los pronósticos hidrológicos y meteorológicos, proporciona información climatológica, puesto que emite un boletín meteorológico cada tres horas, ya que éste Centro está en funciones las 24 horas del día.

Además existe una red de estaciones hidrométricas que permiten medir, registrar, y analizar los volúmenes de agua que transitan en el río, cuyos datos son útiles para tomar decisiones en atención de emergencias, éstas se encuentran ubicadas en el puente del acceso a la colonia Club Campestre, el Reloj Floral y enfrente de la procuraduría, en el parque del oriente. Cuenta con 60 cámaras de alta definición establecidas en puntos importantes de la ciudad, de las cuales 6 están instaladas en puntos estratégicos al borde del Río Sabinal y con Operadores de Videocámaras las 24 horas, así como Operadores del sistema 060, Operadores de Radio Matra y una Unidad Móvil.

Ubicación de las Videocámaras:

1. El Vergel: *Rosa del Poniente frente al parque de la mujer soldado.*
2. Madero: *3ª Norte entre 6ª y 8ª Oriente.*

3. Jardín Botánico: *11ª Oriente detrás del Jardín Botánico, antes del paseo interior a convivencia infantil.*
4. Cámara Pimienta: *4ª Oriente entre 5ª y 7ª Norte.*
5. 5ª Norte: *Entre 5ª y 6ª Poniente.*
6. Fovissste Jardín Corona: *Bulevard 28 de Agosto y Blvd. Belisario Domínguez.*

2.5.6 SISTEMA DE ALERTA HIDROMETEOROLÓGICA DEL RÍO SABINAL

El Sistema de Alerta Hidrometeorológica de la Cuenca del Río Sabinal pretende ser una herramienta útil para la toma de decisiones sobre la evacuación de la población susceptible de ser afectada por los efectos de precipitaciones intensas, con él, se anticipa cierto tiempo a los escurrimientos que podrían provocar inundaciones.

La confiabilidad en los pronósticos de las cuencas aumentará en la medida con que se cuente con aforos y mediciones que servirán para calibrar cada vez mejor el modelo, ya que ello permitirá afinar la estimación de las pérdidas debidas a infiltración y los parámetros de los hidrogramas unitarios instantáneos que dependen de las características particulares de la región. Los datos de las mediciones de lluvia a cada 10 minutos también pueden tener otros usos, como el diseño y la operación eficiente de obras de drenaje. Este sistema de alertamiento permite llevar un monitoreo constante de la precipitación hacia la parte media y alta de la Cuenca, mismo que es un elemento fundamental para la toma de decisiones, siempre que sea comparado con la evolución del tirante en el cauce del Río Sabinal, así como del nivel de riesgo de inundación que podría esperarse.

El Sistema de Alerta Hidrometeorológico del Río Sabinal, está compuesto por dos puestos centrales de registro ocho estaciones de medición de lluvia, tres estaciones de medición de nivel, y una estación repetidora. Los dos puestos de registro están en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez; el primario (PCR-1) está ubicado en oficinas de la Subsecretaría de Protección Civil, del Estado de Chiapas, mientras que el secundario (PCR-2) se localiza en las instalaciones del Organismo de Cuenca Frontera Sur de la Comisión Nacional del Agua.

2.6. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Para comprender la contribución de Tuxtla Gutiérrez a las emisiones de GEI, se ha elaborado el Inventario de GEI. En éste se estimaron las emisiones provenientes de los sectores: *Energía, Residuos, Procesos Industriales, Agricultura y Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS)*.

Para el cálculo de las emisiones, se estableció como **año base 2010** con fines de sustento comparativo con el Inventario Nacional de Emisiones (INEGI, 2010) y la actualización del Inventario Estatal³. El tomar únicamente el dato de un año limita el entendimiento del comportamiento de las emisiones, por lo que para comprender la dinámica de emisiones en el municipio, se tomó como **periodo de referencia 2005-2012**; calculando las emisiones de cada año de forma independiente, desarrollando en sí ocho inventarios municipales. Se utilizaron datos de fuentes oficiales, proporcionada por múltiples dependencias municipales, estatales y federales y la iniciativa privada, gestionadas a través de la Secretaría de Ecología Municipal, conforme a las metodologías y estándares utilizados.

En el inventario se calcularon las emisiones procedentes de los principales GEI que son el CO₂, N₂O y CH₄. Para poder hacer comparativas las emisiones entre años es necesario homologar las emisiones a una misma unidad; las emisiones de CO₂ son la unidad de referencia, por lo que las emisiones de N₂O y CH₄ se multiplican por un factor de potencial de calentamiento equivalente al del gas de referencia. Las emisiones calculadas dentro de este inventario se reportan en unidades de CO₂ equivalente (CO₂e).

En el año base (2010) Tuxtla Gutiérrez emitió **1,708,447 t de CO₂e**. Su emisión creció **51.5% en el periodo de referencia (2005-2012)** con una tasa de crecimiento media anual (tcma) de **5.15%** (figura 21).

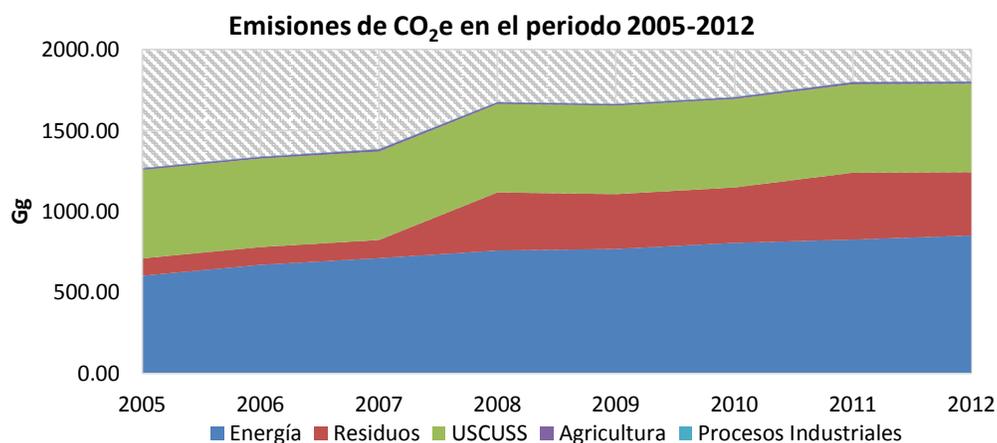


Figura 21. Emisiones históricas de Gases de Efecto Invernadero en Tuxtla Gutiérrez. Elaboración: Cecropia

³ En desarrollo al mismo tiempo de la elaboración del PROMACC-Tuxtla

El sector energía es el que más aporta a las emisiones totales de GEI con una contribución porcentual del 47.2 %, en segundo orden se encuentra el sector USCUS con 32%, seguido de residuos con el 20%, las actividades agropecuarias y procesos industriales con aportes de 0.6% y 0.2% respectivamente (tabla 5).

Tabla 5 Emisiones de GEI por sector, subsector, tipo de GEI y CO₂e en el año base. Fuente: Cecropia

Sector	Subsector	Emisiones de GEI 2010 (toneladas CO ₂ e)			
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Energía	Transporte terrestre	699,725.63	3,716	1,876	705,317
	Consumo Gas LP	100,183.38	336.96	298.45	100,819
	Consumo de leña		518.92	102.14	621
	Total Energía	705,318	4,572	2,277	806,757
Residuos	Residuos sólidos		248,586.84		248,586.84
	Aguas residuales		80,563.54	12,980.87	93,544.41
	Total Residuos				342,131.25
USCUS	Todos los subsectores	289,706.75	1,086.11	86.68	546,620.00
Agricultura	Ganadería		0.059	0.0006	1,430.00
	Quema de residuos agrícolas		0.004	0.02	81.8
	Suelos agrícolas			27.73	8,597.72
	Total Agricultura		0.063	27.75	10,109.52
Procesos Industriales	Productos minerales				
	Producción de cal	2,870.86			2,870.86
	Producción de bebidas				
Totales		1,092,486.62	5,658.17	2,391.43	1,708,489

A nivel de subsector en 2010, el transporte es la principal fuente de emisiones con el 41.3%, seguido por USCUS (32%), consumo de gas LP residencial (5.9%), aguas residuales (5.5%), agricultura (0.51%), procesos industriales (0.17%) y la ganadería (0.08%); el consumo de electricidad se considera como emisión indirecta y no se incluye en la contabilidad total del inventario, sin embargo son reportadas. En la siguiente figura se aprecia el comportamiento de las emisiones por subsector en el periodo de referencia (figura 22), la distribución de las emisiones por subsector en el año base, se puede observar el área punteada como emisión indirecta.

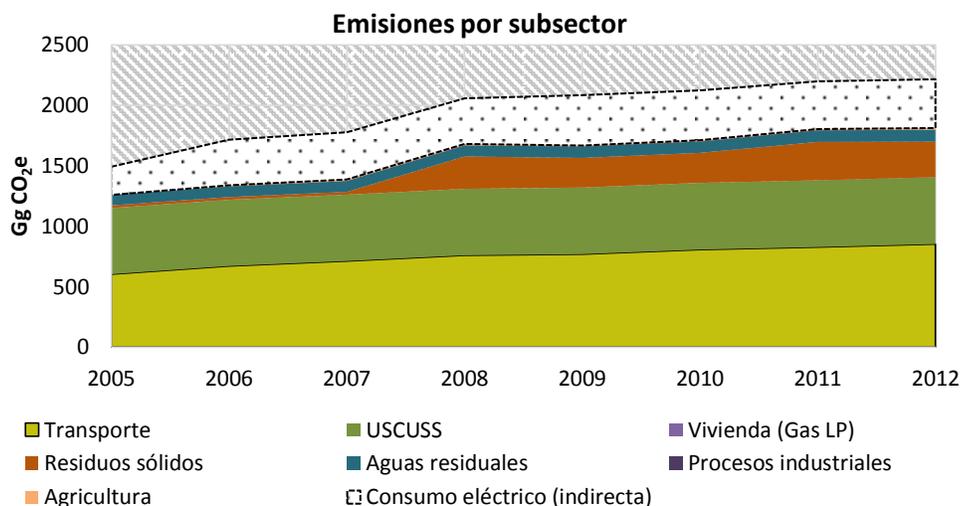


Figura 22. Emisiones de CO₂e por subsector. Elaboración: Cecropia

2.6.1 METODOLOGÍA Y ESTANDARES

El inventario se desarrolló en base a las metodologías revisadas IPCC 1996 para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y sus guías de buenas prácticas para manejo de incertidumbres de 2003 para USCUS y 2000 para los demás sectores, con el fin de mantener consistencia metodológica entre los inventarios estatales y nacionales. Adicionalmente, para asegurar mayor consistencia y estandarización internacional, dada la escala municipal se utilizó el estándar ISO 14064-1 *Especificaciones y guías a nivel organizacional para la cuantificación y reporte de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. Esto permitirá una mayor confianza para la elaboración de proyectos de mitigación a nivel municipal.

2.6.2 FRONTERAS

Se consideraron las fronteras geográficas del municipio, así como los datos de actividad que se realizan dentro de él, sin considerar las fronteras jurisdiccionales legalmente mandatadas entre los tres órdenes de gobierno debido a que paralelamente al desarrollo del inventario, se realizó el análisis del marco jurídico.

2.6.3 EMISIONES POR TIPO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

La mayor proporción de emisiones liberadas corresponden al dióxido de carbono (CO₂) responsable del 71.29% de las emisiones totales y provienen en su mayoría del transporte y de la deforestación, en segundo orden el metano (CH₄) con el 25.13%, emitido en su mayoría por el subsector residuos sólidos, y finalmente el óxido nitroso (N₂O) con una contribución del 3.59% (principalmente de las aguas residuales) calculados en base a unidades de dióxido carbono equivalente (CO₂e) (figura 23).

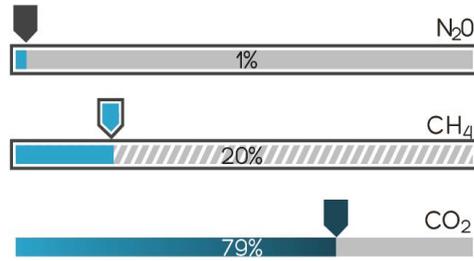


Figura 23. Emisiones directas por tipo de GEI. Elaboración: Cecropia

Para los perfluorocarbonos (PFCs), hidrofluorcarbonos (HFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆) no se encontró información consistente para su consideración en el inventario.

2.6.4 SECTORES

2.6.4.1 ENERGÍA

Esta sección describe las emisiones de GEI provenientes de las actividades energéticas del municipio. Se utilizaron las directrices del IPCC 1996 para la contabilidad de las mismas a nivel 1 y 2. Las actividades energéticas del municipio son poco diversas, tomando en cuenta las de mayor importancia como el transporte y demanda energética que incluyen emisiones indirectas. La figura 24 muestra la estructura del sector energía para el municipio⁴:

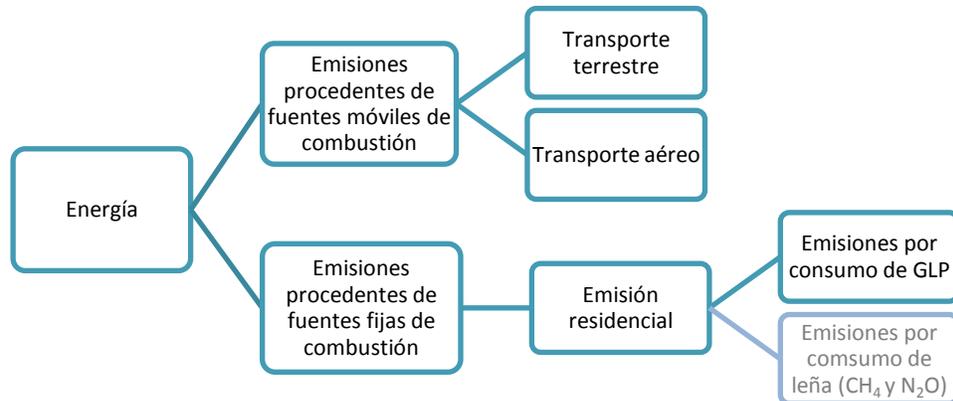


Figura 24. Estructura del sector energía. Elaboración: Cecropia

Tuxtla Gutiérrez concentra el mayor número de viviendas y vehículos en el estado, lo que posiciona al sector energía como el principal emisor de GEI, con una aportación de 806,757 t CO₂e en el 2010, observándose un aumento del 33.6% en las emisiones de GEI respecto al 2005. La tcm para el periodo de referencia (2005-2012) fue de 5.05%. Este municipio no cuenta con industria energética (generación eléctrica, industria

⁴ Las emisiones por consumo de leña fueron contabilizadas únicamente a título de información, sin ser incluidas dentro del inventario del sector energía.

petroquímica, etc.) por lo que se tomaron en cuenta los principales subsectores que emiten GEI, la aportación de estos al sector energía se describe en la figura 25.

Emisiones por subsectores energía

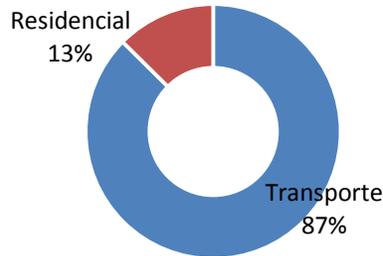


Figura 25. Emisiones por subsectores de Energía en el año base.
Elaboración: Cecropia

2.6.4.1.1 TRANSPORTE

El subsector transporte se ha dividido en dos categorías: emisiones procedentes del transporte terrestre y emisiones procedentes del transporte aéreo, siendo la primera la más representativa. Para el subsector transporte se utilizó el método de nivel 1 “de arriba hacia abajo” (IPCC, 2000) en base al volumen y el tipo de combustible consumidos. Los combustibles contabilizados en el inventario fueron el diésel y las gasolinas *magna* y *premium*.

Los datos de consumo de combustible fueron proporcionados por Petróleos Mexicanos (PEMEX, 2013). En la figura 26 se muestra el consumo histórico de los combustibles quemados por el transporte terrestre, se aprecia notablemente que la gasolina magna es el combustible con mayor demanda en el municipio, se puede apreciar un aumento atípico del consumo de combustible entre los años 2006-2008, esta variación guarda una estrecha relación con el incremento del 33.7% del parque vehicular reportado en 2007 respecto al año anterior. En la tabla 6 se muestra el parque vehicular histórico municipal.

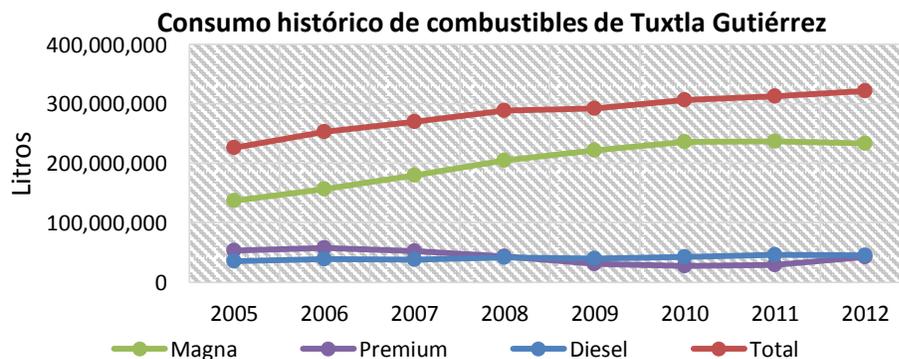


Figura 26. Consumo por tipo de combustible utilizado por el transporte terrestre, unidades expresadas en litros. Elaboración: Cecropia a partir de PEMEX.

Tabla 6: Parque vehicular histórico de Tuxtla Gutiérrez. Fuente: INEGI-SIMBAD

Parque vehicular de Tuxtla Gutiérrez								
Año	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Vehículos	101,299	106,061	146,074	157,368	162,228	171,631	180,812	191,529

En 2010, el parque vehicular de Tuxtla Gutiérrez representaba el 28.5% del total estatal (INEGI, 2010), cifra por arriba de los demás municipios del estado, siendo sus emisiones de 705,320 t de CO₂e (figura 27), convirtiéndose en el mayor emisor del sector energía con el 87%, mientras que el transporte aéreo solo aportó 1,930 t de CO₂e, sumando un total de emisiones del subsector transporte de 707 250 t de CO₂e, de los cuales 99.2% de las emisiones de CO₂e son emisiones de CO₂ (700,240 t de CO₂e), el resto corresponde al CH₄ y N₂O (3,720 t de CO₂e y 3,290 t de CO₂e respectivamente). Las emisiones procedentes del transporte aéreo solamente se reportan pero no fueron contabilizadas dentro del inventario.

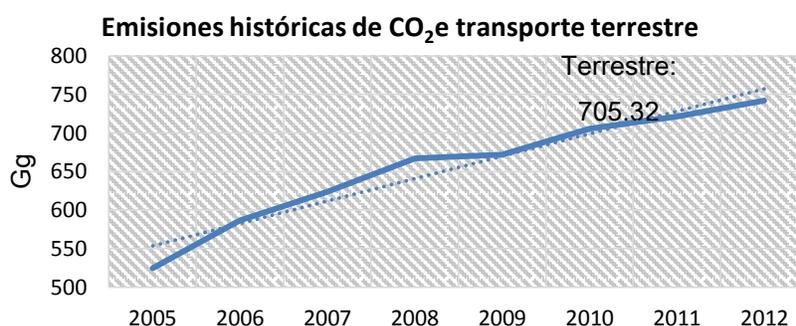


Figura 27. Emisiones de CO₂e del subsector transporte. Elaboración: Cecropia a partir de PEMEX.

El subsector transporte es el de mayor representatividad en el inventario de GEI y la tendencia creciente se debe principalmente al continuo aumento del parque vehicular y al crecimiento de la mancha urbana que aumenta los kilómetros vehículo recorridos. En el 2010 el parque vehicular total fue de 171,631 unidades, de las cuales 106,645 eran automóviles (compactos y tipo sedán, esta información no se encuentra desagregada), 2,966 camiones de pasaje, 12,404 motocicletas y 49,616 camionetas y camiones de carga (debido a que esta cantidad de vehículos no está diversificada por tipo se ha supuesto que la cifra incluye a las SUV y pick up), en la figura 28 se muestra la distribución del parque vehicular. En el 2010 el índice de motorización del municipio fue de 310 vehículos/1000 habitantes en contraste con la media nacional de 282 vehículos/1000 habitantes y el índice de motorización de la ZM del Valle de México de 303 vehículos/1000 habitantes (IIE, 2012).

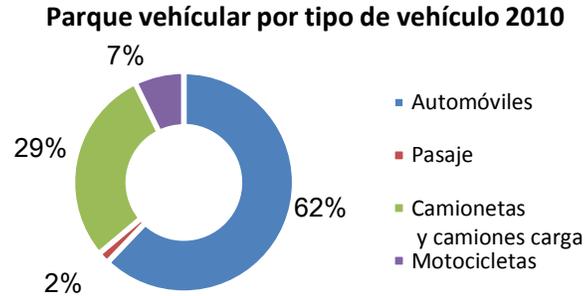


Figura 28 Distribución porcentual por tipo de vehículo. Elaboración: Cecropia a partir de SIMBAD.

La Secretaría de Seguridad Pública y Tránsito Municipal (SSPyTM, 2013) reporta que el 70% de la población utiliza el transporte público, que en su mayoría son Van tipo Urvan con capacidad máxima de 16 pasajeros, con rendimiento de combustible de 7.1 km/l⁵. Actualmente se encuentran en operación 114 rutas, de las cuales 22 son las de mayor demanda por la población, en promedio cada unidad realiza entre 8 y 10 viajes al día con duración promedio de 50 minutos a 1 hora de inicio a fin (SSPyTM).

Con base en los datos anteriores se ha calculado que las 22 rutas principales prestan servicio para efectuar alrededor de 228 096 viajes-destino al día, mientras que las 92 realizan alrededor de 547,848 viajes-destino, en promedio se efectúan 775,944 viajes-destinos diarios en la ciudad, es decir, con respecto al 70% de la población usuaria del transporte público (SSPyTM, 2013) cada una de ellas realiza en promedio 2.7 viajes diarios. La ruta 1 es la principal de la ciudad y conecta con puntos estratégicos como universidades, centros comerciales y económicos, centros laborales y educativos al recorrer la avenida central y articular de la ciudad (incluyendo los bulevares Ángel Albino Corzo y Belisario Domínguez); se calcula que al día moviliza a 112,896 viajes-destino en 49 autobuses.

Los datos anteriores guardan una estrecha relación con el hecho de que tan solo el 1.72% de la flota vehicular correspondiente al transporte de pasajeros y moviliza al 70% de la población. Estos vehículos emitieron en el año base 86,150 t CO₂e.

La matrícula del transporte privado integra el 62.13% (INEGI, 2010) de la flota vehicular, pero únicamente moviliza al 30% restante con 1.5 ocupantes por vehículo en promedio⁶. El uso intensivo del automóvil privado emitió 267,270 t CO₂e en el 2010, pero la mayor contribución de emisiones fue realizada por las camionetas y camiones de carga debido a

⁵ Basado en van tipo Urvan modelo 2010 con información de Ecovehículos;

⁶ Número de automóviles entre el 30% de la población;

su bajo rendimiento de combustible y la intensidad de uso de los kilometro/vehículo/recorrido (KVR), liberando a la atmosfera alrededor de 342,910 t CO₂e⁷.

La intensidad de uso de los vehículos automotores está en relación con el tipo de vehículo, influyendo en los parámetros principales relacionados tanto con la movilidad y la emisión de GEI, tal como los KVR y el rendimiento de combustible.

Tabla 7 Kilómetros vehículos recorridos por categorías. Fuente: (INE-CTS, 2012)

KVR por categoría		
Categoría	Km/día	Km/año
Automóviles	49	17885
Motocicletas	49	17885
Camiones de carga	74	27010
Pasaje	270	97200

Las tendencias en el aumento de las existencias de SUV incrementan las emisiones de GEI. En la siguiente gráfica se muestra la ponderación de las emisiones por tipo de vehículo, es importante comparar que estas no son simétricas con las existencias por tipo de vehículo, ya que como se mencionó anteriormente, las emisiones por tipo de vehículo están en función de su tecnología y su intensidad de uso.

Lo descrito anteriormente demuestra que culturalmente (política y socialmente) relacionamos a la movilidad urbana con la el uso de vehículos, pues se ha promovido e incentivado su uso, el gasto en infraestructura vial se concentra prácticamente a este sector, dejando fuera al transporte colectivo eficiente y a al transporte no motorizado. Este contexto a su vez incrementa el tráfico inducido, pues a mayor oferta de infraestructura exclusiva para el transporte privado mayor participación vehicular, aumento de la congestión y de las emisiones de GEI antropogénicas. La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2009) reporta que el gasto energético por congestión aumenta 15% de consumo de combustible en los vehículos lo que es representado por 105,798 t CO₂e que expresado en unidad de combustible equivaldría a 45,945,900 litros del combustible consumido en el año base solo por congestión.

⁷ Las emisiones reportadas por tipo de vehículo fue realizada utilizando la metodología “de abajo hacia arriba” del IPCC, 2001 con datos del “Estudio de emisiones y actividad vehicular de Tuxtla Gutiérrez” (INE, 2012) e INEGI.

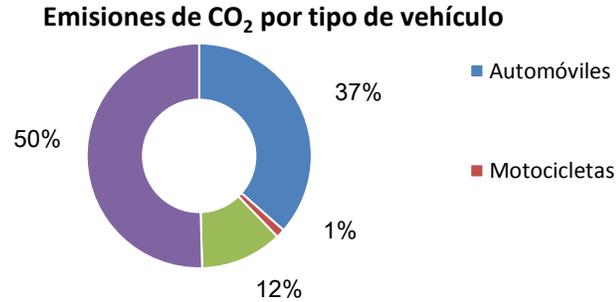


Figura 29. Participación porcentual de las emisiones por tipo de vehículo. Elaboración: Cecropia a partir de INE-CTS México- SEMARNAT 2012 y de la CONUUE, 2009

2.6.4.1.2 RESIDENCIAL

2.6.4.1.2.1 CONSUMO DE GAS LP

El consumo de gas LP en las viviendas del municipio representó el 12.5% de emisiones del sector energía, con un aporte de 100,819 t de CO₂e al inventario de GEI en 2010. Respecto a 2005 estas emisiones aumentaron en 25 % con una tcma de 2.4%. La figura 30 muestra el comportamiento de las emisiones históricas por el uso de este combustible.

