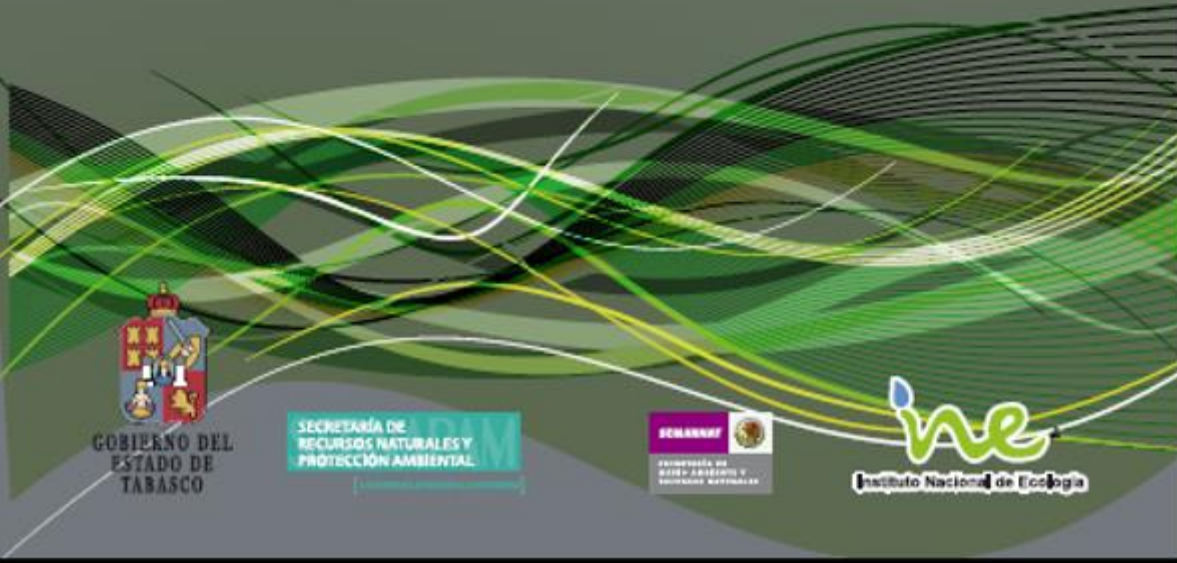




Programa Estatal de Acción  
ante el  
**CAMBIO CLIMÁTICO**  
del Estado de Tabasco



SECRETARÍA DE  
RECURSOS NATURALES Y  
PROTECCIÓN AMBIENTAL



**GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO**

**Químico Andrés Rafael Granier Melo**  
**Gobernador Constitucional del Estado de Tabasco**

**Oceanóloga Silvia Whizar Lugo**  
**Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental**

Biol. Andrés Eduardo Pedrero Sánchez  
**Subsecretario de Política Ambiental**

Quim. Alfredo Cuevas González  
**Subsecretario de Gestión para la Protección Ambiental**

Biol. Pablo Vargas Medina  
**Subsecretario de Desarrollo Sustentable**



Las opiniones expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la opinión del Gobierno del Estado de Tabasco, de la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental o alguna de las Secretarías mencionadas en los diferentes apartados.

Cualquier error u omisión es responsabilidad exclusiva de los autores.

**“Este programa es público y queda prohibido su uso con fines partidistas o de promoción personal”.**

Portada : Layun Publicidad,

© Propiedad intelectual de la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del Estado de Tabasco, Octubre de 2011.

Todos los derechos reservados.

## INDICE

	PÁGINA
<b>ACRÓNIMOS</b>	8
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>ANTECEDENTES</b>	11
<b>OBJETIVOS DEL PEACC</b>	14
<b>MARCO NORMATIVO</b>	15
<b>METODOLOGÍA Y RESULTADOS:</b>	17
<b>PRIMERA PARTE: INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO         INVERNADERO DE TABASCO (INEEGEIT)</b>	17
FUENTES	18
METODOLOGÍA	22
RESULTADOS	29
<b>SEGUNDA PARTE: VULNERABILIDAD</b>	94
EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ESTADOS DEL SURESTE DE MÉXICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS DEBIDAS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: TABASCO	95
VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA COSTERA DE TABASCO ANTE LA PROBLEMÁTICA DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR ACELERADO	115
<b>TERCERA PARTE: ESCENARIOS</b>	128
ESCENARIOS CLIMÁTICOS	128
ESCENARIOS DE EMISIONES	135
ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA COSTERA DE TABASCO ANTE LA PROBLEMÁTICA DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR ACELERADO	148
<b>CUARTA PARTE: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN RESULTANTES</b>	165
<b>QUINTA PARTE: MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN PROPUESTAS         EN CONSULTA PÚBLICA A SECTORES REPRESENTATIVOS</b>	197
<b>CONCLUSIONES GENERALES</b>	201
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	204
<b>GLOSARIO</b>	209

## PROGRAMA ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Publicación realizada por iniciativa de la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, SERNAPAM, del Gobierno del Estado de Tabasco, dentro del ámbito del Proyecto Integral “Estrategia Estatal de Cambio Climático” bajo la dirección de la Oceanóloga Silvia Whizar Lugo, Titular de la SERNAPAM.

Elaborado bajo la Coordinación General del Dr. Lorenzo Armando Aceves Navarro.



Autores responsables y colaboradores

INVENTARIO ESTATAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE TABASCO PARA LOS SECTORES DE AGRICULTURA, TIERRAS FORESTALES Y USO DE SUELO



**Coordinador Responsable**

Bernardus H.J. de Jong

**Colaboradores**

Salvador Hernández Daumás  
Deb Raj Aryal  
Vanessa Maldonado Montero  
Marcela Olgún Álvarez  
Verónica de la Cruz Arias  
Guillermo Jiménez Ferrer  
Adriana Flores González  
Eleni Marinidou

Autores responsables y colaboradores

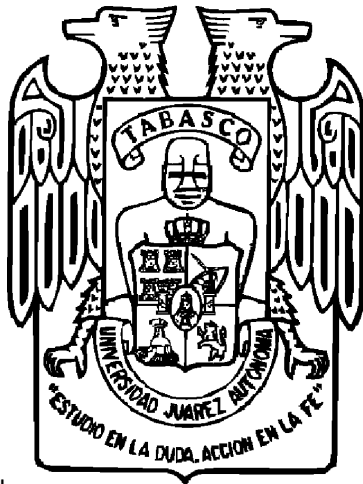
INVENTARIO ESTATAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE TABASCO PARA LOS SECTORES DE ENERGÍA, RESIDUOS E INDUSTRIA

**Coordinador Responsable**

Ebelia del Ángel Meráz

**Colaboradores**

Hermicenda Pérez Vidal  
Dora María Frías Márquez  
Franklin Cruz Cruz  
Lorena Isabel Acosta  
Otoniel Sánchez Marín  
Ana Luisa Gómez Calzada  
Carmen Maurilio Flores Guzmán  
Viviana Torres Vázquez  
Piedad Pérez López  
Silvana Gabriela Falcón Lázaro  
Cristóbal Nazario López Cámpo  
Fanni C. Martínez Córdova  
Leydi Diana Arias Ramírez  
Fabiola Alondra Noh Chan  
Yuliana Vianey Castañeda Collado  
Jorge Ulises Reyes López  
Norma Yadira Domínguez Osorio  
Cristina Esperanza Luna Gallegos  
Claudia Beatriz Maldonado Magaña



EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ESTADOS DEL SURESTE DE MÉXICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS DEBIDAS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: TABASCO

**Coordinador Responsable**

Lilia María Gama Campillo

VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA COSTERA DE TABASCO ANTE LA PROBLEMÁTICA DEL ASCENSO ACELERADO DEL NIVEL DEL MAR

**Cordinador Responsable**

Lilia María Gama Campillo

**Colaboradores**

Mario Arturo Ortiz Pérez  
Irene Sommer Cervantes  
Oralia Oropeza Orozco  
Magdiel Barrios Rodríguez

**Agradecimientos**

La SERNAPAM desea expresar su agradecimiento por las sugerencias, revisiones y comentarios constructivos recibidos de la Coordinación de Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología.

## Prólogo

El cambio climático es uno de los problemas más importantes que la humanidad enfrenta en el presente siglo, porque impacta toda su actividad económica y afecta la seguridad y supervivencia del hombre mismo.

Para enfrentar este problema a nivel local, se requieren acciones para mitigarlo y disminuir la vulnerabilidad de la sociedad a sus efectos. Por ello es necesario diseñar e instrumentar políticas públicas que contribuyan a que la población y sus actividades económicas se vean lo menos afectadas hoy y en el futuro.

México ha asumido compromisos a nivel internacional a través de acciones y políticas nacionales para enfrentar este problema, mostrando un liderazgo ejemplar en respuesta a los desafíos y oportunidades que presenta el cambio climático. Derivado de esa política, ha extendido ese compromiso apoyando a los estados con la elaboración de los Programas Estatales de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC).

Tabasco se suma a este esfuerzo y cuenta con esta herramienta con base científica, que servirá de referencia y apoyo del gobierno del estado para el análisis, planeación, diseño y desarrollo de iniciativas y políticas públicas en materia de cambio climático ..

Este documento presenta información básica sobre la identificación de los principales sectores productivos del estado generadores de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y su cuantificación; así como un análisis de la vulnerabilidad actual y futura del estado a fenómenos hidrometeorológicos y de erosión costera, misma que puede incrementarse por la elevación del mar, uno de los efectos del calentamiento global.

Durante el desarrollo del PEACC, se fortalecieron las capacidades institucionales y de comunidades rurales de la zona costera del estado, se difundió al público en general información veraz y actualizada, y se creó la agenda local de género ante cambio climático, única en el país.

La elaboración del PEACC fue posible por el compromiso que asumió el gobierno del estado de Tabasco a través de la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, sentando las bases para enfrentar desde lo local este fenómeno global, en coordinación con instituciones académicas, y de los tres órdenes de gobierno, por lo que su mejoramiento, evaluación y permanencia son indispensables para el desarrollo de Tabasco .

Ocean. Silvia Whizar Lugo



## ACRÓNIMOS

---

---

AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (por sus siglas en inglés)
ASOUS	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
COLPOS	Colegio de Postgraduados
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
COPARMEX	Confederación Patronal de la República Mexicana
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano
ECOSUR	El Colegio de la Frontera Sur
EFDB	Base de Datos de Factores de Emisión (por sus siglas en inglés)
FIRCO	Fideicomiso de Riesgo Compartido
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IEGEI-TAB	Inventario Estatal de Gases de Efecto Invernadero de Tabasco
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEEGEIT	Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Tabasco
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (por sus siglas en inglés)
LEAP	Long Range Energy Range Alternatives Planning
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
PEACC	Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático
PEMEX	Petróleos Mexicanos
REDD+	Reducción de Emisiones Derivadas de la Deforestación y la Degradación Forestal
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAOP	Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas
SEMARNAT	Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SERNAPAM	Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental del estado de Tabasco
SIEM	Sistema de Información Empresarial Mexicano
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
UADY	Universidad Autónoma de Yucatán
UJAT	Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
USCUSyS	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura

## INTRODUCCION

---

---

El establecimiento de políticas de cambio climático en la agenda nacional de México y la construcción de programas estatales para enfrentar los efectos del calentamiento global constituye un importante avance en la toma de medidas serias para el replanteamiento de las formas de relación entre la sociedad y el medio ambiente.

En este sentido, el estado de Tabasco, caracterizado por ser extremadamente vulnerable ante fenómenos naturales extremos acentuados por la inestabilidad climática, ha tenido la oportunidad de elaborar su Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC) con la participación de los diversos sectores (político, académico, productivo, económico y civil) que le conforman.

La instrumentación de un Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático en Tabasco se hace relevante, puesto que el tema se constituye de seguridad estratégica en el contexto estatal y nacional. Con la elaboración del PEACC, se busca definir, analizar y proponer, las medidas estratégicas necesarias para enfrentar el cambio climático en Tabasco con medidas de mitigación (reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, GEI), y medidas de adaptación para garantizar la integridad de las comunidades y desarrollar capacidades para enfrentar los impactos adversos.

Como resultado de lo anterior, el PEACC es un instrumento para sustentar las políticas públicas y acciones relacionadas al cambio climático dentro del ámbito de competencia del gobierno estatal, además de conformar un elemento importante de la ruta crítica para la política de cambio climático en México e identificar acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

## ANTECEDENTES

---

---

El Cuarto Informe del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC por sus siglas en inglés) presentado en París el 2 de febrero de 2007, relaciona la actividad humana (con un grado de certidumbre superior al 90%), con el cambio climático que de acuerdo con los datos obtenidos en los últimos años se está produciendo en el planeta. La temperatura global media en la superficie terrestre se ha incrementado en los últimos 100 años en 0.74°C y las proyecciones hechas en los escenarios de cambio climático indican cambios en la temperatura de la superficie para los últimos diez años del siglo XXI con respecto a los últimos veinte años del siglo XX de un rango de 1.8 a 4.0°C. Así mismo, la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub> a nivel global se incrementó en un 35.36% desde la época preindustrial.

Si bien es cierto que el clima de nuestro planeta ha estado cambiando constantemente desde el comienzo de su formación, las evidencias apuntan a que en nuestros días, las actividades humanas están provocando un cambio en el clima más rápido que la capacidad que tienen los sistemas para adaptarse al mismo.

A pesar de las incertidumbres existentes con relación a la magnitud de los cambios asociados al calentamiento global, el problema del cambio climático constituye una de las preocupaciones ambientales y de desarrollo más importante a las que se enfrenta el mundo actual. Algunos de los temas recurrentes en el debate internacional sobre cambio climático son la evaluación de la vulnerabilidad y el diseño e instrumentación de medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptación a los impactos del cambio climático. Existen indicios significativos de que los países en desarrollo son muy vulnerables al cambio climático y que este representa un obstáculo para alcanzar un desarrollo económico y social sostenible y consistente desde el punto de vista ambiental. La capacidad de responder a estas crecientes preocupaciones internacionales sin obstaculizar

el proceso de desarrollo de esos países es, posiblemente, uno de los desafíos más importantes de nuestro tiempo

En el caso de Tabasco, la vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático y la presión sobre los ecosistemas por la expansión de las actividades productivas primarias e industriales, obligan a intensificar las acciones orientadas a la conservación, protección y restauración de recursos naturales para contribuir al mejoramiento del entorno.

Es evidente que el cambio climático es un problema de seguridad nacional y es urgente incrementar los esfuerzos nacionales y locales de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y desarrollar capacidades de adaptación ante sus impactos adversos previsibles. Con base en la evidencia científica, la información económica más reciente indica que si no se toman medidas de forma urgente, los costos sociales, económicos y ambientales serán sumamente altos sobre todo para estados como Tabasco, por la recurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos que amenazan la vida y afectan severamente el trabajo y patrimonio de familias, productores y empresas.

De esta forma, se detectó la necesidad de promover el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales mediante estrategias que aseguren beneficios económicos, sociales y ambientales, involucrando la participación social con una perspectiva de cambio cultural, que incluya equidad de género, respeto a la diversidad, y un cambio tecnológico que favorezca una producción más limpia y fomente el uso de fuentes de energía alternas.

La Estrategia Estatal de Cambio Climático diseñada por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental (SERNAPAM) del estado de Tabasco ha concluido como parte de los objetivos de ésta, el Programa Estatal de Acción Ante el Cambio Climático (PEACC), con la colaboración del Colegio de Postgraduados (COLPOS), El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT).

El PEACC, contribuirá a mitigar los efectos previamente descritos, porque presenta los instrumentos para diseñar y ejecutar políticas públicas que privilegien la adaptación de familias y empresas a la nueva realidad de Tabasco definiendo la aplicación de un enfoque que incluye además el establecimiento de la Agenda Local de Género como un eje integrador.

## OBJETIVOS DEL PEACC

---

---

Con base en lo anterior, el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático para el estado de Tabasco, está desarrollado con el objeto de integrar las acciones suficientes y necesarias para:

- i) Identificar, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), y las opciones de mitigación de emisiones de GEI;
- ii) Identificar, los impactos físicos, socioeconómicos y ambientales, el riesgo y la vulnerabilidad actual y proyectada en el estado de Tabasco ante la variabilidad y el cambio climático , y
- iii) Desarrollar, las opciones de adaptación al cambio climático a nivel estatal.

Con la elaboración/integración/desarrollo del PEACC, Tabasco apoya el desarrollo y/o fortalecimiento de las capacidades locales y con esto, se busca crear conciencia pública acerca de los impactos, la vulnerabilidad y la adaptación al cambio climático en el ámbito estatal y municipal.

Bajo este contexto, el presente informe contiene una recopilación de la información científica necesaria para el logro de lo anteriormente expuesto, así como de propuestas para avanzar en el diseño de políticas públicas (ambientales y sustentables) en materia de cambio climático en el ámbito de competencia estatal.

El documento presenta la revisión del conocimiento sobre el cambio climático; los escenarios climáticos generados actualmente para el estado de Tabasco; el análisis de la vulnerabilidad e impactos ante el cambio climático de regiones y sectores clave; y el inventario estatal de emisiones de GEI.

## MARCO NORMATIVO

---

---

Este proyecto tiene su fundamento jurídico en las estipulaciones más importantes relacionadas con la protección al ambiente:

Con fundamento en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, son:

*El Artículo 4 reconoce el derecho que tiene el público a la protección de la salud y a un ambiente saludable;*

*El Artículo 25 promueve el desarrollo sustentable de la economía y la protección del ambiente;*

*El Artículo 27 asigna responsabilidad a los niveles federales, estatales y municipales de gobierno para el desarrollo y conservación de los recursos naturales y para lograr el desarrollo sustentable del país;*

El marco de trabajo jurídico general para prevenir y controlar la contaminación atmosférica así como su registro respecto de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente se centra en el Capítulo I perteneciente al Título cuarto: Protección al Ambiente, con los siguientes artículos: Artículo 109 Bis, Artículo 110 fracciones I, II; Artículo 111, fracciones II y III Artículo 112 fracción IV.

La Constitución Política Estatal, establece en su Artículo 4° “que en el Estado de Tabasco toda persona tiene derecho a un ambiente saludable y equilibrado. Las autoridades instrumentarán y aplicarán, en el ámbito de su competencia, planes, programas y acciones destinadas a la preservación, aprovechamiento racional, protección y resarcimiento de los recursos naturales, la flora y la fauna existentes en su territorio, así como para prevenir, evitar y castigar toda forma de contaminación ambiental; y promover el uso de energías alternativas. El Estado y los municipios realizarán asimismo



acciones de prevención y control de cambio climático. (Reformado en el suplemento del Periódico Oficial No. 7102 del 29 septiembre de 2010).

Por su parte, la SERNAPAM es la responsable de la aplicación de la política ambiental en Tabasco, de acuerdo al artículo 38 bis de Ley Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Tabasco. Por lo que le corresponde la aplicación del marco legal referente a la protección del medio ambiente.

La Ley de Protección Ambiental del Estado de Tabasco, establece en su artículo 1° que su objeto es proteger el medio ambiente, el cual es considerado un bien jurídico de titularidad colectiva. Esta Protección comprende el establecimiento y aplicación de los instrumentos de política ambiental, necesarios para prevenir afectaciones a dicho bien jurídico, así como los instrumentos necesarios cuando el mismo ha sido dañado.

**METODOLOGIA Y RESULTADOS:**

**PRIMERA PARTE**

**INVENTARIO DE  
EMISIONES DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO  
DE TABASCO  
(INEEGEIT)**

## FUENTES

---

---

### INTRODUCCIÓN

Para la realización del inventario de gases de efecto invernadero (IGEI) se utilizó la metodología propuesta por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (IPCC) 1996 y 2006 y los cálculos de los flujos de GEI se realizaron con base en las Guías de Buenas Prácticas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2003).

### SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA

Usando la información disponible de las bases de datos de suelos y de biomasa y alometría, se estimarán las emisiones de GEI del sector USCUSyS, para el período 1990-2007, en términos anuales, utilizando las metodologías IPCC-2006, con un TIER a nivel 2 a 3, para todos los almacenes de carbono.

Se utilizaron los mapas de INEGI serie 2, 3 y 4 para analizar el proceso de cambio de uso de suelo. Para estimar los factores de emisión, se usaron las bases de datos de CONAFOR, ECOSUR, COLPOS, etc. y se presentarán los resultados a nivel agregado.

### Línea de base para la deforestación en Tabasco.

Se analizaron series de tiempo de imágenes Landsat y SPOT del período 2000-2008 para crear modelos de tendencias de cambio de uso de suelo.

Para el cálculo de población ganadera y emisiones por actividad pecuaria se utilizó la información disponible de fuentes estatales y nacionales, utilizando la más adecuada a la metodología sugerida por el IPCC. Para estimar factores

de emisión, se usaran las bases de datos de, COLPOS, ECOSUR, CATIE, UADY, UACH etc. y se presentaran los resultados a nivel agregado sin que exista compromiso alguno de entregar bases de datos originales protegidas por derechos de autor o amparadas en convenios de confidencialidad. Las bases de datos a incluir consideraran proyectos en progreso (hasta la fecha de corte), tales como los que están en desarrollo por ECOSUR, CATIE, UACH etc. Esto garantiza contar con información estatal a un detalle muy superior al usado en los inventarios a la escala nacional.

### **Análisis y modelación de agentes y factores de cambio y análisis prospectivo**

Con los mapas de cambio de uso de suelo generados en el establecimiento de línea de base, se analizarán los factores y agentes que pueden explicar los cambios observados, para establecer un modelo de cambio de uso de suelo de Tabasco y proyectar las tendencias de cambio a un horizonte de 2002, 2030 y 2050, de acuerdo con las proyecciones socio-económicas disponibles. Se estiman las emisiones asociadas a los escenarios de cambio y se desarrollarán escenarios de mitigación de acuerdo con las metas establecidas a nivel nacional en el Programa Especial de Cambio Climático (2009).

### **Inventarios de gases efecto invernadero del componente agrícola y pecuario (sector USCUSyS)**

Usando la información de las bases de datos disponibles para Tabasco (muchas de ellas confidenciales) se estimaran las emisiones de GEI del sector USCUSyS para el periodo 1990-2007, en términos anuales. Las metodologías a utilizar serán las establecidas por el IPCC y se adaptaran a las condiciones de Tabasco con factores de emisión desarrollados por ECOSUR e IPCC. Especial énfasis en las emisiones de GEI No-CO<sub>2</sub> por las quemaduras de residuos agrícolas (incluyendo caña de azúcar) y de la ganadería.

Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el sector USCUSyS se abordaron en cuatro partes: las emisiones/remociones derivadas de 1) uso de

suelo, cambio en el suelo y silvicultura (USCUSyS); 2) las quemas de bosques, humedales y caña de azúcar; 3) el subsector ganadero; y 4) el subsector agrícola. El sector USCUSyS contempla los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por prácticas de manejo de la vegetación (*i.e.* CO<sub>2</sub>). Las emisiones generadas por quemas contemplan la generación de gases CO<sub>2</sub> y no-CO<sub>2</sub> (*i.e.* CO, NH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>) por quema de biomasa. Las emisiones derivadas del sector ganadero contemplan la producción de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O derivados de la fermentación entérica del ganado y el manejo de estiércol; mientras el sector agrícola contempla las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por el uso de fertilizantes, producción de arroz inundado o anegado, y quema y descomposición de rastrojo. El cálculo de los flujos de GEI se realizó con base en las Guías de Buenas Prácticas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2003). La captura de información de los flujos de GEI se realizó de acuerdo al software UNFCCC\_NAI\_IS\_132.

### **SECTORES ENERGIA, RESIDUOS E INDUSTRIA**

En la elaboración del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 2005-2009 para el estado de Tabasco se siguieron las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) de 1996. Los factores de emisión utilizados para el cálculo de las emisiones en los sectores fueron tomados por defecto de dichas Directrices.

Las fuentes de información utilizadas en la elaboración de este inventario fueron: Anuarios estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); la Cámara Nacional del Cemento; Secretarías de Comercio y de Energía; Anuarios Estadísticos de la Minería Mexicana; Anuarios Estadísticos de Petróleos Mexicanos y de Asociaciones de la Industria Química; información proporcionada por la Secretaría de Recursos Naturales y Protección al Ambiente (SERNAPAM); además del trabajo de campo realizado a ciertas empresas, con el fin de obtener información específica de

todos los Sectores que contribuyen a la Emisión de Gases de Efecto Invernadero.

Para la contabilización del carbono nos basamos en el suministro de combustibles primarios y en las cantidades netas de combustibles secundarios producidos en Tabasco tomando como base el año 2005 cuya fuente de datos es el anuario estadístico de PEMEX 2009 y datos del INEGI.

## METODOLOGÍA

---

### SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA

Las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en el sector USCUSyS se abordaron en cuatro partes: las emisiones/remociones derivadas de 1) uso de suelo, cambio en el uso del suelo y silvicultura (USCUSyS); 2) las quemas de bosques, humedales y caña de azúcar; 3) el subsector ganadero; y 4) el subsector agrícola. El sector USCUSyS contempla los flujos de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por prácticas de manejo de la vegetación (*i.e.* CO<sub>2</sub>). Las emisiones generadas por quemas contemplan la generación de gases CO<sub>2</sub> y no-CO<sub>2</sub> (*i.e.* CO, NH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>) por quema de biomasa. Las emisiones derivadas del sector ganadero contemplan la producción de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O derivados de la fermentación entérica del ganado y el manejo de estiércol; mientras el sector agrícola contempla las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por el uso de fertilizantes, producción de arroz inundado o anegado, y quema y descomposición de rastrojo. El cálculo de los flujos de GEI se realizó con base en las Guías de Buenas Prácticas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2003). La captura de información de los flujos de GEI se realizó de acuerdo al software UNFCCC\_NAI\_IS\_132.

#### **Análisis y modelación de agentes y factores de cambio y análisis prospectivo**

Con los mapas de cambio de uso de suelo generados en el establecimiento de línea de base, se analizarán los factores y agentes que pueden explicar los cambios observados, para establecer un modelo de cambio de uso de suelo de Tabasco y proyectar las tendencias de cambio a un horizonte de 2002, 2030 y 2050, de acuerdo con las proyecciones socio-económicas disponibles. Se estiman las emisiones asociadas a los escenarios de cambio y se desarrollarán escenarios de mitigación de acuerdo con las metas establecidas a nivel nacional en el Programa Especial de Cambio Climático (2009).

### **Inventarios de gases efecto invernadero del componente agrícola y pecuario (sector USCUSyS)**

Usando la información de las bases de datos disponibles para Tabasco (muchas de ellas confidenciales) se estimaran las emisiones de GEI del sector USCUSyS para el periodo 1990-2007, en términos anuales. Las metodologías a utilizar serán las establecidas por el IPCC y se adaptaran a las condiciones de Tabasco con factores de emisión desarrollados por ECOSUR e IPCC. Especial énfasis en las emisiones de GEI No-CO<sub>2</sub> por las quemas de residuos agrícolas (incluyendo caña de azúcar) y de la ganadería.

### **Análisis de agentes y factores de cambio y análisis prospectivo**

Con la identificación de sitios críticos, tendencias de la actividad pecuaria y comportamiento de las emisiones (principalmente metano y óxido nítrico) se analizarán e incorporarán factores e indicadores técnicos, sociales y ecológicos que contribuyan a un análisis robusto y una visualización espacial mediante técnicas cartográficas. Con la línea base se contemplarán escenarios prospectivos de los factores y agentes en un horizonte de tiempo proyectado hasta el 2015.