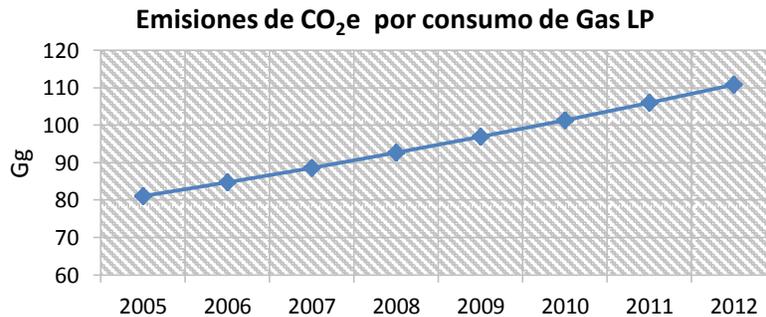


Figura 30. Emisiones de CO₂e por consumo de Gas LP residencial. Elaboración: Cecropia a partir de INEGI y de los indicadores de eficiencia energética en México de la SENER.

Las emisiones por el consumo de gas LP en las viviendas se derivan de su uso para la cocción de alimentos y el calentamiento de agua. La figura 31 muestra el nivel de actividad de cada una de las actividades anteriores siendo la cocción de alimentos la principal. En el 2010 las emisiones provenientes de la cocción de alimentos representaron un 65% del total de emisiones procedentes del uso de este combustible, mientras que el 35 % de emisiones fueron generadas por el calentamiento de agua.

Para el análisis de estas emisiones se utilizó el método de nivel 1 y los factores de emisión por defecto de las directrices del IPCC, con el uso de datos oficiales del INEGI, del PACCCH y de la SENER - Embajada Británica a través de los “Indicadores de eficiencia energética en México”.

Contribución porcentual por tipo de actividad

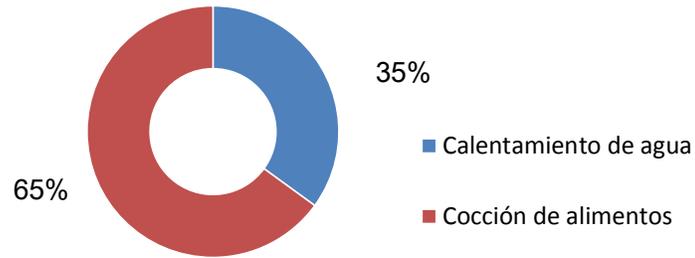


Figura 31. Contribución porcentual de emisiones por tipo de actividad. Elaboración: Cecropia a partir de INEGI, 2010 y de los indicadores de eficiencia energética en México de la SENER.

2.6.4.1.2 CONSUMO DE LEÑA

Dentro de los combustibles de biomasa se estimaron las emisiones de CH₄ y N₂O por consumo de leña en las viviendas. En la figura 32 se visualiza el comportamiento de estas emisiones históricas para los años 2005 al 2012.

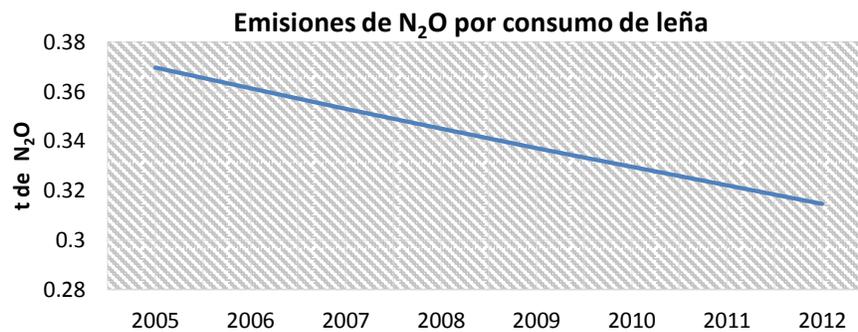


Figura 32. Emisiones de N₂O por consumo de leña. Elaboración: Cecropia a partir de (INEGI, 2000) (INEGI, 2010) (PACCCH, 2011)

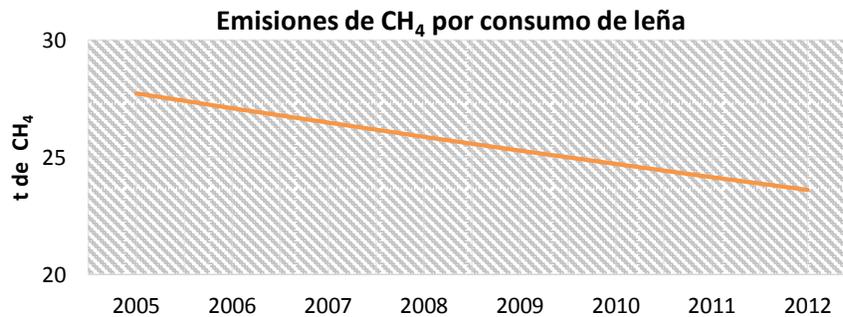


Figura 33. Emisiones de CH₄ por consumo de leña. Elaboración: Cecropia a partir de (INEGI, 2000) (INEGI, 2010) (PACCCH, 2011).

El 2.2% de las viviendas particulares del municipio consumen leña (INEGI, 2010), el uso de este combustible emitió 621 t de CO₂e. El consumo de leña dentro del municipio ha disminuido debido al decaimiento en el número de viviendas que utilizan este combustible, a una tasa anual del 1.7 %, representado una disminución del 17% entre el periodo 2005 a 2012. Si bien el consumo a nivel doméstico ha disminuido, en el municipio existe un consumo considerable de leña y carbón vegetal a nivel comercial para la producción de alimentos (pan y pollos principalmente), sin embargo no existe información al respecto.

2.6.4.2 SECTOR USO DE SUELO Y CAMBIO DE USO DEL SUELO Y SILVICULTURA (USCUSS)

La estimación de las emisiones de GEI de este sector se realizó con base a la metodología del IPCC (1996) y su Guía de Buenas Prácticas (2003). La captura de información sobre estas emisiones se realizó de acuerdo al módulo 5B del software de la versión de 1996 de la metodología del IPCC, adaptando la información en hojas de cálculo de Excel (2010).

Las clases de vegetación propuestas por el IPCC no son exactamente equiparables a las utilizadas en México por instituciones como CONAFOR, INEGI y SEMARNAT, además de la ausencia de estadísticas forestales consistentes y sistemáticas que puedan representar series históricas para el periodo de evaluación (2000-2010) por lo que se tomó la determinación de utilizar la clasificación de manera similar a la presentada en el Inventario Estatal de GEI. Estas ausencias han conducido a lagunas importantes en los datos de actividad forestal que se requieren para elaborar el inventario municipal de GEI, específicamente en cuanto a la estimación de flujos de GEI en forma dinámica; sin embargo, se espera que la incertidumbre asociada a las emisiones de este sector se reduzca, dado que se han realizado esfuerzos a nivel estatal y municipal desde 2008 para el establecimiento de una red de parcelas de monitoreo permanente de los cambios temporales y espaciales de los reservorios de carbono en los ecosistemas terrestres.

Con base en las recomendaciones del IPCC, se realizó un análisis de importancia de flujos esperados por las actividades realizadas dentro de cada categoría de uso de suelo y los cambios que se observan entre ellos en las siguientes actividades.

1. Cambios en los bosques y otros reservorios de biomasa leñosa debidos a:
 - 1.1 Manejo comercial
 - 1.2 Cosecha de madera en rollo para la industria (troncos) y leña
 - 1.3 Uso de mercancías de madera
 - 1.4 Establecimiento y operación de plantaciones forestales
 - 1.5 Plantación de árboles en ciudades, pueblos y sitios no forestales
2. Conversión de bosques y praderas
 - 2.1 Abandono de campos de cultivo, pastizales, plantaciones forestales u otras tierras manejadas.

3. Emisión y remoción de CO₂ de los suelos
 - 3.1 Cultivo de suelos minerales
 - 3.2 Cultivo de suelos orgánicos
 - 3.3 Encalado de suelos agrícolas

Algunas de las subcategorías no existen como actividad dentro del polígono del municipio de Tuxtla Gutiérrez, en otras no existen datos de actividad. Por tal motivo se incluye el árbol de decisión para este capítulo recomendado por el IPCC, 1996. En la tabla 7 se indican cuáles son los usos iniciales (2000) y durante el año de reporte (2010) para el cual se han calculado las emisiones de gases efecto invernadero provenientes de los reservorios de biomasa viva (BV), materia muerta (MM) y materia orgánica de suelo (COS) (Tabla 8).

Tabla 8. Categorías de uso de suelo que generan emisiones significativas incluidas en el informe. Fuente: Cecropia, 2013.

Uso inicial (2000)	Uso durante el año del reporte (2010)
Bosque	Bosque
Bosque	Bosque degradado
Bosque	No bosque (tierras agropecuarias)
Bosque	Asentamientos humanos
Bosque degradado	Bosque degradado
Bosque degradado	No bosque (tierras agropecuarias)
Bosque degradado	Asentamientos humanos
No bosque (Tierras Agropecuarias)	No bosque (tierras agropecuarias)
No bosque (Tierras Agropecuarias)	Asentamientos humanos
Asentamientos humanos	Asentamientos humanos
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua

Tabla 8 Principales depósitos de carbono considerados en la estimación de emisiones para las categorías de uso de suelo para los años 2000 y 2010:

Uso inicial (2000)	Uso durante el año del reporte (2010)	BV	MM	COS	
Bosque	Bosque				s.c.
Bosque	Bosque degradado	X	X	X	
Bosque	No bosque (Tierras Agropecuarias)	X	X	X	
Bosque	Asentamientos humanos	X	X	X	
Bosque degradado	Bosque degradado				s.c.
Bosque degradado	No bosque (tierras agropecuarias)	X	X	X	
Bosque degradado	Asentamientos humanos	X	X	X	
No bosque (Tierras Agropecuarias)	No bosque (tierras agropecuarias)				s.c.
No bosque (Tierras Agropecuarias)	Asentamientos humanos	X	X	X	

No Aplica (Asentamientos humanos)	No Aplica (Asentamientos humanos)				s.c.
Cuerpos de agua	Cuerpos de agua				s.c.

Bosque (selva baja caducifolia y subcaducifolia), Bosque degradado (selva baja caducifolia y subcaducifolia degradada), No bosques (tierras agropecuarias), No Aplica (asentamientos humanos), Biomasa viva (BV), materia muerta (MM) y carbono orgánico del suelo (COS), s.c. (sin cambios). Fuente: Cecropia, 2013.

La estimación del inventario de emisiones del sector USCUS durante el periodo comprendido entre el año 2000 y 2010 arroja los siguientes resultados generales:

El sector USCUS en el inventario municipal de Tuxtla Gutiérrez en el periodo de evaluación (2000 y 2010) presenta un promedio total de emisiones de 546, 620 t CO₂e/año (figura 34). Esta cantidad corresponde al 3.3% del total de emisiones en este sector a nivel estatal. Los sitios con vegetación conservada Bosques (B) y Bosques degradados (BD) que cambian a No Bosque (Tierras Agropecuarias) y Asentamientos humanos fueron las fuentes más importantes de emisiones durante el periodo de evaluación.

El ritmo de cambio de uso de suelo hacia cubiertas no forestales, genera emisiones considerables de CO₂ como producto de la combustión y descomposición de la biomasa vegetal removida de los bosques, así como la pérdida de carbono orgánico de los suelos. Los cambios de uso de suelo en el municipio del 2000 al 2010 y la superficie afectada en cada categoría se observan en la tabla 9, en ella destaca el incremento de áreas agropecuarias y asentamientos humanos en el 2010 y al mismo tiempo se reducen las superficies de bosques y bosques degradados (Tabla 9). Las emisiones en el periodo de evaluación provienen de los cambios de uso, considerando que el 73% se debe al proceso de deforestación de la biomasa en pie, el 13% se generan de los suelos afectados por la eliminación de la cobertura de vegetación, el 12% se deriva de la ocurrencia de incendios forestales en el área y el 2% de la materia orgánica muerta que se encuentra en los sitios afectados por la modificación del uso del suelo (figura 34).

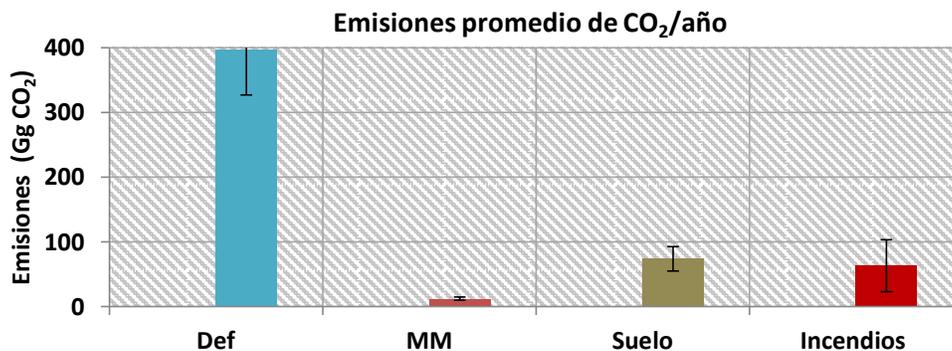


Figura 34. Emisiones de CO₂ promedio por año, derivadas de las principales actividades en el sector USCUS (Las líneas negras son la desviación estándar). Fuente: Cecropia, 2013.

Tabla 9. Cambio en la superficie de uso de suelo para el año 2000 y 2010 considerado en el informe.

Uso inicial (2000)	S (ha)	Uso durante el año del reporte (2010)	S (ha)	% de cambio
Bosque	13455.2	Bosque	11816.6	-12.1
Bosque degradado	4592.5	Bosque degradado	797.7	-76.1
No bosque (Tierras Agropecuarias)	7670.1	No bosque (Tierras Agropecuarias)	9929.8	+29.7
Asentamientos humanos	8059.4	Asentamientos humanos	11233.1	+35.4
Cuerpos de agua	247.5	Cuerpos de agua	247.5	s.c.

S (superficie), Bosque (selva baja caducifolia y subcaducifolia), Bosque degradado (selva baja caducifolia y subcaducifolia degradada), No bosques (tierras agropecuarias), Asentamientos humanos, s. c. (sin cambio). Fuente: Cecropia, 2013.

Emisiones totales sector USCUS

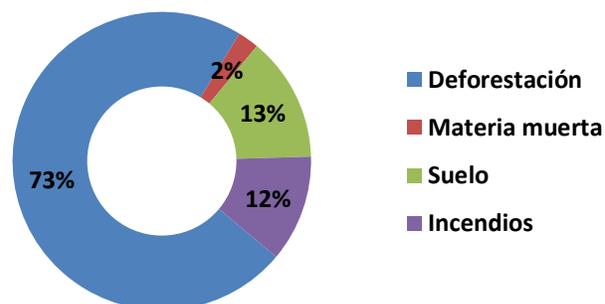


Figura 35. Emisiones totales de CO₂ en el periodo de evaluación para el sector USCUS y la proporción en porcentaje que representa cada una de las fuentes de emisión. Fuente: Cecropia, 2013.

Los flujos se incrementan significativamente en el período evaluado, debido a que las tasas de cambio de uso de suelo aumentan, específicamente en la vegetación conservada (B) y (BD) degradada. Para el mismo período se observó un aumento en la categoría de No Bosque correspondiente a las zonas agropecuarias y en el área comprendida para asentamientos humanos. Las fuentes de emisión relacionadas con los cambios de las zonas afectadas por la deforestación presenta un promedio de 396,793 t CO₂e/año, por eliminación de la biomasa, 12,526 t CO₂e/año de la materia muerta y 74,000 t CO₂e/año de los suelos afectados.

La quema de la biomasa se divide en dos partes que comprenden la que se elimina en el bosque y la que se quema fuera del bosque como combustible (leña). Las emisiones de suelo por el cambio de uso de la tierra solo incluyen suelos minerales de los sitios con vegetación de bosque y bosque degradado transformados ya sea para tierras agropecuarias (praderas o agricultura) y asentamientos humanos, debido a que en el Estado de Chiapas no existen suelos orgánicos.

En lo que respecta a las emisiones por incendios, en el municipio, de acuerdo a las cifras oficiales de la CONANP, en el periodo de 2003 a 2010 los incendios afectaron en promedio 125.8 hectáreas cada año, de los cuales el 99% son de tipo superficial, con una gran variación anual. Estos incendios generaron emisiones en promedio 63,293 t CO₂e/año entre 2003 al 2010 que representan el 12% del total de emisiones por esta actividad (figura 35).

2.6.4.3 RESIDUOS

En esta sección se describen las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de los residuos sólidos y aguas residuales en el municipio, se utilizaron las metodologías del IPCC, 1996 para su cálculo a nivel 1 para ambos sub sectores.

El sector residuos es una fuente importante de emisiones de GEI, estas ocurren durante la descomposición de los residuos orgánicos, dependiendo de su composición, el clima y las condiciones del ambiente, ya sea aerobia (en presencia de oxígeno) y anaerobia (en ausencia de oxígeno). En la primera fase se genera CO₂ y en la fase anaeróbica se generan compuestos nitrogenados y finalmente metano.

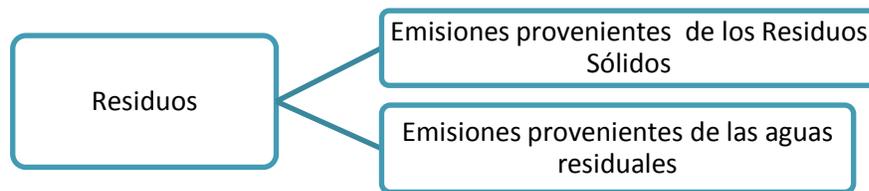


Figura 36 Estructura del sector Residuos

En la figura 37 se muestran las emisiones históricas procedentes del sector residuos, en el año de referencia se emitieron 342,131 t de CO₂e en el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

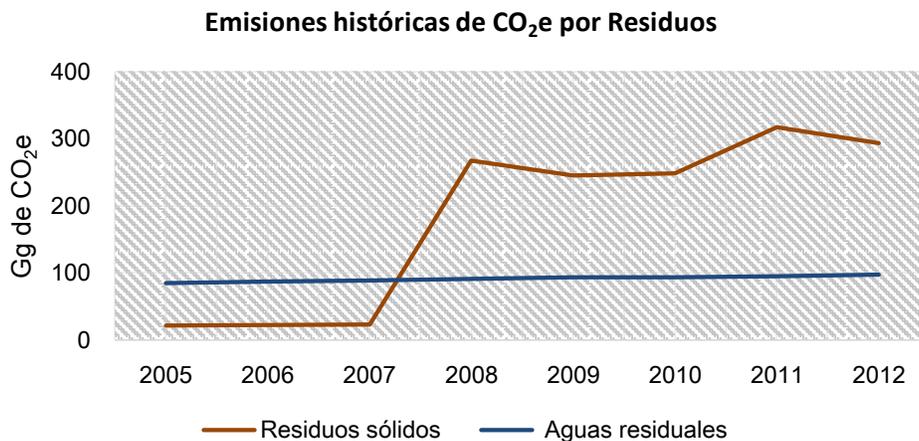


Figura 37. Emisiones históricas de CO₂e del sector residuos. Fuente: Cecropia a partir de la Secretaría de Servicios Municipales, SEMAHN, Proactiva y SMAPA

2.6.4.3.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

A partir del año de 1994 los residuos sólidos urbanos (RSU) del municipio de Tuxtla Gutiérrez fueron dispuestos en un tiradero a cielo abierto, mismo que fue clausurado en el 2008 debido al inicio de operaciones del relleno sanitario.

Las estimaciones de la generación de los residuos sólidos para el tiradero a cielo abierto se realizaron a partir de los censos de población reportados por el INEGI y fueron utilizadas las tasas de generación de RSU per cápita para los años de 1994 a 1996 reportadas en el estudio de caracterización de RSU Tuxtla Gutiérrez (Esquinca, 1996). Para los siguientes periodos: 1997- 1999, 2000-2004, 2005-2008 fueron tomadas las tasas de generación de RSU per cápita para Tuxtla Gutiérrez publicadas por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2011).

Los datos de disposición de RSU a partir de mediados del 2008 al 2012 fueron proporcionados por la empresa Proactiva. Durante el 2010 se dispusieron en el relleno sanitario 174,697 toneladas de RSU (Proactiva, 2013). El relleno cuenta con tres pozos de venteo, sin embargo, no se cuenta con la recuperación de metano.

Se realizaron los cálculos para determinar las emisiones del escenario base, para ello fueron estimadas las emisiones del tiradero a cielo abierto desde el año 1994 a mediados del 2008 y el relleno sanitario a partir de su inicio de labores hasta el 2012 utilizando la metodología propuesta por el IPCC 1996. Para calcular el factor de corrección de metano (FCM) se utilizaron valores por defecto. El contenido de Carbono orgánico degradable (COD), en el tiradero fue obtenido a partir del estudio de caracterización de RSU de Tuxtla Gutiérrez, realizada en 1996 (Esquinca, 1996) y los valores por defecto para cada tipo de desecho. Para el caso del relleno sanitario fueron utilizados datos por defecto con información proporcionada por la empresa Proactiva. En la figura 38 se muestra la fracción de materia orgánica en los RSU del municipio de Tuxtla Gutiérrez. No se registraron datos para desechos de jardines y parques.

Porcentaje de carbono orgánico degradable en los RSU del municipio de Tuxtla Gutiérrez

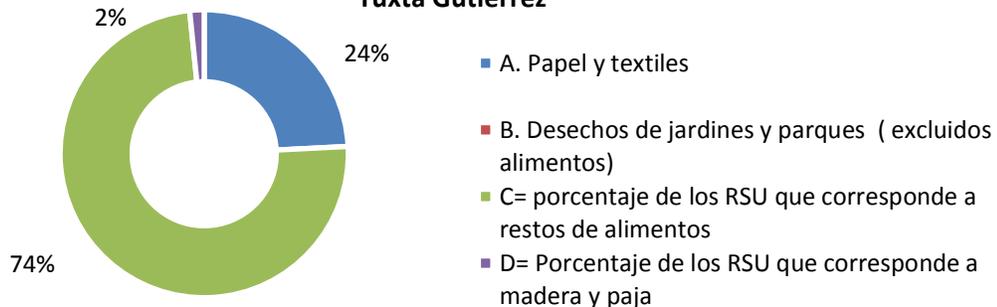


Figura 38. Porcentaje de carbono orgánico degradable en los RSU de Tuxtla Gutiérrez Elaboración: Cecropia a partir de Proactiva.

En la siguiente figura se presentan las emisiones de ambos sistemas de tratamiento utilizando la metodología propuesta por el IPCC.

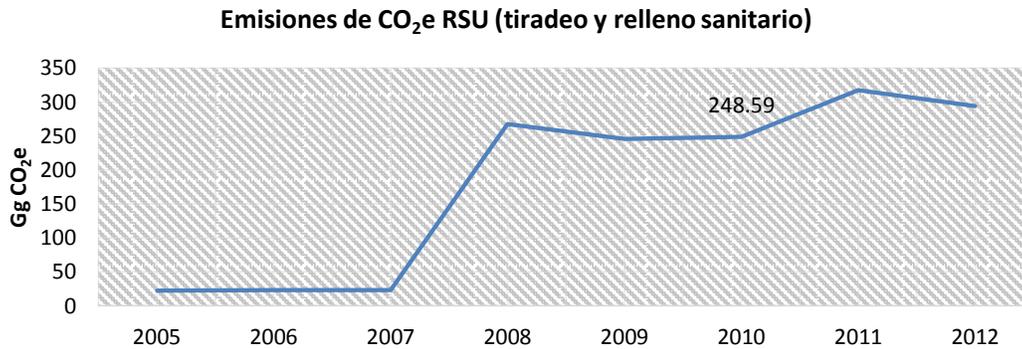


Figura 39. Emisiones de CO₂e (Gg) generados en el tiradero a cielo abierto y el relleno sanitario.
Fuente: Cecropia con datos de la Secretaría de Servicios Municipales y SEMAHN

Con los datos proporcionados por la Secretaría de Servicios Municipales, SEMAHN y Proactiva se obtuvieron las cantidades de residuos que fueron depositados tanto en el tiradero a cielo abierto durante su vida útil y las del relleno sanitario. Para el año de referencia (2010) se emitieron 248,587 t de CO₂e. Además, las emisiones por residuos sólidos se incrementaron entre 2005 y 2012 en un 39.2% a una tcma de 19%.

2.6.4.3.2 AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de las aguas residuales domésticas y de los afluentes industriales en condiciones anaeróbicas produce CH₄ y N₂O. Para el caso de Tuxtla Gutiérrez, como en la mayoría de los países en desarrollo, los afluentes industriales son descargados a la red de alcantarillado público (IPCC, 2000), donde se combinan con las aguas domésticas.

Para obtener el volumen de agua tratada en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, se utilizaron datos del periodo 2005-2012 proporcionados por el Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SMAPA). El municipio cuenta con tres plantas de tratamiento de aguas residuales, PTAR Paso Limón, PTAR Copoya y la PTAR El Jobo.

Las emisiones están en función de la población, el volumen de desechos generados, su carga orgánica y del factor de emisión que caracteriza la medida en que tales desechos generan CH₄ y N₂O. En el año base del inventario el subsector aguas residuales emitió 93,540 t CO₂e.

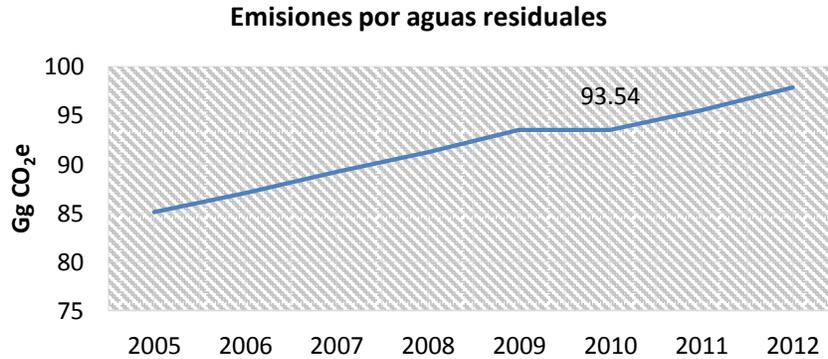


Figura 40. Emisiones por aguas residuales

2.6.4.4 AGRICULTURA

Este sector está compuesto de 3 subsectores:

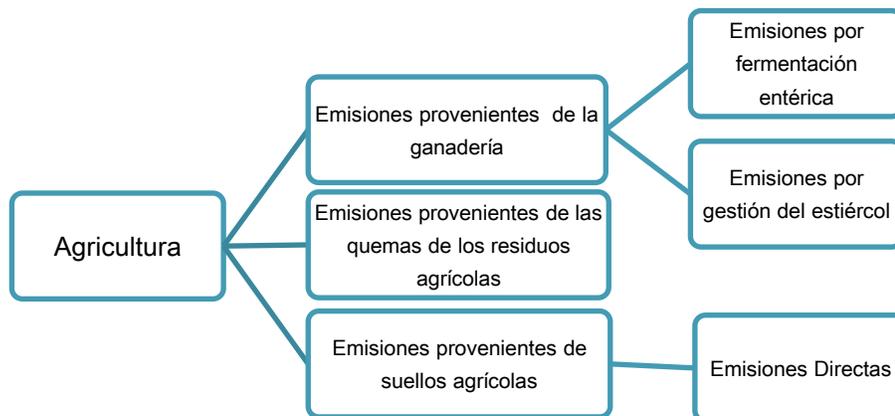


Figura 41. Estructura del sector Agricultura

En el primer subsector se presentan los resultados de las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y las emisiones de CH₄ y óxido nitroso (N₂O) por el manejo del estiércol. Para el subsector de quemas agrícolas se describen las emisiones de CH₄, CO, N₂O y NO_x debido a la quema de residuos agrícolas. Finalmente se describen las emisiones de CH₄, CO₂ Y N₂O debido al manejo de los suelos agrícolas.

2.6.4.4.1 GANADERÍA

Las categorías principales de ganado y población animal fueron 4 principales: bovinos de carne, bovinos lecheros, porcinos y aves de corral. Estas categorías fueron consideradas por la mayor importancia de producción en el municipio. Para cada subcategoría se utilizaron las poblaciones reportadas por (SAGARPA, 2013).

Para establecer la población animal anual en el municipio se utilizó la base de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la SAGARPA, correspondiente a los años 2006-2012. De acuerdo a los datos proporcionados se obtuvo que de las poblaciones ganaderas, para el año 2010, la población de ganado porcino representó el mayor volumen de cabezas de ganado.

Población ganadera en el municipio de Tuxtla Gutiérrez (año 2010)

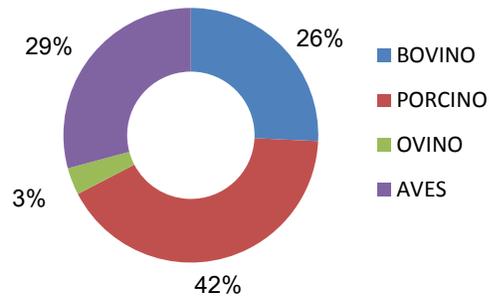


Figura 42. Población ganadera en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Elaboración Cecropia a partir de SIAP-SAGARPA

La población avícola (pollos, guajolotes) ha representado mayores cantidades de producción en los últimos años, seguida por la población de ganado porcino, ovino y por último el ganado bovino (Figura 43).

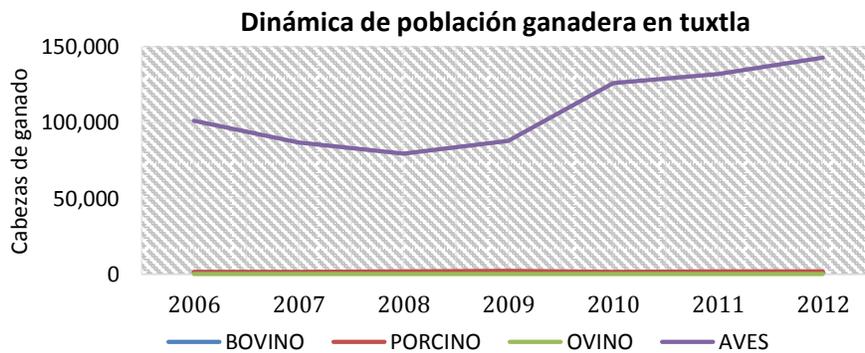


Figura 43. Dinámica de población ganadera. Elaboración Cecropia a partir de SIAP-SAGARPA

Para el cálculo de las emisiones de GEI fue aplicada la metodología del IPCC (1996) y su Guía de buenas prácticas de 2000 con las bases de datos proporcionadas por SAGARPA para el municipio, se estimaron las emisiones de GEI para el periodo 2006-2012.

2.6.4.4.1.1 EMISIONES POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA

La fermentación entérica es consecuencia de los procesos digestivos normales del ganado rumiante y no rumiante, mediante un proceso microbiano dado en el sistema digestivo del animal, que descompone los alimentos ingeridos por el animal y genera emisiones de metano. Para estimar las emisiones por fermentación entérica, se multiplicó la población anual por los factores de emisión correspondientes a cada subcategoría de ganado. Posteriormente fueron elegidos los factores de emisión reportados por el IPCC (2000) para países en desarrollo y para América Latina.

Para el año 2010 se emitieron 51 t de CH₄ procedentes de la fermentación entérica del ganado.

2.6.4.4.1.2 EMISIONES POR LA GESTIÓN DEL ESTIÉRCOL

Durante la gestión del estiércol se emiten dos gases de efecto invernadero: el metano CH₄ y el N₂O. Estas emisiones derivan de la descomposición de las excretas del ganado durante su almacenamiento y manejo. La cantidad de emisiones depende de las condiciones ambientales en que se efectúe la disposición, ya sea anaeróbica o aeróbicamente y el volumen. Es importante mencionar que en ambientes más anaeróbicos, se darán más condiciones para producir CH₄.

Para el cálculo de las emisiones del año de base y el periodo de referencia, se multiplicaron las cifras de la población por la estimación de la masa típica del animal y el índice de producción de sólidos volátiles (SV) para calcular el total de SV producidos. Posteriormente se multiplicó por el factor de emisión y el factor de conversión de CH₄ para obtener el total de emisiones de CH₄. Los factores de emisión y conversión utilizados se tomaron del IPCC (1996).

Para el municipio de Tuxtla Gutiérrez se obtuvieron las estimaciones de la emisión de CH₄ por el manejo del estiércol, observándose una reducción de emisiones en el año 2007, debido a que en esa fecha se disminuyó la producción de cabezas de ganado (de acuerdo a los datos reportados por el SIAP). Para el año de referencia (2010) se emitieron 7.89 t de CH₄ (165.69 t de CO₂e)

La emisión de óxido nitroso proveniente de la gestión del estiércol se da principalmente por la orina del ganado, ya que cuando ésta es dispuesta en el suelo le provee grandes cantidades de nitrógeno (N). La cantidad de N liberado depende de la especie animal y de los tipos de manejo o gestión del estiércol.

Se estimó la excreción total anual de nitrógeno proveniente del ganado del municipio usando como referencia las tasas de excreción de nitrógeno propuestas por el IPCC. La tasa de excreción fue ajustada multiplicando la fracción usada por tipo de gestión de estiércol.

2.6.4.4.2 AGRICULTURA

La agricultura en el municipio de Tuxtla Gutiérrez es poco significativa a nivel estatal. Para el año 2010 se contaba con 3,554 hectáreas dedicadas a la agricultura, principalmente de cultivos cíclicos (maíz y sorgo) y perennes (de café y limón). De acuerdo a datos oficiales proporcionados por la SAGARPA, el periodo 2005 a 2012, la superficie agrícola del municipio ha ido disminuyendo en los últimos años, tal como puede observarse en la figura 44.

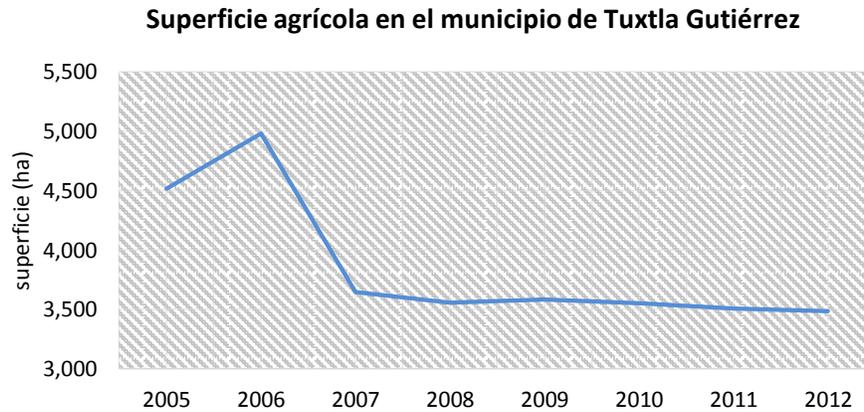


Figura 44 Superficie agrícola en el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Elaboración: Cecropia a partir de SIMBAD

2.6.4.4.2.1 QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS

Las prácticas de quemas en los campos agrícolas son realizadas a cielo abierto para retirar los residuos de los cultivos, a fin de evitar costos por uso de maquinarias y diésel, mejorar la calidad del cultivo y continuar con la actividad productiva. (Villanueva-Ávalos, et al., 2008). Estas actividades liberan, CH₄, CO, N₂O y óxido de nitrógeno NO_x, y NO₂. La generación de CO₂ no es en sí una importante fuente de emisión de gas carbónico ya que el carbón emitido durante la quema es reabsorbido durante el siguiente período de crecimiento de las plantas.

Para el cálculo de emisiones se obtuvieron datos de las hectáreas de los cultivos con mayor importancia en el municipio así como su producción anual. Debido a que no se tiene un registro sobre la cantidad y frecuencia de las quemas de los residuos agrícolas en el municipio, se recurrió al valor propuesto por el IPCC en su informe del año 2006. Fueron cuantificados sólo los residuos de maíz y sorgo, bajo la hipótesis que no se realizan estas prácticas para el limón y el café cereza.

Las emisiones finales de metano, monóxido de carbono, óxido nitroso y óxidos de nitrógeno provenientes de las quemas agrícolas se resumen en la figura 45. De los cálculos

por quema de residuos agrícolas, correspondientes al año 2010 se obtuvieron los siguientes resultados: 4 t de CH₄; 14 t de CO; 0.022 t de N₂O y 1 t de NO_x, concluyendo que en la quema de residuos agrícolas la mayor emisión es de CO.

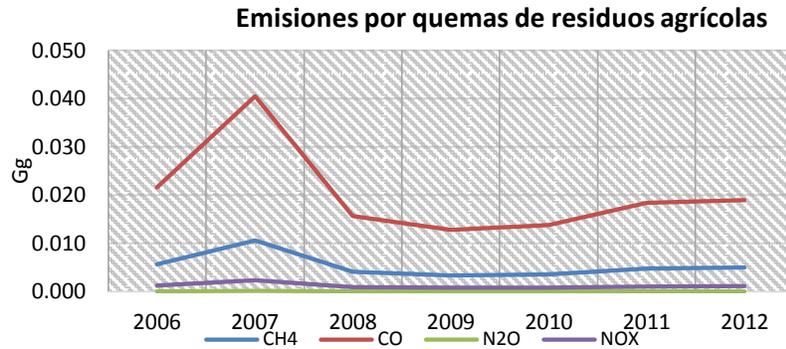


Figura 45. Emisiones por quemas de residuos agrícolas

2.6.4.4.2 EMISIONES DE LOS SUELOS AGRÍCOLAS

El suelo produce y consume naturalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). El N₂O se produce de forma natural en los suelos mediante los procesos microbianos donde la materia orgánica nitrogenada de los suelos se transforma en nitratos, para poder ser absorbidos por las raíces de las plantas (nitrificación) y también se produce por acción de bacterias desnitrificantes que transforman a los nitratos en óxido nitroso. Los cambios en las prácticas de la agricultura convencional (usando químicos) ocasionan que estas emisiones aumenten sustancialmente, principalmente si se aplican en desmedida, ocasionando mayor producción de óxido nitroso en el suelo, ya que estos fertilizantes están compuestos principalmente de nitrógeno (N).

Las emisiones directas de N₂O fueron calculadas a partir de los datos siguientes: La

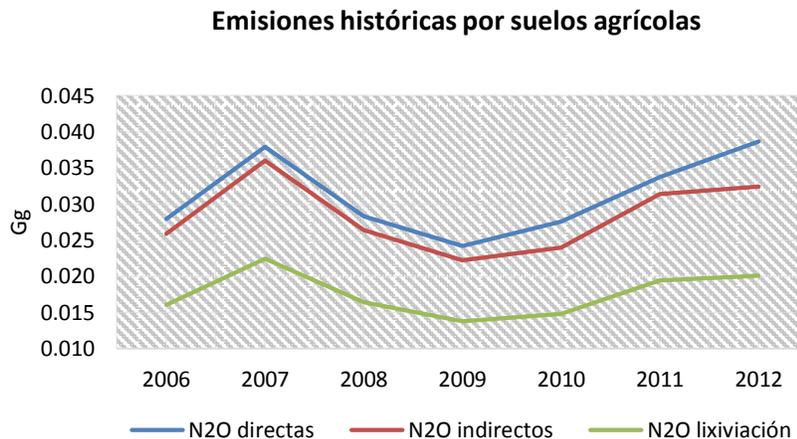


Figura 46. Emisiones históricas por suelos agrícolas

cantidad de fertilizantes sintéticos utilizados en el municipio para los principales cultivos; fracción de N contenido en los fertilizantes; el porcentaje de N en la biomasa seca; la fracción de los residuos de la cosecha que se quema en lugar de ser abandonados en los campos; la fracción de los residuos de las cosechas que se retira de los campos durante la cosecha; la fracción de los cultivos fijadores de nitrógeno; el aporte total de nitrógeno, y las cantidades de N excretado por el ganado

En el 2010, en el municipio de Tuxtla se emitieron 8,600 t CO₂e procedentes de suelos agrícolas.

Tabla 8 Emisiones de N₂O en suelos agrícolas. Fuente: Cecropia

Emisiones de N ₂ O Suelos Agrícolas				
Año	N ₂ O directas	N ₂ O indirectos	N ₂ O lixiviación	Gg CO ₂ e
2006	0.028	0.026	0.016	8.70
2007	0.038	0.036	0.022	11.83
2008	0.028	0.026	0.016	8.81
2009	0.024	0.022	0.014	7.53
2010	0.028	0.024	0.015	8.60
2011	0.034	0.031	0.019	10.51
2012	0.039	0.032	0.020	12.04

2.6.4.5 PROCESOS INDUSTRIALES

La estructura de principales fuentes de emisiones procedentes de los procesos industriales en Tuxtla Gutiérrez se presenta en la figura 47:

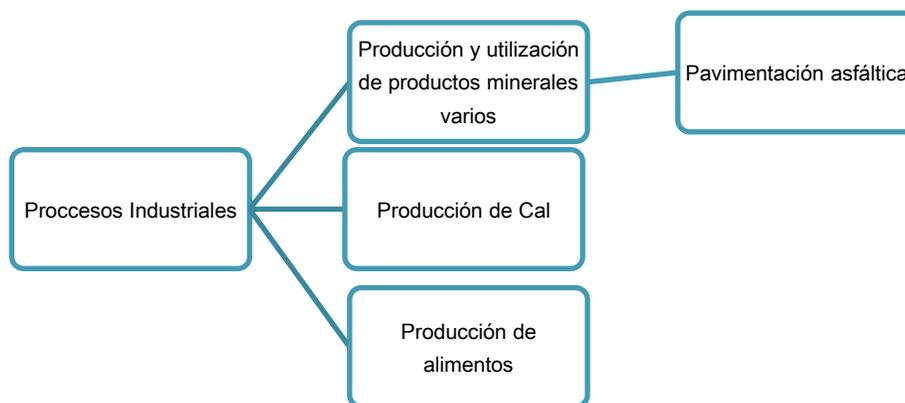


Figura 47. Estructura del sector Procesos Industriales. Fuente: Cecropia con datos del IPCC (1996).

La metodología general que se emplea para estimar las emisiones usa como variables las cantidades de material producido (o consumido) y el factor de emisión por unidad

correspondiente; las ecuaciones utilizadas incluyen las reducciones (simplificación) de algunas fórmulas, de acuerdo al Manual de Referencia publicado por el IPCC. En Tuxtla Gutiérrez, un municipio con poca actividad industrial, la generación de emisiones de GEI que pueda ser parte de esta sección viene de áreas muy específicas y con una contribución mínima con respecto a la generación de estos gases en otros sectores.

Las principales fuentes de emisiones de CO₂ en el municipio y correspondiente a este módulo se generan en la producción de cal.

2.6.4.5.1 PRODUCCIÓN DE CAL

La producción de cal comprende desde el proceso de extracción, pasando por la calcinación, la hidratación y las operaciones finales de manipulación, almacenamiento y distribución. Las emisiones provienen del proceso de calcinación, de acuerdo a los datos proporcionados por la institución Caleras Maciel S. A. de C. V., la producción de cal en el periodo entre 2007 y 2012 son las siguientes:

Tabla 9. Producción de cal, 2007-2012. Fuente: Caleras Maciel S.A. de C.V.

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
PRODUCCIÓN DE CAL (ton)	3,648	3,660	3,647	3,634	3,630	3,621

La totalidad de cal producida en esta institución se toma como la totalidad de cal producida en el municipio. Para determinar la cantidad de emisiones de CO₂ se realiza el producto de la totalidad de cal producida anualmente por un factor de emisión. Este factor de emisión puede seleccionar de acuerdo al proceso de calentado, si se usa calcita o dolomita, debido a que los hornos de esta institución son alimentados con calcita, el factor elegido es de 0.79 ton de CO₂/ton de cal viva producida.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de emisiones de CO₂ por año a partir de 2007 y hasta 2012.

Tabla 10. Emisiones de CO₂ por año de 2007 a 2012. Elaboración Cecropia

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
EMISIONES DE CO ₂ (t)	2,882	2,891	2,881	2,871	2,868	2,861

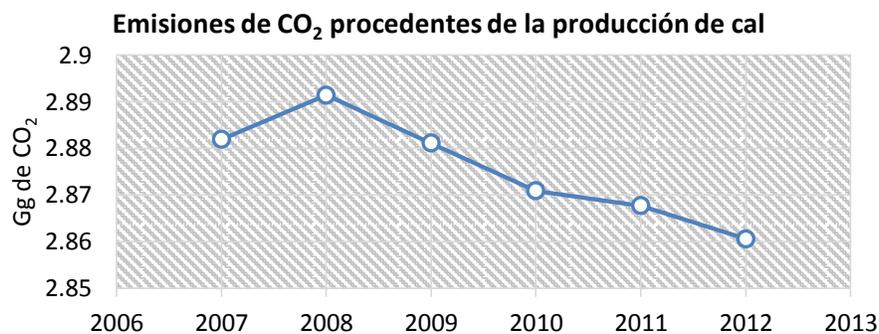


Figura 48. Emisiones de CO₂ por producción de cal de 2007 a 2012. Fuente: Cecropia con datos de Caleras Maciel (2013)

En el año 2010, 2,871 toneladas de CO₂ fueron emitidas por parte de este sector, esto representa un aporte muy pequeño a la generación total de CO₂ en Tuxtla Gutiérrez, es decir, para el periodo de estudio, el sector de procesos industriales no fue representativo en comparación con otros sectores en el municipio. A partir del año 2008 se puede notar un decremento en las emisiones provenientes de la producción de cal, esto es directamente proporcional a la producción misma de este producto. Esto conlleva una tasa promedio de crecimiento anual de -0.14%, siendo el mayor decremento del 2009 a 2010 arrojando un tasa porcentual de crecimiento de -0.35%.

Estas diferencias en cuanto a emisiones son benéficas, pero, para fines de conteo son despreciables ya que son muy pequeñas en proporción a la cantidad reportada tomando como base que las emisiones totales del sector de procesos industriales.

2.6.4.5.2 GASES PRECURSORES

Con respecto a los gases precursores de ozono, la totalidad de los mismos, en el módulo de procesos industriales, son procedentes de los procesos de producción y utilización de productos minerales varios, hablando específicamente de pavimentación asfáltica. Los demás sectores como son la producción de bebidas y alimentos, también presentan actividad en el municipio, sin embargo, la cantidad emitida es irrelevante para fines del estudio.

Los gases precursores emitidos apreciables para el sector de Procesos Industriales son Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos de Metano (COVDM), provenientes de la producción de material asfáltico para superficie de carreteras.

2.6.4.5.3 PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES VARIOS

Este subsector de la sección de Procesos Industriales comprende la contabilización de gases precursores del ozono y aerosoles, generados por producción de material asfáltico para techos y para carreteras, la producción de vidrio y de hormigón de piedra pómez; sin

embargo, en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, la producción de material asfáltico fue el único componente que presentó una emisión de gases significativo, concretamente de COVDM.

Los datos recibidos por la Subsecretaría de Infraestructura, Carretera e Hidráulica y la empresa Grupo Gorsa, se muestran en la tabla 11, dichos datos manifiestan el comportamiento en cuanto a la producción de material asfáltico en el municipio.

Tabla 11. Producción de material asfáltico para caminos y carreteras. Fuente: Subsecretaría de Infraestructura, Carretera e Hidráulica, Grupo Gorsa.

Producción de material asfáltico (toneladas)	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<i>Subsecretaría de Infraestructura</i>	191.40	423.12	77.00	872.50	1,309.49	929.52
<i>Gorsa</i>	693	1302	1596	1,879.50	2,058.00	1,438.50

El 100% de la cantidad reportada se debe a la producción de material asfáltico y al revestimiento de caminos y carreteras en el municipio. Para la obtención de las emisiones de CODVM el método a seguir es el siguiente:

Se realiza la suma total de material asfáltico para superficie de carreteras en Tuxtla Gutiérrez, el cual se multiplica por un factor de emisión, obteniendo las emisiones de COVDM durante el periodo a análisis; el factor de emisión seleccionado es el valor por defecto de acuerdo a las directrices revisadas del IPPC (1996), el cual es de 320 kg COVDM / ton de material de superficie pavimentada. Para fines de contraste, se presenta en tabla y gráfica la cantidad utilizada para estos 6 años:

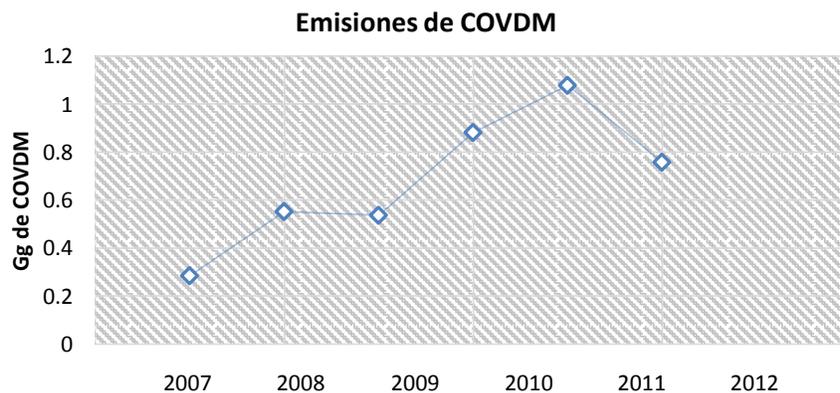


Figura 49. Emisiones de COVDM debido a pavimentación de 2007 a 2012. Fuente: Cecropia con datos de Subsecretaría de Infraestructura Carretera e Hidráulica (Gobierno del Estado de Chiapas).

Tabla 12. Emisiones de COVDM por año de 2007 a 2012. Elaboración Cecropia

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Emisiones de COVDM (ton)	283.008	552.0384	535.36	880.64	1077.5968	757.7664

Estos datos son correspondientes a las actividades realizadas por los programas de construcción de obras y bacheos realizados en el municipio, proporcionados por la Subsecretaría de Infraestructura Carretera e Hidráulica del Estado.

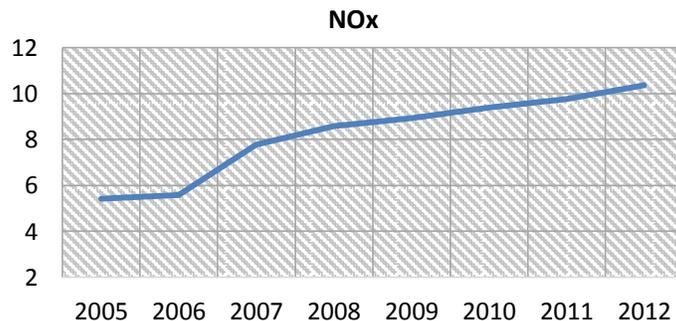
Para el año 2010 se presenta un valor muy bajo de emisiones de COVDM, el cual tiene poca significancia dentro de los datos globales analizados para el año del inventario; en general, en las emisiones de este gas precursor, pasando de una tasa de crecimiento de 95.06% entre 2007 y 2008 a un tasa de crecimiento de 64.49% de 2009 a 2010. Sin embargo para el año 2012 se presenta un importante descenso, debido también a una disminución en la producción de concreto asfáltico, este decremento es de un 13.95% con respecto al aumento de las emisiones en el año 2010.

2.6.5 GASES PRECURSORES (TODOS LOS SECTORES)

Se calculó la emisión de Gases Precursores: compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO). Esta emisión, aunque no se contabiliza en el inventario general es de importancia para la formación otros GEI a nivel atmosférico. Además, es necesario estimarlos debido a que generan impactos a la salud a escala local.

En 2010 se emitieron 65,500 t de NOx; 88,750 t de CO y 10.01 t de COVDM. Entre 2005 y 2012 el CO se incrementó en un 41.7%, el NOx 8% y los COVDM 89.9%.

Los NOx provienen principalmente del transporte, el CO se emite en el sector energía (figura 50)



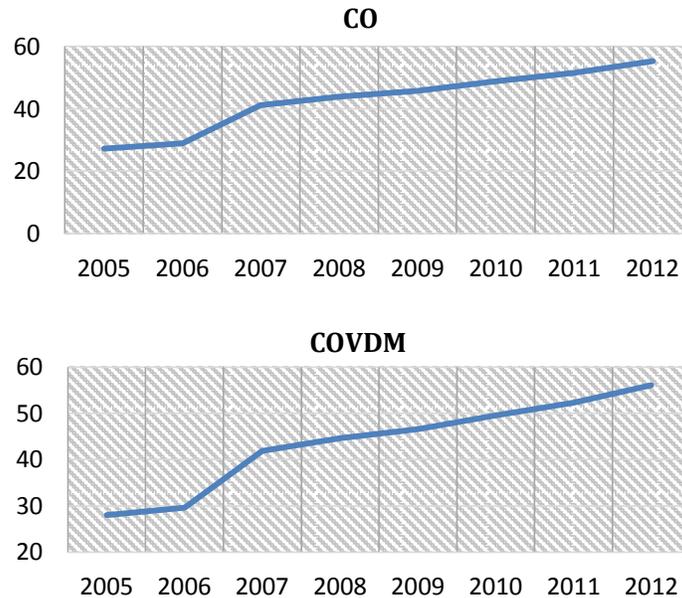


Figura 50. Gases precursores (periodo de referencia). Elaboración: Cecropia

3.7. EMISIONES INDIRECTAS

Las emisiones indirectas son aquellas que se liberan fuera del territorio municipal, pero que tienen una relación con las actividades municipales. Las emisiones indirectas incluyen el consumo eléctrico, debido a que la electricidad generada en México proviene de diferentes tecnologías y estas en su mayoría utilizan combustibles fósiles. Esta energía eléctrica es distribuida a todo el país a través del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y Tuxtla Gutiérrez, al estar interconectado al SEN contribuye de forma “indirecta” en la liberación de emisiones al consumir dicha electricidad. Es importante reportar estas emisiones para proponer medidas para el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.