## **SECTOR ENERGIA, RESIDUOS, E INDUSTRIA**

En el desarrollo de la metodología se plantearon como objetivos específicos los siguientes:

- a) Planeación y desarrollo metodológico del Inventario.
- b) Inventario de emisiones de GEI del Sector Energía.
- c) Inventario de emisiones de GEI para Procesos industriales.
- d) Inventario de emisiones de GEI para el Sector Desechos.
- e) Propuestas de Mitigación para cada Sector.



Cabe mencionar que el alcance de esta entrega se vio limitada por la información disponible sintetizada y desagrega para cada sector.

El software de inventarios del IPCC (versión electrónica de la hoja de trabajo del IPCC) y la Base de Datos de Factores de Emisión (EFDB) fueron las herramientas disponibles para identificar la categorización/desagregación del IPCC.

### **a) Planeación y desarrollo metodológico del Inventario**

En la preparación del inventario se realizaron dos fases:

1) Inicio: Recopilación exhaustiva y análisis de información para la integración en una base de datos bajo las categorías propuestas por el protocolo de Kioto para la realización del inventario de emisiones de GEI, utilizando la metodología descrita en las guías y metodologías del IPCC 1996 y 2006.

2) Desarrollo: Estimación de emisiones. El cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustible se realizó en el denominado **Nivel 1** siguiendo las directrices del IPCC, el método consiste en el cálculo de las emisiones a partir de la cantidad de combustible utilizado y al contenido de carbono de los combustibles (método de referencia) y de las actividades de combustión (categorías de fuentes). Este último método se realiza en paralelo con el método equivalente para el cálculo de las emisiones de gases distintos del CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles y responde a la necesidad de contar con cifras de emisiones por sector para la vigilancia y la formulación de políticas de reducción de las emisiones.

Las actividades que se realizaron para los sectores de residuos, procesos industriales y energía, fueron:

- Revisar la orientación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y del IPCC para la presentación

del inventario, específicamente: Las guías de la IPCC para los inventarios de los países no-Anexo I .

- Las tablas del IPCC: resumen y detalladas por sector (contenidas en Volumen 1 de las Directrices del IPCC revisadas en 1996).
- Las hojas de cálculo del IPCC (contenidas en Volumen 2 de las Directrices del IPCC revisadas en 1996).
- Revisar las secciones pertinentes de los materiales de orientación del IPCC para la elaboración del inventario, específicamente: Directrices del IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases del Efecto Invernadero versión revisada en 1996.
- Revisar la Guía del IPCC de las Buenas Prácticas y de la Gestión de la Incertidumbre en Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero.
- Revisar la Guía de las Buenas Prácticas para el Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura.
- Revisar ampliamente los inventarios de GEI de los estados cercanos (Veracruz, Oaxaca, Nuevo León) y en circunstancias similares (p. ej., aquellos con sectores del inventario de importancia relativa similar).

#### **b) Inventario de emisiones de GEI del Sector Energía.**

El sector energía se subdividió en: consumo de combustibles fósiles y emisiones fugitivas de metano que a su vez se subdividieron en:

##### **1) Consumo de combustibles fósiles.**

Generación de energía.

Manufactura e industria de la construcción.

Transporte (fuentes móviles).

Otros (comercial/institucional, residencial).

2) Emisiones fugitivas de metano.

Por las actividades del petróleo y gas natural.

En la subcategoría de consumo de combustibles fósiles se estiman emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y otros gases denominados precursores de ozono que son: Monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM) y bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> dependen del contenido de carbono y azufre en el combustible, los otros gases dependen de las condiciones de combustión y la tecnología.

En la subcategoría de Emisiones fugitivas se estiman emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de las actividades del petróleo y gas natural principalmente; para estas también se estiman las emisiones de gases precursores de ozono.

La metodología del IPCC para el cálculo de las emisiones de dióxido de carbono procedentes de la combustión de combustibles se realizó como sigue:

- 1) Estimación del consumo aparente de combustibles en unidades originales.
- 2) Conversión a una unidad común de energía.
- 3) Multiplicación por los factores de emisión para calcular el contenido de carbono.
- 4) Cálculo del carbono almacenado.
- 5) Corrección para dar cuenta del carbono no oxidado.
- 6) Conversión del carbono oxidado a emisiones de CO<sub>2</sub>.

**c) Inventario de emisiones de GEI para Procesos industriales.**

Las emisiones relacionadas a los Procesos Industriales son: Gases de Efecto Invernadero emitidos por la combustión de insumos combustibles en las actividades de producción como fuentes de energía/forma de energía (por ej. calor, vapor de proceso o generación de electricidad).

Las emisiones asociadas con el ingreso de energía no son consideradas como emisiones de Procesos Industriales y por esto no son incluidas en la estimación del factor de emisión. Ellas son contabilizadas bajo la categoría de fuente 1A2-industrias de manufactura y construcción en el sector de energía.

Consecuentemente con respecto a procesos industriales, se incluyeron las emisiones provenientes de procesos físicos y químicos que conducen a la transformación de materias primas que dan lugar a un producto bajo condicionantes de temperatura, presiones específicas y control de calidad.

**d) Inventario de emisiones de GEI para el Sector Desechos.**

Para el cómputo de emisiones de CH<sub>4</sub>, correspondientes al sector desechos, generadas a partir de la disposición de los residuos sólidos municipales, manejo y tratamiento de aguas residuales municipales e industriales, se ubicaron las principales fuentes de emisión de metano para el estado:

- Residuos sólidos, dispuestos en tiraderos a cielo abierto en su mayoría.
- Residuos líquidos provenientes de los sistemas de tratamiento de agua residual doméstico e industrial.

**e) Propuestas de Mitigación para cada Sector.**

En este trabajo se realizó la planeación de escenarios en los Sectores Residenciales y Comerciales, con el Programa Long Range Energy Range Alternatives Planning (LEAP), para los años 2010 al 2030.

Se desarrolló un modelo de mitigación para el Sector Residencial del estado de Tabasco. Este modelo se utilizó para obtener la demanda de los principales energéticos empleados por este Sector y para estimar las emisiones de gases efecto invernadero y modelar los escenarios de mitigación.

Se utilizó para el análisis de escenarios el Programa Long Range Energy Alternatives Planning (LEAP), desarrollado por el Instituto Ambiental de Estocolmo. Se dividieron los sectores clave de acuerdo con los tipos de tecnología utilizados en el consumo de energía; se consideró para cada uno de ellos la tendencia observada en la intensidad energética para el Sector Residencial, y el PIB para el Sector Comercial.

Para la realización de los escenarios de mitigación de emisiones de GEI se comparan dos escenarios alternativos de evolución futura del sistema:

- 1. Uno de ellos (Escenario de Base) asociado con la evolución previsible, dada la dinámica actual del sistema y ante la falta de acciones o políticas explícitas para reducir las emisiones de GEI. El escenario base (escenario BAU) no incluye el impacto de aquellas medidas de mitigación inductoras de la penetración de nuevas fuentes de energía.*
- 2. El segundo escenario (Escenario de Mitigación), en el cual se supone elegir un conjunto de acciones de mitigación para reducir las emisiones de GEI, a fin de evaluar la conveniencia de promover su implementación.*

Como resultado de estas actividades se generaron dos escenarios energéticos de base y de acuerdo a las opciones de mitigación seleccionadas se propondrán diferentes escenarios de mitigación que serán comparables con los escenarios de base.

## RESULTADOS

---

### EMISIONES ESTATALES

La cifra total de emisiones GEI en el estado de Tabasco, en el periodo comprendido entre 2005 y 2007 alcanzó los 34,910.11 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente.

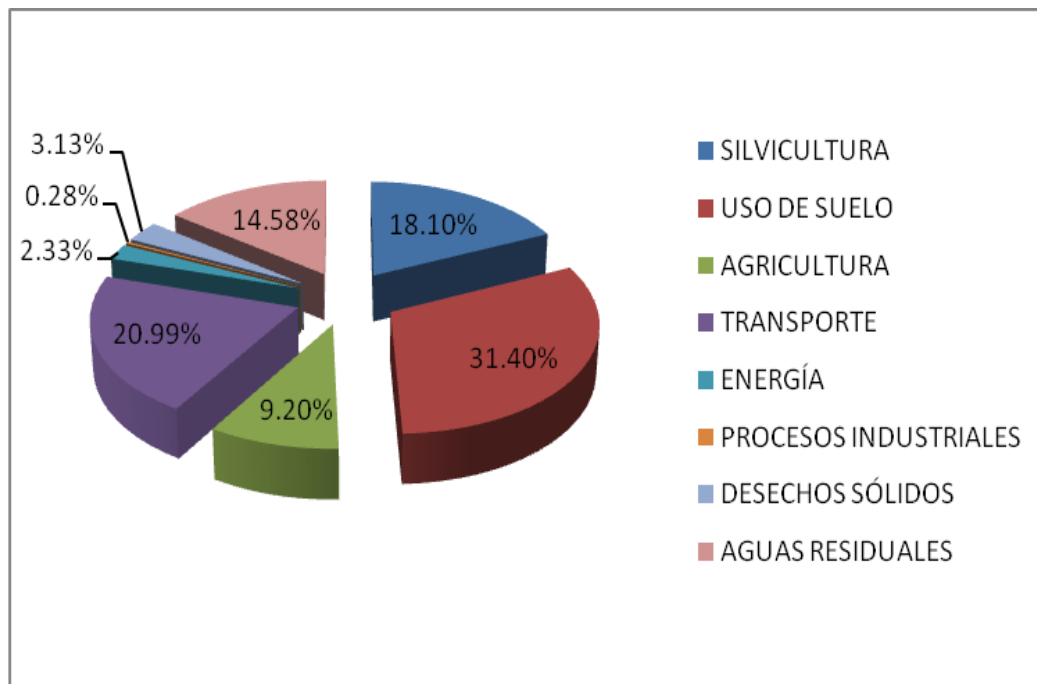
El inventario se acotó al periodo señalado (2005 – 2007) debido a que es el único periodo en que todos los sectores son analizados homogéneamente. Los diferentes estudios difirieron en fechas de análisis, por lo que se desprende la recomendación de realizar los próximos inventarios teniendo en cuenta los mismos periodos de tiempo y las mismas líneas base. Dado que muchos de los sectores no cuentan con datos desagregados por años fue imperativo realizar la comparativa para todo el periodo.

El inventario de emisiones de GEI está confeccionado conforme a la calidad de la información proporcionada por todos los involucrados en la recolección de información y cálculo de resultados de misiones de GEI.

En la siguiente Tabla 1 y Figura 1 se especifican los valores resultantes de las emisiones de GEI teniendo en cuenta los diferentes sectores desagregados considerados en el inventario:

**Tabla 1. Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (Gg de CO<sub>2</sub>equiv) en el estado de Tabasco (2005-2007).**

Emisiones por sectores desagregados	Emisiones GEI (Gg CO <sub>2</sub> equivalente)	%
SILVICULTURA	6,317.79	18.10
USO DE SUELO	10,962.00	31.40
AGRICULTURA	3,210.00	9.20
TRANSPORTE	7,328.05	20.99
ENERGÍA	812.33	2.33
PROCESOS INDUSTRIALES	96.44	0.28
DESECHOS SÓLIDOS	1,092.96	3.13
AGUAS RESIDUALES	5,090.59	14.58
<b>TOTAL</b>	<b>34,910.18</b>	<b>100.00</b>

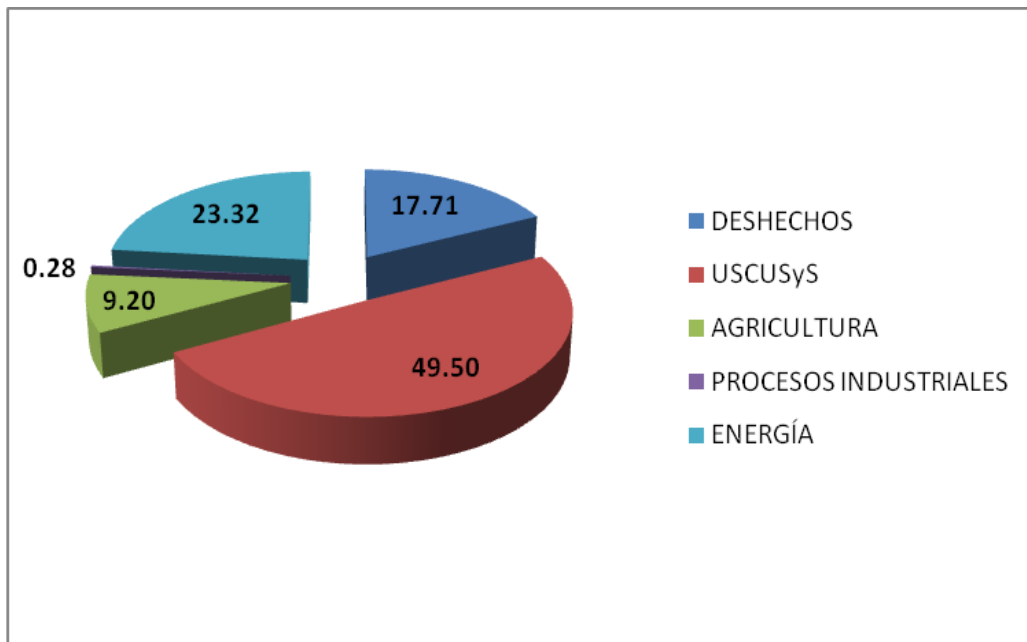


**Figura 1. Emisiones porcentuales de gases de efecto invernadero por sector desagregado en el estado de Tabasco (2005-2007).**

Al concentrar los sectores de emisión a los especificados por el IPCC (en donde a energía se le incluye transporte y al USCUSyS se integra con silvicultura y uso de suelos y deshechos se le adiciona aguas residuales; de tal manera que quedan solo 5 sectores, tal y como lo señala el IPCC. Lo anterior se muestra en la Tabla 2 y en la Figura 2.

**Tabla 2. Emisiones porcentuales de gases de efecto invernadero por sector en el estado de Tabasco (2005-2007).**

SECTOR	Gg de CO <sub>2</sub> equiv.	%
DESHECHOS	6,183.55	17.71
USCUSyS	17,279.79	49.50
AGRICULTURA	3,210.00	9.20
PROCESOS INDUSTRIALES	96.44	0.28
ENERGÍA	8,140.40	23.32
<b>TOTAL</b>	<b>34,910.18</b>	<b>100.00</b>



**Figura 2. Emisiones porcentuales de gases de efecto invernadero por sector en el estado de Tabasco (2005-2007).**



Como se aprecia en la Tabla 1, el sector que contribuyó principalmente a las emisiones de GEI fue el Uso de Suelo (31.4%), con 10,962 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente. Los porcentajes de participación de los sectores restantes se encuentran en proporción a su presencia en la actividad en el estado.

En la Figura 2, Tabla 1 y Tabla 2, se muestra que el consumo energético (23.32%), es el segundo sector generador de emisiones de GEI con 8,140.40 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente total dentro del cual se encuentra incluido el sector Transporte, que alcanzó 7,328.05 Gg de CO<sub>2</sub>, contribución que corresponde al 90% de las emisiones de éste sector.

En la Tabla 1 se muestra que el sector Silvicultura tuvo una participación del 18.10% en el total de emisiones de GEI, sumando 6,317.79 Gg de CO<sub>2</sub>. Por su parte, en la Tabla 2, se muestra que las emisiones asociadas al sector Desechos alcanzaron 6,183.55 Gg de CO<sub>2</sub>, de los cuales el 82.3% correspondió a las emisiones debidas a las aguas residuales tratadas en el estado, teniendo el sector una contribución total al inventario de 17.71% de las emisiones.

La Agricultura tuvo una participación en el total del 9.2% (3,210 Gg de CO<sub>2</sub>). Por último, el sector Procesos Industriales contribuyó con un 0.28% en el total de emisiones de GEI en el estado de Tabasco (96.44 Gg de CO<sub>2</sub>).

En cuanto a las emisiones asociadas a las aguas residuales, en base a un estudio teórico, se ha establecido que su tendencia es descendente. Al contrario que las emisiones generadas por los Residuos Sólidos que muestran un aumento en los últimos años, además de una evidente necesidad de gestión.

En cuanto a la tendencia de las emisiones globales del estado, se puede determinar que está íntimamente ligada a la problemática del cambio de uso de suelo, generada por diversos factores, dada la importancia de las emisiones del sector en el cómputo global.

## EMISIONES DE LOS SECTORES USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA

Con base en las recomendaciones del IPCC, se hizo un análisis de la importancia de los flujos esperados por las actividades realizadas dentro de cada categoría de uso de suelo y los cambios que se observan entre los diferentes usos de suelo. En la Tabla 3 se indican cuáles son los usos iniciales y durante el año de reporte para el cual se han calculado los flujos de gases efecto invernadero para los reservorios biomasa (arriba y debajo de suelo, incluyendo árboles muertos) y materia orgánica de suelo (BV y MOS respectivamente). No existen datos suficientes para estimar los flujos de GEI en la biomasa muerta (Materia Muerta Seca, MMS) y mantillo, por lo que se optó por considerar estos reservorios en balance (emisiones = remociones).

**Tabla 3. Categorías de reservorios incluidos y excluidos del informe y su razón.**

Uso inicial (1990)	Uso durante el año de reporte	Biomasa viva	MMS	MOS
Tierras Forestales	Tierras Forestales	X	s.d.	X
Tierras Agrícolas	Tierras Forestales	X	s.d.	X
Praderas	Tierras Forestales	X	s.d.	X
Humedales	Tierras Forestales	X	n.s.	X
Asentamientos	Tierras Forestales	n.s.	n.s.	n.s.
Otras Tierras	Tierras Forestales	n.s.	n.s.	n.s.
Tierras Agrícolas	Tierras Agrícolas	s.c.(1)	s.d.	s.c.(1)
Tierras Forestales	Tierras Agrícolas	X	s.d.	X
Praderas	Tierras Agrícolas	X	s.d.	s.c. (1)
Humedales	Tierras Agrícolas	X	n.s.	X
Asentamientos	Tierras Agrícolas	s.c.(1)	s.d.	s.c.(1)
Otras Tierras	Tierras Agrícolas	n.s.	n.s.	n.s.
Praderas	Praderas	s.c.(1)	s.d.	s.c.(1)
Tierras Forestales	Praderas	X	s.d.	X
Tierras Agrícolas	Praderas	X	s.d.	s.c.(1)
Humedales	Praderas	X	n.s.	X
Asentamientos	Praderas	n.s.	n.s.	n.s.
Otras Tierras	Praderas	n.s.	n.s.	n.s.

Humedales	Humedales	s.c.(1)	s.d.	s.c.(1)
Tierras Forestales	Humedales	X	n.s.	X
Tierras Agrícolas	Humedales	n.s.	n.s.	n.s.
Praderas	Humedales	X	n.s.	X
Asentamientos	Humedales	n.s.	n.s.	n.s.
Otras Tierras	Humedales	n.s.	n.s.	n.s.
Asentamientos	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Tierras Forestales	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Tierras Agrícolas	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Praderas	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Humedales	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Otras Tierras	Asentamientos	n.s.	n.s.	n.s.
Otras Tierras	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.
Tierras Forestales	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.
Tierras Agrícolas	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.
Praderas	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.
Humedales	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.
Asentamientos	Otras Tierras	n.s.	n.s.	n.s.

MMS = Materia Muerta sobre el suelo; MOS = Materia Orgánica del suelo; X = incluido en el informe; s.d. = sin datos; n.s. = no significativo; s.c.(1) = sin cambios esperados (Tier 1).

**Tabla 4. Reservorios de carbono considerados por categoría de uso de suelo reportada de 1990 a 2007.**

Uso inicial	Uso durante el año del reporte	Biomasa	Suelo
Tierras Forestales	Tierras Forestales	X	X
Tierras Agrícolas	Tierras Forestales	X	X
Praderas	Tierras Forestales	X	X
Humedales	Tierras Forestales	X	X
Tierras Forestales	Tierras Agrícolas	X	X
Praderas	Tierras Agrícolas	X	X
Humedales	Tierras Agrícolas	X	X
Tierras Forestales	Praderas	X	X
Tierras Agrícolas	Praderas	X	X
Humedales	Praderas	X	X
Tierras Forestales	Humedales	X	
Tierras Agrícolas	Humedales	X	
Praderas	Humedales	X	

La estimación del inventario de emisiones del sector USCUSyS al año 2007 arroja los siguientes resultados generales:

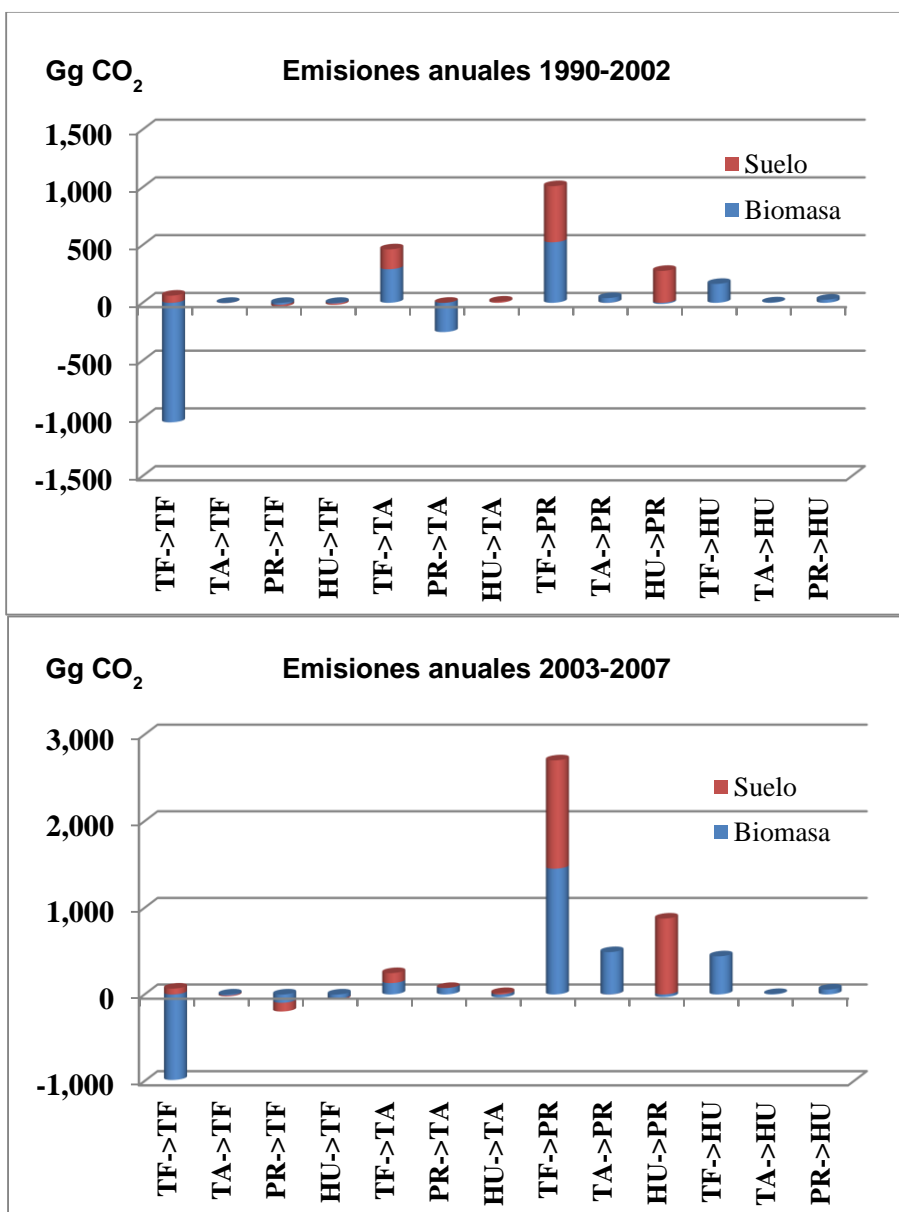
### **Emisiones netas de CO<sub>2</sub> por el uso de suelo y cambio en el uso de suelo**

El sector USCUSyS aporta un total de emisiones de 718 Gg<sup>1</sup> CO<sub>2</sub> por año entre 1990 y 2002 y 3,654 Gg CO<sub>2</sub> por año entre 2003 y 2007 (Figura 3). Las Tierras Forestales que cambian a Praderas fueron las fuentes más importantes de emisiones durante el periodo de análisis entre 1990 y 2002 y entre 2003 y 2007, seguido por Tierras Forestales que cambiaron a Humedales.

La conversión de humedales en general trae como consecuencia una pérdida de carbono orgánico de los suelos.

---

<sup>1</sup> 1 Gg = 1,000 toneladas



**Figura 3. Emisiones y captura anuales en las diferentes categorías de uso de suelo actual e histórico para los periodos 1990-2002 y 2003-2007. Flujos positivos son emisiones, flujos negativos representan captura.**

TF = Tierras forestales, TA = Tierras agrícolas, HU = Humedales y PR = Praderas.

Los flujos aumentaron significativamente en el periodo de 2003 a 2007, debido a que las tasas de cambio de uso de suelo de Tierras Forestales a Praderas aumentaron sustancialmente. Para el mismo periodo se observó un ligero aumento en la categoría Tierras Forestales a Tierras Agrícolas comparado con el periodo 1990 a 2002.

Se generaron estimaciones de emisiones para las siguientes categorías para los años 1990 a 2007 (Tabla 5):

**Tabla 5. Flujos anuales de CO<sub>2</sub> para los periodos 1990-2002 y 2003-2007 en el Sector USCUSyS, separados por biomasa y suelo. Flujos positivos son emisiones, flujos negativos representan remociones.**

TF = Tierras forestales, TA = Tierras agrícolas, HU = Humedales y PR = Praderas.

1990-2002	Biomasa	Suelo
Uso	Gg CO <sub>2</sub> / año	Gg CO <sub>2</sub> / año
TF -> TF	-1,034	62
TA -> TF	-1	-1
PR -> TF	-16	-16
HU-> TF	-5	-2
TF -> TA	291	172
PR -> TA	-253	0
HU-> TA	0	10
TF -> PR	524	486
TA -> PR	41	0
HU-> PR	-9	276
TF-> HU	163	0
TA-> HU	3	0
PR-> HU	27	0
Total	718	
2003-2007	Biomasa	Suelo
Uso	Gg CO <sub>2</sub> / año	Gg CO <sub>2</sub> / año
TF -> TF	-986	67
TA -> TF	-10	-11
PR -> TF	-96	-100
HU-> TF	-47	-5
TF -> TA	131	115
PR -> TA	74	0
HU-> TA	-33	15
TF -> PR	1,451	1,251
TA -> PR	488	0
HU-> PR	-29	876

TF-> HU	440	
TA-> HU	5	
PR-> HU	56	
Total	3,651	3,651

### Emisiones de CO, NH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> por incendios

En México, de acuerdo a las cifras oficiales de la SEMARNAT-CONAFOR, en el periodo de 1990 a 2007 los incendios afectaron 31,216 hectáreas en promedio cada año, de los cuales el 99% son de tipo superficial, con una gran variación anual. En el Estado de Tabasco, las emisiones de GEI derivadas por incendios forestales tanto para el CO<sub>2</sub> como para los gases traza distintos al CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>, CO y N<sub>2</sub>O), se deben principalmente a la quema en selvas bajas primarias y selvas bajas con vegetación degradada. Estos incendios generaron emisiones totales entre 1990 y el 2002 de: 67,476 Mg<sup>2</sup> de CO<sub>2</sub>, 4,922 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CH<sub>4</sub>, 5,768 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CO y 1,991 Mg CO<sub>2</sub>-eq de N<sub>2</sub>O; mientras que para el periodo de 2003-2007 las emisiones promedio anual fueron 49,192 Mg de CO<sub>2</sub>, 4,207 Mg CO<sub>2</sub>eq de CH<sub>4</sub>, 4,903 Mg CO<sub>2</sub>eq de CO y 1,465 Mg CO<sub>2</sub>eq de N<sub>2</sub>O.