El consumo eléctrico emitió 412,282 t de CO₂e en el año 2010, que representan el 34% de las emisiones del sector energía. Dichas emisiones provienen de diferentes fuentes de consumo tales como el comercio, la vivienda, el alumbrado público, bombeo de agua potable y agrícola. El mayor consumidor de energía eléctrica es el comercio, con 232,913.4 t de CO₂e, y en mayor medida por servicios como el acondicionamiento de aire, la iluminación, la refrigeración y uso de equipos especializados. Las viviendas del municipio emitieron 164,617 t de CO₂e por la demanda utilizada en su mayoría en la iluminación, refrigeración y diversos electrodomésticos.

El comercio y la vivienda son las fuentes que más emisiones indirectas aportaron a la subcategoría de consumo eléctrico con 232,913.43 t CO₂e y 164,616.99 t CO₂e respectivamente. Las emisiones por esta categoría pueden visualizarse en la figura 51, donde las demás actividades como bombeo de agua, alumbrado público y actividades

agrícolas tienen una influencia menor con respecto al comercio y a las viviendas que juntas representan el 97% de las emisiones por este sub sector.

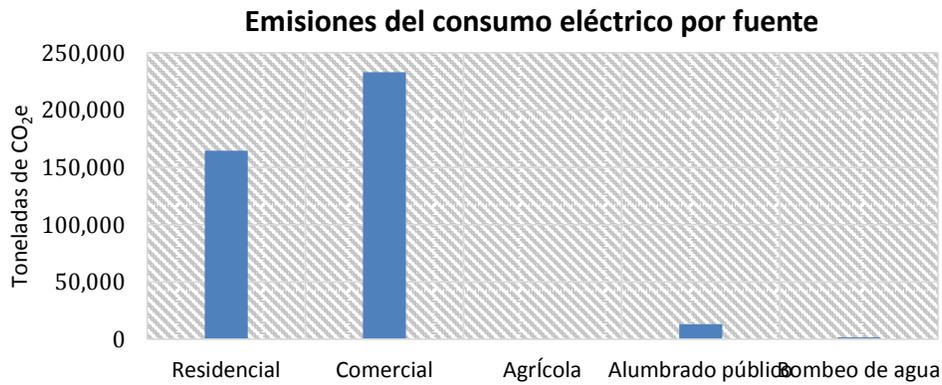


Figura 51. Emisiones del consumo eléctrico por fuente en 2010. Elaboración: Cecropia a partir de (CFE, 2013)

De 2005 a 2010 las emisiones provenientes de estas fuentes tuvieron un aumento del 78.4% debido a la alta demanda generada por el crecimiento poblacional del municipio, desacelerándose entre 2010 a 2012. El aporte de fuentes menos contaminantes a la red eléctrica nacional y a la implementación de programas de eficiencia de jurisdicción federal son probablemente los factores externos. Dicho comportamiento puede observarse en la figura 52.

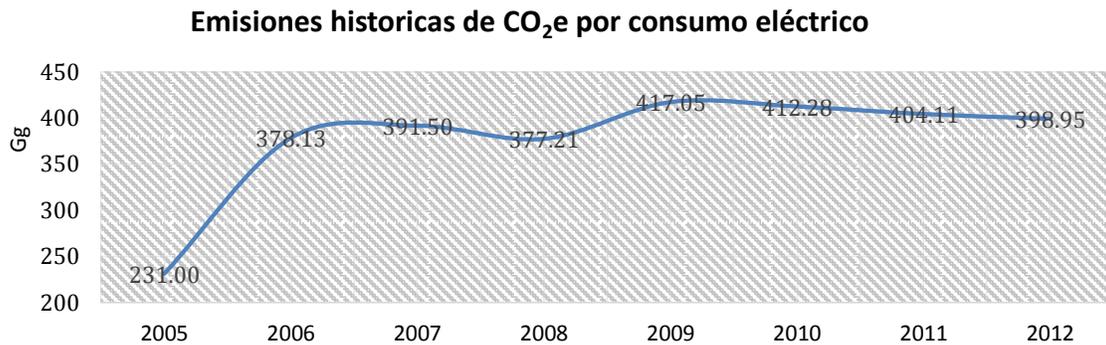


Figura 52. Emisiones históricas de CO₂e por consumo eléctrico. Elaboración: Cecropia a partir de CFE, 2013

3. ESCENARIO TENDENCIAL

El calentamiento del sistema climático global es inequívoco, y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en décadas a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, la cantidad de nieve y hielo ha disminuido, el nivel del mar se ha incrementado, y las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) se han acrecentado (IPCC, 2013).

El escenario tendencial visualiza un futuro inercial probable, más no aseverativo entre 2013 y 2030. Bajo el supuesto de inacción a nivel municipal. En éste se formulan y generan las respuestas técnicamente más probables a las siguientes preguntas:

¿Cuáles serán las condiciones climáticas de Tuxtla de ahora al 2030?

¿Cuáles serán las condiciones climáticas a finales de siglo?

¿Cuántas toneladas de GEI emitirá Tuxtla Gutiérrez?

¿Cuáles serán las principales fuentes de emisión?

No se puede intentar dar respuesta a estas preguntas de manera aislada, para ello se requiere conocer además del local, el contexto estatal, nacional e internacional de acción ante el cambio climático. A continuación se presentan los escenarios tendenciales de cambio climático y de emisiones de GEI. Para su desarrollo se utilizaron metodologías de proyección consistentes con las utilizadas a nivel internacional y nacional.

3.8. ESCENARIOS DE CAMBIO PARA LA PRECIPITACIÓN Y LA TEMPERATURA DEL MUNICIPIO

Los datos de los escenarios climáticos corresponden a la “Actualización de Escenarios de Cambio Climático para México como parte de los productos de la Quinta Comunicación Nacional”. En dicho estudio se realizó un análisis regional del periodo histórico y de las proyecciones de 15 modelos de circulación global (MCG) a futuro cercano (2015-2039) y futuro lejano (2075-2099) (Cavazos, 2013), las imágenes corresponden a los del modelo Japonés TL959 de la Agencia Meteorológica de Japón (JMA) y el Instituto de Investigaciones Meteorológicas (MRI) utilizados en el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas o PACCCH (Ramos Hernández, et al., 2010). Los escenarios corresponden a modelos de estabilización de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera según sus trayectorias de concentraciones respectivas (RCP por sus siglas en inglés). Estos escenarios se dividen en cuatro grupos que se refieren a la radiación global de energía expresada en W/m².

De esta manera el RCP2.6 son los escenarios más optimistas, que consideran un pico de 490ppm de CO₂ en la atmósfera para el 2100 y de ahí disminuye, el RCP4.5 considera

concentraciones máximas de 650ppm de CO₂ y el RCP6.0 considera 850ppm de CO₂, ambos para el 2100 y quedan estables, el escenario más catastrófico es el RCP8.5 que considera una concentración de 1,370ppm de CO₂ para el 2100 y seguirá aumentando en el futuro.

Cabe mencionar que el escenario menos probable es el RCP2.5 debido a que se considera que no se logrará esta meta por lo que en este apartado se consideran solo los escenarios de emisiones medias y altas.

En las figuras se presentan los resultados de las interpolaciones realizadas y las diferencias entre el clima actual, el futuro cercano y el futuro lejano de los siguientes escenarios.

- Diferencia en la precipitación media diaria
- Diferencia el número de días secos consecutivos
- Diferencia en el número de días húmedos consecutivos
- Diferencia en la temperatura media anual
- Diferencia en la temperatura mínima anual (< percentil 10)
- Diferencia en la temperatura máxima anual (> percentil 90)

Los escenarios climáticos muestran un aumento generalizado de la temperatura para el futuro cercano (SN) de aproximadamente 0.6°C, en promedio para las temperaturas medias y máximas, y de 0.7°C en promedio para la temperatura para el futuro lejano (SF) se esperan aumentos entre los 2.4°C y 2.8°C en promedios para las temperaturas mínimas, máximas y promedio, estas proyecciones coinciden perfectamente con la tendencia de tropicalización de las noches y pérdida de eventos fríos de duración prolongada observada a partir de los años 50 para el municipio (PACCCH, 2010).

De acuerdo los datos de los nuevos escenarios climáticos, para el caso de la temperatura máxima se observa en el municipio aumentos para el futuro cercano que oscilan entre los 1.3°C y los 1.5°C promedio anual, siendo los mayores en el mes de abril con aumentos de entre 1.6°C y 1.9°C promedio. En el futuro lejano para el escenario optimista se consideran aumentos de 2.7°C, mientras que en el escenario pesimista estos podrían llegar a los 4.8°C promedio anual y hasta 5.4°C y 5.7°C para los meses de abril y septiembre respectivamente.

Tabla 13.- Anomalías de la temperatura máxima

ESCENARIOS RCP 4.5, 6.0 Y 8.5. ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MÁXIMA (PROMEDIO, EN °C) MENSUAL DE LOS FUTUROS CERCANO Y LEJANO													
	ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CRU HISTÓRICO 1961-2000	30.3	27.9	29.5	31.6	33.0	32.9	31.3	31.2	30.9	30.4	29.1	28.4	27.5
TPM RCP 4.5 2015-2039	1.3	1.1	1.4	1.4	1.6	1.4	1.4	1.6	1.4	1.4	1.0	1.2	1.2
TPM RCP 6.0 2015-2039	1.2	1.0	1.3	1.4	1.4	1.1	1.0	1.4	1.4	1.0	1.0	0.9	1.1
TPM RCP 8.5 2015-2039	1.5	1.2	1.5	1.5	1.9	1.4	1.4	1.7	1.5	1.6	1.5	1.5	1.4

TPM RCP 4.5 2075-2099	2.7	2.3	2.7	2.8	3.1	2.5	2.9	3.1	3.0	3.0	2.4	2.3	2.2
TPM RCP 6.0 2075-2099	3.0	2.3	2.9	3.5	3.3	2.9	3.0	3.5	3.5	3.2	2.4	2.4	2.8
TPM RCP 8.5 2075-2099	4.8	4.0	4.7	4.9	5.4	4.7	4.8	5.2	5.0	5.7	4.7	4.6	4.0

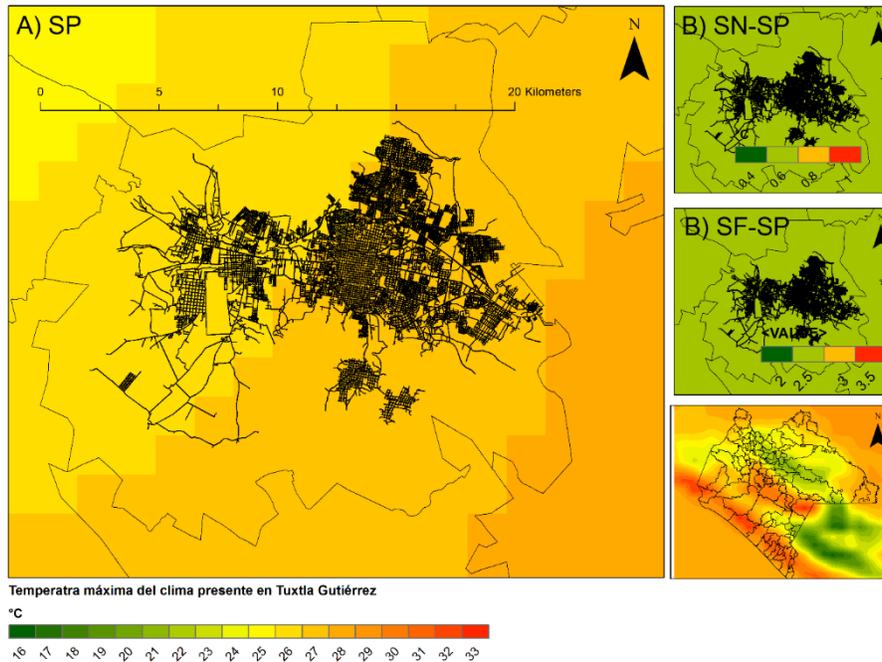


Figura 53. Temperatura media máxima del clima presente (SP) modelada para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro (lejano SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCCH 2011

De la misma forma, para la temperatura media, los escenarios climáticos consideran aumentos muy similares a los de la mínima, donde en el RCP 4.5 la temperatura pudiera aumentar en 1.2°C y en un RCP8.5 un 1.3°C promedio anual, siendo los meses de verano en los que se esperan los mayores aumentos de hasta 1.4°C. Sin embargo para el futuro lejano en el escenario optimista se esperarían aumentos de 2.3°C promedio anual y hasta 4.1°C para el pesimista, considerándose el mes de mayo como el de mayor incremento con aumentos de 2.4°C y 4.7°C respectivamente.

Tabla 14. Anomalías en temperatura media

ESCENARIOS RCP 4.5, 6.0 Y 8.5. ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MEDIA (PROMEDIO, EN °C) MENSUAL DE LOS FUTUROS CERCANO Y LEJANO													
	ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CRU HISTÓRICO 1961-2000	23.4	20.8	21.8	23.6	25.1	25.6	24.7	24.7	24.4	24.1	22.9	21.8	20.5
TPM RCP 4.5 2015-2039	1.2	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.2	1.2
TPM RCP 6.0 2015-2039	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.3	1.1	1.3	1.1	1.2
TPM RCP 8.5 2015-2039	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.4	1.1	1.2	1.3	1.3	1.2	1.4
TPM RCP 4.5 2075-2099	2.3	2.0	2.3	2.4	2.3	2.4	2.5	2.4	2.5	2.3	2.2	2.1	2.3

TPM RCP 6.0 2075-2099	2.9	2.3	2.6	2.2	2.7	3.1	3.0	3.6	3.4	3.0	3.5	2.6	2.7
TPM RCP 8.5 2075-2099	4.1	3.7	3.8	4.0	4.1	4.7	4.5	4.0	4.4	4.2	3.8	4.1	4.1

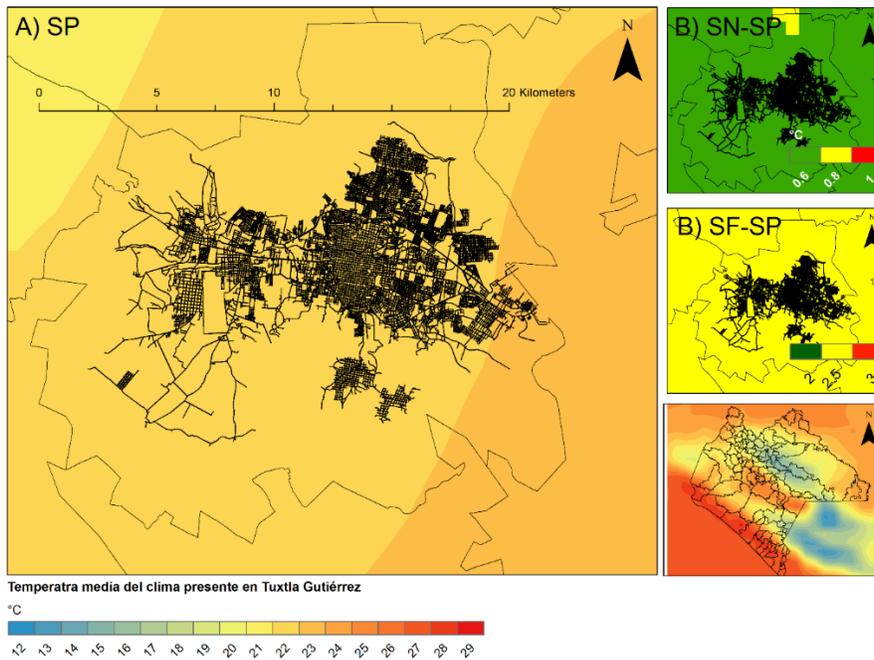


Figura 54. Temperatura media del clima presente (SP) modelada para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro (lejano SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCCH 2011

Para la temperatura mínima no se nota una diferencia significativa entre los escenarios optimistas y los pesimistas con aumentos anuales promedios de 1.1 °C para ambos escenarios, sin embargo para el futuro lejano existe una diferencia de hasta un 1°C entre la RCP4.5 y 8.5 con aumentos de 2.2°C y 3.8°C respectivamente, estos cambios se agudizan en los meses de junio a agosto, lo que coincide con las disminuciones en la precipitación proyectadas y por ende una baja en el efecto regulador de la temperatura.

Tabla 15. Anomalías en temperatura mínima.

ESCENARIOS RCP 4.5, 6.0 Y 8.5. ANOMALÍAS DE LA TEMPERATURA MÍNIMA (PROMEDIO, EN °C) MENSUAL DE LOS FUTUROS CERCANO Y LEJANO													
	ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CRU HISTÓRICO 1961-2000	16.5	13.7	14.3	15.7	17.4	18.4	18.3	18.4	18.0	18.0	16.7	15.2	13.7
TPM RCP 4.5 2015-2039	1.1	0.9	0.7	0.8	1.0	1.0	1.3	1.3	1.2	1.3	1.1	1.1	1.0
TPM RCP 6.0 2015-2039	1.2	0.9	0.8	1.0	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.3	1.1	1.2
TPM RCP 8.5 2015-2039	1.1	0.9	0.8	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.4	1.5	1.2	1.1	1.0
TPM RCP 4.5 2075-2099	2.2	1.7	1.6	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.5	2.6	2.2	1.9	1.9
TPM RCP 6.0 2075-2099	3.0	2.4	2.5	2.7	3.0	2.9	3.2	3.5	3.5	3.4	3.1	2.6	2.6
TPM RCP 8.5 2075-2099	3.8	2.8	3.0	3.4	3.9	4.0	4.3	4.6	4.3	4.6	3.8	3.4	3.3

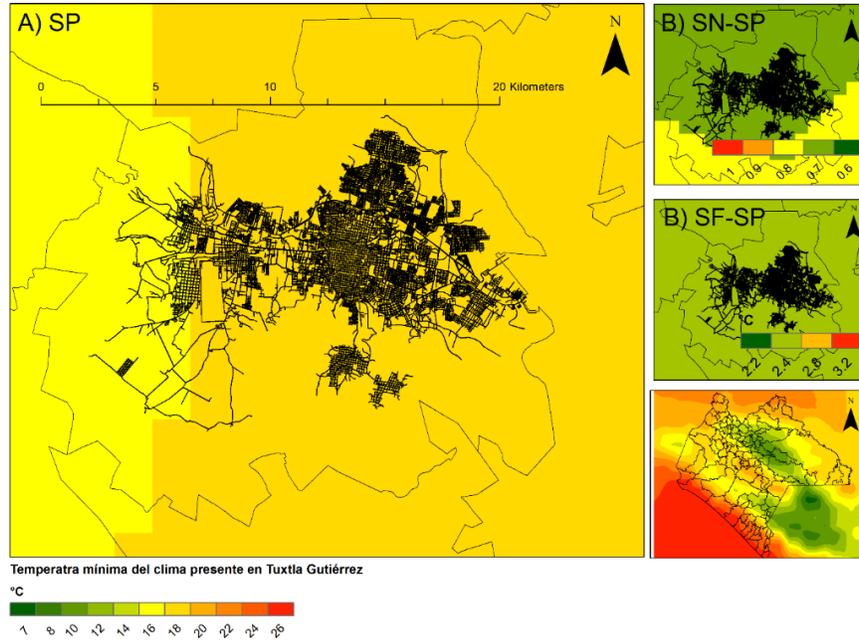


Figura 55. Temperatura media mínima del clima presente (SP) modelada para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro (lejano SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCCH 2011

Es importante señalar que a diferencia de los escenarios de temperatura, los de precipitación deben manejarse con mucho cuidado al momento de ser interpretados, el hecho es que existen muchos factores climáticos que por la escala de los modelos no son tomados en cuenta, un ejemplo es que estos escenarios no toman en cuenta la acción de huracanes que influyen mucho en la precipitación esperada para la región, tomando esto en cuenta, los escenarios climáticos suponen disminuciones en la precipitación total anual de un 5% a un 12%, siendo los meses de febrero, marzo y abril los más afectados por esta disminución con hasta un 40%, sin embargo a pesar que parece ser una disminución bastante alarmante para el municipio, estas están remarcadas en el inicio de la temporada de lluvias, lo que puede indicar un retraso interanual en la misma.

Tabla 16. Anomalías en la precipitación promedio.

ESCENARIOS RCP 4.5, 6.0 Y 8.5. ANOMALÍAS DE LA PRECIPITACIÓN PROMEDIO MENSUAL (EN PORCENTAJE) DE LOS FUTUROS CERCANO Y LEJANO													
	ANUAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CRU HISTÓRICO 1961-2000 (EN MM/ANUAL Y MENSUALES)	946.6	1.8	3.4	2.6	9.3	80.0	217.9	165.8	185.6	189.9	73.0	12.4	4.9
PPM RCP 4.5 2015-2039	-5.9	-6.8	-9.5	-13.6	-29.6	-10.3	-10.6	-13.5	-3.4	1.2	6.6	-1.4	-6.3
PPM RCP 6.0 2015-2039	0.1	1.3	2.0	-12.3	-28.2	-13.8	-3.8	-7.1	5.7	9.8	12.1	-5.0	-6.0
PPM RCP 8.5 2015-2039	-2.8	-9.6	-14.5	-19.8	-34.0	-10.4	-1.5	-8.6	-1.9	1.2	10.6	1.5	-8.0
PPM RCP 4.5 2075-2099	-5.9	-6.8	-9.5	-13.6	-29.6	-10.3	-10.6	-13.5	-3.4	1.2	6.6	-1.4	-6.3
PPM RCP 6.0 2075-2099	-7.0	-1.1	-9.2	-13.1	-36.9	-17.7	-10.5	-24.3	-10.2	2.0	26.7	7.3	-2.8

PPM RCP 8.5 2075-2099	-12.0	-28.6	-35.2	-37.3	-49.8	-18.4	-13.0	-30.7	-20.2	0.5	24.8	10.1	-13.8
-----------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-----	------	------	-------

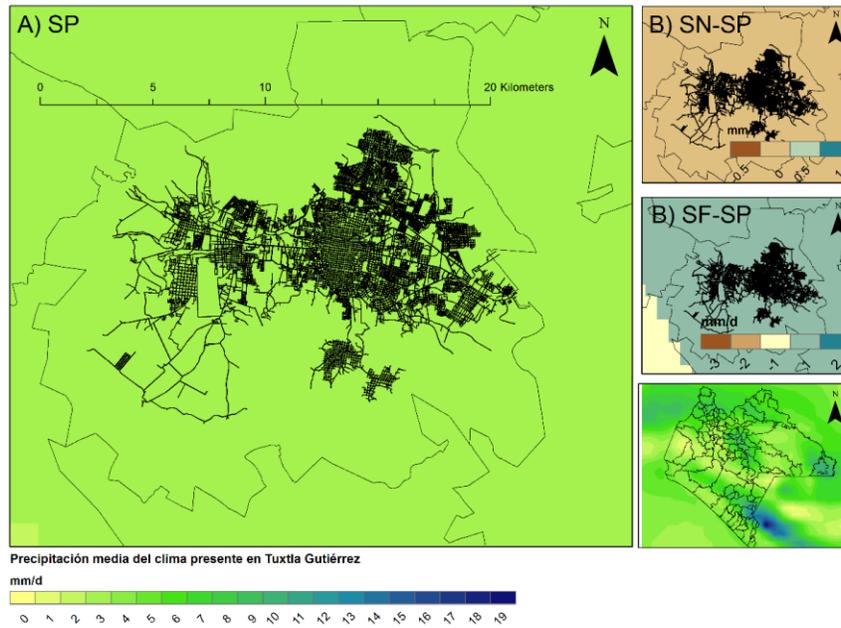


Figura 56. Precipitación modelada del clima presente (SP) para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro lejano (SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCCH 2011

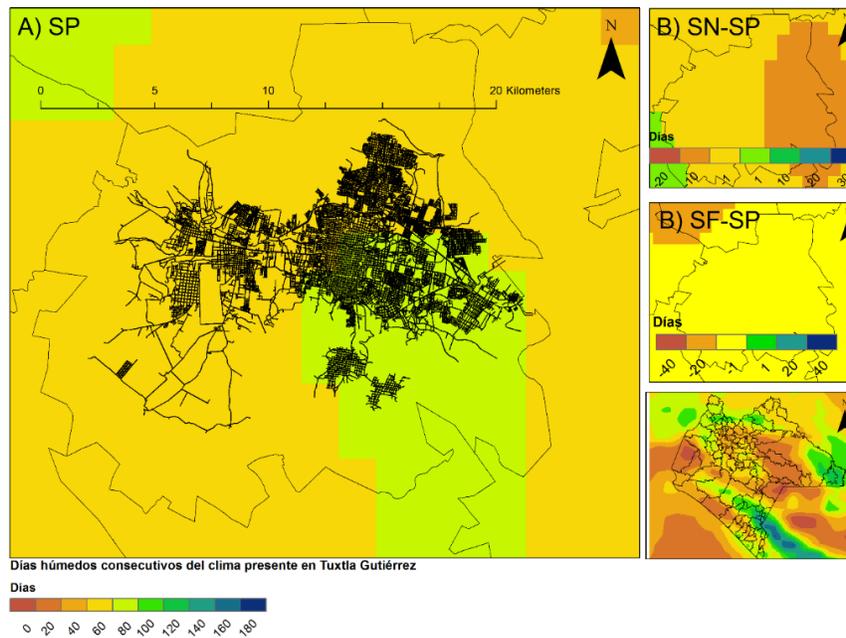


Figura 57. Días lluviosos consecutivos del clima presente (SP) modelada para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro lejano (SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCCH 2011

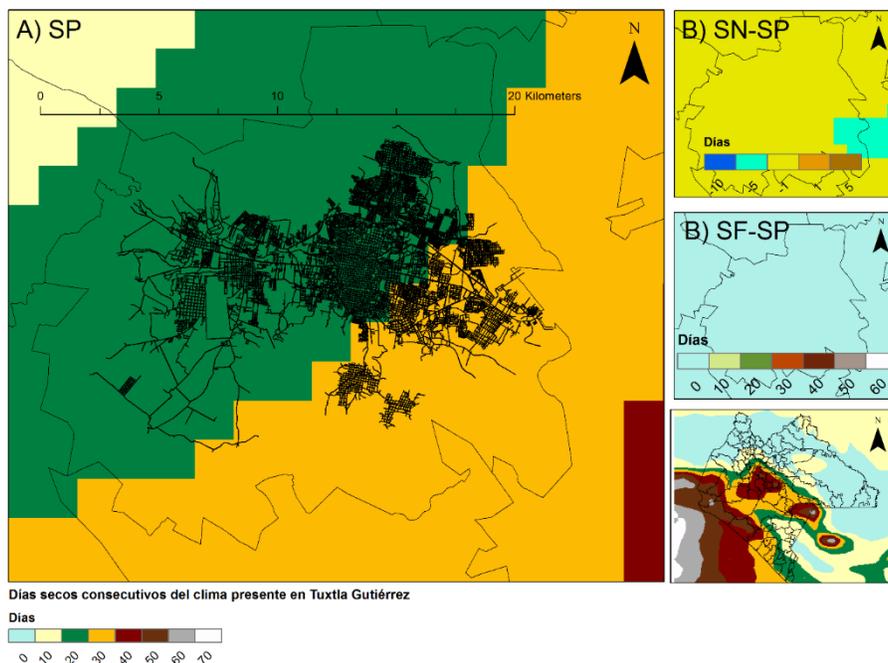


Figura 58. Días secos consecutivos del clima presente (SP) modelada para el municipio y diferencia entre el futuro cercano (SN) y el futuro lejano (SF). Fuente Cecropia-MAPS a partir de PACCH 2011

3.9. ESCENARIO DE EMISIONES DE GEI A 2030

Los escenarios para el subsector transporte y el sector USCUS se calcularon aplicando las tasas de crecimiento media anual no acumulada (tcmna) del periodo de referencia (inventarios de GEI 2005-2012). El subsector residencial de energía y el sector residuos se basaron en proyecciones a partir de LEAP⁸.