Respecto a las emisiones de GEI derivadas de quemas de residuos agrícolas (caña de azúcar), el total de emisiones durante el periodo 1994-2002 fueron de 166,717 Mg de CO<sub>2</sub>, 7,428 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CH<sub>4</sub>, 19,236 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CO y 2,296 Mg CO<sub>2</sub>-eq de N<sub>2</sub>O. Para el caso del periodo 2003-2007 las emisiones promedio anuales fueron de 206,032 Mg de CO<sub>2</sub>, 9,180 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CH<sub>4</sub>, 23,772 Mg CO<sub>2</sub>-eq de CO y 2,837 Mg CO<sub>2</sub>eq de N<sub>2</sub>O. En ambos periodos los municipios de Cárdenas, Huimanguillo y Tenosique concentraron las mayores emisiones de GEI.

<sup>2</sup> Mg = Mega gramo = 1 x 10<sup>6</sup> gramos = 1 tonelada métrica

### **Emisiones en el subsector ganadero**

En el sureste de México, Tabasco ha sido uno de los estados con mayor dinamismo en la actividad ganadera de bovinos de carne. En los últimos cinco años, ha sido seriamente afectado por inundaciones y sequías, las cuales han impactado en los sistemas de producción pecuarios disminuyendo las existencias ganaderas, aspecto que ha repercutido en el patrón estatal de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Durante el periodo de estudio (1990-2008) la población de animales domésticos (bovinos de carne y leche, ovinos y porcinos) en Tabasco ha sido de 1,953,917 cabezas/promedio/año, siendo la ganadería bovina de carne la predominante (1,581,602 cabeza/promedio/año). Hay indicadores que muestran que en los últimos años, la población bovina ha disminuido debido posiblemente a las contingencias climáticas.

En el periodo 1990–2007 las emisiones anuales de GEI en el sector pecuario de Tabasco fueron de 2,287 a 1,916 Gg de CO<sub>2</sub>-eq; el promedio anual fue de 2,113 Gg de CO<sub>2</sub>-eq. Estas emisiones provienen principalmente de la fermentación entérica (ganadería bovina de carne y leche).

El principal factor que genera incertidumbre en este sector es la escasa información censal en el estado de Tabasco. Ésta requiere mayor calidad e información agregada por regiones económicas y/o agrícolas. Se requiere mayor información sobre nuevos sistemas de producción emergentes en Tabasco, como la actividad ovina y avícola, los cual pueden ser importantes emisores de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

### **Emisiones de GEI en el subsector agrícola**

Las emisiones de los GEI relacionados con la agricultura constituyen una importante proporción de las emisiones totales en el estado de Tabasco, ya que este estado es eminentemente agrícola y ganadero. En el periodo 1990 – 2007 las emisiones de GEI en el sector agrícola del estado de Tabasco, fueron de 870 a 1240 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente por año, con mayor emisión en



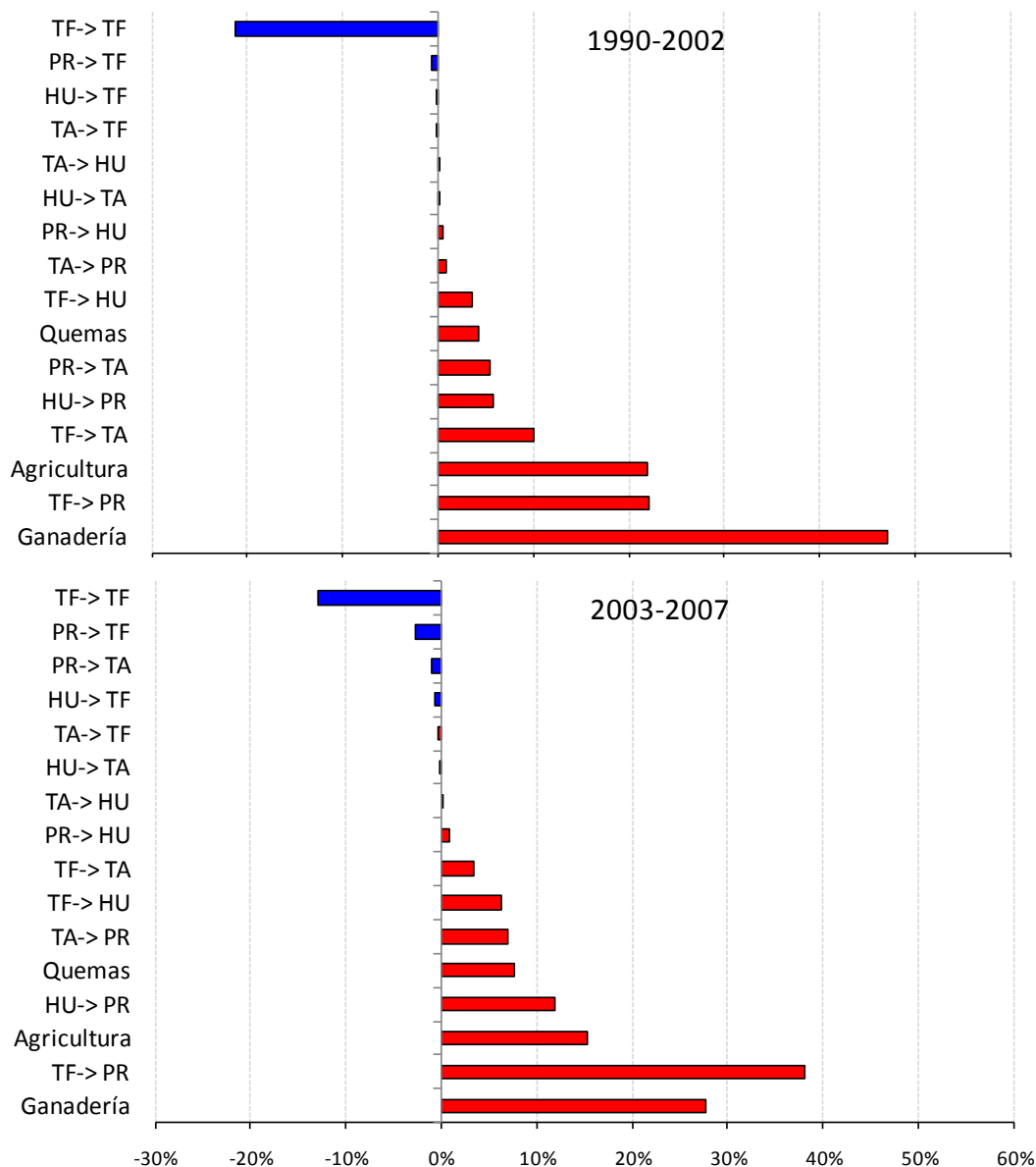
el año 2001. El promedio de emisiones importantes de GEI en el subsector agrícola son las emisiones de óxido nitroso provenientes de la aplicación de fertilizantes de residuos de cultivos, estiércol de animales y la quema de rastrojos. Los suelos agrícolas emiten óxido nitroso debido a la aplicación de fertilizantes comerciales nitrogenados y estiércol, al cultivo de especies fijadoras de nitrógeno, y a la descomposición de los rastrojos de los cultivos. El N<sub>2</sub>O es el gas dominante de efecto invernadero emitidos por el subsector agrícola en el estado de Tabasco, que representa 78.2% del total de emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>, seguido por el CO con un 11.7% de las emisiones totales en CO<sub>2</sub> equivalente. CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> representan un 7.4%, 1.3% y 1.3% de emisiones total respectivamente.

#### **Contribución proporcional de los diferentes componentes del sector USCUSYS a las emisiones de GEI.**

Las emisiones netas anuales totales del sector USCUSyS suma 4,577 Gg CO<sub>2</sub>-eq entre 1990-2002 y aumentaron a 7,079 Gg CO<sub>2</sub>-eq entre 2003-2007. Las fuentes más importantes de emisiones de GEI se derivan de la actividad ganadera (manejo de estiércol y fermentación entérica) y del cambio de uso de suelo de selvas a pastizales, seguida por las emisiones derivadas de la agricultura. Por otro lado, el sector forestal ha sido un sumidero durante el periodo de análisis, siempre y cuando se transfieran las emisiones generadas por los cambios de uso de suelo de selvas a pastizales al sector ganadero y de selvas a agricultura al sector agrícola (Tabla 6 y Figura 4).

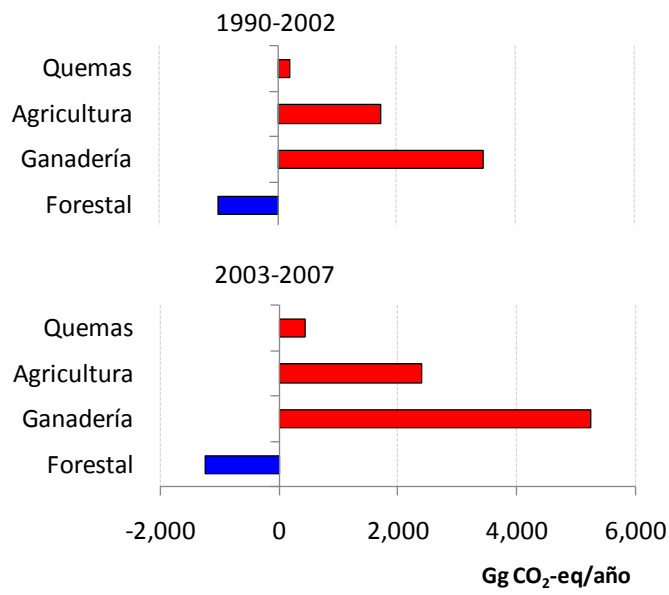
**Tabla 6. Emisiones anuales de GEI (en mg CO<sub>2</sub>-eq/año) de los diferentes componentes del Sector USCUSyS entre 1990-2002 y 2003-2007.**

Componente de AFOLU	Flujos anuales (en Mg CO <sub>2</sub> -eq/año)	
	1990-2002	2003-2007
Ganadería	2,153,280	1,957,220
TF-> PR	1,009,735	2,702,118
Agricultura	1,005,153	1,078,685
HU-> PR	462,834	846,597
Quemas	266,974	540,244
TA-> PR	252,799	488,288
TF-> HU	194,631	439,527
TF-> TA	163,414	245,955
PR-> HU	40,637	56,288
TA-> HU	26,662	4,630
HU-> TA	10,496	-17,341
TA-> TF	3,435	-21,734
HU-> TF	-2,376	-51,964
PR-> TA	-7,009	-74,038
PR-> TF	-31,915	-196,109
TF-> TF	-972,219	-919,239
<b>Total</b>	<b>4,576,531</b>	<b>7,079,127</b>



**Figura 4. Contribución proporcional de emisiones de GEI de los diferentes componentes del Sector USCUSyS entre 1990-2002 y 2003-2007 (en % del flujo total neto de CO<sub>2</sub>-equivalente).**

Las emisiones anuales de GEI entre 2003-2007 aumentaron en un 55% en comparación con el periodo de 1990-2002, principalmente por los aumentos de emisiones de la ganadería (51%), quemas (126%) y agricultura (38%), mientras la captura de CO<sub>2</sub> en el sector forestal aumentó en 22% en el mismo período (Figura 5).



**Figura 5. Contribución de los Sectores Ganadero, Agrícola y Forestal y Quemadas a las emisiones (rojo) y remociones (azul) de GEI en Gg CO<sub>2</sub>-eq/año.**

## **EMISIONES DE LOS SECTORES ENERGÍA, RESIDUOS E INDUSTRIA**

### **SECTOR ENERGÍA**

De acuerdo con la metodología del IPCC, las emisiones de GEI se calculan en general, como el producto de determinada actividad por un factor de emisión. La actividad, en la mayoría de los casos, se presenta como la quema de combustibles fósiles o el consumo de energía para determinado sector. A continuación se muestran los resultados de GEI, por el consumo de combustibles fósiles en el estado de Tabasco.

### **Estimación de las emisiones de GEI por la Industria del Petróleo y Gas Natural en el Estado de Tabasco**

La Secretaría de energía (SENER), el Sistema de Información Energética (SIE) y los Anuarios Estadísticos de PEMEX, proporcionan información estadística de interés para las estimaciones de GEI del Sector Energía

#### **Consumo de combustibles fósiles**

Tabasco aporta a nivel nacional el 21.3% de la producción de gas natural y el 13.7% de petróleo crudo, productos que son generados por dos subsidiarias Gas y Petroquímica Básica y Exploración y Producción. En la Tabla 7 se muestra la producción de petróleo crudo producido en Tabasco en miles de barriles diario (mbd) para los años del 2005 al 2009 por tipo de Campo de Producción.

En la Tabla 8 se muestran las emisiones estimadas de CO<sub>2</sub> de acuerdo a los cálculos realizados en el software IPCC 1996. Se observa (Tabla 8) que las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del año 2005 al 2009 son estables con un promedio de  $33 \pm 1.20$  Gg. Destacan en mayores emisiones Puerto Ceiba, Jujo y el Samaria. A continuación Figura 6 se muestran las emisiones de

CO<sub>2</sub> por campo de producción del 2005 al 2009 respectivamente.

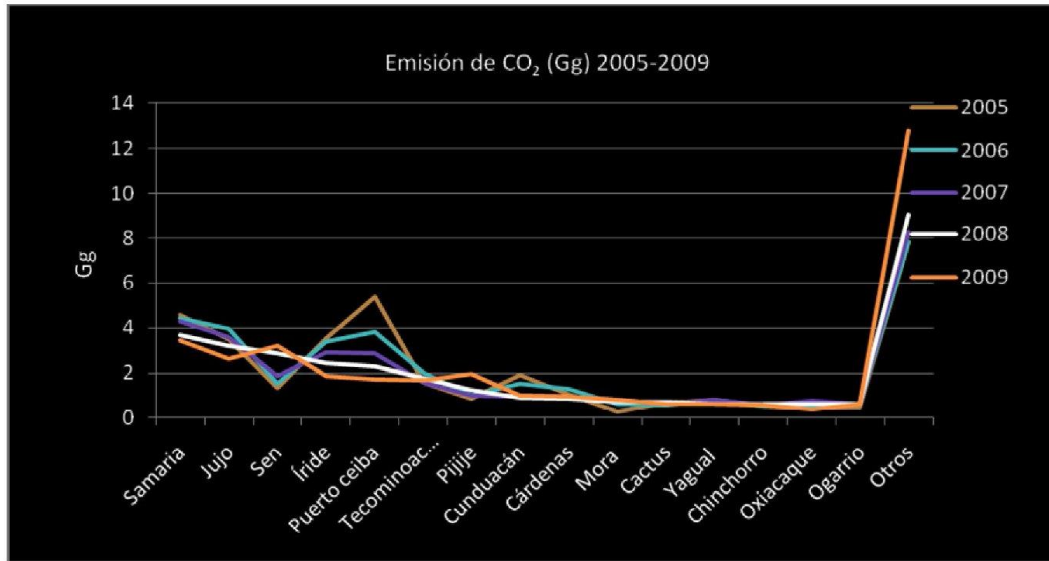
**Tabla 7. Petróleo crudo producido (mbd) en Tabasco**

Petróleo crudo producido por Campo (mbd)	2005	2006	2007	2008	2009
Samaria	65.482	63.602	61.615	52.636	49.193
Jujo	49.674	56.367	51.28	45.465	37.232
Sen	18.776	21.544	26.591	40.778	45.964
Íride	50.435	48.408	41.497	34.454	26.325
Puerto Ceiba	77.305	54.413	41.017	32.581	24.448
Tecominoacán	22.344	28.899	22.608	25.444	24.196
Pijije	12.523	14.521	14.422	17.713	28.155
Cunduacán	27.277	21.498	13.89	12.751	13.976
Cárdenas	15.018	18.381	13.942	12.526	13.68
Mora	4.31	8.664	11.569	10.23	11.297
Cactus	9.2	8.408	8.705	9.876	8.868
Yagual	11.737	10.809	11.374	9.142	9.092
Chinchorro	7.654	7.371	7.96	8.574	8.058
Oxiacaque	6.173	7.768	11.183	8.56	5.167
Ogarrio	6.885	8.628	9.145	8.532	8.969
Otros	111.766	112.04	118.444	129.394	183.131
<b>Total</b>	<b>488.905</b>	<b>491.321</b>	<b>465.242</b>	<b>458.656</b>	<b>497.751</b>

**Tabla 8. Emisión de CO<sub>2</sub> (Gg) por producción**

Campos de producción	Emisión de CO <sub>2</sub>				
	2005	2006	2007	2008	2009
Samaria	4.58	4.45	4.31	3.68	3.44
Jujo	3.47	3.94	3.59	3.18	2.60
Sen	1.31	1.51	1.86	2.85	3.21
Íride	3.53	3.38	2.90	2.41	1.84
Puerto Ceiba	5.41	3.80	2.87	2.28	1.71
Tecominoacán	1.56	2.02	1.58	1.78	1.69
Pijije	0.88	1.02	1.01	1.24	1.97
Cunduacán	1.91	1.50	0.97	0.89	0.98
Cárdenas	1.05	1.29	0.97	0.88	0.96
Mora	0.30	0.61	0.81	0.72	0.79
Cactus	0.64	0.59	0.61	0.69	0.62
Yagual	0.82	0.76	0.80	0.64	0.64
Chinchorro	0.54	0.52	0.56	0.60	0.56
Oxiacaque	0.43	0.54	0.78	0.60	0.36
Ogarrio	0.48	0.60	0.64	0.60	0.63
Otros	7.81	7.83	8.28	9.05	12.80
<b>Total</b>	<b>34.18</b>	<b>34.35</b>	<b>32.53</b>	<b>32.07</b>	<b>34.80</b>

La Figura 6 muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) originadas por la producción de petróleo en los diferentes campos de explotación. Se observa que las mayores emisiones se dan en Puerto Ceiba y en otros Pozos de Producción no identificados pero que aparecen definidos así en los anuarios estadísticos de PEMEX.



**Figura 6. Emisión de CO<sub>2</sub> (Gg) por producción de crudo por campos 2005-2006**

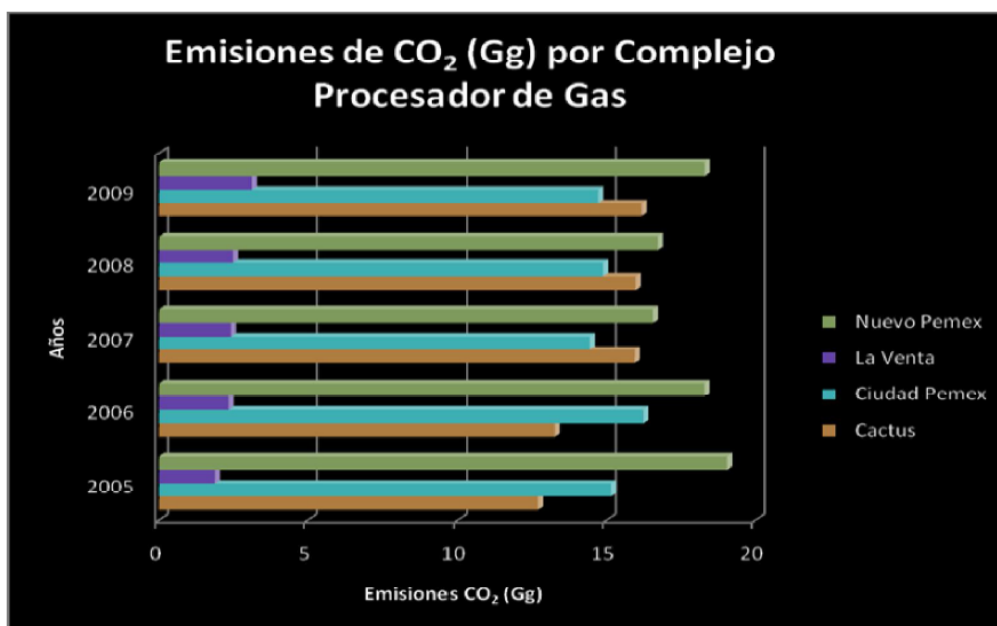
En la Tabla 9, se indica la producción de miles de pies cúbico diarios (mpcd) de gas natural seco del año 2005 al 2009, de los centros procesadores de gas ubicados en el estado de Tabasco y lugares cercanos.

**Tabla 9. Producción de gas natural seco en miles de pies cúbico diarios (mpcd).**

Producción de gas seco						
Centros procesadores de gas natural seco		2005	2006	2007	2008	2009
<b>(mpcd)</b>						
Producción Total		2,397.8	2,464.2	2,426.0	2,461.2	2,571.2
Cactus		624.2	651.6	783.7	785.4	795.1
Ciudad Pemex		744.9	798.1	709.7	732.0	723.3
La Venta		92.2	115.3	118.6	122.2	153.3
Nuevo Pemex		936.5	899.2	814.0	821.6	899.5

Con los datos anteriormente reportados se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub>, generadas durante la producción de gas seco, como se muestra en la Figura 7.





**Figura 7 . Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) por fuentes energética por producción gas natural seco del año 2005-2009.**

Se observa en la Figura 7 que las emisiones de GEI son mayores en el Complejo Petroquímico de Nuevo Pemex (16.65-19.04 Gg CO<sub>2</sub>), seguido por el Cd. Pemex (14.43-15.15 Gg de CO<sub>2</sub>), y Cactus (12.69-16.17 Gg de CO<sub>2</sub>), el que emite menos CO<sub>2</sub> es el Complejo de la Venta.

#### **Emisiones fugitivas de metano**

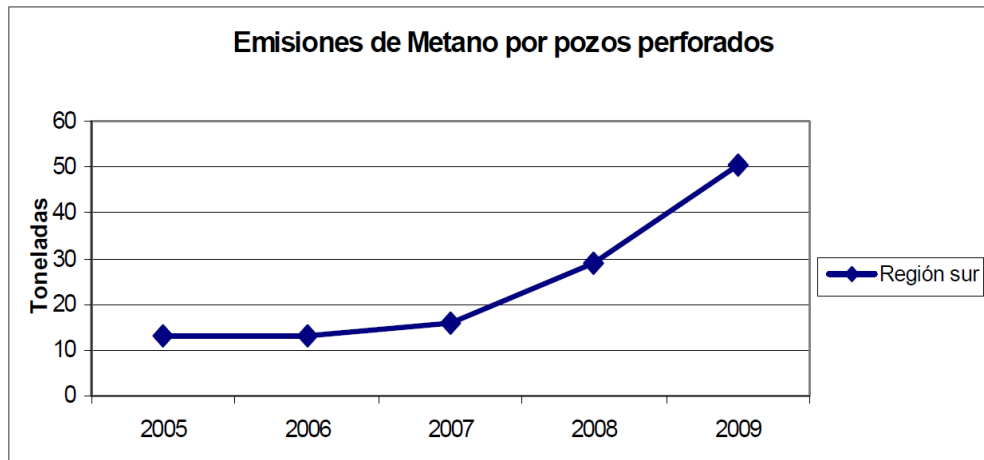
- Por las actividades del petróleo y gas natural.

A continuación se presentan los resultados para las emisiones fugitivas, considerando los datos de actividad tales como número de pozos perforados, producción de petróleo crudo, producción/procesamiento de gas y transmisión y distribución de gas natural. En la Tabla 10 se indican el número de pozos perforados del año 2005-2009 en la Región Sur.

**Tabla 10. Número de pozos perforados**

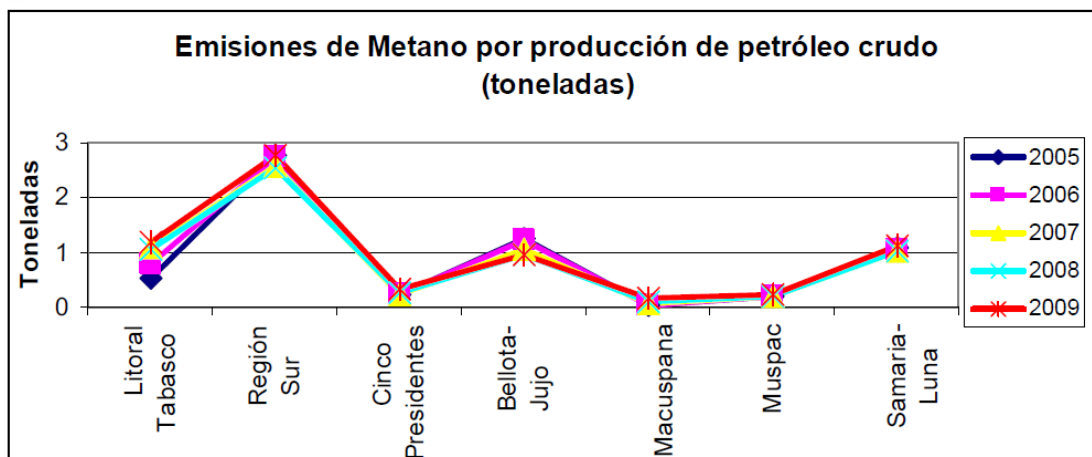
Pozos terminados					
Por resultado	2005	2006	2007	2008	2009
Exploración					
Región Sur	5	5	6	11	19
Crudo	3	2	4	4	8
Gas	0	0	0	0	0
Improductivo	2	3	2	7	11

En la Figura 8 se muestran las emisiones de metano por la actividad de perforación de pozos en toneladas. Se observa que las emisiones de CH<sub>4</sub>, aumentaron del año 2005 al 2009 en un 37%, con valores que fluctuaron de 0.0325 – 0.05035 Gg de CO<sub>2</sub>.



**Figura 8.- Emisiones de Metano (toneladas) por la perforación de pozos en la Región Sur.**

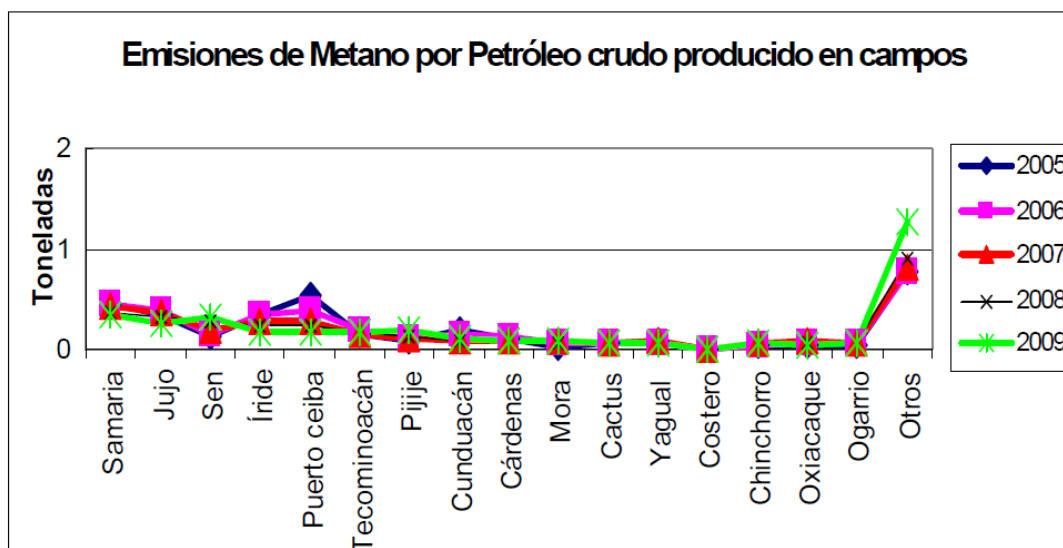
Las emisiones de metano por la actividad de petróleo crudo en los diferentes activos de producción se muestran en la Figura 9, se observa que la Región Sur emite más CH<sub>4</sub>, comparado con el Litoral de Tabasco.



**Figura 9. Emisiones de metano (toneladas) por la producción de petróleo crudo.**

Se observa que el Activo Bellota Jujo y el Litoral de Tabasco aportan más emisiones de CH<sub>4</sub> seguidos por el Samaria Luna, con menor aportación de CH<sub>4</sub>, se encuentra el activo de Macuspana y el Muspac.

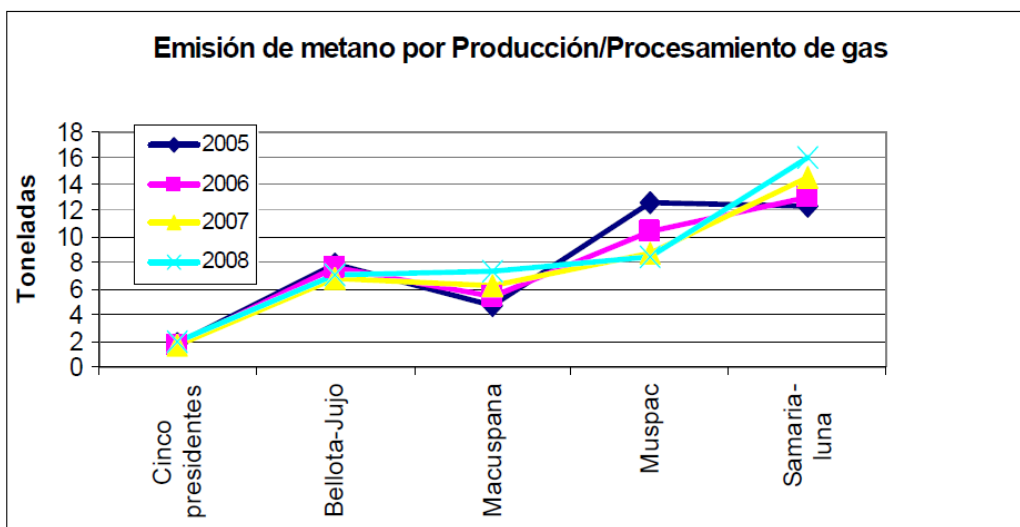
En la Figura 10 se muestran las emisiones de metano originadas por las actividades de extracción del petróleo crudo en los diferentes campos de producción.



**Figura 10. Emisiones de CH<sub>4</sub> en campos de PEMEX (2005-2009)**

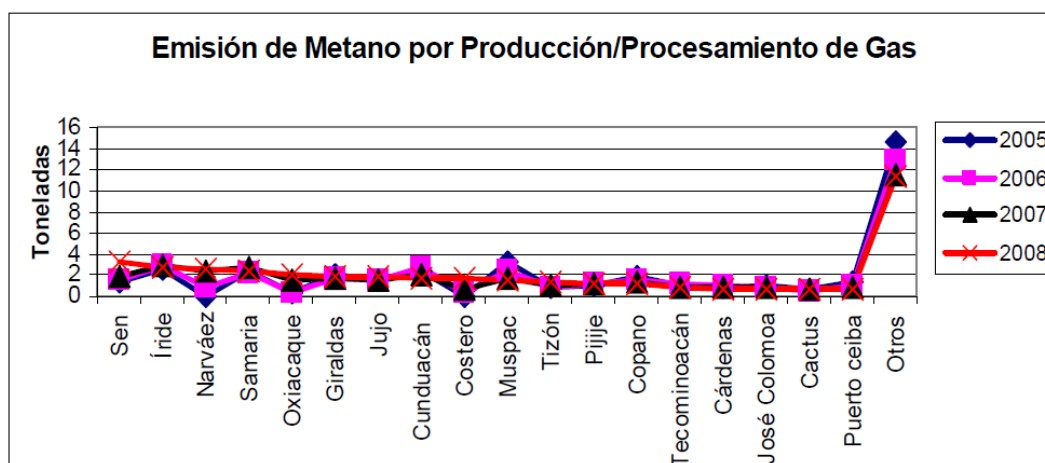
En la Figura 11 se muestran las emisiones de metano por la actividad de petróleo crudo en los diferentes campos de producción, se observa que el

Samaria Luna es el que más emite CH<sub>4</sub> a la atmósfera, seguido por el Muspac y el Bellota-Jujo.



**Figura 11.- Emisión de metano por la Producción/procesamiento de gas en los activos de producción de 2005-2008.**

En la Figura 12 se muestran las Emisiones de CH<sub>4</sub> por la actividad de producción/procesamiento de gas en campo, se observa una tendencia constante de las emisiones con respecto a los años del 2005 al 2009, con un marcado incremento en los otros pozos reportados.

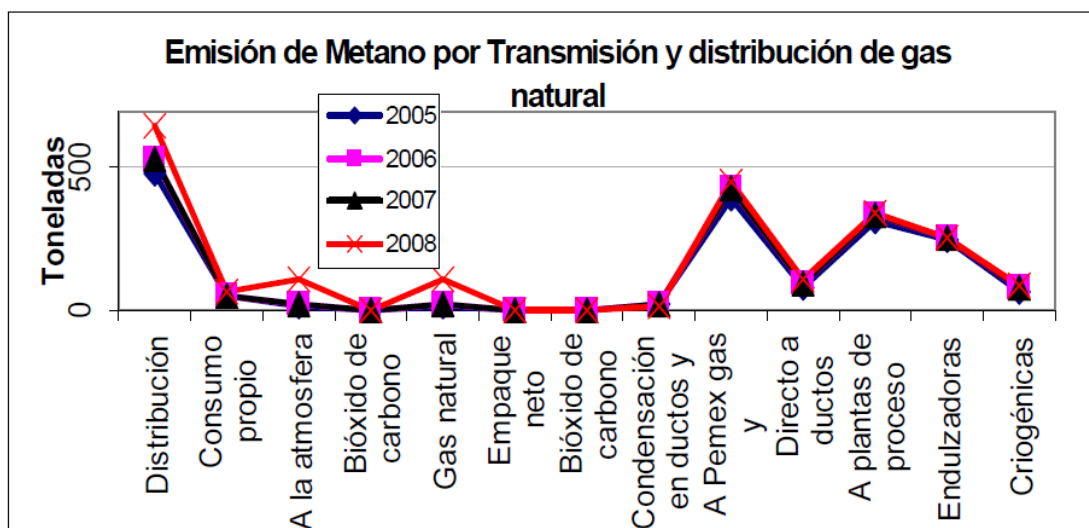


**Figura 12. Emisiones de metano por la actividad de producción/procesamiento de gas en campos seleccionados.**

En la Tabla 11 y Figura 13 se muestran las emisiones de metano por la actividad de Transmisión y Distribución de gas natural. Se observa que las mayores emisiones de metano las tiene Pemex Gas y Petroquímica Básica, Plantas de Proceso y Endulzadoras seguido por el transporte a través de ductos y las Plantas Criogénicas.

**Tabla 11. Emisiones de metano por la actividad de Transmisión y Distribución de gas natural.**

Transmisión y Distribución de gas natural	EMISIÓN de METANO (Toneladas)			
	2005	2006	2007	2008
Distribución	481.83	529.10	529.10	648.59
Consumo propio	49.76	53.55	53.55	68.28
A la atmósfera	15.94	23.03	23.03	108.46
Bióxido de carbono	1.29	1.21	1.21	1.05
Gas natural	14.65	21.82	21.82	107.41
Empaque neto	-1.53	0.24	0.24	-0.72
Bióxido de carbono inyectado a yacimientos	1.85	0.72	0.72	0.40
Condensación en ductos y plantas	19.32	21.50	21.50	18.12
A Pemex Gas y Petroquímica Básica	396.40	429.98	429.98	453.97
Directo a ductos	80.36	92.76	92.76	111.28
A plantas de proceso	316.12	337.22	337.22	342.69
Endulzadoras	251.06	254.60	254.60	256.86
Criogénicas	64.98	82.53	82.53	85.83
<b>Total</b>	<b>1692.05</b>	<b>1848.25</b>	<b>1848.25</b>	<b>2202.22</b>



**Figura 13. Emisiones de metano por la actividad de Transmisión y distribución de gas natural.**

### 1.3.2. Fuentes Móviles

La flota vehicular en el estado de Tabasco para el año base 2005 (INEGI 2005) registrado en circulación para el transporte por carretera (del sector oficial, público y privado) fue en total de 250,576 unidades vehiculares de los cuales 151,743 son automóviles; 82,555 son camiones de carga; 2,877 son camiones de pasajero y 13,398 son motocicletas. Para el año 2009, fueron registradas 358,228 unidades; de los cuales 213,457 son automóviles; 2,298 son autobuses de pasaje; 10,460 camiones y camionetas de carga y 32,013 motocicletas.

El transporte ferroviario en Tabasco; el Ferrocarril del Sureste, quien es el operario de la red ferroviaria del estado, cuenta con estaciones en los municipios de Huimanguillo, Teapa, Tacotalpa, Macuspana, Tenosique y Balancán. Las estaciones más importantes por su movimiento son: Villa Chontalpa, Teapa, Macuspana, Tenosique de Pino Suárez y Villa El Triunfo y en el 2005 contaba con 1,178 locomotoras y 26,662 kilómetros de longitud de red ferroviaria y para el 2009 disminuyeron con 1,160

locomotoras y 26,705 kilómetros de red ferroviarias.

La aviación nacional solo se considera, los vuelos nacionales y en el caso del tipo de embarcaciones el número de unidades destinadas a navegación nacional. El transporte por tubería como se considera en emisiones fugitivas por el manejo y liberación de gas natural solo se estima un contaminante, el CO<sub>2</sub>.

Los datos de consumo de combustible debido a fuentes móviles para cada año fueron obtenidos del anuario estadístico del INEGI, que se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12. Consumo anual de combustible en miles de barriles.**

Tipo de	Consumo de combustible (Mbl/año)				
	2005	2006	2007	2008	2009
Gas licuado de petróleo	114,480.44	111,546.46	102,674.58	106,433.76	109,792.00
Gasolinas(a)	245,559.22	262,589.35	277,979.92	289,591.94	289,492.51
Turbosina	23,100.36	23,652.36	208,415.00	23,367.41	24,199.50
Diesel	116,842.41	125,872.88	130,808.20	139,418.14	131,026.05
Gas natural para autotransporte	18,943.50	20,695.50	20,148.00	20,038.50	20,732.00
Gasolina avionetas	62780.00	65846.00	77708.50	86468.50	94352.50
Gas Natural por tubería	960,826.00	1,078,648.00	1,122,776.50	1,122,156.00	1,149,932.50

(a). Son todas las gasolinas (magna, Premium, etc.) utilizada por transporte por carretera en el estado.

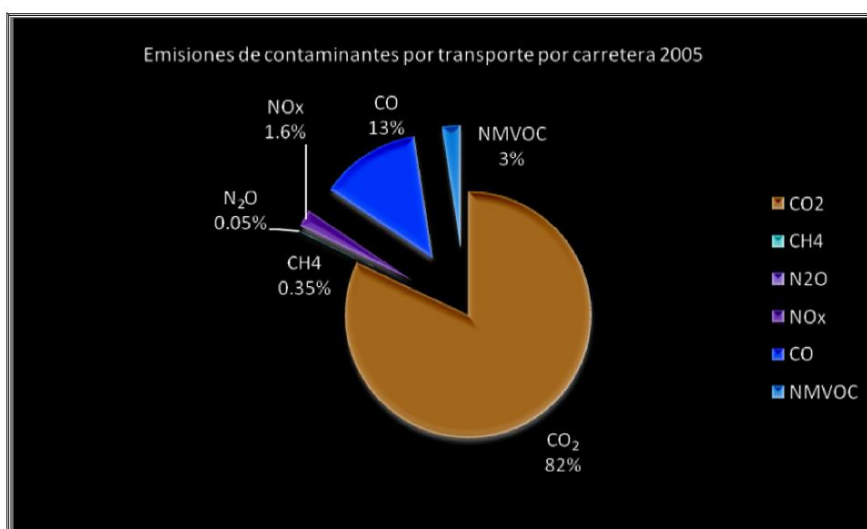
Las emisiones de GEI (Gg) por tipo de (Tabla 13), derivadas de las fuentes móviles para los años 2005 al 2009. En la Figura 14, se muestra los porcentajes de cada contaminante para el año 2005.

**Tabla 13. Emisiones de GEI (Gg) para los años 2005 al 2009**

año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	C	COVDM
2005	2,433.13	0.94	0.13	28.15	22.43	3.49
2006	2,179.83	0.83	0.122	24.63	20.70	3.26
2007	2,514.73	0.96	0.129	28.63	22.71	3.54
2008	3,019.27	1.19	0.158	35.30	31.85	1.73
2009	3,027.24	1.18	0.158	35.33	31.86	5.1

Con el objeto de representar en forma clara la interpretación de esta información se muestran los resultados en las Figuras 14 a la 15 de las emisiones de gases contaminantes por tipo de transporte, ya que en la generación de las emisiones totales de contaminantes, no todo el transporte contribuye de manera uniforme.

Algunos tienen mayor aportación de contaminantes debido a los procesos que tienen en la quema de combustible para su traslado, por lo tanto es importante conocer cuáles contaminantes están en mayor proporción por tipo de transporte.

**Figura 14 . Emisiones de contaminantes por transporte por carretera en el 2005.**

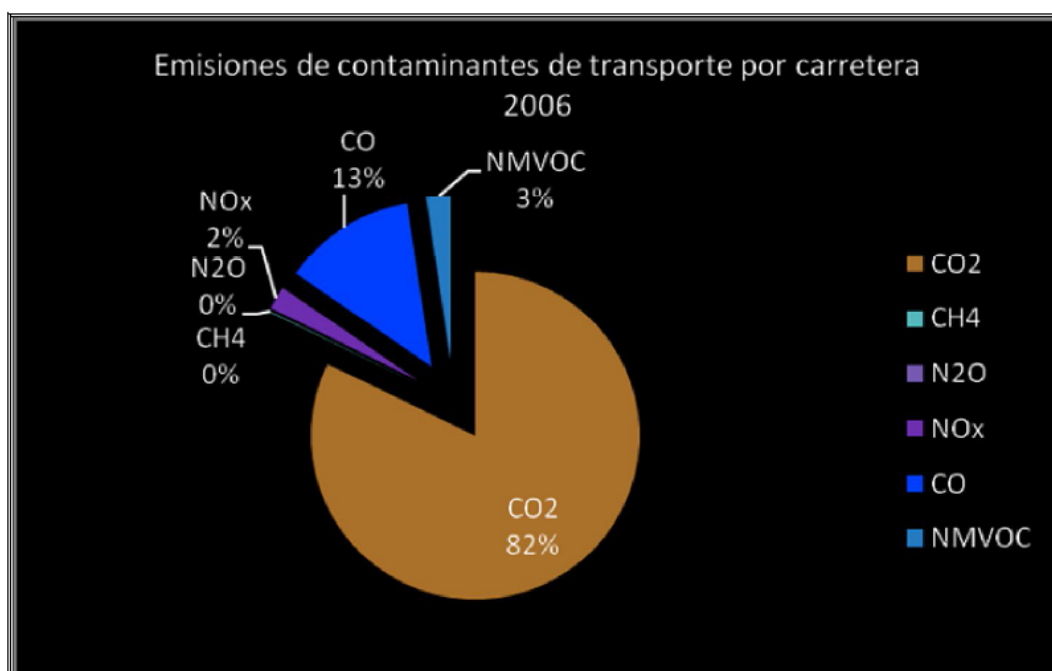


Como se observa en la Figura 14, el gas más contaminante por el transporte por carretera es el CO<sub>2</sub> con un 82% de las emisiones, seguido del CO con el 27.23%, con menor porcentaje de emisiones están los NO<sub>x</sub> y los COVDM con un 9% cada uno, seguido por N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> con menos del 1% respectivamente.

Para la Aviación el contaminante que se emite en mayor proporción es el CO<sub>2</sub> con el 99% del total, seguida de CO, NMVOC, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> con menos del 1% por cada contaminante.

El transporte ferroviario emite en mayor cantidad de CO<sub>2</sub>, con un 98% del total de contaminantes, seguido por NO<sub>x</sub> con 1.22% y con menos del 1% los siguientes gases CO, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>.

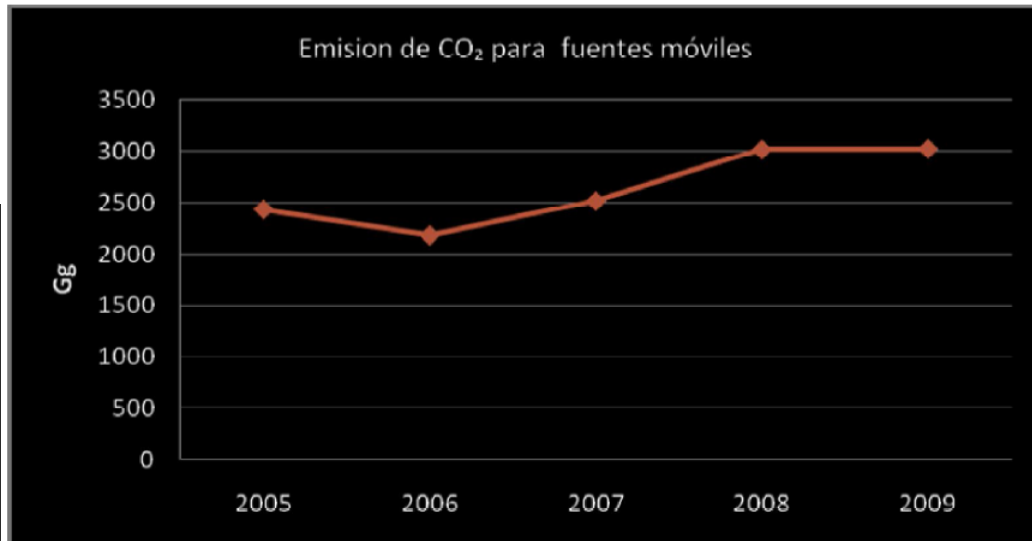
El transporte por tubería solo se toma como emisiones fugitivas de CO<sub>2</sub> debido a que se libera gas natural en los pozos asociados de petróleo.



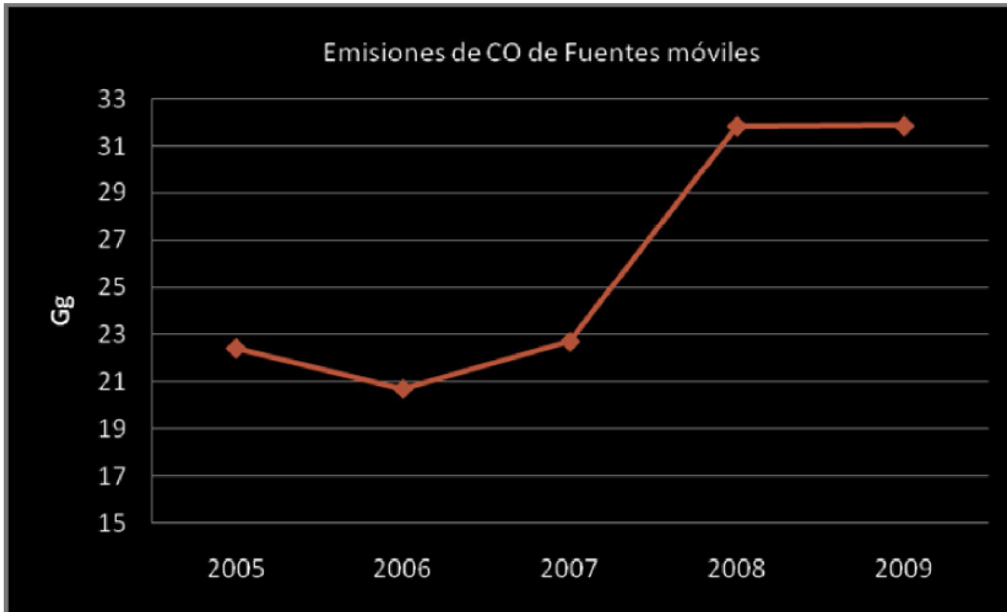
**Figura 15. Emisiones de contaminantes por transporte por carretera en el 2006.**

En similar proporción de emisiones de gases del año base 2005 para el 2006, 2007, 2008 y 2009. En las Figuras 16 a la 20 se representa cada tipo de gas contaminante por el periodo de estudio.

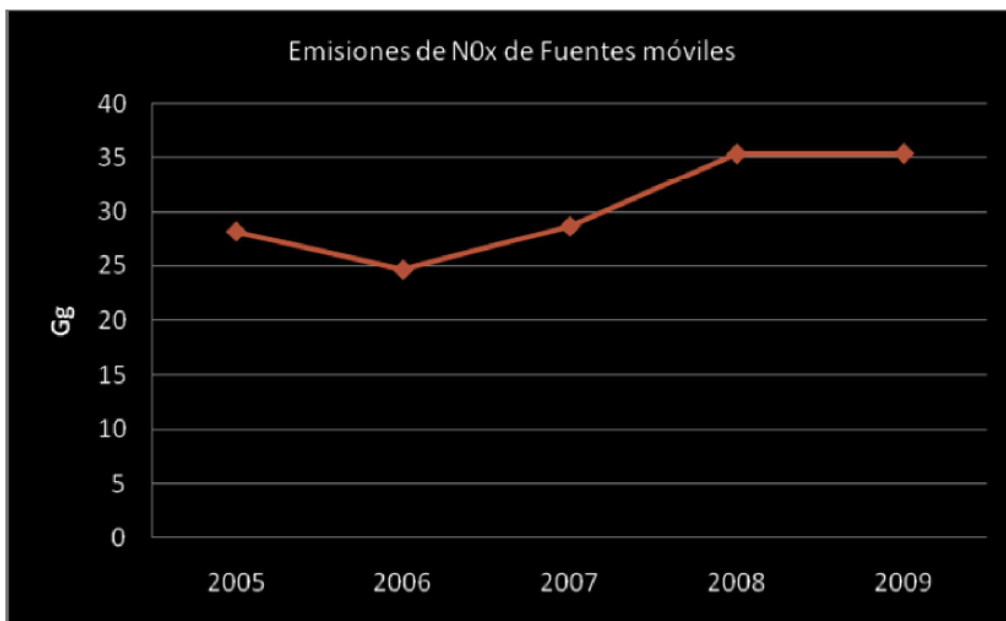
En la Figura 16 se observan las emisiones de CO<sub>2</sub> del 2005 al 2009. Este gas es el que más se emite por fuentes móviles, con un 82% de las emisiones anual reportadas. Seguido por el CO y los NO<sub>x</sub> con un 13% (Figura 17 y 18). Los gases que se emite en menor cantidad pero no menos importante son el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O estos se observa en la Figuras 19 y 20 respectivamente.



**Figura 16. Emisiones de CO<sub>2</sub> para los años 2005 al 2009.**



**Figura 17. Emisiones de CO para los años 2005 al 2009.**



**Figura 18. Emisiones de NO<sub>x</sub> para los años 2005 al 2009.**

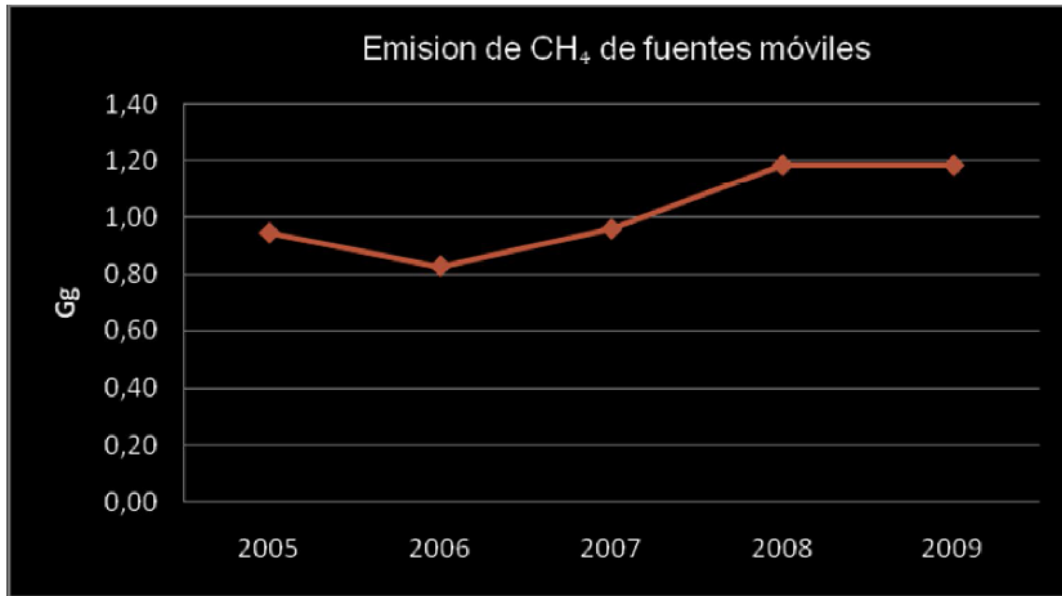


Figura 19. Emisiones de CH<sub>4</sub> para los años 2005 al 2009.