El análisis de todos los sectores y su comportamiento durante los años del Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero de Tuxtla Gutiérrez (2005-2012) (IMGEI_{TGZ}) sugieren que de seguir con las prácticas actuales se puede esperar un aumento lineal en las emisiones del municipio al año 2030 llegando a las 4,880,190 t de CO₂e (104.92%). Esto debido a diversos factores como el aumento de la población, servicios, actividades de energía. No se consideró un aumento del ramo industrial por la escases de datos ya que no es una actividad preponderante en el municipio, así como tampoco las actividades agrícolas.

⁸ LEAP Software de modelación de emisiones de GEI desarrollado por el Instituto Ambiental de Estocolmo.

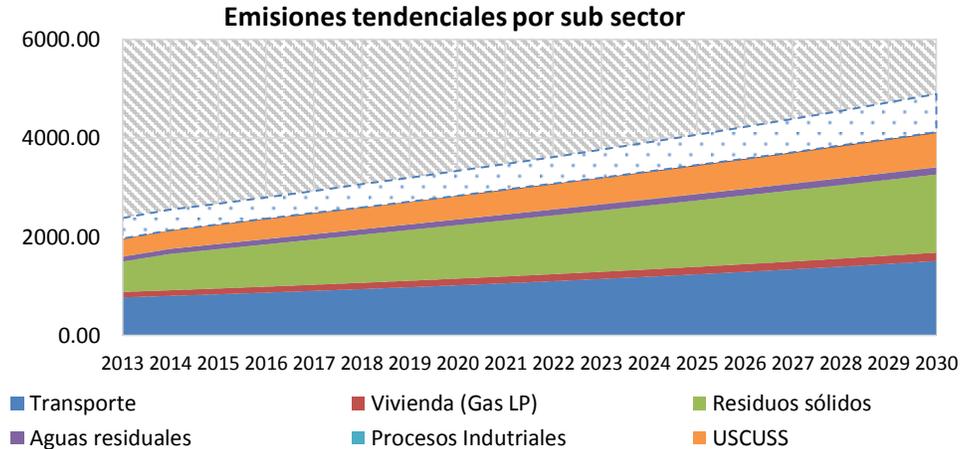


Figura 59. Emisiones tendenciales de GEI por subsector al 2030. Fuente.: Cecropia con datos del IMGEI_{TGZ}.

3.2.1 ESCENARIO TENDENCIAL SUBSECTOR TRANSPORTE

El factor más importante para la caracterización del transporte terrestre es el parque vehicular y para su proyección tendencial se supuso que continuará creciendo a razón de la tasa histórica. Cabe mencionar que las ventas de vehículos están relacionadas con las características socio-económicas del municipio pero debido a que no se tiene información sobre las proyecciones del PIB se optó por utilizar únicamente la tasa de crecimiento relativo (tcr) histórica suponiendo que esta incluye o ha evolucionado en función al aumento de la población y del PIB y que las características socio-económicas futuras seguirán siendo las mismas.

Los automóviles a una tcr de 5.55%, camionetas y camiones de carga (se incluyen SUVs) con una tcr de 5.5%, y una tcr de 0.42% para la categoría de camiones de pasajeros. Las proyecciones del parque vehicular este crecerá 162% en 2030 respecto al año base. El crecimiento del parque vehicular se acelera hasta llegar a un punto de saturación cercano a los 800 vehículos por cada 1,000 habitantes, donde el crecimiento del parque vehicular se estabiliza o crece lentamente (IIE, 2012). Esta relación se ha utilizado para el análisis del sector transporte en otros estudios como el MEDEC (CTS-EMBARQ, 2009). Para el caso específico de Tuxtla en el 2030 se estima que el índice de motorización será de 653 vehículos/ 1000 habitantes. En la Tabla 17 se especifica el crecimiento del parque vehicular y el índice de motorización que podría alcanzar el municipio.

Tabla 17 Proyección del parque vehicular y el índice de motorización en el escenario de referencia. Elaboración Cecropia a partir de INEG y (CONAPO, 2012) .

Proyección del parque vehicular con tasa compartida							
Año	Camionetas y camiones de carga	Motocicletas	Camiones de pasaje	Automóviles	Parque vehicular	Población total	Veh/ 1000 hab
2010	49616	12404	2966	106645	171631	566182	310

2011	51706	13984	3032	112090	180812	577126	313
2012	54257	15818	2786	118668	191529	586875	327
2015	62005	18364	2852	137884	221104	613231	361
2020	77455	23583	2965	177071	281073	649148	433
2025	96754	30285	3082	227395	357516	676534	529
2030	120862	38892	3204	292021	454978	697568	653

El crecimiento del parque vehicular nuevo tendrá un efecto positivo en el consumo de combustibles, debido a la incorporación de tecnologías más eficientes, sin embargo es necesario considerar que la congestión aumentará por el volumen de vehículos en circulación. Las emisiones del escenario tendencial fueron calculadas siguiendo el mismo comportamiento del periodo 2007-2012 en el cual se obtuvo que las emisiones crecieron a una tmca de 4.02%. De no realizar acciones encaminadas a la reducción del uso del automóvil se calcula que el subsector transporte podría emitir 1,507,753 t CO₂e para el 2030, 114% más que en el año base. En figura 60 se observa el comportamiento de las emisiones de CO₂e por la actividad vehicular en el municipio.

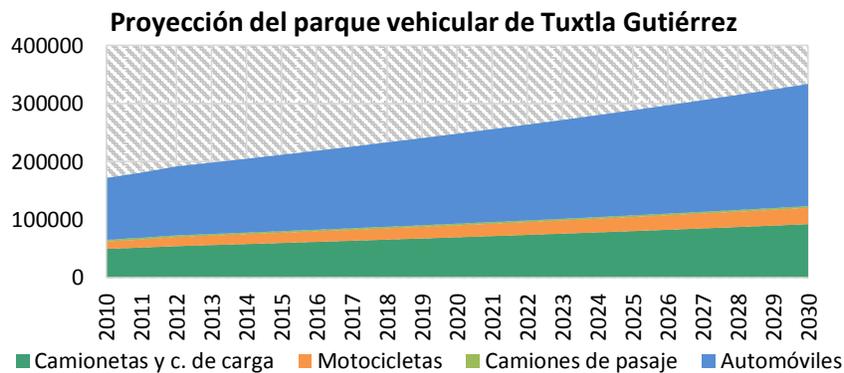


Figura 60. Proyección del parque vehicular de Tuxtla Gutiérrez. Elaboración: Cecropia

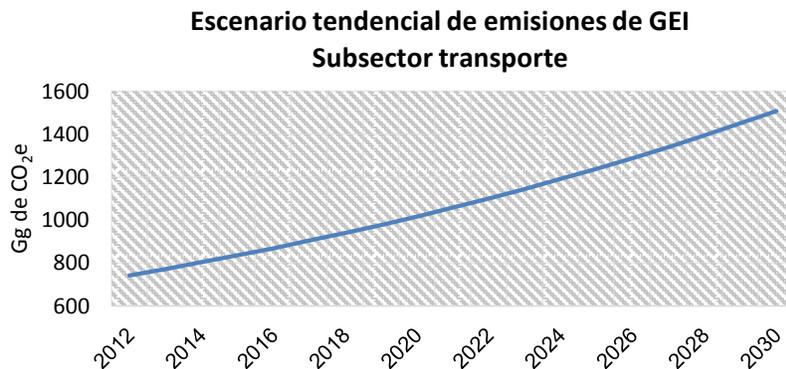


Figura 61. Proyección de las emisiones de GEI por la actividad vehicular en el Municipio. Elaboración: Cecropia

3.2.2 ESCENARIO TENDENCIAL PARA LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Tuxtla Gutiérrez presenta un alto crecimiento poblacional, esta tendencia indica que en el futuro cercano se demandarán mayores y mejores servicios de electricidad para las viviendas, la actividad económica, el alumbrado público y otras actividades cotidianas en la población municipal. Pero, las prácticas actuales no garantizan el uso eficiente de la energía y no se incentiva el uso de fuentes renovables de energía para la reducción del consumo eléctrico *in situ*, utilizando una energía en su gran porcentaje por su alta dependencia en los combustibles fósiles.

Los escenarios tendenciales se basaron en los consumos históricos de cada sector, proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y por la base de datos de clientes de las diversas tarifas obtenidos del anuario estadístico del municipio (INEGI, 2012). El crecimiento gradual de estos servicios ha ido en aumento a una tasa del 5.8% anual y se espera el mismo comportamiento durante los próximos años debido al incremento poblacional que demandará mayores servicios debido a que el comercio es la principal actividad económica del municipio. Las tecnologías que se utilizan actualmente y los programas realizados por el Gobierno Federal como “Luz Sustentable” han contribuido en la reducción de emisiones, mas, se puede llegar a un mayor alcance si se realizan proyectos adaptados a la realidad de la zona.

El programa luz sustentable ha contribuido a reducir notablemente el consumo eléctrico en el municipio, reduciendo así, emisiones indirectas de CO₂e desde su implementación, sin embargo debido al crecimiento poblacional el consumo eléctrico seguirá creciendo pudiendo llegar a los 1,298 GWh para el año 2030.

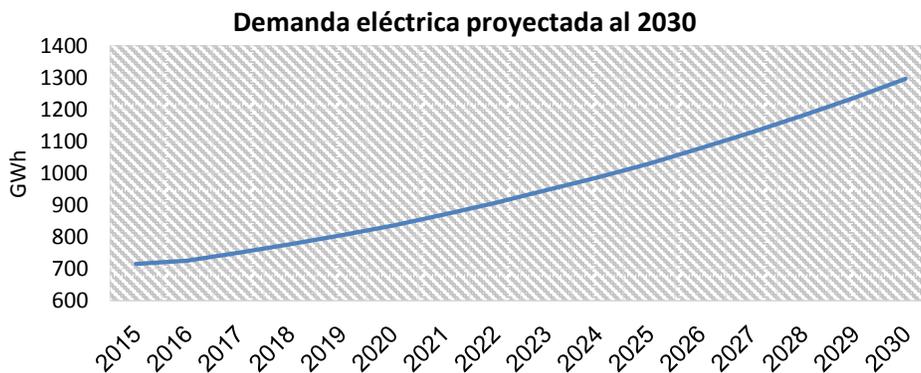


Figura 62. Demanda eléctrica tendencial al 2030 en GWh. Elaboración: Cecropia.

Para la cuantificación de GEI por el consumo eléctrico se consideró un factor de emisión eléctrico constante, dado a que el comportamiento de dicho factor tiene comportamientos muy variables respecto al tiempo. Las emisiones tendenciales proyectadas se comportan de la misma manera al aumento del consumo eléctrico, proyectándose así las emisiones tendenciales hasta el 2030.

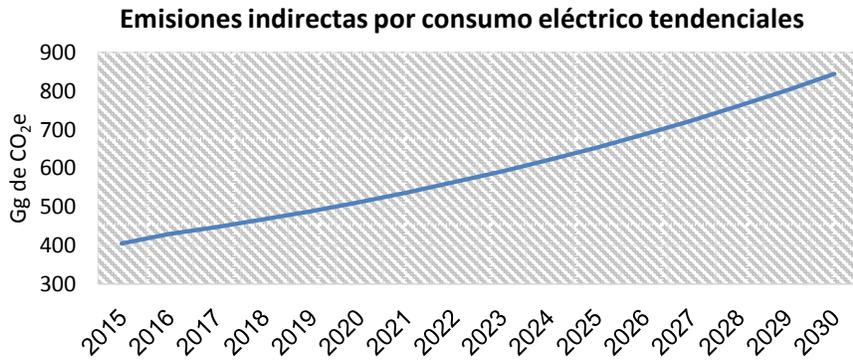


Figura 63. Emisiones tendencias por consumo eléctrico al 2030

Este análisis derivó del estudio de cada actividad del municipio, entre las que se encuentran el comercio, la vivienda, la industria y alumbrado público, el bombeo de agua y los usos agrícolas se despreciaron por ser poco relevantes.

3.2.2.1 SERVICIOS Y COMERCIO

El comercio es la principal actividad económica del municipio, desde el año 2005 ha experimentado un aumento exponencial en su consumo eléctrico, esto debido a la apertura de nuevos centros comerciales, centros de esparcimiento, entre otros. A pesar que se contabilizan 17,079 establecimientos de este tipo según CFE, su incidencia sobre la demanda eléctrica es la de mayor influencia en el municipio, reportando 386 GWh en el año 2012.

La tendencia indica que este consumo seguirá aumentando en medida que se incrementa la actividad económica del municipio, pasando de los GWh antes mencionados a los 1040.6 GWh para el 2030, debido al aumento poblacional y a los servicios que estos demandarán, además la penetración tecnológica. No obstante, los establecimientos de esta actividad presentan características y diversos tamaños y las actividades son muy variadas. Esto implica que la intensidad energética de cada establecimiento varía dependiendo de los servicios que estos ofrezcan, por lo que es acooplejó la caracterización y el mismo comportamiento del subsector.

Este es uno de los subsectores que el municipio a los cuales se le debe entender y monitorear el comportamiento con respecto a su consumo de energía y a sus emisiones de GEI, así se podrá crear un marco regulatorio que impulse desde los ámbitos municipales el uso eficiente de la energía. Las emisiones procedentes de esta actividad tienen una tendencia de crecimiento acelerada, las cuales podrían llegar a las 615 mil t de CO₂e al año 2030 (figura 64).

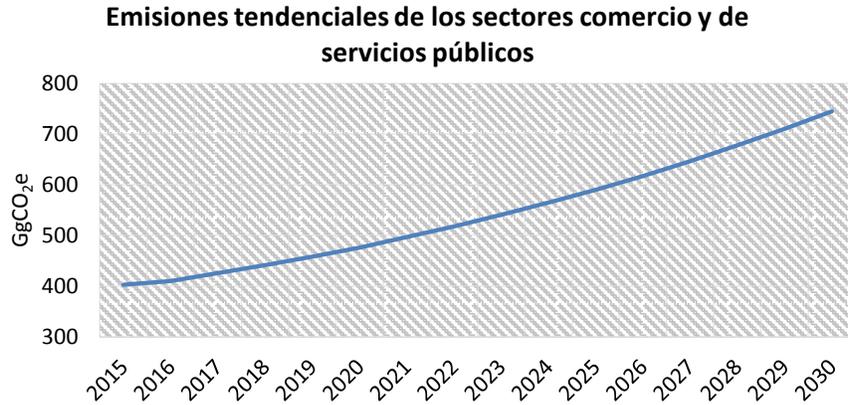


Figura 64. Emisiones tendenciales para el sector comercial y de servicios. Elaboración: Cecropia a partir del IMGEI

3.2.2.2 RESIDENCIAL

Las emisiones tendenciales por consumo eléctrico residencial, fueron determinadas con base a proyecciones de viviendas (realizadas con datos de INEGI y CONAPO) y tendencias en los consumos eléctricos de éstas. Se realizaron supuestos tendenciales en la penetración de dispositivos de iluminación y refrigeración que son las actividades dentro del sector doméstico que consumen más energía eléctrica, aproximadamente en un 30% y 25% del consumo total respectivamente.

De acuerdo a estas proyecciones, el consumo eléctrico doméstico en el municipio pasará de 299,034 MWh en el 2013 a 378,414 MWh para el 2030. De seguir con estas tendencias las emisiones de gases estarían aumentando a un tcma del 1.3 % en el periodo 2013-2030, representado para el 2030 un aumento del 26.5% con respecto al año 2013. En La figura 65 se puede apreciar el comportamiento de las emisiones.

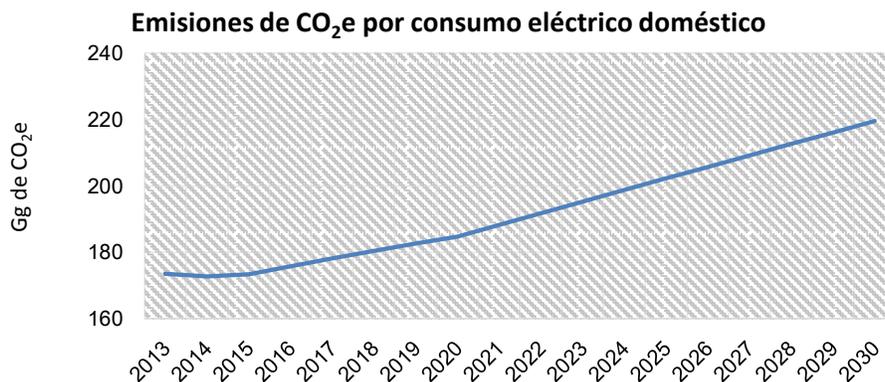


Figura 65. Escenario tendencial de emisiones por consumo eléctrico doméstico. Fuente: Cecropia a partir del IMGEI

3.2.2.3 ALUMBRADO PÚBLICO

El alumbrado público del municipio ha experimentado un crecimiento en el servicio en los últimos 8 años debido al aumento de la población y a la expansión del municipio. Esto ha llevado a un aumento del consumo eléctrico de más de un 64% del año 2005 al 2012, que se ve reflejado por el uso de tecnologías ineficientes y en gran porcentaje carecen de sistemas de control, lo que reduce drásticamente su eficiencia, vida útil y sobretodo aumentan el consumo de electricidad.

Para el año 2012, este servicio consumió 18.9 GWh, lo que a su vez representó 10,890 t de CO₂e, esto es el 3% de las emisiones totales por consumo eléctrico en el municipio. Las proyecciones del consumo de este servicio se realizaron en base al aumento del consumo observado durante el periodo 2005-2012, observándose una tcma del 9.73%. Este incremento de no corregirse puede representar unas emisiones de aproximadamente 11,120 t de CO₂e para el año 2030.



Figura 66. Escenario tendencial de emisiones por alumbrado público. Fuente Cecropia a partir del IMGEI

3.2.3 ESCENARIO TENDENCIAL SUBSECTOR RESIDENCIAL POR CONSUMO DE GAS LP

Las proyecciones tendenciales por consumo de Gas LP residencial, están basadas en la penetración de tecnologías en las viviendas que utilizan este combustible y en proyecciones de vivienda para el municipio (realizadas con datos de INEGI y CONAPO), las cuales se espera que tengan un crecimiento para el 2030 del 46% con respecto a las censadas en el 2010 por el INEGI. Cada vez son más el número de hogares que adoptan tecnologías que consumen Gas LP para calentamiento de agua y cocción de alimentos.

Se determinó un aumento en la tasa de introducción de estufas del 1.7%, la cual esta asociada a la proyección del decremento a razón de la tasa histórica de viviendas que utilizan leña para cocción de alimentos, suponiendo que estas dejan de consumir leña y adoptan estufas a Gas LP. Se estimó una tcma para boilers de 5.8%, misma que se ha venido presentado históricamente (INEGI, 2010).

Con base a estas proyecciones, el consumo de Gas LP en el municipio pasará de 1,763 TJ a 2,727 TJ, emitiendo para el año 2030 171,086 Gg de CO₂e, lo que representa un incremento del 54% con respecto al año 2013, a una tasa de crecimiento anual del 2.6%.

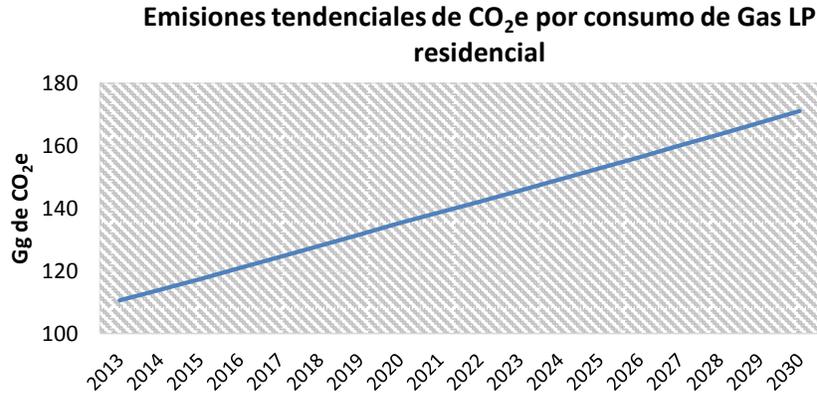


Figura 67. Emisiones tendenciales de CO₂e por consumo de Gas LP residencial. Fuente Cecropia

3.2.4 ESCENARIO TENDENCIAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

El escenario de las emisiones futuras debidas a los residuos sólidos se calculó mediante el software LEAP, a partir de las tasas de crecimiento poblacional y de generación de residuos. Para el subsector residuos sólidos, en base a la tendencia de crecimiento en la generación de RSU en el municipio de Tuxtla, para el año 2015 en el relleno sanitario habrán aproximadamente 1, 464,015 t anuales de RSU y para el 2030 algo más de 3, 813,000 t.



Figura 68. Proyección de generación de RSU en Tuxtla Gutiérrez. Fuente: Cecropia con datos de Proactiva

Este escenario únicamente proyecta las emisiones del relleno sanitario, para la estimación de generación de RSU anuales eliminados en dicho sistema de tratamiento fue utilizado el escenario de crecimiento poblacional para Tuxtla, publicado por la CONAPO y las tasas de generación per cápita publicadas por la SEMAHN e INECC. Fue utilizada la misma fracción de los RSU que es eliminada al relleno.

Las emisiones de GEI generadas por el subsector RSU en Tuxtla, tuvieron un aumento de 5.7% entre el 2005 y el 2012. De acuerdo con la proyección de emisiones, tomando en cuenta tanto las generadas por el relleno sanitario, en ausencia de medidas de mitigación,

el municipio podrá llegar a tener emisiones de 248,587t de CO₂e en el 2015 y 572,579t de CO₂e para el 2030.

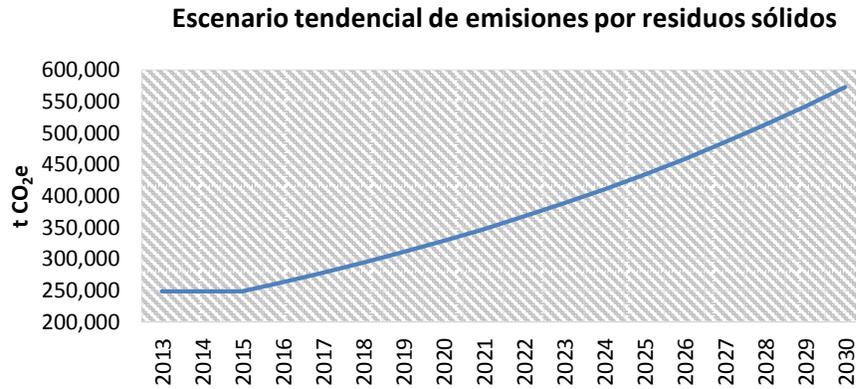


Figura 69. Proyección de emisiones de CO₂e por residuos sólidos en el escenario de línea base. Elaboración: Cecropia

La tendencia de emisiones del subsector aguas residuales también representa un incremento. Durante los años 2005 y 2012 se presentó una tasa de crecimiento de 2% en sus emisiones. De acuerdo con la proyección de emisiones en ausencia de medidas de mitigación, el municipio podrá llegar a emitir 128,000 t de CO₂e en el 2025 y 143,000 t de CO₂e para el 2030.

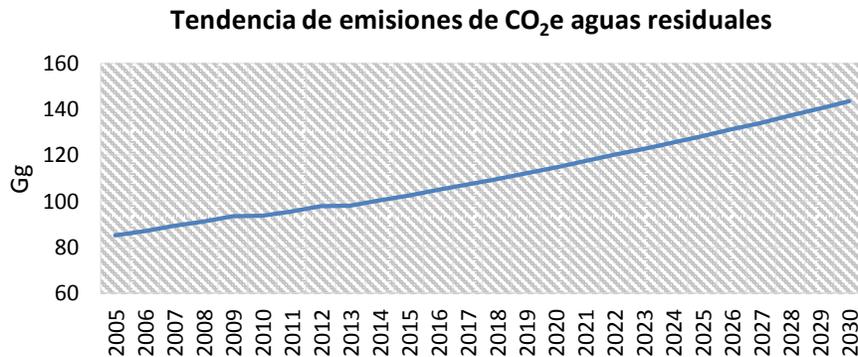


Figura 70. Escenario tendencial de emisiones de CO₂e por aguas residuales. Elaboración: Cecropia.