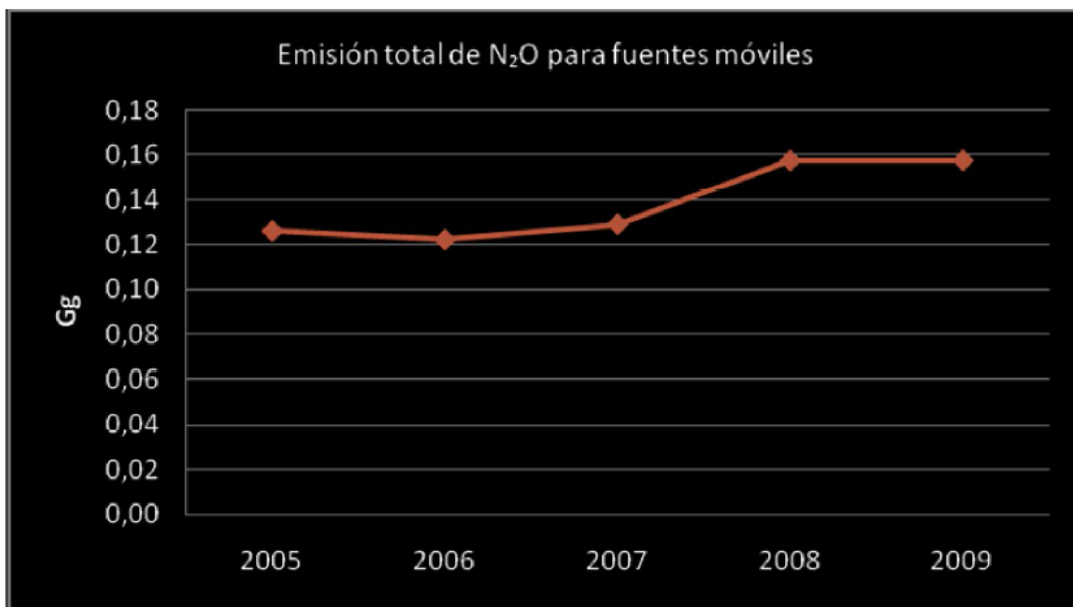
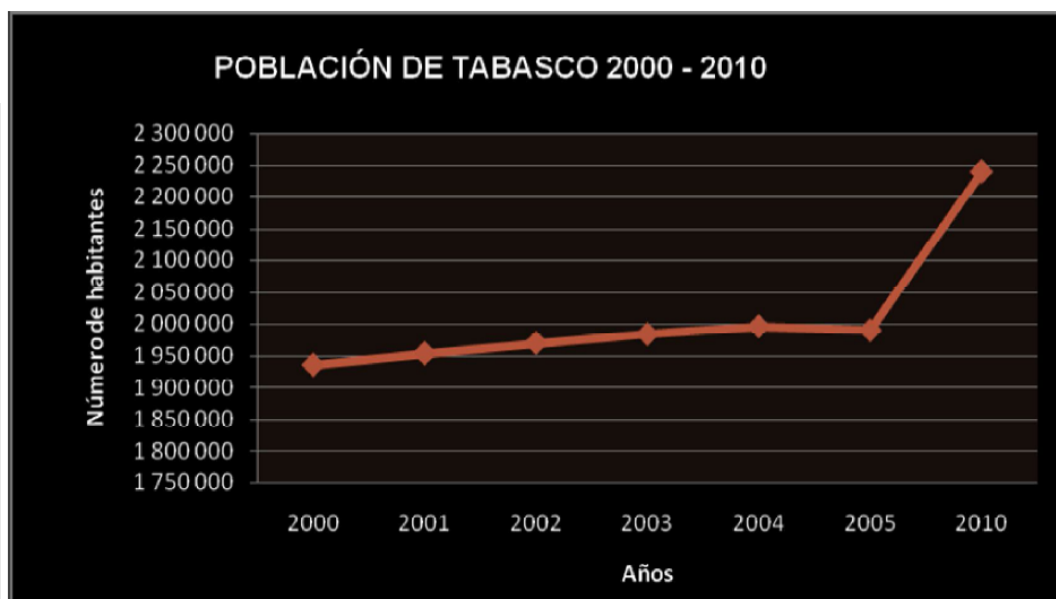


Figura 20. Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) por fuentes móviles 2005-2009.

Se observa que el CO<sub>2</sub> es el gas de efecto invernadero emitido en mayor proporción por las fuentes móviles en el estado de Tabasco.

### Subsector Residencial, Comercial e Institucional

La población en el estado de Tabasco a partir del año 2005 era de 1'989,696 que representa el 1.9% del total del país, de los cuales 1'012,184 son eran mujeres y 977,785 eran hombres (INEGI 2005). Tabasco ocupa el lugar 20 a nivel nacional por su número de habitantes. El sector de actividad que más aporta al PIB estatal son los servicios comunales, sociales y personales los cuales hacen la aportación al PIB Nacional del 1.3%. En la Figura 21 se muestra la tendencia del crecimiento poblacional del año 2000 al 2010.



**Figura 21. Datos de Población del Estado de Tabasco 2000 al 2010.**

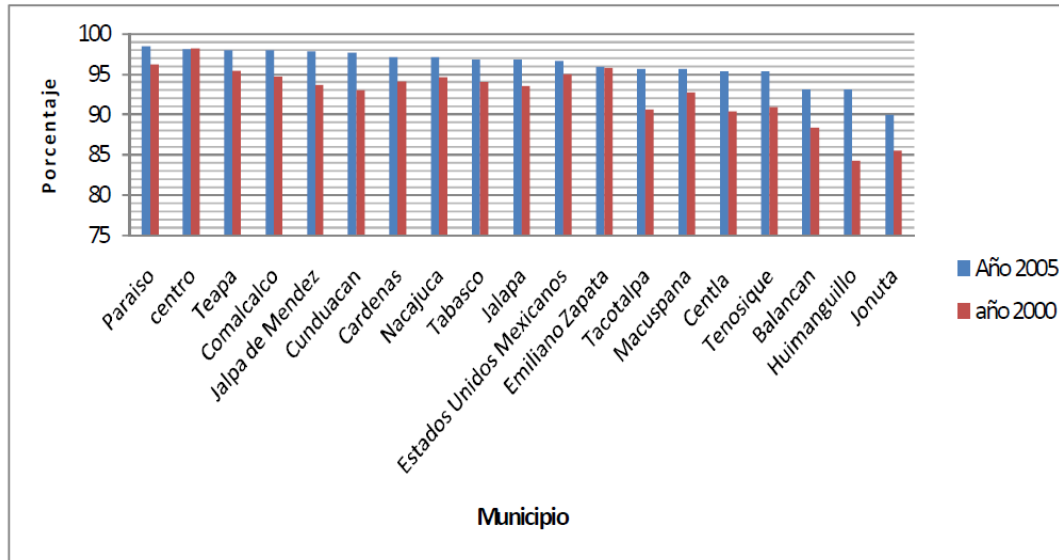
En el estado de Tabasco, en el periodo comprendido entre 2000 y 2005, se registra una tasa media de crecimiento anual de 0.90%, la cual es inferior a la que se presenta en el contexto nacional, de 1.02 por ciento. El ritmo de crecimiento de la población en los municipios del estado, muestra matices muy contrastantes, de los 17, en nueve el ritmo de crecimiento es

menor que el estatal (0.90%), y disminuye en forma significativa hasta presentar en tres municipios, tasas con valores negativos, de los cuales, Balancán registra una mayor desaceleración, de 0.40 por ciento (INEGI, 2005).

Sin embargo en el año 2010 se observa un aumento del 89.64% de la población. El aumento poblacional ocasiona un mayor consumo de energía, de alimentos, combustible, biomasa, etc. Como consecuencia provoca el aumento de Gas de Efecto Invernadero generados por los Sectores Residencial, Comercial e Institucional a causa de las actividades cotidianas.

## **Vivienda**

Según resultados del conteo 2005, en Tabasco hay 467,229 viviendas particulares, de las cuales: 452,319 cuentan con energía eléctrica, esto es el 96.8% y a nivel nacional es de 96.6%. Al revisar los porcentajes de este servicio a nivel municipal, resulta que nueve municipios superan el valor nacional y ocho el estatal, de los cuales destacan Paraíso y Centro, con cifras que superan el 98%. Por lo contrario, Balancán, Huimanguillo y Jonuta, son los de mayor rezago en energía eléctrica, éste último con valor de 90%. En el último quinquenio, este servicio se ha incrementado en casi todos los municipios, registrándose el mayor valor en Huimanguillo con 8.8 puntos porcentuales; le siguen Balancán y Cunduacán con 4.7 puntos, respectivamente (Figura 22).



FUENTE: INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000, y II Conteo de Población y Vivienda 2005.

**Figura 22. Datos de Población del Estado de Tabasco con servicio de electricidad.**

### Combustibles

Los combustibles que se consumen en el Sector Residencial de Tabasco son la Leña y el gas LP se utilizan para realizar las actividades en el hogar; como cocción de alimento y calentamiento de agua (INEGI, 2010).

La utilización de estos energéticos depende de la accesibilidad de distribución, nivel económico y recursos naturales con los que el Estado cuenta, por consiguiente se realiza un análisis de las viviendas y el tipo de combustible que utilizan (Tabla 14).

**Tabla 14. Vivienda de Tabasco que utilizan gas LP o leña en el 2010.**

Municipio	Viviendas que utilizan gas LP	Viviendas que utilizan Leña
Balancán	7,817.16	7,215.84
Cárdenas	40,131.16	20,125.838
Centla	11,031.00	13,319.997
Centro	169,960.27	3,645.726
Comalcalco	24,725.99	22,015.011
Cunduacán	17,433.94	13,922.064
Emiliano Zapata	63,88.48	1,547.52
Huimanguillo	25,601.25	16,925.746
Jalapa	6,859.26	2,447.741
Jalpa de Méndez	12,137.03	7,597.975
Jonuta	2,673.86	4,858.14
Macuspana	26,934.56	11,001.44
Nacajuca	24,894.30	4,358.697
Paraíso	15,387.15	6,376.852
Tacotalpa	3,907.83	6,917.175
Teapa	11,683.93	1,715.072
Tenosique	9,635.69	5,981.311
Total	417,202.86	149,972.15

Fuente: Elaborado con datos de los Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, Tabasco.

De acuerdo a la Tabla 15, el combustible que más se utiliza en el estado en el Sector Residencial es el gas LP (IEGEI-TAB, 2011), en el año 2010 el consumo fue 73.56%, con respecto a la leña que fue de 26.44%. El consumo de este energético depende de la ubicación residencial, del número de ocupantes por vivienda, costumbres familiares, la utilización del combustible para cocinar. En la actualidad la penetración del gas LP se ha incrementado en las comunidades rurales ya que es utilizado como un combustible complementario, más que como sustituto de la leña.



**Tabla 15. Ocupantes por vivienda de acuerdo al consumo de combustibles, Tabasco-2010**

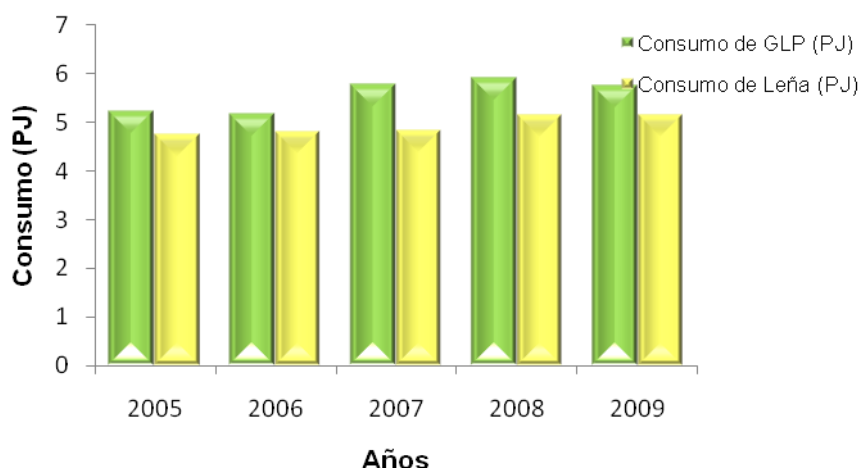
Municipio	Ocupantes por viviendas que usan gas LP	Ocupantes por viviendas que usan Leña
Balancán	29,705.20	27,420.19
Cárdenas	164,537.76	82,515.93
Centla	46,330.21	55,943.98
Centro	628,853.01	13,489.18
Comalcalco	101,376.55	90,261.54
Cunduacán	69,735.74	55,688.25
Emiliano Zapata	23,637.37	5,725.82
Huimanguillo	107,525.26	71,088.13
Jalapa	26,751.11	9,546.18
Jalpa de Méndez	50,975.50	31,911.49
Jonuta	10,428.05	18,946.74
Macuspana	107,738.24	44,005.76
Nacajuca	97,087.78	16,998.91
Paraíso	61,548.59	25,507.40
Tacotalpa	16,803.64	29,743.85
Teapa	46,735.71	6,860.28
Tenosique	36,615.61	22,728.98
Total	1'626,385.40	608,382.69

Fuente: Elaborado con datos de los Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, Tabasco.

En la Tabla 15 se observa que de los 17 municipios del estado, Centro tiene una mayor población que usa gas LP, ya que es un territorio urbanizado, en el caso contrario Jonuta, presenta el menor índice de población para el consumo de este combustible. El mayor índice de población que usa Leña son los municipios como Huimanguillo aunque Emiliano Zapata y Teapa, son municipios poco urbanizados que presentan el menor índice de consumo de leña debido a que su población no es grande.

## Consumo de gas LP y Leña en el Sector Residencial

En el estado resulta fácil la utilización de cualquiera de estos energéticos porque Tabasco cuenta con una gran extensión de aéreas naturales por lo que el consumo de leña resulta disponible y económico sobre todo en hogares rurales, sin embargo el consumo de gas LP en comunidades rurales se ha ido extendiendo por su facilidad de almacenar en tanques cilíndricos. Cabe mencionar que el consumo de gas LP se concentra en hogares urbanos, el consumo de estos dos energéticos en el Estado es optativo en base a la disponibilidad económica y la introducción de tecnologías, entre otros factores impredecibles.



**Figura 23. Consumo de gas LP y leña en Tabasco del 2005 a 2009.**

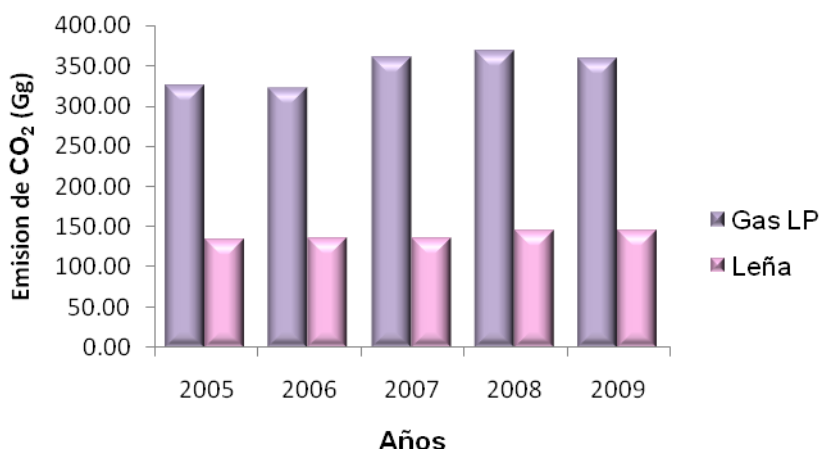
*Fuente: Elaborado con datos Nacionales de SENER (consumo de gas LP y Leña del sector Residencial), la población Nacional y estatal, censos INEGI (2005-2009).*

La tendencia de consumo de los dos energéticos del sector Residencial durante el periodo es inestable como se muestra en la Figura 23. En el 2005 y 2006 el consumo de los energéticos presentan tendencias parecidas y la diferencia en ambos combustibles es mínima, en el año 2007, se manifiesta un incremento del gas LP y manteniéndose el consumo de Leña con características similares en el 2008, con un ligero incrementó para los dos energéticos a causas de la crisis económica del país en el año 2009, una disminución en el consumo de los combustible con una variación menor entre

ellos. Los resultados de consumo en el periodo, es que el 53.02% consumen de gas LP y el 46.98% consumen leña, la diferencia en el consumo es de 6.04% en el periodo 2005 al 2009.

### Emisiones de GEI por la quema de gas LP y leña

En el proceso de obtención de la energía que demandan las actividades en el sector residencial, se generan grandes cantidades de emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) que en la presente investigación se estimó con la metodología IPCC (1996) con su respectivo software, se representan en la Figura 24 en el periodo analizado del año 2005 al 2009.



**Figura 24. Emisión de CO<sub>2</sub> por el consumo de gas LP y leña. Tabasco 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos con la metodología IPCC (1996).*

En la Figura 23 se representa las emisiones de CO<sub>2</sub> por el consumo de gas LP y Leña, se observa que las emisiones de gas LP es mayor a las emisiones de la Leña esto se debe a que se consume más gas LP en el estado manifestando variación en la tendencia durante el periodo con valores en el rango 321.68-368.47 Gg  $\pm$  21.53, mientras que la Leña generó emisiones en el rango 133.98-144.93  $\pm$  5.54 Gg de CO<sub>2</sub> (IEGEI-TAB, 2011).

Las emisiones relacionadas con el uso de energía incluyen emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO y COVDMs, así como también emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Las emisiones distintas de CO<sub>2</sub> se presentan en la Tabla 16.

**Tabla 16. Emisiones de GEI distintos del CO<sub>2</sub> por el consumo de gas LP y leña en Tabasco 2005-2009, (IEGEI-TAB, 2011).**

Emisiones de GEI por el consumo de GLP del sector Residencial						
Gases Años	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	NO <sub>x</sub> (Gg)	CO (Gg)	COVDM (Gg)	SO <sub>2</sub> (Gg)
2005	0.0522	0.0031	0.5217	0.1043	0.0261	0.0216
2006	0.0515	0.0031	0.5152	0.1030	0.0258	0.0213
2007	0.0577	0.0035	0.5772	0.1154	0.0289	0.0239
2008	0.0590	0.0035	0.5902	0.1180	0.0295	0.0244
2009	0.0573	0.0034	0.5733	0.1147	0.0287	0.0238
Total	0.2777	0.0166	2.7776	0.5554	0.139	0.115
Emisiones de GEI por el consumo de Leña del sector Residencial						
Gases Años	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	NO <sub>x</sub> (Gg)	CO (Gg)	COVDM (Gg)	SO <sub>2</sub> (Gg)
2005	0.421	0.006	0.140	7.023	0.843	1.906
2006	0.424	0.006	0.141	7.072	0.849	1.919
2007	0.426	0.006	0.142	7.103	0.852	1.928
2008	0.455	0.006	0.152	7.590	0.911	2.060
2009	0.456	0.006	0.152	7.598	0.912	2.062
Total	2.183	0.029	0.728	36.386	4.366	9.876

Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996), (IEGEI-TAB, 2011)

### Subsector Comercial

Las actividades del comercio y servicios tienen una participación cada vez mayor en la economía nacional, el estado de Tabasco también muestra un crecimiento en este Sector Económico.

Con base en la información del Sistema de Información Empresarial Mexicano (SIEM) en el periodo comprendido para los años 2005–2009, Tabasco concentra 28,592 establecimientos registrados de los cuales 78.3% se dedica al comercio y servicio (SIEM 2005-2009). Dentro de los municipios con más registros Comerciales y de Servicios en el SIEM se encuentra Centro, Comalcalco y Cárdenas. Las emisiones de GEI que se producen en el Sector Comercial, se atribuyen al consumo de combustibles fósiles. A continuación se describen a detalle los consumos, usos y emisiones generadas por estos energéticos.

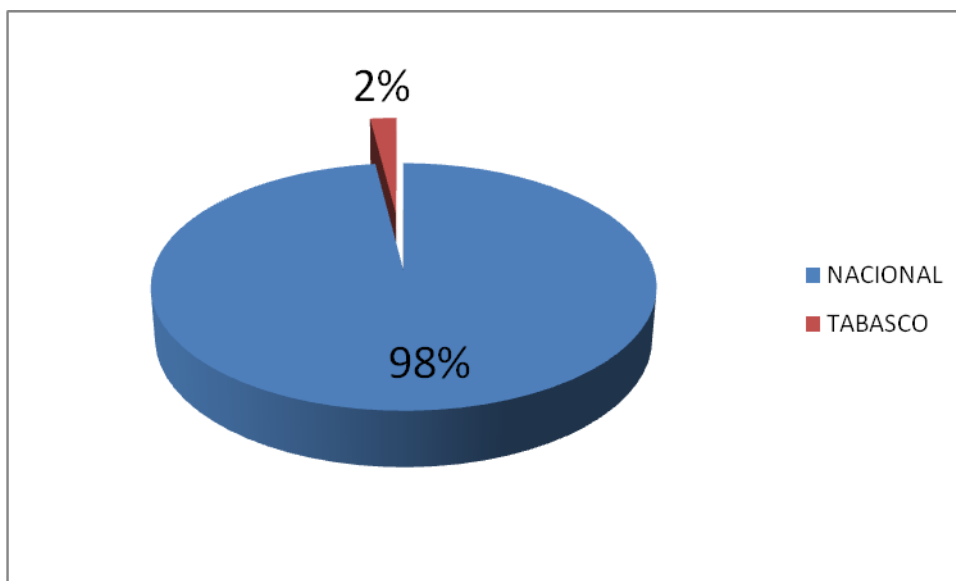
La demanda de energía obtenida de la quema de combustibles fósiles de este Sector para el periodo 2005-2009 ha sido de 5.7 PJ; y fue satisfecha en su mayoría por el gas LP con 95% y 5% por la quema de diesel (Tabla 17).

**Tabla 17. Consumo energético, Sector Comercial - Institucional, Tabasco, 2005-2009.**

Tipo de combustible	Gas LP		Diesel		Total consumo en el sector	
	PJ	%	PJ	%	PJ	%
Año						
2005	1.02	19.0	0.06	21.6	1.08	19.12
2006	1.13	20.9	0.05	17.9	1.18	20.79
2007	1.13	21.0	0.05	19.3	1.19	20.93
2008	1.08	20.0	0.06	21.3	1.14	20.03
2009	1.03	19.1	0.06	19.9	1.09	19.14
<b>Total del periodo</b>	<b>5.4</b>	<b>95.0</b>	<b>0.3</b>	<b>5.0</b>	<b>5.7</b>	<b>100.00</b>

*Fuente: Elaborado con datos Nacionales de SENER (consumo de gas LP y Diesel del Sector Comercial-Institucional), Producto Interno Bruto (PIB) Nacional y Estatal 2005-2009.*

En el panorama Nacional respecto a los combustibles gas LP y el diesel se presentó un consumo para el periodo 2005-2009 de 324.6 PJ, comparando a Tabasco que su consumo fue de 5.7 PJ y que representa un 2% del consumo Nacional (Figura 25).



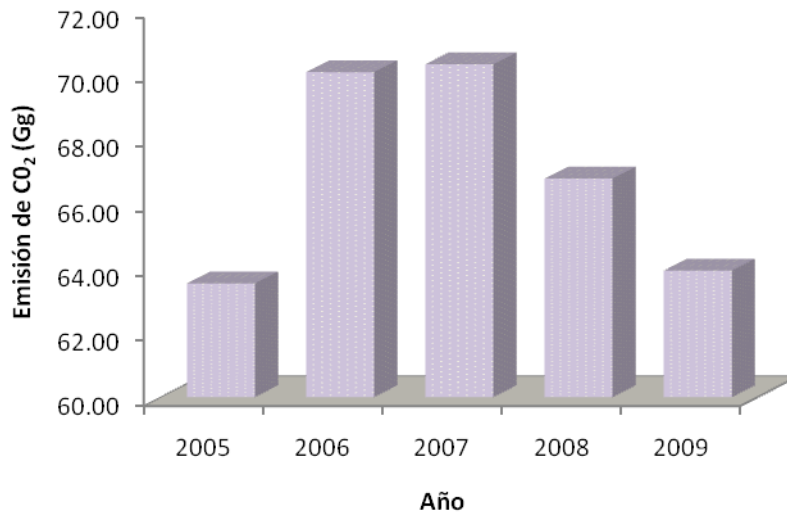
**Figura 25. Demanda de combustibles fósiles en el Sector Comercial, Panorama Nacional -Tabasco, periodo 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos del SENER; Balance Nacional de Energía 2009.*

Los consumos de combustibles fósiles generan emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O; gases directos, al igual que NO<sub>x</sub>, CO, COVDM y SO<sub>2</sub>; gases indirectos. En el apartado siguiente veremos las emisiones de GEI emitidas en el periodo 2005-2009.

### **Emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de gas LP**

El gas licuado de petróleo es actualmente el combustible con mayor demanda en el Sector Comercial seguido del diesel según los datos del Balance Nacional de Energía. Las emisiones de CO<sub>2</sub> en este Sector fueron 63.52 Gg en el 2005 y para el 2009 63.917 Gg. Cabe mencionar que el año donde se alcanzó una mayor emisión de CO<sub>2</sub> fue el 2007 con 70.309 Gg. Las emisiones en este periodo obtuvieron una tasa media de crecimiento anual de 0.15% (Figura 26).

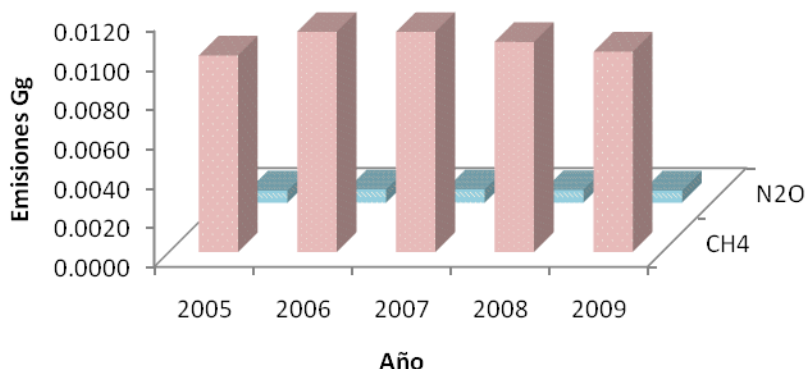


**Figura 26. Emisión de CO<sub>2</sub> por quema de gas LP, Sector Comercial, 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### **Emisiones de gases directos por utilización gas LP**

El CH<sub>4</sub> es después del CO<sub>2</sub> el GEI con mayor importancia y junto con el N<sub>2</sub>O forman los gases efecto invernadero directos, en la Figura 27 se observa el comportamiento de dichos gases, el metano presenta valores en el rango 0.0100-0.0112 ± 0.000554 y registra una tasa media de crecimiento anual en el periodo 2005-2009 de 0.45%. La emisión de óxido nitroso tiene una menor cantidad de emisión en comparación con el metano, obteniendo valores en el rango 0.00061-0.00067 ± 0.00003, en el periodo 2005-2009.



**Figura 27. Emisiones de gases directos por consumo de gas LP, Sector Comercial, 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### Emisiones precursores de ozono por utilización de gas LP

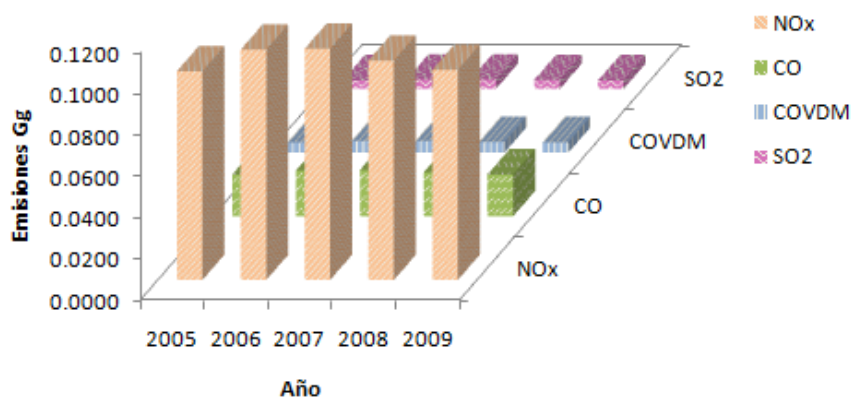
Debido a su latitud tropical, la intensa radiación solar que se registra en el estado de Tabasco a lo largo de todo el año favorece la formación del ozono. Esto es resultado de las complejas reacciones que la luz ultravioleta del sol desencadena entre los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y los Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM). Además, los  $\text{NO}_x$ , junto con el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), contribuyen a la formación de partículas menores a 2.5 micrómetros ( $\text{PM}_{2.5}$ ).

En la Figura 28 se muestra el comportamiento de las emisiones de precursores de ozono durante el periodo 2005 al 2009, como son monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), compuestos orgánicos volátiles diferentes de metano (COVDM) y bióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), también se aprecia que de los cuatro gases la mayor emisión la presenta los óxidos de nitrógeno; que en el 2005 emitió 0.1017 Gg y el año en 2009 fue de 0.1023 Gg su mayor emisión se tiene en el 2007 con 0.1126 Gg. La tasa media de



crecimiento anual de este gas es de 0.14% en el periodo 2005-2009. El monóxido de carbono presenta una emisión para el 2005 de 0.02030 Gg y 0.02040 Gg para el 2009 teniendo como resultado una tasa media de crecimiento anual en el periodo 2005-2009 de 0.12%.

La emisión de los COVDM para los años 2006 y 2007 tuvo un ligero aumento de 0.001 Gg, pero en los años 2005, 2008 y 2009 las emisiones se mantuvieron constantes con un valor de 0.005 Gg. Las emisiones de SO<sub>2</sub> para el 2005 y 2009 fueron de 0.0042 Gg y para los años 2006 y 2007 fue de 0.0046 Gg, para 2008 descendió a 0.0044 Gg. La tasa media de crecimiento anual de este gas en el periodo fue de 0%.

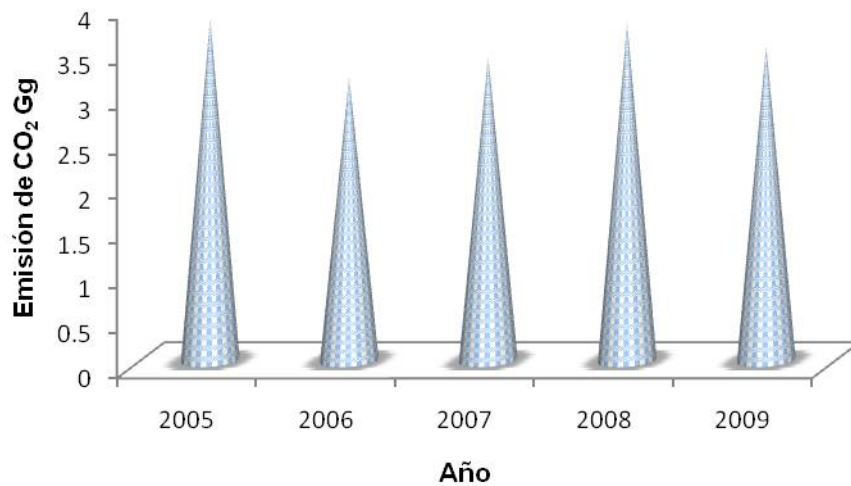


**Figura 28. Emisiones de precursores de ozono (Gg) por el consumo de gas LP, en el Sector Comercial, Tabasco 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### Emisiones de CO<sub>2</sub> por quema de Diesel

El diesel es el segundo combustible utilizado en este sector Comercial, en la Tabla 9 se observan los resultados. La emisión de CO<sub>2</sub> para el año 2005 fue de 3.16 -3.82 Gg en el periodo 2005-2009; 3.51 Gg se emitió para el 2009 y se registró un descenso de 2.09% en la tasa media de crecimiento anual con cifras de 0.271 en la desviación estándar (Figura 29).



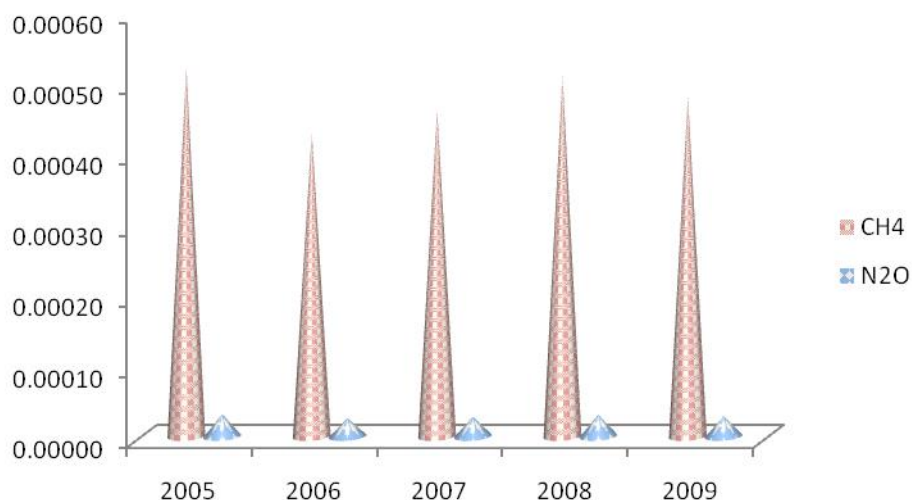
**Figura 29. Emisión de CO<sub>2</sub> por uso de diesel en el Sector Comercial, 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### **Emisiones de gases directos por utilización de Diesel**

Las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>) emitidas por este combustible presenta el mayor índice de emisión en el 2005 con 0.00052 Gg, el de menor índice se reporta en el 2006 con 0.00043 Gg presentando  $3.67 \times 10^{-5}$  en desviación estándar y un decrecimiento en la tasa media de crecimiento anual de -1.98% en el periodo 2005-2009.

En cuanto a las emisiones de óxidos de nitrógeno (N<sub>2</sub>O); la mayor emisión está dado en el 2008 con la cifra 0.0000309 Gg y la menor emisión está dado en el 2006 con la cifra 0.0000259 Gg manifestando  $2.20 \times 10^{-6}$  en desviación estándar y un descenso de -2.59% en la tasa media de crecimiento anual (Figura 30).



**Figura 30. Emisiones de gases directos por uso de diesel, Sector Comercial, 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### Emisiones precursores de ozono por utilización de Diesel

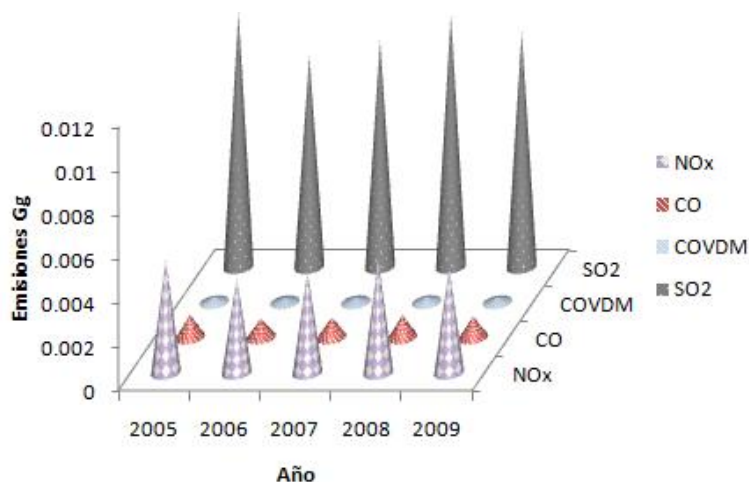
La Figura 31 nos muestra el comportamiento de los precursores de ozono por utilización del combustible diesel, el GEI con mayor emisión es el  $\text{SO}_2$  con respecto a los otros gases que se muestran obteniendo valores en el rango 0.0096-0.0116 dando 0.000821 en la desviación estándar en el periodo representando una disminución en la tasa media de crecimiento anual (tmca) del 2%.

El segundo gas en orden de emisión es los óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$  que presenta valores en el rango 0.0043-0.0052 del cual 0.00036 representan la desviación estándar y (tmca) con una disminución del 2% durante el periodo.

El monóxido de carbono: 0.00036-0.0010 del valores en el rango y  $7.367 \times 10^{-5}$  en la desviación estándar, dando como resultado un descenso de -2% en tmca.

Los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM): 0.00021-0.00026 del valor en el rango y  $1.81 \times 10^{-5}$  en la desviación estándar en el

periodo 2005-2009 con una tmca de -1.98% habiendo así un descenso en las emisiones.



**Figura 31. Emisiones de precursores de ozono (Gg) por el consumo de Diesel, en el Sector Comercial, Tabasco 2005-2009.**

*Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)*

### Emisiones anuales en unidades equivalentes de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub>eq se muestran en la Tabla 18, para el Sector Comercial el periodo de análisis, utilizando los Potenciales de Calentamiento Global de cada uno de los gases inventariados, se obtuvieron las emisiones en unidades equivalentes de CO<sub>2</sub>, presentadas en la Tabla 19. En ella se muestra que durante el periodo 2005-2009, en el estado de Tabasco se generaron 354.442 Gg de CO<sub>2</sub>eq, correspondiendo el 99.4% al CO<sub>2</sub>, el 0.3% al CH<sub>4</sub> y el 0.3% al N<sub>2</sub>O. También se observa que el año en el que se emitieron más GEI, fue el 2007 con 74.171 Gg de CO<sub>2</sub>eq.

**Tabla 18. Emisiones de GEI en Gg por combustible, Sector Comercial, Tabasco periodo 2005-2009.**

Combustibles:		Gas LP			Diesel		
Emisiones de GEI [Gg/ año]							
Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	
2005	63.521	0.0100	0.00061	3.82	0.00052	0.0000312	
2006	70.062	0.0112	0.00067	3.16	0.00043	0.0000259	
2007	70.309	0.0112	0.00067	3.40	0.00046	0.0000278	
2008	66.766	0.01069	0.00064	3.77	0.00051	0.0000309	
2009	63.917	0.01020	0.00061	3.51	0.00048	0.0000288	

Fuente: Elaborado con datos obtenidos del Software IPCC (1996)

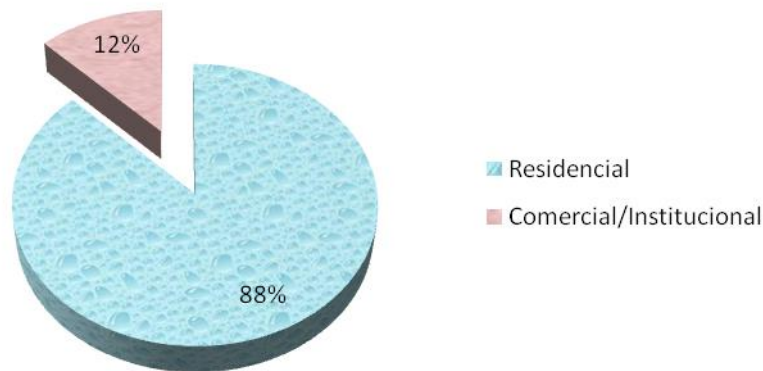
**Tabla 19. Comparación de emisiones de GEI en Gg eq, por tipo de combustible y contaminante en el Sector Comercial, Tabasco, 2005-2009**

Combustibles:		Gas LP			Diesel		
Emisiones equivalentes de CO <sub>2</sub> [Gg eq. CO <sub>2</sub> /año]							
Año	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
2005	63.521	0.210	0.189	3.820	0.011	0.010	67.761
2006	70.062	0.235	0.208	3.160	0.009	0.008	73.682
2007	70.310	0.235	0.208	3.400	0.010	0.009	74.171
2008	66.766	0.224	0.198	3.770	0.011	0.010	70.979
2009	63.917	0.214	0.189	3.510	0.010	0.009	67.849
Total	334.576	1.119	0.992	17.660	0.050	0.045	354.442

Fuente: Elaborado con datos del potencial de calentamiento global proporcionados por el IPCC.

### Emisión de CO<sub>2</sub> equivalente en los Subsectores Residencial y Comercial-Institucional

Examinando los resultados en las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en los sectores Residencial y Comercial para el periodo 2005-2009, se obtuvo que el Sector Comercial ha emitido 354.442 Gg de CO<sub>2</sub> eq. y el Sector Residencial emitió 2,494.09 Gg de CO<sub>2</sub> eq. En la Figura 32 se muestran estos resultados en porcentajes de emisión. Esto demuestra que el sector Residencial emitió una mayor cantidad de GEI en el periodo de estudio.



**Figura 32. Emisión en porcentaje de CO<sub>2</sub> equivalente del Sector Residencial y Comercial en el periodo 2005-2009.**

*Fuente: Resultados de emisiones del software IPCC 1996.*

**EMISIONES PARA EL SECTOR INDUSTRIAL**

En la Tabla 20 se muestra la producción total de clinker a partir de la producción de cemento, usando la fracción por defecto del 95% de clínca para cemento, Las emisiones de CO<sub>2</sub> fueron en el rango de 16,858.00 a 18,784.00 Gg de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 20. Producción estimada de clinker a partir de la producción del cemento (2005-2009) y emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.**

Años	Producción Total de Clinker (Toneladas)	Emisiones de CO <sub>2</sub> FE(c clínca)=0.510 (Gg)	Producción Total de Cemento (toneladas)	Emisiones de SO <sub>2</sub> FE(cemento) = 0.3 kg /Ton de cemento (Gg)
2005	33,201.00	16,958.00	35,000.00	0.0105
2006	36,001.00	18,411.00	38,000.00	0.0114
2007	37,050.00	18,784.00	39,000.00	0.0117
2008	35,150.00	17,821.00	37,000.00	0.0111
2009	33,250.00	16.858.00	35,000.00	0.0105

Las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la utilización de la caliza se calcularon usando los factores de emisión por defecto propuesto por las directrices del IPCC 1996. En la Tabla 21 se muestra la Producción de Piedra Caliza en Tabasco. Se puede observar que con respecto al período evaluado, las emisiones fueron de 221.34 a 2,268.53 Gg de CO<sub>2</sub>.

**Tabla 21. Producción total de Caliza en Tabasco (toneladas)**

Año	Producción de piedra caliza (t)	Emisión de CO <sub>2</sub> procedente de la utilización de caliza (Gg)
2005	503,040.00	221.34
2006	586,880.00	258.23
2007	595,264.06	261.92
2008	5,155,750.00	2268.53
2009	2,155,750.00	948.53
<b>Fuente:</b> Estadística de la Minería Mexicana. Edición 2007,2009		

La producción de azúcar da lugar a emisiones de NMVOC. La información referente a la producción de azúcar, se muestra en la Tabla 22 (INEGI 2005), las emisiones de NMVOC variaron de 1.53 a 1.81 Gg. En cuanto a la producción de miel a partir de la caña de azúcar las emisiones de NMVOC variaron de 0.48 a 0.67 Gg (Tabla 23)

**Tabla 22. Producción total de Azúcar en Tabasco (toneladas)**

Año	Producción de Azúcar (t)	Emisión de NMVOC (Gg)
2005	180,715.00	1.81
2006	165,973.00	1.66
2007	153,144.00	1.53
2008	134,655.00	1.35
2009	157,145.00	1.57
<b>Fuente:</b> Sector alimentario en México, Serie de Estadísticas Sectoriales, México, Edición 2006. SAGARPA.SIAP.www.siap.gob.mx		



**Tabla 23. Producción total de miel de caña de azúcar en Tabasco (toneladas). Periodo de análisis (2003 -2009)**

Año	Producción de Miel a partir del azúcar de caña (t)	Emisión de NMVOC (Gg)
2005	65,078.00	0.65
2006	67,250.00	0.67
2007	60,487.00	0.60
2008	54,735.00	0.55
2009	48,493.00	0.48
<b>Fuente:</b> Banco de Información Económica (BIE), INEGI; <a href="http://www.inegi.gob.mx">http://www.inegi.gob.mx</a>		

La producción de Pan da lugar a emisiones de NMVOC. La información referente a la producción de Pan, ha sido obtenida de las Cédulas de Operación Anual (COAs) Estatales. Se utilizaron los factores de emisión que son considerados en la Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 1996. El Factor de Emisión para los NMVOC procedentes de la producción de Pan es de 8 kg/t. En la Tabla 24 se muestran las emisiones de NMVOC, estas variaron de 0.04-0.07 Gg.

**Tabla 24. Producción total de Pan en Tabasco (toneladas). Periodo de análisis (2003 -2009)**

Año	Producción de Pan (t)	Emisión de NMVOC (Gg)
2005	38539.65	0.04
2006	63185.74	0.06
2007	39605.83	0.04
2008	60842.61	0.06
2009	67639.39	0.07
<b>Fuente:</b> Bimbo y Marínela cedula de operación anual (COA) 2005-2009 SERNAPAM.		

En el proceso de fabricación del asfalto y durante las operaciones de revestimiento de las carreteras, ocurren emisiones de COVDM, así como emisiones de estos mismos compuestos después de que se han pavimentado las superficies. En la Tabla 25 se proporciona el cálculo de la producción total de concreto asfáltico para pavimentación, y las emisiones de COVDM de los años 2005-2009, utilizando el factor de emisión de 320 kg de COVDM por tonelada de asfalto utilizado en las tareas de pavimentación. Se observan variaciones de emisiones que dependen de la producción de Asfalto.

**Tabla 25. Producción total de Asfalto (toneladas) del 2003 al 2009**

Año	Cantidad	Total de emisiones de COVDM, Gg
2005	37 411 380	11971.74
2006	23 360 399.05	7475.33
2007	19 387.52	6.20
2008	27 172.91	8.70
2009	51 055.58	16.34
<b>Fuente:</b> Cedula de Operación Anual. SERNAPAM		

## EMISIONES PARA EL SECTOR DESECHOS

### Residuos Sólidos

El estudio comprende la obtención de las emisiones anuales de metano procedentes de los basureros a cielo abierto en los 17 municipios del estado de Tabasco, en los años 2005 al 2008. Se comparan las emisiones de metano anuales a partir de dos valores diferentes de la fracción de carbono orgánico degradable (COD), de los cuales el primero es el resultado de un estudio realizado en el municipio de Centro, Tabasco en mayo del 2002 (Tabla 26), el segundo valor es calculado según la región en la que está

ubicado México (Norteamérica - IPCC) mostrado en la Tabla 27. La composición de los RSU y la tecnificación de los basureros afectan sustancialmente las estimaciones de las emisiones de metano de esta fuente, por lo que se recomienda tener esta información específica para cada basurero en particular.

**Tabla 26. Comparativo de emisiones de CH<sub>4</sub> utilizando diferentes valores de COD.**

MUNICIPIO/COD	EMISIONES DE CH <sub>4</sub> 2005		
	0.16485	0.19451	0.21
BALANCÁN	0.24	0.29	0.31
CARDENAS	0.99	1.17	1.26
CENTLA	0.39	0.46	0.49
CENTRO	8.03	9.48	10.23
COMALCALCO	0.68	0.80	0.86
CUNDUACÁN	0.17	0.20	0.21
EMILIANO ZAPATA	0.12	0.14	0.16
HUIMANGUILLO	0.48	0.57	0.61
JALAPA	0.03	0.04	0.04
JALPA DE MENDEZ	0.37	0.44	0.48
JONUTA	0.20	0.24	0.26
MACUSPANA	0.58	0.68	0.73
NACAJUCA	0.08	0.10	0.11
PARAISO	0.51	0.60	0.65
TACOTALPA	0.18	0.22	0.23
TEAPA	0.12	0.14	0.15
TENOSIQUE	0.19	0.22	0.24
<b>TOTAL</b>	<b>13.36</b>	<b>15.77</b>	<b>17.02</b>

En la Tabla 27 se observan los valores utilizados según la región donde se ubica México y la clasificación de los RSU muestreados en el basurero del municipio de Centro, que se utilizaron la metodología del IPCC, para determinar el parámetro COD ó carbono orgánico degradable.

**Tabla 27. Comparativo de emisiones de CH<sub>4</sub> utilizando diferentes valores de la Clasificación por región.**

AÑOS/MUNICIPIOS	EMISIONES DE CH <sub>4</sub> (Gg)			
	2005	2006	2007	2008
BALANCÁN	0.29	0.29	0.29	0.43
CARDENAS	1.17	1.47	1.31	3.05
CENTLA	0.46	0.46	0.35	0.73
CENTRO	9.48	4.97	11.41	9.39
COMALCALCO	0.8	0.8	0.56	1.31
CUNDUACÁN	0.2	0.24	0.4	0.92
EMILIANO ZAPATA	0.14	0.1	0.14	0.85
HUIMANGUILLO	0.57	0.86	0.97	1.68
JALAPA	0.04	0.06	0.07	0.73
JALPA DE MENDEZ	0.44	0.29	0.21	0.3
JONUTA	0.24	0.24	0.24	0.34
MACUSPANA	0.68	0.68	0.54	2.84
NACAJUCA	0.1	0.28	1.11	0.47
PARAISO	0.6	0.76	0.76	0.88
TACOTALPA	0.22	0.22	0.23	1.04
TEAPA	0.14	ND	0.8	0.1
TENOSIQUE	0.22	0.26	0.36	0.64
<b>TOTAL</b>	<b>15.79</b>	<b>11.98</b>	<b>19.75</b>	<b>25.7</b>

### Aguas Residuales Domésticas

El inventario comprende el conjunto de plantas de tratamiento registrado en Servicio de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Tabasco (SAPAET), Además otra fuente de información fundamental en la elaboración de éste, es el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), así como también la Secretaria de Medio Ambiente y recursos Naturales (SEMARNAT). Este inventario considera las guías y metodología del panel intergubernamental del Cambio Climático (IPCC 1996), para realizar las estimaciones de las emisiones de metano como Gases de Efecto Invernadero (GEI), emitidas de las Aguas Residuales del estado de Tabasco.

El estudio comprende la obtención de las emisiones anuales de metano procedentes de las aguas residuales en los 17 municipios del estado de Tabasco.

Al concluir el año 2005 en el estado, existían registradas alrededor de 59 plantas municipales de tratamiento de agua residual en operación. Con una capacidad total instalada de 1596 l/s. En el 2008, el registro de plantas en operación se incrementó a 72 instalaciones, con una capacidad instalada de 1850 l/s y un caudal tratado de 1308 l/s, que significa el 15% en cuanto a capacidad instalada, lo que permitió alcanzar una cobertura de tratamientos de aguas residuales municipales del 47% .

Para las emisiones de metano procedentes del tratamiento de las aguas residuales y los lodos domésticos, se resume la estimación en un total de 225,468,338.9 kg DBO/año derivado de las aguas residuales domésticas, así como también 21,727,654.73 kg DBO/año de lodos orgánicos, examinados anualmente durante el periodo de análisis de este estudio, generados en el estado de Tabasco.

**Tabla 28. Población por municipios y total de Agua Residual anual (2005).**

MUNICIPIO	POBLACION	TOTAL DE AGUA RESIDUAL ANUAL (m <sup>3</sup> )
Centro	558524	40772252
Cárdenas	219563	16028099
Comalcalco	173773	12685429
Huimanguillo	163463	11932799
Macuspana	146469	10692237
Cunduacán	112036	8178628
Centla	92755	6771115
Nacajuca	86105	6285665
Paraíso	78519	5731887
Jalpa de Mendez	72969	5326737
Teapa	49262	3596126
Tacotalpa	42833	3126809
Tenosique	55601	4058873
Balancán	53038	3871774
Jalapa	33596	2452508
Jonuta	28403	2073419
Emiliano Zapata	26576	1940048
<b>TOTAL</b>	<b>1993485</b>	<b>145524405</b>

**FUENTE:** Servicio de Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Tabasco (SAPAET)

NOTA: Total de agua residual anual= (población\*200 litros) (.365). Los 200 litros corresponden al gasto diario per cápita aproximadamente.

En general como resultado del análisis para el estudio de las aguas residuales domésticas durante el periodo 2005-2008, se obtuvo un total de emisiones netas de metano de 233.43 Gg de CH<sub>4</sub>. Para la cual se logró una disminución por año de dichas emisiones. A continuación se presenta la Tabla 29 se describe anualmente el total de aguas residuales y lodos orgánicos en kg DBO/año.

**Tabla 29. Total de aguas residuales y lodos orgánicos en kg DBO/año.**

<b>AÑO</b>	<b>TOTAL DE AGUAS RESIDUALES (kg DBO/año)</b>	<b>TOTAL DE LODOS ORGANICOS (kg DBO/año)</b>
<b>2005</b>	45266125.95	12575171.92
<b>2006</b>	86973339.97	3623889.21
<b>2007</b>	88844720.6	3701863.38
<b>2008</b>	4384152.38	1826730.22
<b>TOTAL</b>	225468338.9	21727654.73

Posteriormente se hace énfasis sobre la caída anual que se obtuvo para las emisiones netas de metano como se muestran en la Tabla 30.

**Tabla 30. Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg) por Aguas Residuales.**

<b>AÑO</b>	<b>EMISIONES NETAS DE METANO (Gg CH<sub>4</sub>)</b>
<b>2005</b>	128.43
<b>2006</b>	47.29
<b>2007</b>	38.66
<b>2008</b>	19.05
<b>TOTAL</b>	233.43

### **Aguas Residuales Industriales**

El presente estudio analiza las principales industrias que aportan grandes volúmenes de emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), a la atmósfera. Para ello, fueron consideradas los siguientes sectores industriales: la industria alimenticia y del refresco, la petrolera y la azucarera.

De acuerdo a la SEMARNAT y a la Comisión Nacional del Agua, para el 2005 se registraron 66 plantas de tratamiento de agua residual industrial con una capacidad instalada de 429.50 L/s y un volumen tratado de 383.40 L/s respectivamente. Al siguiente año el número de plantas incrementó un poco más del 6%, siendo esto equivalente a 108 plantas en operación, tratando un volumen de 149.50 L/s. Finalmente para el cierre del 2008 la CNA registró 115 plantas de tratamiento de aguas residual industrial, con una capacidad instalada de 1277 L/s y un caudal tratado de 150 L/s relativamente.

En la Tabla 31 se presentan los resultados correspondientes a cada año, de las emisiones netas de metano contenidas en las aguas residuales industriales. Como se aprecia, los resultados difieren inapreciablemente, siendo visible su incremento anual en el total de carga orgánica (Tabla 32 y Fig. 33).