3.2.5 ESCENARIO TENDENCIAL USCUS

A partir del cálculo de emisiones/remociones provenientes del Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura del IMEGI-TGZ para 2010, basado en el análisis entre 2000 y 2010, se proyectaron las emisiones tendenciales a 2030 utilizando la tasa potencial de deforestación calculada en el “Estudio de Factibilidad para el Mecanismo REDD+ en Chiapas” (CI, 2012). Esta se estima en 0.4 A partir del análisis de curvas de Markov desarrolladas por Castillo (2010) para el Programa de Acción ante el Cambio Climático de Chiapas. Todo el polígono del municipio de Tuxtla Gutiérrez está dentro del rango de

probabilidad media. Con esta tasa, es probable que las emisiones del sector USCUS pasen de 317,100 t en 2010 a 343,544 t en 2030.

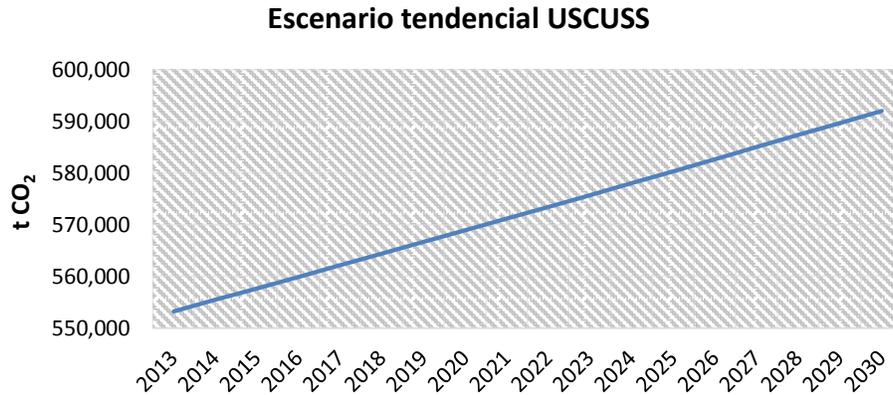


Figura 71. Proyección de las emisiones de USCUS para Tuxtla Gutiérrez. Fuente: Cecropia a partir de CI (2012)

4. ESCENARIO DE ACCIÓN

De continuar las emisiones de GEI, causarán mayor calentamiento y cambios en todos los componentes en el sistema climático global. **Limitar el cambio climático requerirá reducciones de GEI sustanciales y sostenidas (IPCC, 2013).**

Estas reducciones sustanciales y sostenidas se tienen que dar en todas las escalas, desde los principales países emisores hasta los más vulnerables. Sin embargo los gobiernos de los países no podrán por sí solos lograr todas las metas, ahí los municipios y sus habitantes juegan un papel esencial. México, ya se ha comprometido a reducir 30% de las emisiones en 2020 y 50% en 2050 en relación a su escenario tendencial (línea base) como lo establece la Ley General de Cambio Climático.

Este escenario de acción presenta propuestas para que el municipio de Tuxtla pueda sustentar una discusión sobre sus propios compromisos, tanto en adaptación como en mitigación. Al hablar de municipio nos referimos a todos los actores para ello se requerirá liderazgo y voluntad política del Ayuntamiento, el involucramiento participativo y constructivo de la sociedad civil, el compromiso e inversión y transición hacia modelos económicos sustentables de la iniciativa privada, entre otros a lo largo del tiempo con objetivos de corto, mediano y largo plazo.

Estudios muy renombrados como “La Economía del Cambio Climático en México” (Galindo, 2010) y el “Informe STERN” (Stern, 2006) han demostrado que el costo de la inacción será por mucho más costoso que el costo de acción.

4.1. ADECUACIÓN DEL MARCO REGULATORIO E INSTITUCIONAL

Disminuir los riesgos propios del cambio climático implicará realizar acciones en conjunto entre el los diferentes órganos de gobierno y la sociedad en general. Puesto que el peligro son los cambios proyectados de precipitación y temperatura, mitigarlos se encuentra sujeto a la generación de un acuerdo internacional de reducción de emisiones de GEI, el cual no se encuentra dentro del área de acción del municipio, y actualmente se proyectan escenarios que implican el aumento de estos peligros para Tuxtla Gutiérrez.

Sin embargo, sí se encuentra dentro del área de acción del municipio, disminuir la exposición y vulnerabilidad de la sociedad, el sistema económico, la naturaleza y sus servicios a estos peligros. Es decir, es imperativo que el municipio invierta en acciones e infraestructura que le permita, en primer lugar, reconocer y prever los peligros ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos extremos (ondas de calor y precipitaciones extremas), que permita generar reglamentos que eviten exponer sus recursos humanos, económicos y naturales y disminuir la vulnerabilidad de los actualmente expuestos.

Para disminuir la exposición jugarán un papel primordial los cambios dentro del marco legal municipal y la aplicación efectiva de estos reglamentos que eviten invertir en desarrollo mal planeado, además que se será importante explorar estrategias que desincentiven la permanencia de familias en las zonas de alto riesgo identificadas. Se reconoce que será muy complicado lograr un sistema municipal donde existan cero exposiciones a peligros por fenómenos hidrometeorológicos extremos, debido a que el municipio no es un sistema aislado, por lo que invertir en disminución de la vulnerabilidad de la sociedad será crucial en los años subsecuentes para mantener y mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio.

El PACCH toma en cuenta siete sectores prioritarios de adaptación al cambio climático para Chiapas, de los cuales solo cinco⁹ son tomados en cuenta para el municipio.

1. Gestión de riesgos hidrometeorológicos y manejo de recursos hídricos
2. Biodiversidad y servicios ambientales
3. Agricultura y ganadería
4. Zonas costeras
5. Asentamientos humanos
6. Transformación y uso de energía
7. Consideraciones sobre la salud humana

⁹ En negrita los sectores tomados en cuenta para Tuxtla Gutiérrez

4.1.1 GESTIÓN DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS Y MANEJO DE RECURSOS HÍDRICOS

Se considera a este sector como uno de los más vulnerables ante los efectos del cambio climático, el municipio se encuentra constantemente sometido a inundaciones que provocan desastres en diferentes áreas, producto de la mala planeación del asentamiento humano. Además, actualmente Tuxtla Gutiérrez es el municipio de mayor crecimiento poblacional en el estado lo que implica una mayor demanda de agua potable por parte de la población, por lo que conservar los afluentes cercanos será prioritario para el futuro cercano.

Los proyectos planteados en la propuesta se basan en que para reducir el riesgo de desastres por eventos hidrometeorológicos extremos, es necesario impulsar una cultura de prevención que se enfoque en la sensibilización de la población expuesta actualmente a peligros y en el desarrollo de estrategias que permitan reaccionar ante los desastres ocurridos.

Tabla 18. Acciones para reducir el riesgo de desastres por eventos hidrometeorológicos extremos

Proyecto	Comentarios
Generación de planes de prevención para las colonias adyacentes al cauce del río y planes de contingencia para las colonias Periodista, Brasilia, San Jacinto, Barrio Santo Domingo y Barrio Guadalupe.	Colonias expuestas a inundaciones con tasa de retorno de 10 años y vulnerabilidad variable.
Formar un cuerpo especial que lleve a cabo limpieza y desazolve en puentes, alcantarillas, vados de cruce y todo obstáculo al libre escurrimiento de las corrientes.	Cuerpo formado por la Secretaría de Servicios Municipales y Protección Civil Municipal.
Monitorear las estaciones meteorológicas del municipio y notificar a colindantes en los cauces, que adopten medidas de protección y evacuación o reubicación preventiva, así como dar estos mensajes por medios masivos.	Si en los Municipios de Berriozábal y San Fernando se presentan precipitaciones superiores a 150 mm en 24 horas, existirá una avenida máxima en el punto de concentración que es la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, por lo cual se debe evacuar la población asentada en ambas márgenes del Río Sabinal.
Modificar el reglamento de construcción de Tuxtla Gutiérrez para no conceder ningún permiso de construcción que colinde con el cauce de río o arroyo hasta el límite de la zona federal concertando	
Establecimiento de estructuras de aforo (escala, gasto y limnógrafo) en los arroyos para monitorear los gastos que conducen los arroyos a efecto de detectar que no estén obstruidos los cauces y que estén operando adecuadamente	

4.1.2 BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS AMBIENTALES

Los servicios ambientales que la naturaleza provee, pueden jugar un papel muy importante como medida de adaptación a los efectos del cambio climático, la conservación y restauración de bosques y selvas de la parte alta y media de la cuenca del Sabinal permitiría mejorar la filtración del agua, disminuyendo la cantidad de líquido por unidad de tiempo que llega al río. Los árboles urbanos permitirían generar microclimas que mitiguen el aumento de la temperatura en el mediano plazo, además de todo, las estrategias son relativamente baratas y no requieren de mantenimiento constante.

Tabla 19. Acciones en biodiversidad y servicios ambientales

Proyecto	Comentarios
Cobro de un impuesto al agua potable para implementar acciones de conservación y de pago por servicios ambientales en las comunidades naturales de la cuenca alta y media del Sabinal.	Obtenido mediante recaudación para los usuarios del municipio propuesto de \$15 pesos mensuales
Creación del fondo climático municipal que administre la recaudación al agua potable.	Encargado de administrar y dirigir los recursos en las acciones de adaptación municipal y de la cuenca del río, este fondo podría aprovechar la estructura del mismo municipio o de alguna ONG donataria autorizada en el caso de la privatización de SMAPA.
Generar un programa de reforestación urbana con árboles nativos de la zona.	Que fomenten la creación y permanencia de microclimas que contrarresten los aumentos en temperatura proyectados. Estos árboles podrían ser icónicos de las distintas colonias como El Brasilito o Los Sabinos.
Restaurar 100 hectareas anuales de bosque de pino, y selva mediana caducifolia en la cuenca alta y media del sabinal	Será necesaria la coordinación y el trabajo en conjunto con los municipio de San Fernando y Berriozabal, la inversión también puede ser conjunta.
Fomentar la generación e implementación de planes de manejo para las Áreas Naturales Protegidas Estatales que se encuentran dentro del municipio.	Generar acciones de vigilancia y monitoreo para conserva los servicios ambientales de estas zonas.
Solicitar el visto bueno de la Secretaría de Ecología municipal para podas de árboles que eliminen más del 50% de la cobertura foliar de los individuos urbanos.	Propuesta de cambio en la reglamentación municipal. Esto debido a que las podas mal realizadas podrían tener un efecto negativo en los microclimas generados por los árboles urbanos.

4.1.3 ASENTAMIENTOS HUMANOS

Los proyectos de construcción y mantenimiento de infraestructura son por sí mismo costosos en comparación con el resto de las estrategias, la propuesta se enfocó en proyectos de orden reglamentario que busquen reducir la exposición de la infraestructura

a peligros, así como la adaptación casa por casa a los efectos del cambio climático por medios pasivos y costeables por los dueños de esta.

Tabla 20. Proyectos de construcción y mantenimiento de infraestructura

Proyecto	Comentarios
Fomentar el desarrollo de viviendas verticales, mediante cambios en la reglamentación del municipio	Propuesta generada por el proyecto.
Solicitar el visto bueno de Protección Civil para la construcción de viviendas y desarrollos urbanos en terrenos con pendientes mayor a 30°.	Realizar un diagnóstico del riesgo que podría presentar a los habitantes el deslizamiento de suelos o el desprendimiento de laderas. Los costos considerados son para capacitar a los trabajadores del Sistema Municipal de Protección Civil.
Realizar estudios de tecnologías pasivas de adaptación a los efectos del cambio climático, para su posterior reglamentación en el municipio.	Tecnologías como techos o muros verdes, técnicas de construcción que amortigüen el aumento de la temperatura y que aprovechen los recursos naturales para el servicio de la familia, como sistemas de captación de agua o calentadores solares. Se puede apoyar con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas
Drenajes pluviales obligatorios para nuevos desarrollos urbanos y metas de separación del drenaje pluvial y de aguas residuales.	Que cuenten con reductores de velocidad hídricos y que no desemboque lo menos posible en el Sabinal y que tengan capacidad de gasto para afrontar eventos meteorológicos de precipitación extrema periodos de retorno mínimo de 50 años.
Promover la compra de seguros contra desastres especialmente en los hogares expuestos a peligros por fenómenos hidrometeorológicos extremos.	

4.1.3.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA SALUD HUMANA

El aumento de temperatura en un grado para el futuro cercano puede coadyuvar a la proliferación de vectores que afecten la salud humana. Así como se lee en capítulos anteriores, el aumento de ondas de calor de alta duración podría tener como consecuencia el aumento de afectaciones a la salud humana por factores ambientales como es la deshidratación severa, especialmente en niños y adultos de la tercera edad.

Es importante señalar que los desastres tienen como consecuencia directa el aumento de enfermedades, especialmente aquellas del tipo gastrointestinal por bacterias y parásitos. En estas propuestas se consideran las posibles afectaciones a la salud que podrían ser consecuencia directa del cambio climático.

Tabla 21. Acciones para reducir la vulnerabilidad en la salud humana

Proyecto	Comentarios
Identificar posibles vectores que encuentren un clima ideal de proliferación con las condiciones climatológicas proyectas bajo condiciones de cambio climático.	Esta acción permitirá reconocer los principales nuevos peligros en materia de salud humana, poner especial atención en los vectores del dengue, tracoma y la enfermedad de chagas.
Realizar campañas de información y concientización para prevenir problemas en la salud por deshidrataciones severas.	Especialmente en los sectores más vulnerables como son niños y adultos de la tercera edad.
Refuerzo a las medidas de prevención y diagnóstico oportuno del dengue, especialmente en la época de verano.	Realizar campañas de concientización a la población, así como de fumigación y tratamiento del agua en contenedores

4.1.4 COSTOS ECONÓMICOS DE LOS DESASTRES CAUSADOS POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS EN EL MUNICIPIO

El estado ha gastado del año 1997 al 2010 \$35,746,883,505 pesos (MAPS, 2013). Durante este periodo el gasto más significativo fue durante el 2005 por los daños provocados por el huracán Stan donde el Fondo Nacional de Desastres aportó un poco más de 15,000 millones de pesos para la reconstrucción de las regiones Soconusco, Costa, Sierra Mariscal y Frailesca principalmente. Para Tuxtla Gutiérrez una de las mayores pérdidas económicas ocurrió en 2003, donde los daños provocados por inundaciones sumaron poco más de 165 millones de pesos

Costo anual económico de desastres en Chiapas en miles de pesos

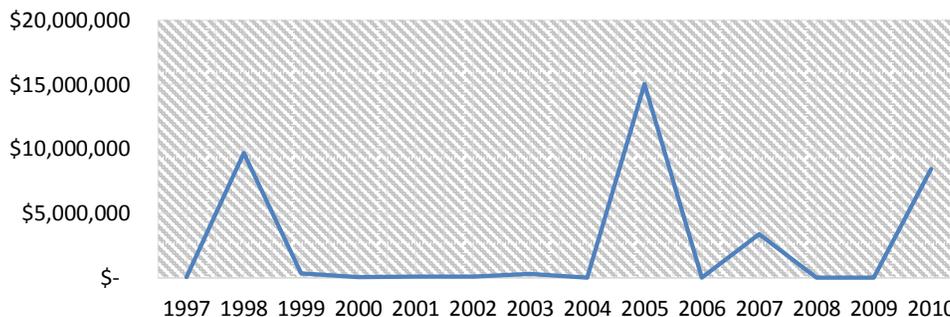


Figura 72. Costo anual económico de desastres en Chiapas en miles de pesos. Elaboración: Cecropia.

Para Tuxtla Gutiérrez se calcula que cada 5 años el Sabinal recibe un afluente de aproximadamente los $250\text{m}^3/\text{s}$, cada 10 años de $350\text{m}^3/\text{s}$ y cada 20 años de casi $500\text{m}^3/\text{s}$, existe una estimación de costos económicos por daños a viviendas en las márgenes del río, calculado con datos del desastre ocurrido en el 2003 por el huracán Larry (UNACH-CEAS, 2005). De acuerdo a estos el costo se calcula que cada 5 años (probabilidad de 0.2) se pierden \$165.5 millones de pesos por daños a hogares, mientras que el costo de reacción al fenómeno rodea los \$21.9 millones de pesos sumando un costo total de \$187.4 millones de pesos.

Tabla 22.- Pérdidas económicas estimadas para el municipio por desastres ocurridos en periodos de retorno de 5, 10 y 20 años. Elaboración: Cecropia a partir de Instituto de Protección Civil para el Manejo Integral de Riesgos de Desastres del Estado de Chiapas

Tiempo de retorno	Gasto (m ³ /s)	Probabilidad	Daños a hogares (millones de pesos)	Daños por infraestructura y atención a emergencias (millones de pesos)	Total (millones de pesos)
5 años	234	0.2	\$165.50	\$21.90	\$187.40
10 años	358	0.1	\$288.00	\$28.10	316.10
20 años	494	0.05	\$352.30	\$53.00	405.30

Bajo los supuestos manejados, las condiciones que superan el umbral para que ocurran desastres en el municipio suceden cada 5 años. Sin embargo las probabilidades de desastres están aumentando, puesto que el peligro se encuentra gradualmente en aumento (cambio climático) y la exposición y la vulnerabilidad del sistema no ha disminuido, por lo que como ocurrió en 2001 y 2011, pueden ocurrir hasta tres eventos en un solo año.

En la siguiente figura se observa que los costos necesarios para comenzar a generar estrategias de prevención a desastres y adaptación al cambio climático son menores que los costos de los daños ocasionados por un solo evento de desastre, sin embargo, es importante considerar que estos costos se dispararían si se tomaran en cuenta los costos sociales.

Inversión anual de proyectos de adaptación por sector contra costos de desastres de la tormenta tropical Larry

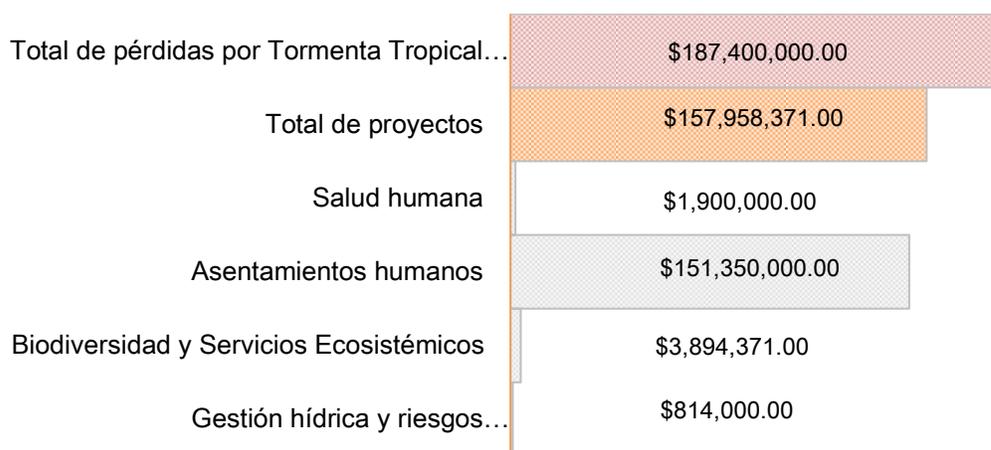


Figura 73.- Inversión total de proyectos comparado con los costos económicos de daños en hogares y respuesta a la emergencia. Elaboración: Cecropia a partir del Instituto de Protección Civil para el manejo integral de riesgos de desastres del Estado de Chiapas

4.2. ESCENARIO DE MITIGACIÓN

El municipio tiene potencial para mitigar GEI, esto mediante los mecanismos de política pública y desarrollo de proyectos que contengan una base justificable para la reducción de GEI. La línea tendencial de emisiones de Tuxtla Gutiérrez se construyó en base al Inventario Municipal de GEI y de los programas sugeridos para el escenario de acción 2015-2030.

La línea tendencial indica que el municipio mantendrá el mismo ritmo de crecimiento que ha experimentado en los últimos años y tendrá una mayor apertura de servicios y aumento de fuentes móviles de emisión. En su contraparte, se espera que la implementación de proyectos de mitigación reduzcan a la mitad las emisiones esperadas para el año 2030. Estos proyectos han sido integrados en base a las sugerencias de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC 10-20-40) y del PACCCH, alineándose al marco jurídico propuesto.

Si estos proyectos se desarrollan en el municipio, para el año 2030 podría mitigarse 2,498,633.68 t de CO₂e, lo que situaría al municipio en una etapa de descarbonización que favorecerá al aumento de servicios bajos en carbono, sin comprometer al desarrollo económico del municipio. El escenario sugiere la mitigación del 35.51% de las emisiones para el año 2020 y del 52.11% para el 2030, lo que se apega a las metas nacionales para reducción de emisiones de la ENCC.

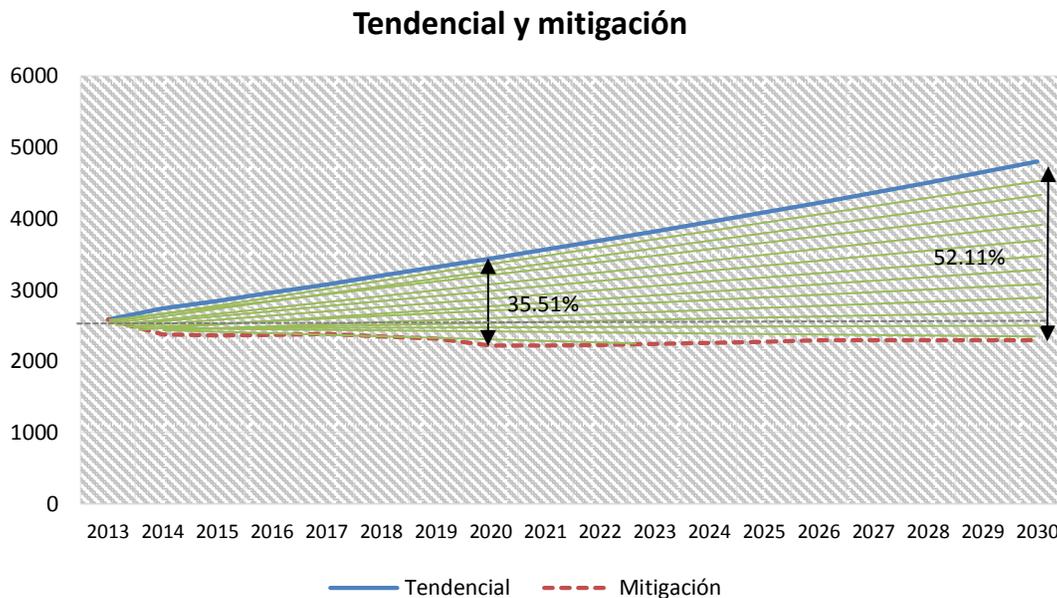


Figura 74. Escenarios de mitigación contra tendencial al año 2030. Fuente: Cecropia con datos del IMGEl y marco jurídico propuesto

4.2.1. ESCENARIO DE MITIGACIÓN DEL SUBSECTOR TRANSPORTE

Si el municipio no realiza acciones para disminuir las emisiones de GEI, en el 2030 podría emitir 1,507,753 t CO₂e por su actividad vehicular. Sin embargo esta tendencia puede

contrarrestarse si se implementa un plan de movilidad sustentable basado en un servicio de transporte multimodal que incluya al transporte motorizado y no motorizado (peatón y ciclistas), que incentive el uso del transporte público y disminuya el uso intensivo del automóvil y que considere la accesibilidad a diversos bienes y servicios que reduzcan los kilómetros vehículo recorrido al disminuir el número de viajes y la distancia de recorrido.

Se calcula que la incorporación de un Plan de movilidad sustentable municipal podría llegar a abatir 386,237 t CO₂e en el 2030. En la figura 75 se observa el potencial de mitigación que podría alcanzar si se implementa un plan de movilidad sustentable, es necesario mencionar que en este documento solo se proponen acciones generales del plan por lo que se recomienda al municipio elaborar un estudio y estrategia específicos para la movilidad de Tuxtla.

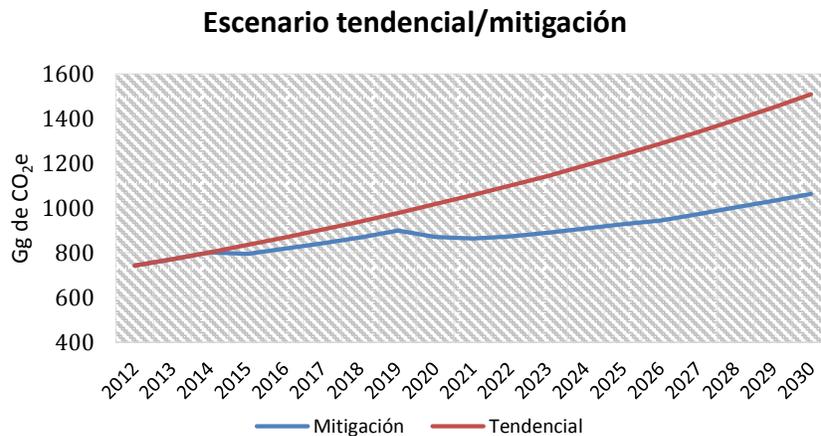


Figura 75. Escenario tendencial/mitigación del subsector transporte. Elaboración: Cecropia

La propuesta del plan de movilidad sustentable municipal está integrado por tres elementos en conjunto: logística y reordenamiento vial, *Bus Rapid Transit* (BRT por sus siglas en inglés) y rutas alimentadoras al BRT¹⁰.

Debido a la congestión vehicular el consumo de combustible de los vehículos puede incrementarse hasta en un 15% adicional (CONUEE, 2009), para el Plan de movilidad sustentable municipal se ha supuesto como meta que el gasto extra por congestión sea el 5% para 2021 al integrar el programa de logística y reordenamiento vial, sistema de BRT y rutas alimentadoras. Se plantea un escenario en el que estas medidas se realicen en conjunto, pues las sinergias derivadas de la integración de estos proyectos son mayores que realizarlos independiente uno del otro.

Se propone que el estudio del plan de movilidad sustentable a realizar por el municipio se concluya en el 2014 y tenga un período de implementación de 2015-2021. Esto con el fin de tener concordancia con las emisiones abatidas por año del escenario de mitigación,

¹⁰ La SSPyTM reporta que las principales rutas en la ciudad son: 1, 2, 51, 63, 60, 12, 20, 35, 90, 69, 86, 30, 37, 87, 29, 94, 24, 100, 7, 82, 91.

donde para el primer año se estima que la reducción de combustible por efectos de la congestión sea solo del 1%, es decir 14% extra del consumo por efectos del tráfico vial, con la puesta en marcha del 50% de las rutas alimentadoras y algunas modificaciones al ordenamiento vial.

La construcción de infraestructura del sistema BRT tiene una duración entre 3-4 años (IIE, 2012) por lo que el sistema BRT y las rutas alimentadoras se encontrarán en operación en el año 2019; se estima que para ese año el gasto de combustible adicional por congestión sea del 8%, este porcentaje incluye las mejoras a realizar en materia de logística y reordenamiento vial. El 3% restante está relacionado a la cultura vial de la población al adoptar integralmente el plan de movilidad para el 2021. En la tabla 23 se describe el conjunto de acciones que se contemplan dentro plan de movilidad.

Tabla 23. Elementos del Plan de movilidad sustentable municipal. Elaboración Cecropia

Plan de movilidad sustentable			
Programa	Acciones	Marco jurídico	Artículo ó sección
Logística y ordenamiento vial	Gestión de estacionamiento con el uso de parquímetros	LGCC	Art. 2, Art. 11 , Art. 34, Art. 33 fr. XIII
	Educación sobre sustentabilidad al transeúnte		
	Bahías para transporte de carga	ENCC 2013	Pag. 27. P1.10
	Planeación y desarrollo urbano		
	Ciclo vías y aparcaderos para bicicletas	LAMCCCH	Art. 33, Art. 11, Art. 34 fr. VI b) Art.12, Art. , Art. 2 y Art. 20
	Optimización de rutas		
	Señalización y semáforos peatonales		
	Certificaciones y distintivos sustentables a vehículos eficientes		
	Ordenamiento vial a nivel de piso (evitando infraestructura)		
	Controlar la adquisición de vehículos, especialmente las SUVs		
Espacios de descenso y áreas verdes			
BRT	Sistema de transporte público masivo para ciudades con población mayor a 500 mil habitantes. Sustituir autobuses por BRT con capacidad de 160 pasajeros en la ruta 1, utilizando un carril exclusivo para el BRT que garantice una velocidad comercial superior a 20 km/h. Tecnología eficiente que reduce las emisiones al integrar un Sistema de Reducción Catalítica Selectiva. Con este sistema se pretende hacer más atractiva la oferta del transporte público y ampliar su capacidad de pasajeros. Financiamiento para proyectos de transporte público a través del PROTRAM (Programa de Apoyo Federal al Transporte Masivo).	ENCC 2013	Pag. 23
Rutas alimentadoras	Sustituir vehículos tipo Van por autobuses en las 22 principales rutas para su uso como rutas alimentadoras al BRT, con ellas se pretende conectar la ruta 1 con las calles y	ENCC 2013	Pag. 23
		LAMCCCH	Art. 20

	avenidas principales (libramientos, bulevares). Disminuir el volumen de vehículos circulando para reducir la congestión. La LAMCCCH establece los incentivos para el transporte público.		
LAMCCCH	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas		
ENCC 2013	Estrategia Nacional de Cambio Climático Visión 10-20-30		
LGCC	Ley General de Cambio Climático		

Además de evitar la congestión, un segundo resultado de incrementar la capacidad y eficiencia del transporte público es reducir el número de viajes realizados por los automóviles y apoyar a la transición del cambio modal al transporte no motorizado. Dentro de la infraestructura requerida por el sistema BRT se puede integrar la construcción y diseño de ciclovías, áreas de descanso, ascenso y descenso, bahías del transporte de carga en la avenida central.

Se recomienda que el gobierno implemente acciones para incentivar la compra de vehículos eficientes en comparación con los que no lo son, (SUVs) ya que el rendimiento de combustible de estos vehículos es mayor y a partir del inventario de GEI se obtuvo que este segmento contribuya en un 50% al total de emisiones de todo el subsector transporte. Expertos en tema de movilidad recomiendan a los gobiernos locales a evitar en la medida de lo posible construir infraestructura vial convencional (énfasis vehicular) ya que impulsa el tráfico inducido al tener mayor capacidad de circulación de vehículos (ITDP, 2012). La reducción del tráfico no deberá de ser motivo para incentivar la compra de vehículos al disponerse de más espacio vial.

El éxito del plan de movilidad sustentable está en función de que la población adopte una movilidad multimodal que incluya los transportes no motorizados, utilice el transporte público, racionalice los viajes en automóvil privado, la regulación del uso de vehículos y el impulso de tecnologías híbridas, que en este momento no son económicamente viables pero a lo largo del tiempo se espera que sean costeables (IIE, 2012).

Este proyecto ya ha sido probado en muchos países, tal es el caso de Bogotá con TransMilenio, con la puesta en marcha se logró chatarrizar 7,000 autobuses que fueron reemplazados por 1,500 vehículos nuevos con tecnología Euro II, se redujo el tiempo de viaje en aproximadamente 12 minutos, se aprovechó la infraestructura BRT para la construcción de 240 km de ciclovías e infraestructura peatonal. La reducción de emisiones del TransMilenio fue de 129 mil ton CO₂ de CERs mercado Kyoto y de CERs mercado Kyoto y 1,1 millones 1,1 millones de ton CO₂ VER's mercado voluntario (BID, 2010).

Tuxtla Gutiérrez aún no cuenta con el número de habitantes que Bogotá, pero el servicio de la ruta 1 podría ser comparable a la de las líneas troncales del TransMilenio.

4.2.2. ESCENARIO DE MITIGACIÓN PARA EL SUBSECTOR CONSUMO ELÉCTRICO

4.2.2.1. COMERCIAL Y DE SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES

Los escenarios de mitigación en actividades comerciales y de servicios públicos contemplan varias estrategias a seguir que podrían contribuir de manera significativa a la reducción de emisiones de GEI en el municipio hacia el año 2030. Estas estrategias suponen el uso de tecnologías probadas a nivel internacional que han demostrado su viabilidad técnica y financiera para la reducción de emisiones por eficiencia energética.

Para actividades comerciales y públicas, se proponen las siguientes líneas de acción:

Tabla 24. Acciones de mitigación (comercial y servicios públicos). Elaboración Cecropia.

Programa de eficiencia energética en el comercio y servicios públicos municipales			
Programa	Acciones	Fundamento jurídico	Artículo o sección
Eficiencia energética en el comercio	Reemplazo de luminarias fluorescentes por LED (hasta 50% más eficientes).	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del	12 Fr. VIII, art. 2 fr. IV, art. 28, 43 fr. I, 4
	Programa de eficiencia energética en sistemas de refrigeración comercial (ajustes de baja presión, cambio de compresores, programas de mantenimiento).		
	Programa de eficiencia energética para nuevas construcciones (los nuevos comercios deberán desarrollar planes de ahorro y uso eficiente de la energía).	ENCC 2013, Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático.	MI. Acelerar la transición energética hacia fuentes de energía, pág. 49. M2. Reducción de la intensidad energética por consumo responsable Pág. 50 M3 transitar am modelos de ciudades sustentables P. 51 - art. 1, 2, 3, 5, 8,9, 12 II b), 43, 44
Eficiencia energética para el alumbrado público	Programa para cambio de luminarias en el municipio con metas al 2030. Este programa promueve el cambio de luminarias a tecnologías más eficientes como aditivos metálicos cerámicos, súper sodio, LED, y tecnologías futuras como plasma, funcionando con sistemas de control (reloj astronómico) que pueden lograr ahorro de hasta un 50% en emisiones de GEI por consumo eléctrico.	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio	12 Fr. VIII, art. 2 fr. IV, art. 28, 43 fr. I, 4

	Programa para la generación eléctrica a partir de fuentes renovables que reduzca la demanda eléctrica en el sistema de alumbrado público. P. ej. Gas de vertedero, fotovoltaica.	- Ley General de Cambio Climático -Ley para la Adaptación y Mitigación ante el	-art. 2 fr. V, 7 fr. II, 8 fr. VIII, 33 fr. II, III, IV, 34,35,46,93 -12 fr. VIII, art. 28
--	--	---	---

Estas acciones podrían lograr significativas reducciones de GEI hacia el año 2030, la aplicación de estas medidas sin embargo requieren de altos costos de implementación los cuales se pueden conseguir mediante la justificación de cada proyecto en diversos mercados internacionales de carbono. El análisis de estos proyectos consideró la reducción de la demanda por aumento de la eficiencia energética en los dispositivos de los comercios tanto en refrigeración como en iluminación y del alumbrado público municipal, proyectándose un abatimiento de aproximadamente 94,700 t de CO₂e anuales por los ambos proyectos.

Para el programa de eficiencia energética por iluminación eficiente LED se propone el reemplazo de luminarias ahorradoras por LED (con mayor vida útil y 50% menos consumo eléctrico), se podrían abatir 29,146 toneladas de CO₂e al año 2030.

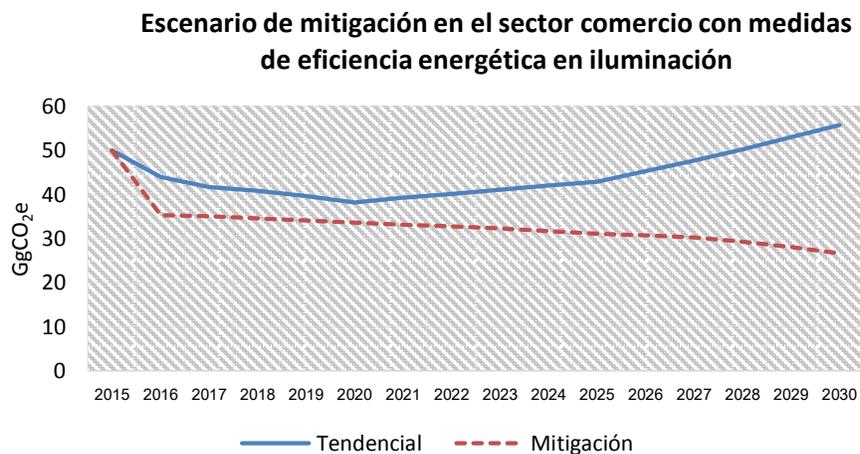


Figura 76. Escenario de mitigación en el sector comercio aplicando medidas de iluminación eficiente. Fuente: Cecropia

El programa de eficiencia energética en sistemas de refrigeración comercial, consiste en la implementación de medidas para lograr una mayor eficiencia energética en los equipos de refrigeración del municipio, estas consisten en la supervisión por parte de técnicos especializados a los equipos de refrigeración para optimizar su operación o en su caso, cambio tecnológico por enfriadores de mayor eficiencia (con apoyo del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica).

Si se aplican estos programas se podría lograr la reducción de 77,072.2 t de CO₂e para el año 2030.

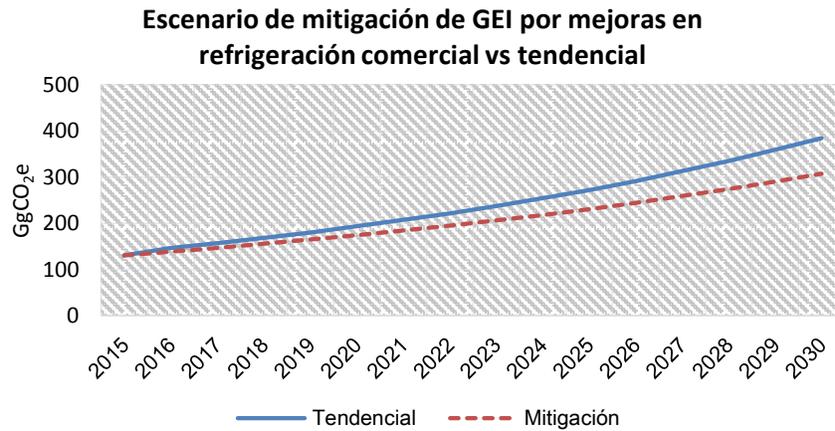


Figura 77. Emisiones evitadas por mejoras de eficiencia en refrigeración comercial

El programa de eficiencia energética para el sistema de alumbrado público en el municipio, consistirá en la transición de tecnología de alumbrado público ineficiente por las nuevas tecnologías con una mayor eficiencia y mejores sistemas de control. Estas tecnologías que ya han sido probadas en otras ciudades del mundo tienen la suficiente madurez para poder implementarse en el municipio, cumpliendo con las normas oficiales mexicanas, además de las internacionales. La implementación de este programa podría ayudar a mitigar 7,828.2 GgCO₂e.

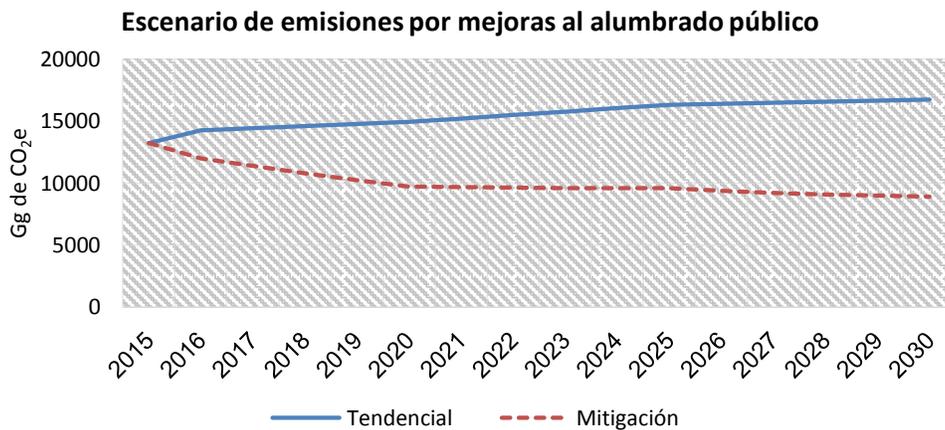


Figura 78. Emisiones evitadas por mejoras al alumbrado público. Fuente: Cecropia

4.2.2.2. RESIDENCIAL

De acuerdo al escenario tendencial, para el 2030 se estarían emitiendo 219,480 t de CO₂e por consumo eléctrico residencial, y la mayor parte de estas emisiones serán emitidas por las actividades de iluminación y refrigeración en las viviendas. Es por esto que se realizan propuestas de mitigación para estas actividades, con el fin de reducir emisiones mediante la adopción de tecnologías más eficientes. Para reducir el consumo de energía eléctrica en

el municipio por iluminación y refrigeración en las viviendas, se proponen dos estrategias de mitigación para incentivar el uso de tecnología más eficiente.

Tabla 25 Acciones de mitigación (residencial). Elaboración Cecropia.

PROGRAMA	ACCIONES	MARCO JURIDICO	
Programa de Iluminación eficiente.	Inclusión de luminarias LED que consumen aproximadamente un 60% menos que las luminarias halógenas y un 40% menos que las LFC (lámparas fluorescentes compactas).	NOM-030-ENER-2012	
		LAMCCCH	12 Fr. VIII, art. 2 fr. Iv, art. 28, 43 fr. I, 4
Programa de refrigeración eficiente.	Sustitución de refrigeradores con altos consumos de energía eléctrica o con más de 8 años, por refrigerados eficientes..	NOM-015-ENER-12	
LAMCCCH Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas			

Para la estrategia de iluminación eficiente, se propone la implementación de 534,700 luminarias LED para el año 2030 dividido en 3 etapas, de las cuales el 20% deben ser implementadas en el año 2015, el 45% en el 2025 y el 30% para 2030, éstas representarían una reducción de emisión de 14,432 t de CO₂e para 2030. Un proyecto similar a este se realizó por el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la participación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), en las ciudades de Guadalajara, Monterrey y Distrito Federal a través del programa "Financia tus LEDs para Ahorrar Energía".

En la siguiente figura se puede observar el potencial de mitigación por la aplicación de este programa.

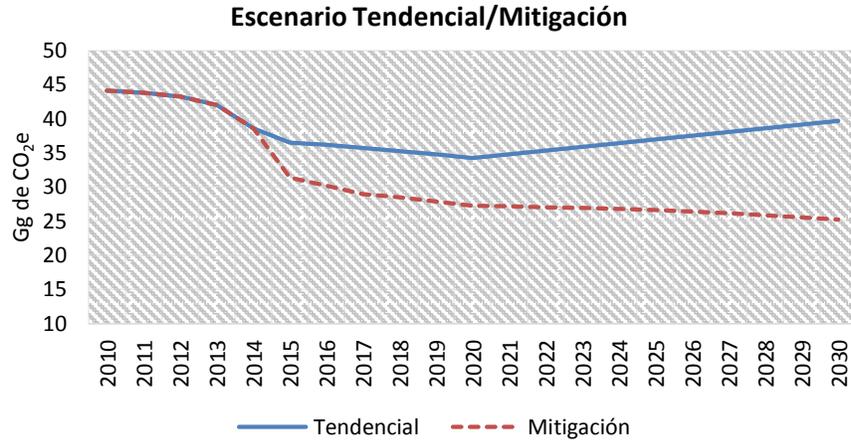


Figura 79. Escenario tendencial/ mitigación de iluminación eficiente. Elaboración: Cecropia

La estrategia de refrigeración eficiente propone el reemplazo de 53,775 refrigeradores ineficientes o con más de 8 años de uso por refrigeradores eficientes, los cuales representan un ahorro de hasta el 40 % en el consumo eléctrico por refrigeración. Se espera que con la implementación de este proyecto para el año 2030 se reduzcan 5,710 t de CO₂e.

Proyectos similares han sido puestos en marcha, como el programa de sustitución de equipos electrodomésticos, que consistía en el otorgamiento de apoyos por parte del Gobierno Federal para la sustitución de con diez o más años de uso, por equipos nuevos ahorradores de energía y altamente eficientes. En la siguiente figura se observa el potencial de mitigación que se podría alcanzar si se aplica esta estrategia

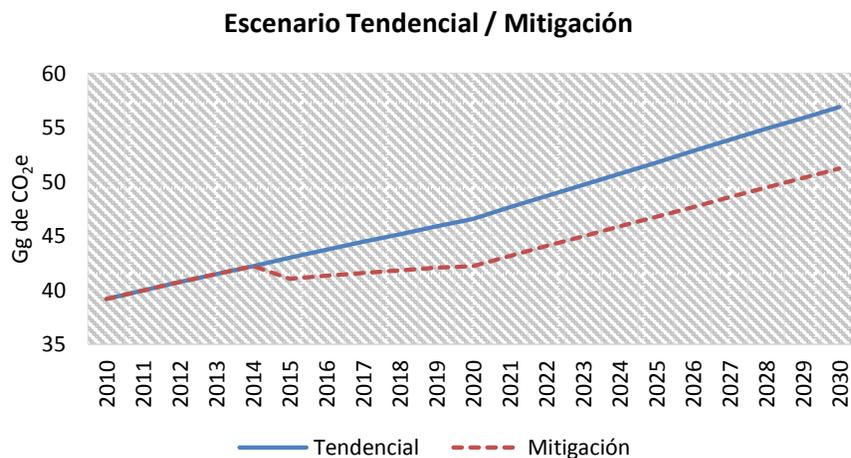


Figura 80 Escenario tendencial / mitigación de refrigeración eficiente. Elaboración: Cecropia.

4.2.3. ESCENARIO DE MITIGACIÓN SUBSECTOR RESIDENCIAL POR CONSUMO DE GAS LP

El gas LP es uno de los energéticos de mayor consumo en las actividades domésticas, y el 35 % de este consumo se destina al calentamiento de agua para uso sanitario. Si no se realizan acciones que reduzcan el consumo de gas LP en las viviendas, para el año 2030 se podrían estar emitiendo 171,086 t de CO₂e por el consumo de este combustible.

Este escenario de mitigación, contempla una estrategia que contribuya a reducir el consumo de este gas en las viviendas, lo cual reduciría de forma significativa las emisiones de GEI por la combustión de Gas LP.

Esta estrategia propone el aprovechamiento de la energía renovable, en equipos que utilicen el recurso solar para el calentamiento de agua.

Tabla 26. Acciones de mitigación (consumo de Gas LP). Elaboración: Cecropia.

ESTRATEGÍA	ACCIONES	MARCO JURÍDICO	
Implementación de calentadores solar con sistema de respaldo a gas.	Programa de implementación de calentadores de agua para el sector doméstico, que aprovechen la fuente solar de energía renovable, con metas de reducción de emisiones a partir del 2015.	LAMCCCH	12 fr. VIII, art. 28
		ENCC 10-20-30	Líneas de acción A2.11
		Ley General de Cambio Climático	art. 2 fr. V, 7 fr. II, 8 fr. VIII, 33 fr. II, III, IV, 34,35,46,93
LMCCCH Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas ENCC 2013. ENCC 2013 Estrategia Nacional Visión 10-20-40. Gobierno de la República			

Se propone una implementación total de 20,500 calentadores solares en el municipio, de los cuales el 15 % deberán implementarse para el año 2015, el 58% en el año 2025, para concluir con la introducción total de los equipos en el 2030. La adopción de esta tecnología podría reducir en un 80% el consumo de gas destinado al calentamiento de agua en una vivienda, esperando una reducción del 8% en el consumo total de gas LP para el 2030 con la introducción de estos equipos.

Se espera que de implementarse esta estrategia se puedan llegar a abatir 14,581 t de CO₂e en el 2030, estas emisiones representan el 12.5 % de las emitidas en el escenario de referencia del inventario de GEI. En la siguiente figura se observa el comportamiento de las emisiones tendenciales contra el potencial de mitigación que se podría alcanzar con esta estrategia.

Proyectos como este han sido probados en países como Sudáfrica y Túnez en donde se logran abatir 20,370 y 7,242 t de CO₂e por año respectivamente a través de la implementación de calentadores solares de agua en el sector residencial. En México, el estado de Aguascalientes implementó un programa de calentadores solares, con el que se pretende mitigar más de 2,500 t de CO₂e al año.

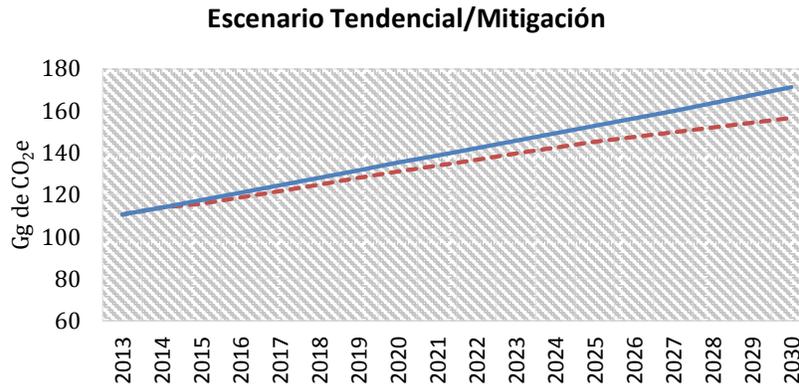


Figura 81. Potencial de mitigación (gas LP). Elaboración: Cecropia.

4.2.4. ESCENARIO DE MITIGACIÓN SECTOR RESIDUOS

Para el escenario de mitigación del sector de residuos se seleccionó como medida de mitigación la implementación de tecnologías para el aprovechamiento del metano procedente del relleno sanitario del municipio. De acuerdo al escenario tendencial de línea base, se estima que los residuos sólidos generados en el municipio estarán emitiendo 248,587 t de CO₂e en el año 2015, y 572,579 t de CO₂e para el año 2030.

Una fracción importante de los residuos sólidos del municipio (aproximadamente 46%) corresponde a materia orgánica. Bajo medidas de mitigación con la participación de la población, esta fracción podría ser separada y trasladada al centro de tratamiento de los RSU, para ser utilizada en una planta de tratamiento de compostaje. El material resultante puede ser aplicado a los suelos degradados en el municipio.

Es necesario fomentar la participación de la ciudadanía en coordinación con la Secretaría de Servicios Municipales, mediante programas de información, capacitación y educación, generando a la vez capacidades locales en el manejo integral de los residuos. Los cobeneficios incluyen la disminución de riesgos a la salud por la disposición directa de los residuos y la infiltración de contaminantes a fuentes de agua y suelo, disminución de riesgos por incendios, eliminación de olores y mejoras en el paisaje.

Otra de las propuestas de mitigación es mediante la implementación de sistemas de captura y quema o captura y aprovechamiento energético del biogás producido en el relleno sanitario. Con la implementación de esta propuesta de mitigación para el relleno

sanitario, se podrán abatir 22,870t de CO₂e en el año 2015 y 39,909 t de CO₂e para el 2030.

Estas propuestas de mitigación contribuirán en la reducción de emisiones fugitivas de CH₄ generadas por la descomposición anaeróbica de los residuos y a reducir las emisiones de GEI procedentes de los combustibles fósiles utilizados habitualmente en su transformación a energía eléctrica en México. Es importante recalcar que las emisiones abatidas por aprovechamiento energético de los residuos son reportadas en el sector energía.

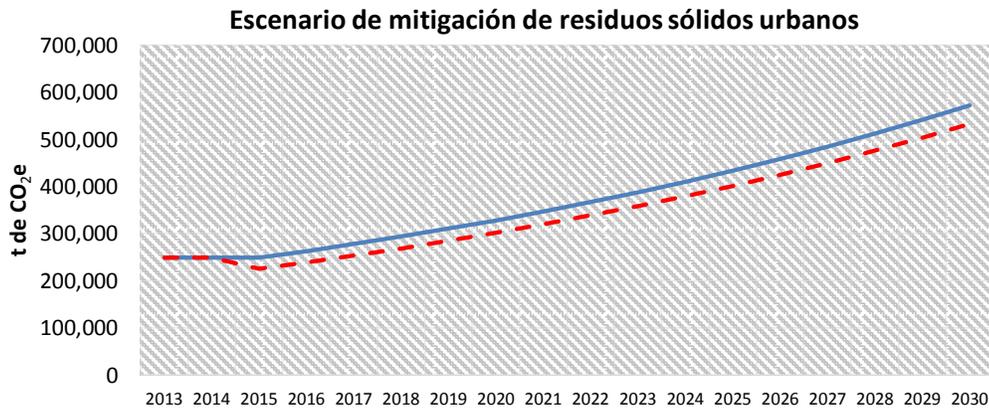


Figura 82. Escenario de mitigación RSU

En caso de las aguas residuales, es prioritario que las procedentes de algún proceso industrial cuenten con su propia red interna separada de las aguas netamente pluviales, para recibir un tratamiento a nivel secundario dentro de la empresa y posteriormente conectarse al drenaje municipal. Actualmente los lodos obtenidos del sistema, son tratados con técnicas de aireación para ser utilizados posteriormente como mejoradores de suelos.