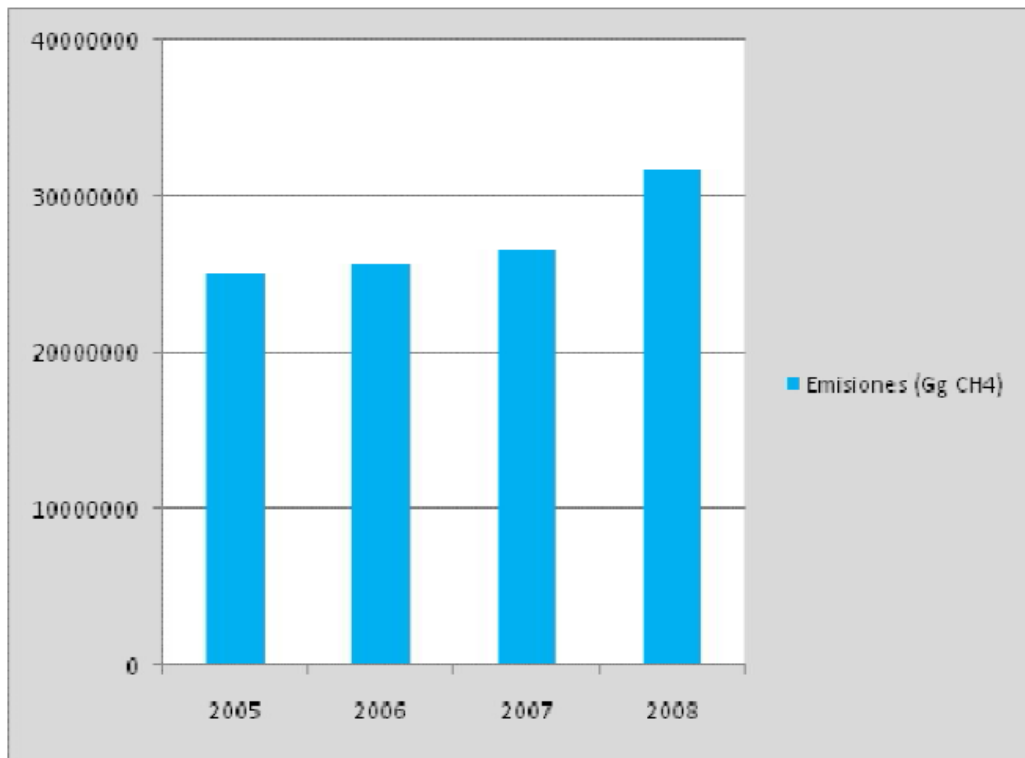
**Tabla 31. Emisiones de Metano por Aguas Residuales Industriales**

<b>AÑO</b>	<b>Emisiones (Gg CH<sub>4</sub>)</b>
<b>2005</b>	2.27
<b>2006</b>	2.33
<b>2007</b>	2.35
<b>2008</b>	2.36
<b>TOTAL</b>	<b>9.31</b>

**Tabla 32. Total de carga orgánica por año (kg DQO/año)**

<b>AÑO</b>	<b>Total De Materia Orgánica (kg DQO/año)</b>
<b>2005</b>	25178288.79
<b>2006</b>	25735888.65
<b>2007</b>	26466696.94
<b>2008</b>	31667178.63
<b>TOTAL</b>	<b>109048053</b>





**Figura 33. Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg) por Carga orgánica en las Aguas Residuales industriales**

### **Contribución de los diferentes Sectores a las emisiones de GEI**

A continuación se muestra un Resumen de las contribuciones de los diferentes Sectores y las contribuciones de emisiones por tipo de contaminante.

#### **a) Emisiones de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

En la Tabla 33 se muestra un resumen del Inventario de emisiones determinado de acuerdo a la información disponible, para el periodo comprendido del 2005 al 2009.

**Tabla 33. Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg) por tipo de fuente**

Sectores	2005	2006	2007	2008	2009
Energía: Petróleo crudo	76.64	78.69	78.59	77.57	84.49
Energía: Gas natural	112.74	120.14	121.44	120.43	124.92
Fuentes móviles	2433.13	2179.834	2514.73	3019.27	3027.24
Residencial/Comercial	ND	7.27	3.15	8.92	8.45
Total	2622.51	2385.93	2717.91	3226.19	3245.1
Procesos industriales	17179.34	18669.23	19045.92	20089.53	17806.53
Total	19801.85	21055.16	21763.83	23315.72	21051.63

Se observa en la Tabla 33, que las emisiones debido a Procesos Industriales seguida por las fuentes móviles son las que más emiten CO<sub>2</sub> (Gg) y posteriormente la originada por la producción de gas natural y petróleo crudo. Se han emitido desde el año del 2005 al 2009, CO<sub>2</sub> en el rango de 19 801.85 - 23315.72 Gg.

#### **b) Emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>)**

En la Tabla 34 se muestra un resumen del Inventario de emisiones del Sector Desechos determinado de acuerdo a la información disponible para el periodo comprendido del 2005 al 2009.

**Tabla 34. Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg) por Sector**

Sectores	2005	2006	2007	2008
Producción Petróleo Crudo	3.29	3.52	3.66	3.61
Producción de Gas	39.44	38.08	38.09	40.95
Transmisión y Distribución de gas	1692.05	1848.25	1848.25	2202.22
Fuentes móviles	0.94	0.83	0.96	1.19
Residuos sólidos	15.79	11.98	19.75	25.7
Aguas residuales y lodos	128.43	47.29	38.66	19.05
Total	1879.94	1949.95	1949.37	2292.72

Se observa en la Tabla 33, que las emisiones debido a la Trasmisión y Distribución del Gas Natural tienen emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg) con valores en el rango de 1692.05 - 2202.22. Las de aguas residuales y la producción de gas natural son las que más emiten metano. El total de metano emitido por el Sector Desechos en el periodo del 2005 al 2009 fue de **8071.98 Gg de CH<sub>4</sub>**.

### C) Emisiones de Compuestos Orgánicos volátiles (COVDM)

En la Tabla 35 se muestra un resumen del Inventario de emisiones determinado de acuerdo a la información disponible, para el periodo comprendido del 2005 al 2009, para Procesos Industriales.

**Tabla 35. Emisiones de COVDM (Gg) por Procesos Industriales y Fuentes móviles**

Sectores	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Producción de Azúcar</b>	1.81	1.66	1.53	1.35	1.57
<b>Producción de Miel de la caña de azúcar</b>	0.65	0.67	0.6	0.55	0.48
<b>Producción de Pan</b>	0.04	0.06	0.04	0.06	0.07
<b>Producción de asfaltos</b>	11971.74	7475.33	6.2	8.7	16.34
<b>Fuentes Móviles</b>	3.49	3.26	3.54	1.73	5.1
<b>Total</b>	11977.345	7480.98	11.37	10.43	23.56

Se observa en la Tabla 35, que las emisiones provenientes de la Producción de Asfaltos se encuentran en mayor proporción, con respecto a las generadas por otros Procesos de Producción. Las emisiones totales de COVDM debido a los Procesos Industriales Residuales fueron de **19, 503.685 Gg de COVDM**.

**c) Emisiones de otros contaminantes**

A continuación se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> y gases distintos del CO<sub>2</sub> (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COVs) de acuerdo a lo reportado por las Cédulas de operación anual (COAs) para el año 2009 para las Industrias de Tabasco y las fuentes móviles (Tabla 36).

**Tabla 36. Emisiones de gases CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y COVs (toneladas).**

Sector	CO <sub>2</sub>	COVs	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO
Industrial (uso de energía)	4593.35	4368.89	8473.40	4073.74	4663.30
Fuentes móviles	3027.24	5.1	ND	35.33	31.86

## Conclusiones

Los cálculos nos muestran el total de emisiones de GEI por sector, una vez realizados los cálculos, y considerando el año base 2005, podemos concluir que las emisiones de GEI, de Tabasco se resumen en la Tablas 21 a la 24.

- Se estima una emisión para el periodo analizado del año 2005 al 2009 un promedio de 21,397.638 ± 1284.20 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Que las emisiones debido a la Trasmisión y Distribución del Gas Natural tienen emisiones de CH<sub>4</sub> con valores en el rango de **1692.05- 2202.22 (Gg)**.
- Las de aguas residuales y la producción de gas natural son las que más emiten metano. El total de metano emitido por el Sector Desechos en el periodo del 2005 al 2009 fue de **8071.98 Gg de CH<sub>4</sub>**.
- Las emisiones provenientes de la Producción de Asfaltos se encuentran en mayor proporción, con respecto a las generadas por otros Procesos de Producción. Las emisiones totales de COVDM debido a los Procesos Industriales Residuales fue de **19, 503.685 Gg de COVDM**.

## Recomendaciones de mejora del Inventario

- Realizar un censo de Industrias en Tabasco para identificar el tipo de tecnología empleada en la quema de combustibles de acuerdo a los procesos de producción, es necesario que se especifique la fuente de donde proviene la energía utilizada.
- Elaborar un censo detallado de las Fuentes móviles, este debe incluir: Caracterización del parque vehicular, por tipo año, modelo tecnología y combustión utilizada. Datos de actividad en función del promedio de kilómetros recorridos y rendimiento del vehículo, tipo de combustible.
- Crear bases de datos relacionadas que alimenten el Inventario de GEI cada año y que permitan tener una contabilidad de emisiones de Nivel 2 o 3. Esto se puede lograr especificando cierta información en las COAS Federales y Estatales que pueda ser utilizada para alimentar el Inventario de GEI.
- Que todas las Secretarías de estado aporten información para crear las bases de datos específicas para el GEI y que puedan ingerir en la toma de decisiones inmediata.
- Determinar consumos específicos de combustibles en el estado.
- Definir factores de emisión para el estado de Tabasco.

**METODOLOGIA Y RESULTADOS:**

**SEGUNDA PARTE**

**VULNERABILIDAD**

## **EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LOS ESTADOS DEL SURESTE DE MÉXICO ANTE LLUVIAS EXTREMAS DEBIDAS A LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO: TABASCO**

---

### **ANÁLISIS DE EVENTOS DE LLUVIAS EXTREMAS EN EL ESTADO DE TABASCO**

Tabasco debido a su ubicación y características fisiográficas, hidrográficas, geológicas y geomorfológicas como se corrobora en el estudio, se encuentra en una zona altamente amenazada a impactos derivados de fenómenos climáticos globales que impactarían en diferente forma y magnitud, afectando tanto a la población y sus actividades socio-económicas como a los paisajes naturales que en él se ubican. Considerando lo anterior y el análisis del paisaje y vulnerabilidad un alto porcentaje del estado actualmente se ubica en zonas potencialmente vulnerables

Debido a que la mayoría del estado sufriría algún cambio relacionado con estos impactos, contar información que permita desarrollar estrategias de adaptación, como una medida preventiva permitirá a largo plazo amortiguar los costos potenciales que se tendría de estos impactos de potenciales desastres naturales.

El proyecto evidencia con datos, las zonas que ya están siendo afectadas por la combinación de componentes en cuanto a su infraestructura y posibilidades de desarrollo, así como en sus procesos naturales y las que potencialmente se verán afectadas en sus capacidades al modificarse las condiciones climáticas.

La planicie costera inundable es como su nombre lo indica naturalmente inundable, sin embargo la magnitud y temporalidad de este fenómeno se ha modificado incrementando su distribución y magnitud no solo debido a las alteraciones ocasionadas por el “Cambio Climático”, sino a las modificaciones que el ser humano ha hecho sobre los sistemas naturales, especialmente en la alteración de los flujos hidráulicos.



Cabe resaltar que hoy en día tres factores importantes están ayudando a aumentar los efectos de las inundaciones: la deforestación, especialmente en la parte alta de la cuenca lo que reduce la capacidad de infiltración y propicia el incremento de la sedimentación; la pérdida de los bosques de galería que sirven de barrera en los ríos; y el crecimiento no planeado de infraestructura que rompe con la hidrodinámica natural y ha aportado una gran cantidad de construcciones que no consideran pasos de agua para permitir un flujo razonable.

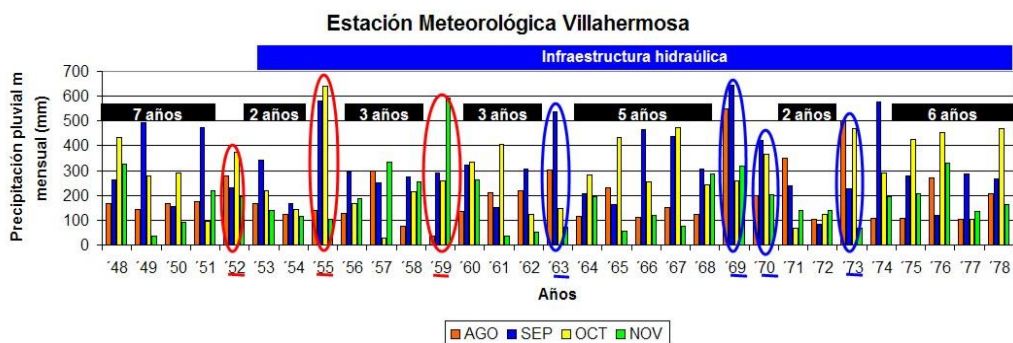
Tomando en consideración la vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos, tener un control sobre el flujo de los ríos y estrategias de manejo del flujo de los mismos así como de restauración de bosques de galería ayudaría parcialmente a evitar los desbordamientos en zonas habitadas.

#### **Datos Históricos de las Inundaciones**

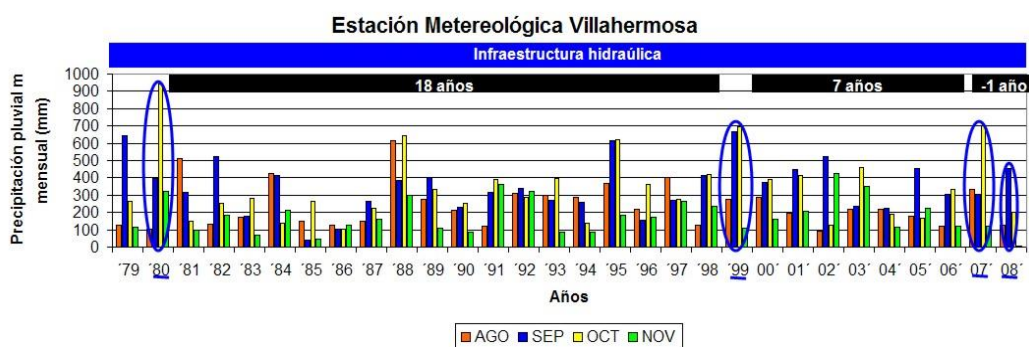
Los registros existentes para el estado muestran que desde la época de la conquista se reportaban épocas de inundaciones temporales en la región de Tabasco debido a sus características fisiográficas mismas que ocasionaban que el principal sistema de transporte hasta el siglo XVIII fuera fluvial.

En los años 50s comienzan a funcionar las estaciones meteorológicas en el estado, mismas que permiten llevar un registro más fidedigno con datos de precipitaciones y de los eventos de inundación. Destacan en estas fechas los eventos de 1999, 2007 y 2008. Estos tres eventos estuvieron vinculados a frentes fríos en momentos en que aún se tiene influencia de ondas tropicales como se aprecia en las Figuras 34 y 35 (datos proporcionados por CONAGUA de la estación meteorológica Villahermosa y registros de inundaciones).

Las Figuras 34 y 35 también muestran las inundaciones importantes de la ciudad de Villahermosa en los últimos 50 años y como se aprecia las fechas están relacionadas a la conjunción del inicio de frentes fríos en momentos en que aún se tiene influencias de tormentas tropicales.



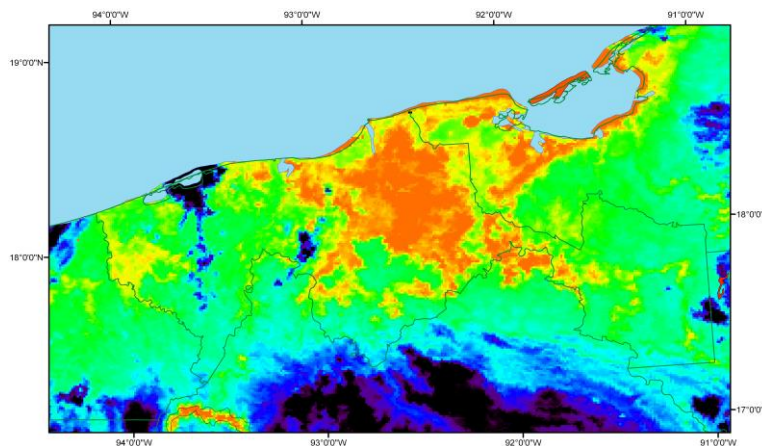
**Figura 34. Gráfico de la estación meteorológica de Villahermosa (promedio mensual) con círculos que identifican fechas de inundación.**



**Figura 35. Gráfico de la estación meteorológica de Villahermosa (promedio mensual) con círculos que identifican fechas de inundación.**

El incremento en los impactos está directamente relacionado con el incremento en la mancha urbana. La Figura 36 muestra la vista satelital de la zona de inundación del en noviembre del 2007, como se aprecia , la extensión de la misma es ce casi el 80% de la cobertura territorial, dado que naturalmente el estado tiene aproximadamente un 30% de territorio en zonas naturalmente inundadas (Pantanos y pastizales inundables) se podría decir que se presentó un incremento del 50% más, sin embargo los niveles de inundación para las zonas naturalmente se encuentran inundadas con un máximo promedio de 50 cm a 1 metro, superaron en muchos casos estos

niveles llegando a más de dos metros en áreas donde los bordos sirvieron de retén superando los 4 metros.



**Figura 36. Zona inundada noviembre del 2007 (imagen satelital)**

### **Metodología**

Se revisó la bibliografía relacionada con eventos de lluvias extremas, así como de fenómenos considerados de influencia en los cambios en el régimen de precipitación en el país, que permitieron hacer comparativos en el Archivo Histórico de la Nación, que conservaba buena parte de la información en telegramas que reportaban las “avenidas” o inundaciones y en fotografías (del centro de Villahermosa, las más antiguas del año 1921).

Se buscaron datos en los que se encontrara información de impactos relacionados a estos eventos extremos en el estado, a través de los registros bibliográficos, publicaciones en revistas, informes de CONAGUA y otras instituciones, Tesis, así como de cualquier nota histórica publicada (periódicos o reportes).

La información de todas las zonas reportadas como afectadas se georeferenció si tenía datos de localidades potenciales comparables, y se registraron las medidas tomadas en cuenta para evitar inundaciones futuras e

infraestructura implementadas a partir del evento citado, para ayudar a controlar inundaciones, así como los costos asociados a los daños ocasionados por estos eventos.

## **Gráficos y Mapas**

Para la elaboración de gráficos y mapas se recabó la información existente de todas las estaciones de monitoreo del clima en el estado de las diferentes instituciones, para realizar análisis estadísticos de los datos de temperatura y precipitación. Se graficaron los datos de temperatura con el método de box-plot por décadas para la detección de señales de cambio climático. Y se cruzaron con la cartografía para ver la distribución de los mismos y relacionarlos con otros elementos del paisaje.

Fueron incluidos también los datos de la cartografía generada en el proyecto “Evaluación del efecto de las variaciones, en relación a la distribución de la precipitación en el Sureste de México” para vincularlo a las fechas de inundación.

Los mapas son elaborados con datos resultantes del análisis de SPI (Índice de aridez) que es equivalente al valor Z en estadística, donde Z es el resultado que se expresa, como la distancia de la media en unidades de desviación estándar, con un pre-ajuste sobre los datos de precipitación que se transforman en una función gamma. El valor de SPI se relaciona con el período por el que se calcula y puede ser aplicado de igual modo a zonas lluviosas, como a regiones secas. Se generaron una serie de animaciones para mostrar el comportamiento de la precipitación y verificar su relación con las fechas de inundación. Para la interpolación entre los puntos y la producción de imágenes en forma de mapas de isolíneas con los datos de SPI, se utilizó el procedimiento “kriging” del programa Surfer 7 (Golden Software 1999). Previamente se georeferenciación todas las estaciones meteorológicas empleadas en este trabajo.

Los datos de las precipitaciones usados fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) delegación Tabasco y analizados

por estación meteorológica, para delimitar las posibles “inundaciones” reportadas y no reportadas en el estado, de acuerdo a la clasificación establecida por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Se analizaron los datos de las tormentas registradas por estación meteorológica, considerando las diferentes condiciones hidrológicas y geomórficas del estado. Sin embargo, debido a la falta de continuidad en la base de datos de precipitaciones, así como las diferencias en los períodos de los registros (no se cuentan con los mismos años de registros entre ellas), no se pudo comparar la información entre estaciones cercanas.

Con base en lo anterior, se analizaron los datos por estación meteorológica, usando estadística descriptiva, de manera cuantitativa (cantidad de días de tormentas registrados en los cuatro meses de lluvias, agosto a noviembre) y cualitativa (el promedio de la intensidad de las tormentas registradas).

También se consideró incluir los registros de las estaciones meteorológicas considerando dos escenarios –regiones de afectación-, en el estado que corresponden a las dos grandes cuencas hidrológicas que lo atraviesan: Grijalva y Usumacinta.

Las estaciones meteorológicas consideradas para la Cuenca del Grijalva fueron: Tacotalpa, Jalapa, Centro, Centla, Nacajuca, Cunduacán, Huimanguillo, Macuspana y Comalcalco.

A pesar de que el municipio de Centla es recorrido por ambas cuencas hidrológicas (Grijalva-Usumacinta), se decidió considerarlo también dentro de la Cuenca del Grijalva, ya que es en esta cuenca donde se refleja primordialmente la problemática relacionada al control hidrológico de la misma.

Se decidió agrupar a Comalcalco dentro de la Cuenca del Grijalva, ya que por un tiempo su cauce estuvo unido a esta red hidrológica, aunque actualmente ya no lo atraviesa y se refleja en inundaciones históricas.

Dentro de la Cuenca del Usumacinta, se encuentran los siguientes municipios: Balancán, Tenosique, Emiliano Zapata, Jonuta y Centla.

### **Indicadores y Criterios para Identificar Umbrales Críticos de Lluvias Extremas que Causan Desastres de inundación en el estado de Tabasco**

En la valoración de estos umbrales se calcularon las zonas potenciales de inundación considerando el patrón histórico de la hidrología superficial, sus cambios (naturales o antrópicos) y posibles implicaciones de los mismos, así como datos de la infraestructura hidráulica construida históricamente y existente (baldíos) y potencialmente proyectada. También se tomaron en cuenta los datos que se dieron de los máximos umbrales durante la inundación del 2007, esta información fue considerada en la construcción del modelo de vulnerabilidad.

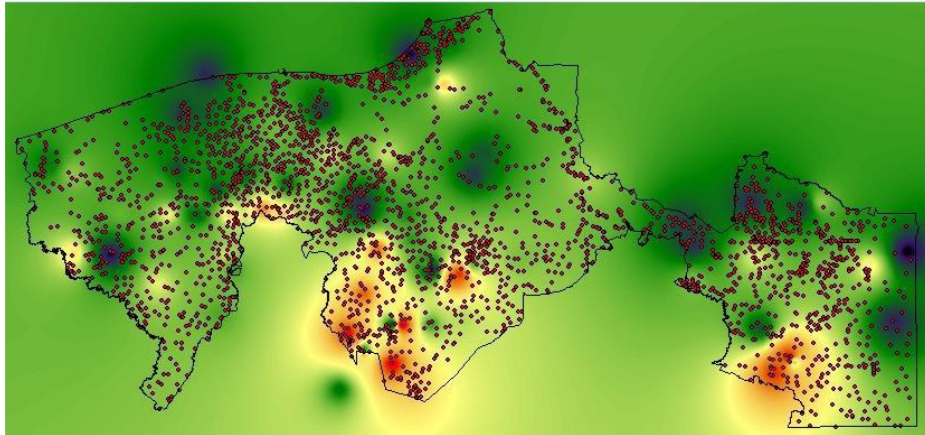
Tabasco está conformado por los deltas en la parte baja de dos de las más importantes cuencas del país (Usumacinta y Grijalva) las cuales han sufrido grandes transformaciones tanto en la búsqueda de un mejor aprovechamiento de los recursos como en el manejo del agua que regule las inundaciones anuales que sufre el territorio.

Estos ríos se unen conformando uno antes de su desembocadura en la Reserva de la Biosfera “Pantanos de Centla”; de enorme diversidad biológica.

Tanto el Grijalva como el Usumacinta toman diferentes nombres antes de unirse de nuevo en la zona cercana a la desembocadura al mar. Son considerados ríos ya maduros ya que llegan con su caudal a la zona más baja en la planicie con amplias y lentas corrientes de meandros pronunciados ramificándose en varios brazos como son, el Carrizal, el Samaria y el Mezcalapa con grandes cargas de sedimentos.

Estas características han ocasionado que la hidrodinámica presente sufra modificaciones drásticas variando la ubicación de las zonas de inundación y

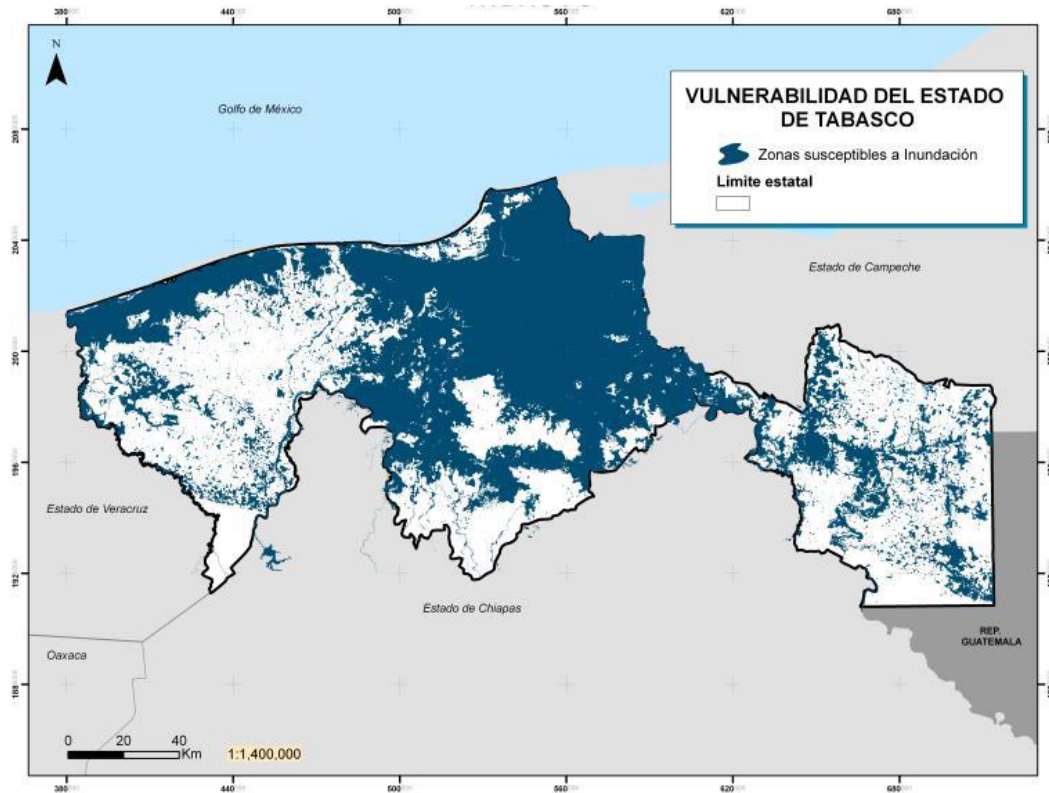
las magnitudes de las mismas en relación a los eventos extremos y las modificaciones del terreno.



**Figura 37. Modelación de frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos.**

En tonos naranja y amarillo en la Figura 37 aparecen las zonas de eventos extremos más frecuentes que coinciden con las partes más altas del estado, límite con Chiapas, especialmente en los meses de septiembre a enero.

Tomado como base el polígono máximo de inundación a la suma del 2007 y 2008, en las cuencas Grijalva y Usumacinta, se construyó la primera aproximación a la vulnerabilidad del estado (Figura 38).