En base a la tendencia de crecimiento poblacional y utilizando la metodología propuesta por el IPCC, se espera que se estén generando alrededor de 7,268 t de lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales en el año 2030. Se propone aprovechar el CH₄ generado por los lodos resultantes para su transformación a energía eléctrica, sirviendo para la operación de la planta de tratamiento.

Tabla 27. Fundamentación jurídica a propuestas de mitigación sector residuos. Fuente: Cecropia

	ACCIONES	LGPGIR	LGCC	LAMCCH	ENCC 2013	PACCCCH	Ley Ambiental para el Estado de Chiapas	Constitución Política de Chiapas	Nom-083-SEMARNAT-2002
Manejo integral de residuos	Fomentar la participación de la ciudadanía para implementar programas de información, capacitación y educación que generen capacidades locales en el manejo integral de residuos.	art.7 Fr.XI,8,9,10,23,96,10 Fr.IX,73.96	art. 8 fr. II H), 7, art. 9 fra. II e), 11, art. 34 fr. IV a), art. 7 fr. XIV d), 33	43, 44	M3.11, M5.6, M4.1.2.2.	M 4.1.2, M4.1.2.2, M3, M5.6, M.4.1.2.1	1, 7, 8, 14,55,71,78, 79, 170, 196-210	29 y 62	
	Programas y campañas especiales para el manejo integral de los residuos, sustentabilidad y cambio climático municipal.	Arts. 1, 6, 7,10 fra. I, 13, 26, 96, 20	Art. 9 fra. II e), 11, art. 34 fr. IV a)	art. 12 fr. I II e)	p.1.10, M3.10, M3.11				
	Manejo integral de residuos por instituciones, barrios, sectores, empresas, etc. (de lo local a lo general) con un sistema de incentivos institucionales	art. 5, 7,9, 35, 36, , 96,125	Art. 9 fr. V, art. 9 fr. Vi	art. 12 fr. V, VI, 43	M3.10				
	Incentivos para los barrios que tomen más acciones para el manejo integral de sus residuos	arts. 1,6,7,10 fr. I, 13, 26, 96, 20	art. 9 fra. II e), 11, art. 34 fr. IV a)	art. 12 fr. I II e)	p.1.10, M3.10, M3.11				
	Uso de biogás	Aprovechamiento del potencial energético de contenido en los residuos	art.97	art. 33. fr. XI		M3.8, M3.9	M.4.1.2.3		
LGPGIR	Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos								
LGCC	Ley General de Cambio Climático								
LAMCCH	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas								
ENCC 2013	Estrategia Nacional de Cambio Climático								
PACCCCH	Programa de Acción ante el Cambio Climático de Chiapas								

4.2.5. ESCENARIO DE MITIGACIÓN USCUS

El escenario de mitigación se construyó a partir de las metas de la Ley General de Cambio Climático de llevar a cero la deforestación neta a 2020 (LGCC, 2012), y los pilares y Líneas de Acción de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (CICC, 2013). Particularmente se realizó a partir del M3.1. *“Aumentar el Uso controlado y Eficiente del territorio al disminuir la expansión urbana y garantizar el acceso al suelo interurbano, promover edificios de usos mixtos y verticales, privilegiar la densificación antes que la apertura de nuevas reservas en la periferia e incluir la integración de bosques urbanos y definir los límites de crecimiento de las ciudades”* y todas las líneas de acción del M4. *“Impulsar mejores prácticas agropecuarias y forestales para incrementar y preservar los sumideros naturales de carbono”* y el Eje estratégico I: Mitigación dentro del sector USCUS del Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas.

Bajo estos supuestos, se proyectó una desaceleración de la deforestación y sus emisiones asociadas hasta neutralizar las emisiones a partir de 2022. Las “Acciones en USCUS” consideradas se refieren a la estrategia REDD+ TGZ, la cual deberá estar diseñada e implementada de acorde a la ENAREDD+, la Estrategia REDD+ estatal, las decisiones de CMNUCC sobre REDD+ acordadas en la COP 19, pero sobre todo el contexto local.

Una primera aproximación incluye a todos los elementos de REDD+:

Reducción de emisiones provenientes de la deforestación y la degradación: para este caso generar instrumentos de política pública que regulen y frenen estos procesos a escala municipal a partir del Reglamento de Medio Ambiente y Cambio Climático para el Desarrollo Sustentable de Tuxtla propuesto a partir del PROMACC.

Conservación: Decretar áreas municipales de conservación, así como sus planes de manejo que incluyan bosques urbanos, reservas rurales y parques de importancia forestal.

Aumento de los almacenes de carbono Forestales: Densificación forestal de parques deficientes de cobertura forestal, Reforestación en banquetas, bulevares, Restauración de remanentes forestales municipales.

Manejo forestal sustentable: Promover la generación de cadenas productivas forestales en los núcleos agrarios del municipio, particularmente los que presentan mayor presión hacia los remanentes forestales. Se promoverá el intercambio de experiencias con otras regiones pioneras en Chiapas y la Península de Yucatán. Con todas estas acciones se estima que las emisiones podrían neutralizarse a inicios de la década de 2020, procurando un balance entre emisiones y remociones a partir de ese periodo, considerando que aún existirán emisiones por cambio de uso de suelo, se plantea la compensación de las emisiones a partir de proyectos de carbono forestal comunitario dentro del municipio.

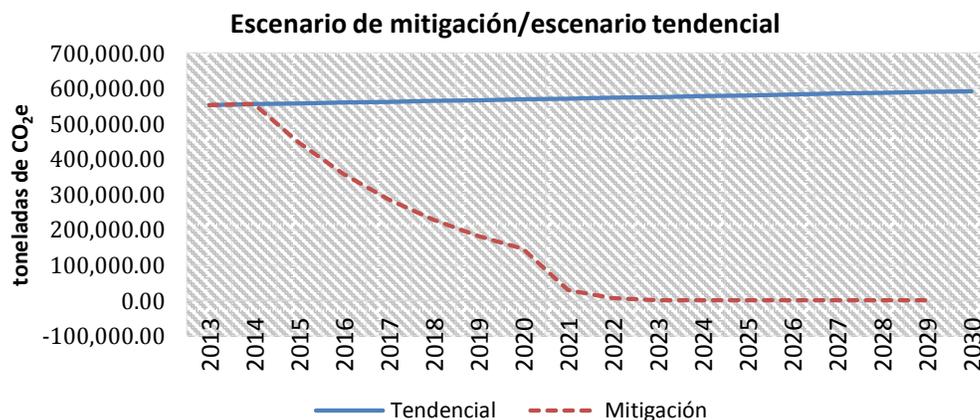


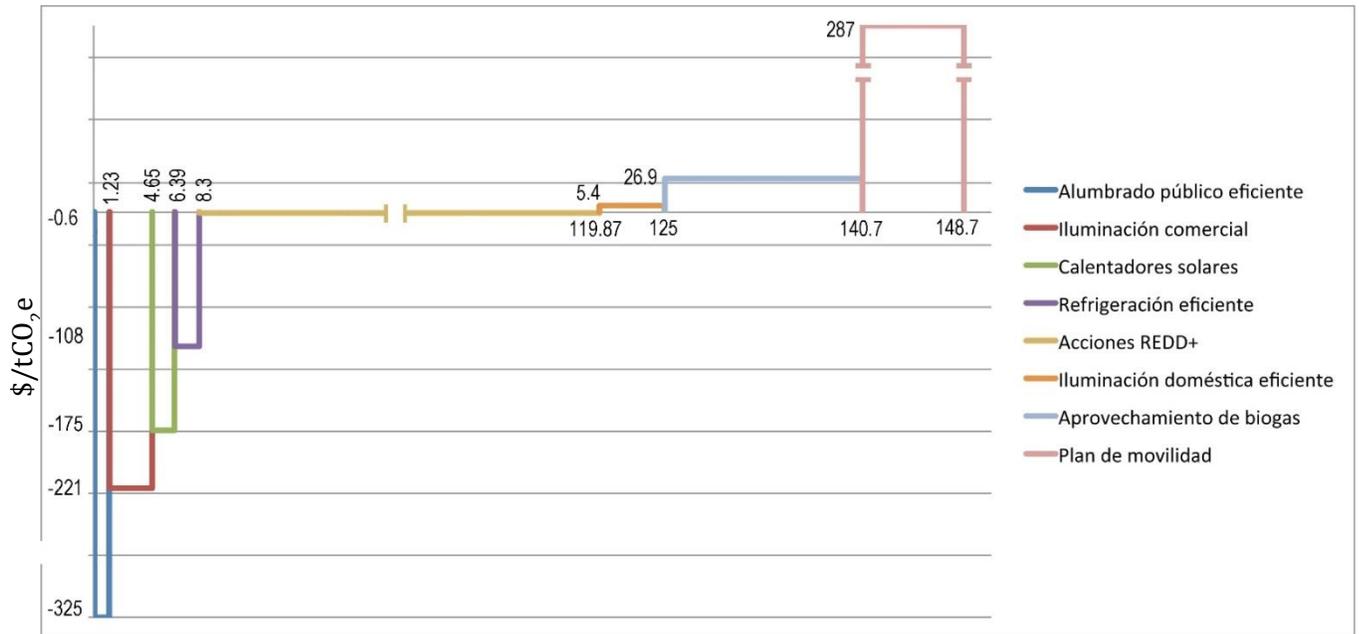
Figura 83. Escenario de mitigación en comparación con el tendencial para USCUS. Fuente: Cecropia

4.3. CURVA DE ABATIMIENTO MARGINAL

Una curva de abatimiento marginal es una herramienta que permite analizar en un sólo sistema, la relación existente entre el potencial de abatimiento de un proyecto y el costo marginal (en dólares americanos) de abatir una tonelada de CO₂e respecto al escenario tendencial proyectado para el municipio de Tuxtla Gutiérrez. Esta herramienta, en la última década se ha consolidado como una de las más sólidas y utilizadas a nivel nacional e internacional. Existen diferentes aproximaciones en su diseño que pueden estar basadas en modelos o en la opinión de expertos, el presente estudio se basó en los resultados del análisis de una serie de proyectos que se proponen para el municipio de Tuxtla Gutiérrez, éstos deberán considerarse como aquellas posibles medidas con las que puede comenzarse a mitigar basado en la tendencia de emisiones de CO₂e del municipio a 2030.

En la construcción de la Curva de abatimiento marginal, se consideraron los posibles costos tecnológicos o de implementación que cada opción eficiente respecto a la convencional tendría si se comenzara a implementar en el año 2015, esto incluye todos aquellos gastos que directamente intervienen sobre el costo inicial del proyecto así como los costos de operación y mantenimiento, dejando fuera del análisis aquellas externalidades que surgen como consecuencia de la implementación del proyecto como sinergias, o impactos colaterales que podrían existir por la implementación simultánea de varias tecnologías o medidas de abatimiento. Los datos obtenidos se grafican en dos planos, utilizando el eje vertical para mostrar el costo marginal de mitigar una tonelada de CO₂e y el eje horizontal para mostrar el potencial de abatimiento de cada medida en Mt de CO₂e; aquellos proyectos que se encuentran con valores negativos en el eje vertical muestran un valor de una tonelada mitigada en términos monetarios que supera el costo marginal de la tecnología eficiente en relación a la convencional, situación inversa en las barras que están por encima del eje horizontal.

Los datos obtenidos, se ordenan de manera ascendente de izquierda a derecha respecto su beneficio o costo marginal por tonelada de CO₂e. Para lograr este fin, se obtiene el valor presente neto de los flujos de efectivo (o ahorros en USD) anualizados durante la vida del proyecto y se divide entre las emisiones netas anualizadas mitigadas del proyecto.



Mitigación 2015 (Gg CO₂e)

Figura 84. Curva de costos marginales de abatimiento

Como puede observarse, se plantean en un inicio, un abanico de ocho proyectos en diferentes subsectores, siendo las propuestas que buscan disminuir el consumo energético utilizado en iluminación comercial, calentadores de agua solares, refrigeración eficiente y acciones en uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura [USCUSS] (REDD+ y reforestación) los que brindan beneficios marginales por cada t de CO₂e abatida. Por el otro extremo los proyectos que tienen los costos marginales más altos están relacionados con la movilidad en Tuxtla Gutiérrez. En relación al potencial de mitigación de cada medida, las acciones relacionadas con acciones en USCUSS, aprovechamiento de biogas y planes de movilidad integral en la ciudad son los que presentan mayores potenciales.

La siguiente tabla resume la inversión requerida en cada proyecto. Para fines de estimación, se ha propuesto que en 2015 se cuente con la estrategia de mitigación a 2030. Para su análisis es importante considerar que cada proyecto puede tener un beneficio (costo) adicional que es imposible cuantificar bajo estas circunstancias, e. g. Disminución de tiempos de transporte, beneficios sociales asociados a la elevación en la calidad de vida de las personas, beneficios a la salud, etc.

Es importante centrar nuestra atención en un inicio en los proyectos que se encuentran al principio de la tabla, pues al tener estos un beneficio marginal, los montos de inversión pueden ser recuperables en ahorro de energía durante la vida del proyecto.

Tabla 27. Montos de inversión por proyecto y costos por abatimiento

Proyecto	Inversión en 2015	Abatimiento en t CO ₂ e	USD/t CO ₂ e
Iluminación comercial eficiente	\$913,742.00	3,418	-221.70
Refrigeración eficiente	\$4,387,076.92	1,959	-107.79
Iluminación doméstica eficiente	\$20,356,500.00	5,136	5.4
Alumbrado público eficiente	\$2,790,576.00	1230	7.82
Aprovechamiento de biogas	\$14,108,902.00	15,661	9.19
Plan de movilidad	\$102,737,179.49	8,024.69	76
Acciones en USCUS	\$10,600,001.00	111,528	-0.58
Calentadores solares	\$1,661,538.46	1737	-175.32

Elaboración: Cecropia

Cabe señalar que una curva de abatimiento marginal, no representa un una herramienta financiera para evaluar la rentabilidad de un proyecto, si bien considera en su diseño aspectos importantes en esta materia, su finalidad radica en contrastar las diferentes opciones de mitigación relacionando la inversión, sus costos o beneficios y su potencial de abatimiento y es en estas variables donde se encuentra su potencial como herramienta que permite tomar decisiones sobre qué medidas son más beneficiosas relacionando su costo y su mitigación.

En ultima instancia, la curva de abatimiento marginal evidencía el enorme potencial de abatimiento que podrían tener estas medidas, su implementación se justifica al contrastar los montos de inversión versus los gastos devengados de desastres naturales en la zona del municipio de tuxtla gutiérrez.

5. REFERENCIAS

Ayuntamiento de Tuxtla Gutiérrez, 2012. Atlas de Riesgo del Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

AWMS GHG Mitigation Project, MX05-B-10, Aguascalientes, Guanajuato and Querétaro, México. Recuperado de: <http://cdm.unfccc.int/Projects/Validation/DB/EPXMH5695LX6SKX2TDF49SL1LCZR29/view.html>

Caleras Maciel, 2013: Caleras Maciel S.A. de C.V., Reporte de producción anualizado. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/00005889/2013 18 de Octubre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CEIEG, 2012: Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas: Perfiles municipales, Tuxtla Gutiérrez.

CFE, 2013: Comisión Federal de Electricidad, historial de consumo por tarifa en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas comprendiendo del año 2005 al 2012, Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000632 25 de Septiembre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CONAFOR, 2013: Comisión Nacional Forestal, información referente a incendios forestales e información estadística correspondiente a 249 incendios ocurridos durante el periodo de 1999 a septiembre de 2013 en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000627/2013 20 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CONAGUA SMN, 2012. Estadísticas descriptivas, estación 7319. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/7319.pdf>

CONAGUA, 2012. Protección Civil Chiapas. Recuperado de: <http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/site/descargas/documentos/DOC02131109.pdf>.

CONAGUA, 2013: Comisión Nacional del Agua, información histórica de estaciones convencionales meteorológicas con las que cuenta el Estado. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio PM/634/2013 08 de Octubre de 2013 en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CONAGUA-SMN, 2012. Estadísticas descriptivas estación 7176. Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/7176.pdf>.

CONAGUA-SMN, 2012. Estadísticas Descriptivas, estación 7148 Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/7148.pdf>.

CONAGUA-SMN, 2012. Estadísticas descriptivas, estación 7165 Recuperado de: <http://smn.cna.gob.mx/climatologia/Estadistica/7165.pdf>.

CONANP, 2013: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, serie histórica de incendios forestales ocurridos en Áreas Naturales Protegidas en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez de 2004 a

2013. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000629/2013 30 de Octubre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

CONUEE 2009. Rendimientos de Combustible de Automóviles y Camiones Ligeros. Última actualización 30/03/2009. Recuperado de: http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7190/1/rendimientos_30mar09.pdf.

ENCC, 2013: Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC): Estrategia Nacional de Cambio Climático 10-20-40 Recuperado de: <http://www.encc.gob.mx/>.

Fertilización en el cultivo de maíz. Recuperado de:
Galindo, 2010: Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Economía del Cambio Climático en México.

HIELO ABC, 2013: Hielos ABC S.A. de C.V., producción anualizada. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología municipal, oficio No. PM/0000594/2013 18 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

HIELO ICE, 2013: Hielo y Agua Purificados, consumo de amoniaco de los años 2007 a 2012. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000590/2013 30 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

HIELO POLAR, 2013: Planta de Refrigeración Colon S.A. de C.V., reporte de producción anualizado. Ayuntamiento municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio PM/0000595/2013 01 de Octubre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

ICIPLAM, 2012. Instituto Ciudadano de Planeación Municipal. Tuxtla 2030: la agenda estratégica de nuestra Ciudad.

IIE, 2012; Instituto de Investigaciones Eléctricas; División de sistemas mecánicos; Estudio de políticas, medidas e instrumentos para la mitigación de gases de efecto invernadero del sector transporte en la Zona Centro de la República Mexicana; diciembre 2012.

INE, 2012: Instituto Nacional de Ecología. Estudio de Emisiones y actividad vehicular de Tuxtla Gutiérrez.

INE-CTS México-SEMARNAT 2012. Estudio de emisiones y actividad vehiculares en Tuxtla Gutiérrez.

INEGI SIMBAD (Sistema Información Municipal de Base de Datos). Proyecto e índice de contenidos/ Estadísticas económicas/ Estadísticas de transporte/ Vehículos de motor registrados. Recuperado de: <http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/contenido.jsp?rf=false&solicitud=>

INEGI, 2010: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censo de Población y Vivienda 2010.

INEGI, 2010: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Censo de Población y Vivienda 2010, recuperado de: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/>

INEGI, 2013: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, crecimiento anual de la población y la vivienda en Tuxtla Gutiérrez, tasa de crecimiento anual de la población y vivienda en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez, Localidades, rancherías, rurales y/o ejidos fuera de la mancha urbana y mapas de uso de suelo y tipos de vegetación. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000635/2013 25 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

INEGI, Censos y Conteos: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/>.

SIMBAD: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Sistema Estatal y Municipal de Bases de Datos. Recuperado de: <http://sc.inegi.org.mx/sistemas/cobdem/>.

IPCC, 1996: Revised 1996 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories;

IPCC, 2000: Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Green House Gas Inventories.

IPCC, 2001: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability. A report of Working Group II [Q.K. Ahmad, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Sandra Brown, Ian Burton, Max Campos, Osvaldo Canziani, Timothy Carter Stewart J. Cohen, Paul Desanker, William Easterling, B. Blair Fitzharris, Donald Forbes, Habiba Gitay, Andrew Githeko, Patrick Gonzalez, Duane Gubler, Sujata Gupta, Andrew Haines, Hideo Harasawa, Jarle Inge Holten, Bubu Pateh Jallow Roger Jones, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Emilio Lebre La Rovere, Neil Leary, Rik Leemans, Chunzhen Liu, Chris Magadza, Martin Manning, Luis Jose Mata, James McCarthy, Roger McLean, Anthony McMichael, Kathleen Miller, Evan Mills, M. Monirul Qader Mirza, Daniel Murdiyarto, Leonard Nurse, Camille Parmesan, Martin Parry, Jonathan Patz, Michel Petit, Olga Pilifosova, Barrie Pittock, Jeff Price, Terry Root, Cynthia Rosenzweig, Jose Sarukhan, John Schellnhuber, Stephen Schneider, Robert Scholes, Michael Scott, Graham Sem, Barry Smit, Joel Smith, Brent Sohngen, Alla Tsyban, Jean-Pascal van Ypersele, Pier Vellinga, Richard Warrick, Tom Wilbanks, Alistair Woodward, David Wratt, and many reviewers.

IPCC, 2003, Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG-LULUCF).

IPCC, 2012: Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

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.

ISO-14064-1, 1996: International Standard Organization: Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organizational level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals.

MAPS, 2012. Estudio de Vulnerabilidad Social y Económica para las regiones Metropolitana, Soconusco, Frailesca, Sierra Mariscal, Valles Zoque y Norte de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: s.n.

PACCCH, 2011: Gobierno del Estado de Chiapas, Conservación Internacional, Embajada Británica en México. Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas. Recuperado de: <http://www.cambioclimaticochiapas.org/portal/descargas/paccch/paccch.pdf>.

PEMEX, 2013: Petróleos Mexicanos, información del volumen de combustible vendido a las estaciones de servicio ubicadas en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología municipal, oficio No. PM/0000633/2013 19 de Septiembre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

PESCA, 2013: Secretaría de Pesca y Acuacultura, cantidad de pescado producido en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez de los años 2006, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012 y 2013. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/000620/2013 18 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

PMD, 2013: Ayuntamiento Constitucional de Tuxtla Gutiérrez: Plan Municipal de Desarrollo 2012-2015.

PROACTIVA, 2013: Proactiva Medio Ambiente Tuxtla S.A. de C.V. Operación de sistema integral de residuos sólidos urbanos y residuos de manejo especial, Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/00597/2013 13 de Septiembre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

RASTRO DE RES, 2013: Frigorífico del Sureste S.A. de C.V., estadística de matanza de res y cerdo. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000608/2013 16 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

RASTRO PORCINO, 2013: Centro de Sacrificio de Ganado Porcino TIF 533, cantidad de cerdos maquilados. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000604/2013 23 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SAGARPA 2013: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. Datos sobre superficie cultivada, principales cultivos en el municipio, número de cabezas de ganado. Oficio No.- PM/0000630/2013-2 de septiembre 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SAGARPA, SIAP, 2013: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de: <http://www.siap.gob.mx/>.

SALUD ESTATAL, 2013: Secretaria de Salud, datos de enfermedades diarreicas agudas, dengue, parásitos intestinales, enfermedades respiratorias de los años 2000 al 2012. Ayuntamiento

Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000619/2013 12 de Noviembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SALUD MUNICIPAL, 2013: Secretaría de Salud Municipal, datos para análisis de vulnerabilidad. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/000611/2013 01 de Octubre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SECRETARIA DEL CAMPO, 2013 Secretaría del Campo, datos sobre superficie cultivable, porcentaje de territorio, utilizado por cultivo, principales cultivos, fertilizantes más usados y volumen de producción de leche. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000622/2013 30 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SEDENA, 2013: Fuerza Aérea Mexicana Militar. Región Aérea del SE Base Aérea Militar No. 6, consumo de combustible de los años 2005 al 2012. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000631/2013 14 de Septiembre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SEFESO, 2013: Sefeso S.A. de C.V., no se utiliza Halocarburos (HFC, PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF6). Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000598/2013 31 de Octubre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SEMAHN, 2013: Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, generación de residuos sólidos urbanos en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/0000623/2013 15 de Octubre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SIM, 2013: Secretaría de Infraestructura Municipal, listado de obras consideradas como proyectos actual. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. SEM/0328/2013 04 de Noviembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SMAPA, 2013: Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado, emisión de gases de efecto invernadero por aguas residuales. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/000615/2013 30 de Septiembre de 2013 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SSM, 2013: Secretaría de Servicios Municipales, emisión de gases de efecto invernadero por disposición de residuos sólidos urbanos. Ayuntamiento Municipal, Secretaría de Ecología Municipal, oficio No. PM/00614/2013 26 de Septiembre de 2013, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

SSPyTM, 2013: Secretaría de Seguridad Pública y Tránsito Municipal, datos históricos sobre accidente viales en el Municipio de Tuxtla Gutiérrez. Ayuntamiento municipal, Secretaría de Ecología municipal, oficio No. PM/0000617/2013 02 de Octubre de 201, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

STERN, 2007: United Kingdom Government, The Economics of Climate Change (Stern Review).

UNACH-CEAS, 2005. Estudio de aprovechamiento hidráulico integral y de control de inundaciones de la cuenca del río Sabinal, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

6. ANEXO 1: ACRÓNIMOS

BM	Biomasa Muerta
BRT	Bus Rapid Transit
C	Carbono
CEIEG	Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica de Chiapas
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Bióxido de carbono
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
EHME	Eventos Hidrometeorológicos Extremos
ENCC	Estrategia Nacional de Cambio Climático
FE	Factor de Emisión
FIDE	Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GPB	Good Practice Guidance
HFC	Hidrofluorocarbonos
JMA	Japan Meteorological Agency
ICIPLAM	Instituto Ciudadano de Planeación Municipal
IIE	Instituto de Investigaciones Eléctricas
IMGEI _{TGZ}	Inventario Municipal de Gases de Efecto Invernadero de Tuxtla Gutiérrez
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
KVR	Kilometro Vehículo Recorrido
ITDP	Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo
LED	Light Emitting Diode
LAMCCCH	Ley para la Adaptación y Mitigación ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas
LFC	Luz Fluorescente Compacta
LGCC	Ley General de Cambio Climático
MAC	Marginal Abatement Cost
MRI	Meteorological Research Institute
N ₂ O	Óxido nitroso
NO _x	Óxidos de nitrógeno
PACCCH	Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Chiapas
PEA	Población Económicamente Activa

PECC	Programa Especial de Cambio Climático
PMD	Plan Municipal de Desarrollo
PIB	Producto Interno Bruto
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PFC	Perfluorocarbonos
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación y reforestación
RCCMAS	Reglamento de Cambio Climático y Medio Ambiente para la Sustentabilidad
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación
SMAPA	Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado
SIMBAD	Sistema Estatal y Municipal de Base de Datos
SIAP	Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera
SEMAHN	Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENER	Secretaría de Energía
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SSA	Secretaría de Salud
SSPyTM	Secretaría de Seguridad Pública y Tránsito Municipal
SST	Sólidos Suspendidos totales
TCMA	Tasa de crecimiento media anual
UGAS	Unidades de Gestión Ambiental
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
Veh	Vehículo