**Figura 38. Mapa de vulnerabilidad a inundación del estado de Tabasco.**

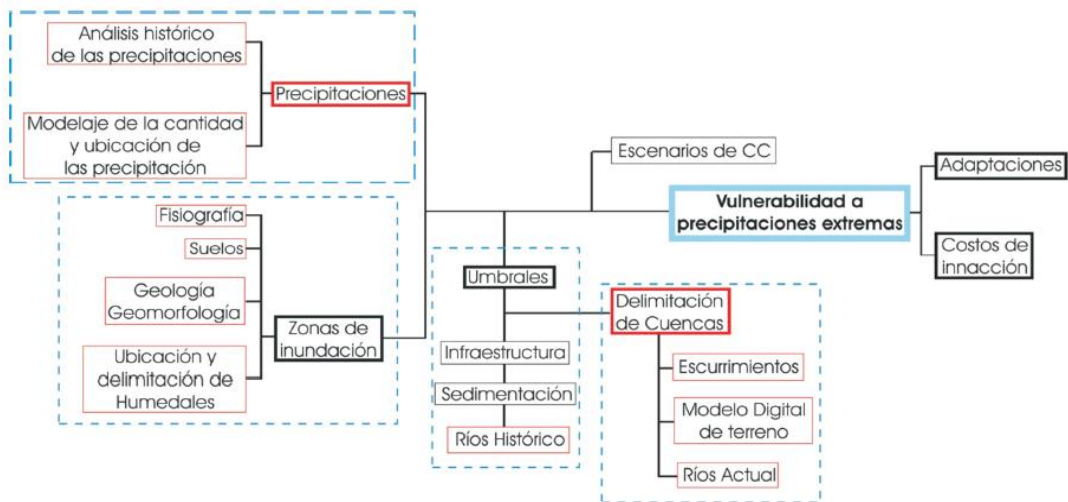


## **VULNERABILIDAD ANTE FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS**

Tabasco se encuentra ubicado en una región que posee un conjunto de características físicas especiales, que lo hacen históricamente susceptible a las amenazas ambientales diversas, con impactos importantes. Para poder dar respuesta a los objetivos planteados en la investigación realizada por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, relacionados a un problema complejo, se propuso una metodología que integrara el análisis de varios factores vinculados al mismo (Figura 39).

Se consideraron básicamente cuatro aspectos relacionados: 1) El análisis histórico de la cuenca, y de los datos registrados de precipitaciones vinculadas o no a inundaciones que afectaran a la población en el estado y la búsqueda de datos relacionados a la evaluación de los daños; 2) Los cambios en el territorio por el uso de suelo o cambios en la hidrología superficial, que se relacionan con la vulnerabilidad del territorio; 3) Escenarios de cambio climático y su posible efecto en el futuro en la región; y 4) Propuestas para contrarrestar la vulnerabilidad.

El análisis del impacto de eventos de lluvias extremas, requirió no solo de un equipo interdisciplinario, sino interinstitucional que permitiera generar los datos para estudio y fortaleciera en análisis de la vulnerabilidad para generar propuestas en respuesta a la misma.



**Figura 39. Metodología: factores considerados.**

## **VULNERABILIDAD DE LAS SUBCUENCAS HIDROLÓGICAS DE TABASCO**

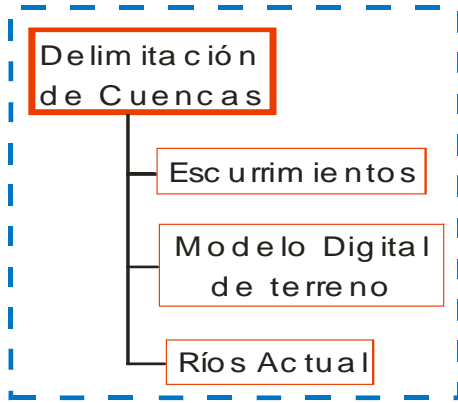
Para el análisis de la vulnerabilidad de las cuencas y subcuencas del estado se aplicó la herramienta del módulo de distancia de Idrisi Kilimanjaro que genera una imagen con cuatro categorías vinculadas a las zonas bajas inundables asociadas a la hidrología superficial. Las categorías de esta imagen son reclasificadas de acuerdo al umbral de inundación. Para este caso se consideró como Umbral de inundación los datos recabados durante los meses de Octubre y Noviembre de 2007 que corresponden aproximadamente a 8 km. usando el mapa de inundación propuesto por el Darmouth Flood Observatory.

Para realizar este análisis se consideraron las capas de: Cuerpos de agua, elevación, asentamientos humanos, caminos y carreteras, vegetación y uso del suelo, precipitación y temperatura.

### **Delimitación de Cuencas y Cambios de Uso de Suelo**

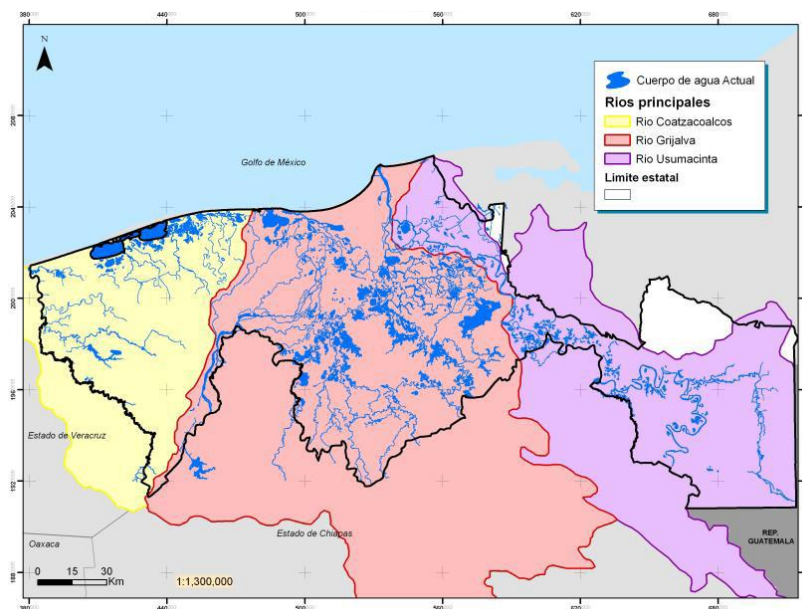
Para la delimitación de las cuencas y subcuencas del estado, se siguió el esquema que se presenta en la Figura 40, considerando datos topográficos, de escurrimientos e hidrología superficial actual. Las coberturas fueron en formato raster fueron combinadas utilizando el software IDRISI versión ANDES, que permite la reconstrucción de las posibles subcuencas presentes en la región con base en dichas coberturas.

El modelo digital de terreno (topografía) utilizado esta escala 1:50,000 fue la fuente para la generación de un mapa de pendientes que junto con el mapa de los ríos existentes actualmente generó mapa de los escurrimientos potenciales. El mapa de pendientes, ríos y escurrimientos son la fuente para la generación del modelo de subcuencas.

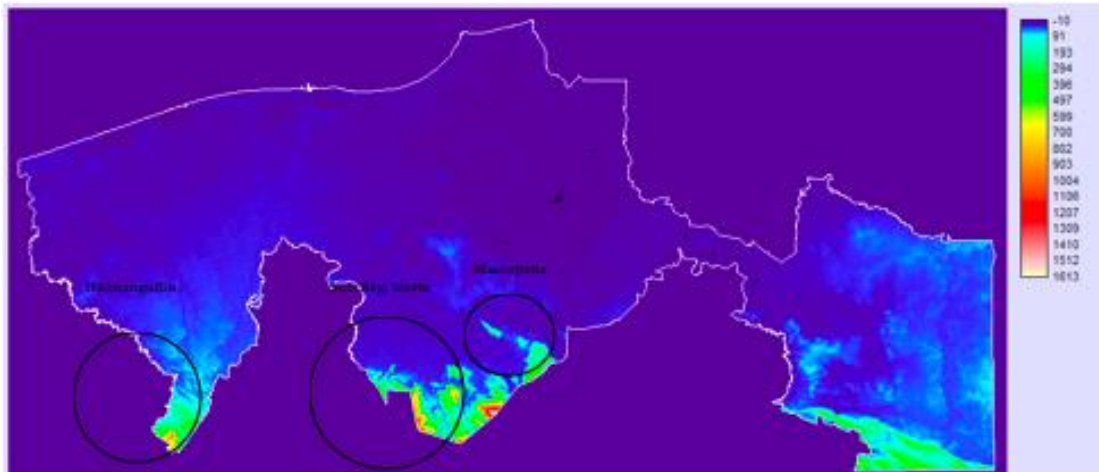


**Figura 40. Esquema y elementos usados en la delimitación de las subcuencas.**

Considerando el área de influencia de los principales ríos del estado: Cuenca Grijalva-Usumacinta y Coatzacoalcos (Figura 41), se procedió a realizar una delimitación de cuencas, y subcuencas para relacionarlo con el cambio del uso del suelo, los impactos esperados de cambio climático y los umbrales de inundación potenciales.

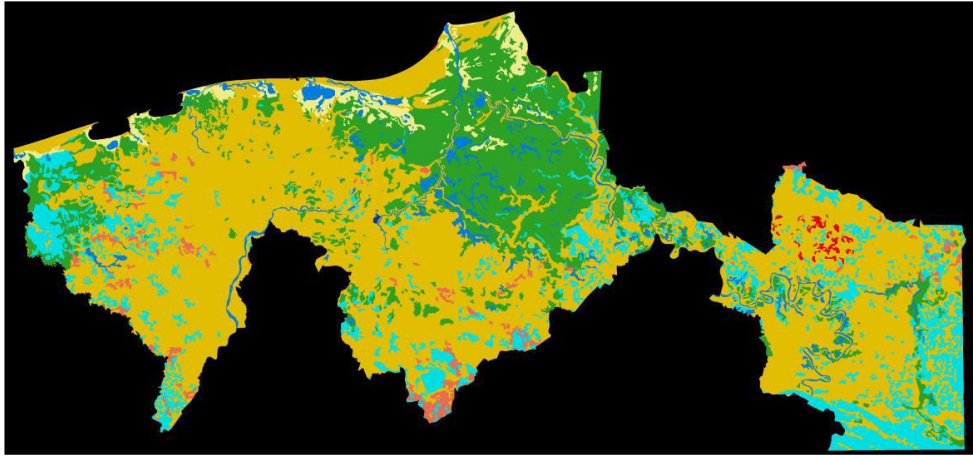


**Figura 41. Cuencas hidrológicas del Estado de Tabasco.**

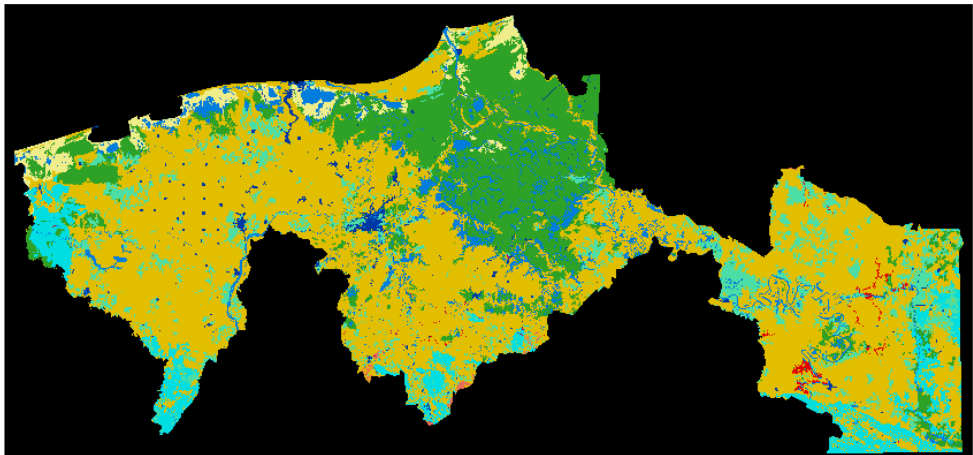


**Figura 42. Modelo digital de terreno.**

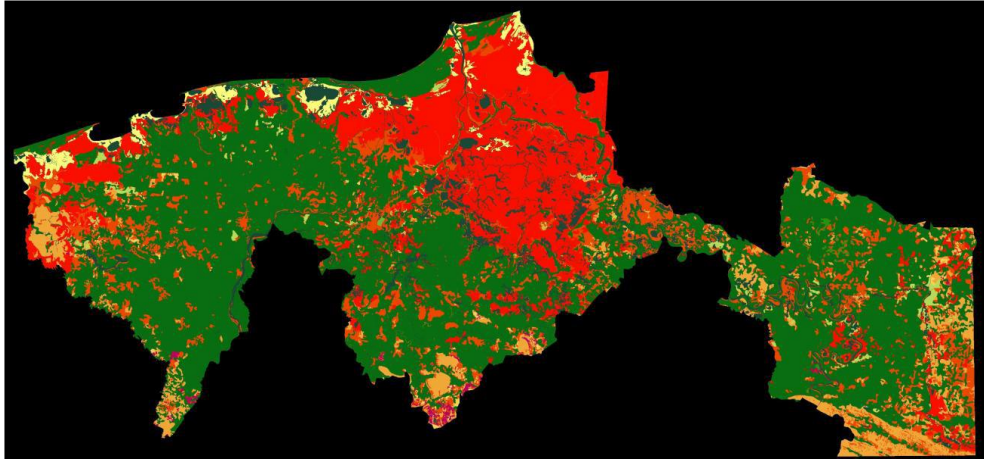
Como se aprecia en la Figura 42 el modelo muestra que los mayores escurrimientos se dan en las zonas de ríos que se encuentran en paisajes con lomeríos (Macuspana) y montañas (Huimanguillo y Región Sierra). Es el municipio de Huimanguillo por donde ingresa el río Grijalva después de pasar por la presa Peñitas. En relación a los ríos de la Sierra no existen infraestructuras de control sobre los mismos y es en esta región donde se ubican las estaciones meteorológicas que registran los valores más altos lluvias todo el año, conjuntándose altas precipitaciones, causales con avenidas y una red hidráulica (Río la Sierra) con bordos de contención en algunos puntos como obra hidráulica de protección. El análisis de cambio de uso de suelo (Figuras 43 a la 45) muestran que en estas zonas quedan aún relictos de selvas tropicales sin embargo la mayor parte ha sufrido una alta deforestación con fines de explotación de ganadería extensiva, contribuyendo a una pobre infiltración y un incremento en los escurrimientos.



***Figura 43. Modelo digital de terreno.***



***Figura 44. Uso de suelo 2003.***



**Figura 45. Cambios resultantes en el territorio por uso del suelo.**

**Tabla 37. Simbología para las Figuras 43, 44 y 45.**

Clase	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Simbología	Cuerpos de agua	Veg. Antrop.	Bosques	Infraestructura	Zonas Inundables	Manglar	Vegetación secundaria	Selvas	Zonas sin vegetación

En un análisis más extendido de la región hacia las montañas que limitan con Chiapas se aprecia que la vertiente Oriental de la Sierra ha sufrido en general un gran deterioro de su vegetación lo que no solo contribuye a disminuir la infiltración sino a aumentar la sedimentación con el acarreo de suelo.

**Tabla 38. Vegetación amenazada relacionada con el cambio de uso de suelo y efectos del cambio climático.**

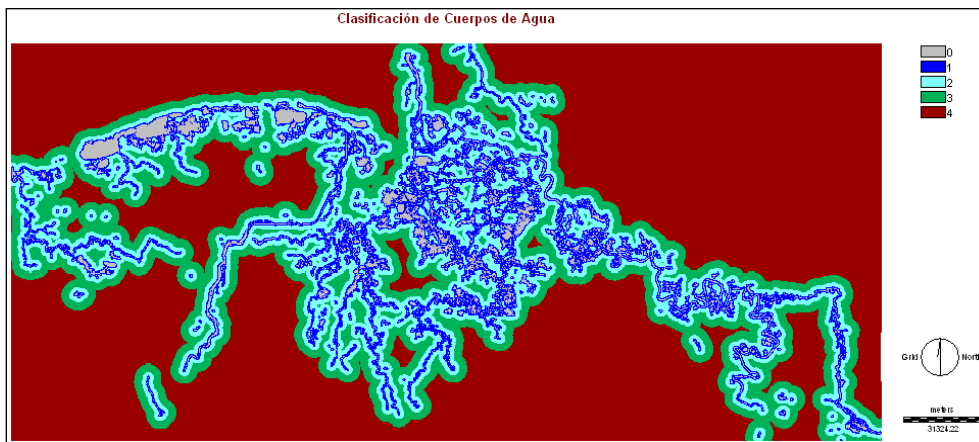
Vegetación Amenazada
Cacao
Cacao-coco
Plantación de cacao
Acahual
Sabana de jícaro
Manglar
Selva alta perennifolia
Selva media perennifolia
Selva media subperennifolia (tintal)
Selva baja perennifolia
Selva baja caducifolia
Bosque de galería
Vegetación hidrófita
Manglar
Pucté



## Cuerpos de Agua

Los cuerpos de agua se reclasificaron considerando las distancias de acuerdo a los siguientes valores de umbrales o categorías (Figura 46):

- 0) a superficies que están fuera del polígono que marca la división política del estado;
- 1) para las zonas con vulnerabilidad alta (de 0-8 km.);
- 2) para las zonas con vulnerabilidad media a una distancia de 8-16 km.;
- 3) para las zonas con vulnerabilidad marginal a una distancia entre 16-24 km. y
- 4) a las zonas con vulnerabilidad baja que corresponden a las zonas más alejadas de los cuerpos de agua (+24 km.).



**Figura 46. Mapa base de cuerpos de agua: Umbrales reclasificados de acuerdo a la distancia.**

## Elevación

Los umbrales para este mapa base fueron establecidos de acuerdo a su relación con la elevación sobre el nivel del mar, usando como base el modelo digital de elevación del estado de Tabasco escala 1:50,000. En esta

cobertura se asignaron las siguientes categorías de reclasificación: las zonas con vulnerabilidad baja (categoría 1) que corresponden a zonas entre los 300 y los 1000 msnm, la categoría 2 a zonas entre los 100 y 300 msnm, categoría 3 a zonas de 0 a 100 msnm y una categoría 4 que corresponde a aquellas zonas en una elevación por debajo de los 0 msnm (de -10 a 0 msnm), con la vulnerabilidad más alta.

### **Asentamientos Humanos**

Esta cobertura con datos de asentamientos urbanos presentes dentro del estado de Tabasco se reclasificación en las cuatro categorías para proponer los escenarios potenciales de vulnerabilidad aplicando el modulo de distancia. La categoría 1 fue asignada a aquellas zonas inundables cercanas a los asentamientos humanos (entre 0-500 m) como las más vulnerables, la 2 a las zonas que se encuentran entre 500-2000m, 3 a aquellas entre de 2000-5000 m de distancia y la 4 las menos vulnerables a las zonas más distantes de los asentamientos (+5000 m).

### **Caminos y Carreteras**

Considerando la importancia de un acceso rápido a caminos y carreteras en situaciones de emergencia, se considero para la generación del modelo de vulnerabilidad el dar el valor de 4 (vulnerabilidad baja) a las zonas que se encontraran cercanas a alguna vía de comunicación terrestre y asignando el valor de 1 a las áreas más alejadas de las mismas al no tener un acceso rápido de evacuación.

### **Vegetación**

Dado que el estado cuenta con importantes zonas inundables de pantanos se consideró esta capa para ubicar los diversos tipos de vegetación que se encuentran en Tabasco. Los tipos de vegetación fueron clasificados en: acahual; cultivos temporales; mezcla de cacao y coco; mezcla de chintulillar y tular; coco; pastizales inducidos; pastizales cultivados; plantaciones de cacao,

cítricos, agave, caña, eucalipto, hule, palma de aceite, plátano y teca; así como popal; mezcla de popal y tular; además de selva alta, selva mediana y selva baja. Todos estos tipos de vegetación fueron identificados individualmente y posteriormente clasificados en cuanto a su relación con la potencialidad de inundación de la zona, quedando todos agrupados en una sola capa la cual incluía zonas propensas a inundaciones como criterio número uno, donde se incluyen tipos de vegetación como: el mangle, las hidrófitas, los pastizales inundables y la vegetación de pucté, el resto de las vegetaciones fueron clasificadas de manera similar hasta llegar al valor de menor riesgo de inundación.

### **Precipitación**

Esta cobertura se generó con los datos de INEGI (<http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/tab/temperat.cfm?c=444&e=22>) de precipitación media anual. La información fue digitalizada, y transformada a formato raster para posteriormente ser reclasificada. En relación a las clases se considero con el valor menor (el riesgo más alto) a aquellas zonas que registraron una mayor precipitación, mientras que se le asigno un valor mayor a las zonas con menor precipitación.

### **Temperatura**

De manera similar a la capa anterior los datos para generar este mapa base se obtuvieron de la base de datos de INEGI para posteriormente mediante el procedimiento descrito para la capa anterior se proceder a clasificar las clases según los valores obtenidos, asignando los valores más altos a las zonas de menor temperatura y los más bajos a las zonas más cálidas.

## **VULNERABILIDAD EN ZONAS COSTERAS DEL ESTADO DE TABASCO ANTE EL ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR**

---

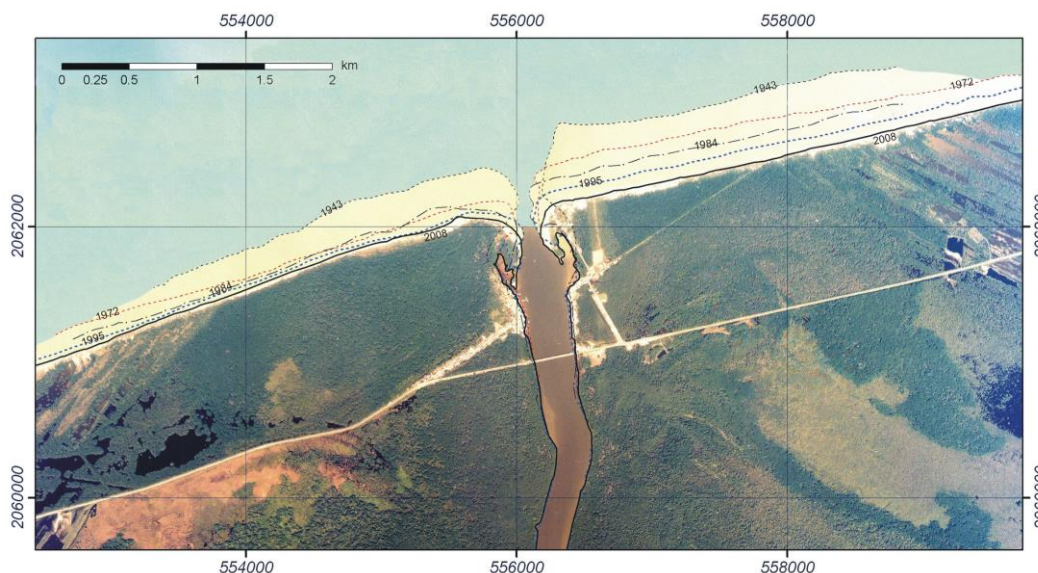
Los efectos de los impactos que recibe la zona costera del Estado de Tabasco por ascenso acelerado del nivel del mar se traducen en la destrucción de tierras del frente del deltaico por acción del oleaje (implicando un retroceso de la línea de costa hacia la porción continental con las consecuentes pérdidas de tierras) así como a una mayor afección u ocurrencia por inundación de tierras bajas (cuya configuración geomorfológica contribuye a una gran retención de la citada inundación), entre otros. Todos estos aspectos tendrán notables repercusiones tanto ambientales (físicas, biológica, etc.) como sociales y económicas (asentamientos urbanos en el litoral, salinización de cultivos, etc.).

Sumado a este aumento del nivel del mar como consecuencia del Cambio Climático existe una subsidencia geológica asociada a su emplazamiento en una cuenca geológica marginal así como a la entrada de sedimentos por escurrimiento fluvial, sin olvidar, en último término, una actividad extractiva (hidrocarburos) que sin lugar a duda contribuye a la retroalimentación del citado hundimiento. Toda esta situación contribuirá a aumentar la notoriedad de los impactos sobre el litoral.

### **Análisis de estabilidad de línea de costa**

Para medir las tasas de retroceso y avance de la línea de costa, de tal manera que nos permita conocer la velocidad de erosión y de acumulación rápida como consecuencia del ascenso del nivel medio del mar y la subsidencia de la cuenca geológica marginal frente al proceso de sedimentación del sistema deltaico y zonas de tierras bajas, se utilizó la base cartográfica digital de INEGI, a escala 1: 50000 de marzo del año de 1995 sobre la que se realizó una restitución fotogramétrica de las imágenes aéreas a color de INEGI, a escala 1:40000, con fecha de vuelo de marzo del año 2008.

También se utilizaron fotografías aéreas desde 1943 a 1996 para determinar visualmente el cambio en el litoral de la costa de Tabasco durante ese periodo, mismo que se muestra en la Figura 47.



**Figura 47. Histórico de retroceso de las costas del litoral del estado de Tabasco 1943-1996.**

Con la confección de esta base cartográfica se efectuaron las medidas métricas, midiendo la diferencia del tamaño, de una con respecto a la otra, para estimar la pérdida y ganancia de tierras y, de esta manera, medir los cambios mediante la diferenciación espacial y temporal de la línea de costa durante el lapso en cuestión.

Con el fin de establecer un análisis comparativo, primero se seleccionó y se identificó a las costas de tipo de barrera y deltaica, en función de su fisonomía y geomorfología semejante, con el objetivo de definir las áreas con sectores relativamente homogéneos o análogos, a fin de identificarlos y diferenciarlos (Figura 48). También hay tramos de costa que se separaron en función del

dominio, ya sea de procesos sedimentarios acumulativos o los de destrucción erosiva.



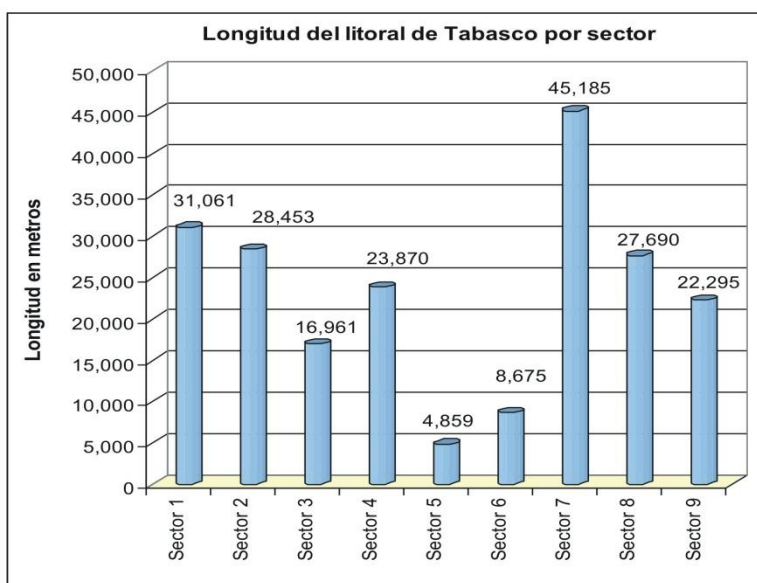
**Figura 48. Sectores en los que se dividió la costa deltaica, en función de la homogeneidad de su fisonomía.**

Sectorización de la costa:

- Sector 1. Boca del Río Tonalá a Boca Santa Ana Bocana de la laguna del Carmen” Sánchez Magallanes”.
- Sector 2. Boca Santa Ana a -Boca Panteones (isla barrera de las Lagunas Carmen y Machona).
- Sector 3. Boca Panteones a la boca de la Barra Tupilco.
- Sector 4. Barra Tupilco a Puerto Dos Bocas (al espigón occidental).
- Sector 5. Trecho del Puerto Dos Bocas (comprende desde el espigón occidental hasta el último espigón oriental del puerto).
- Sector 6. Desde el espigón oriental del puerto dos bocas - al estuario del río González (Barra Chiltepec).
- Sector 7. Estuario del río González (Barra Chiltepec) hasta el brazo occidental del delta del Río Grijalva.

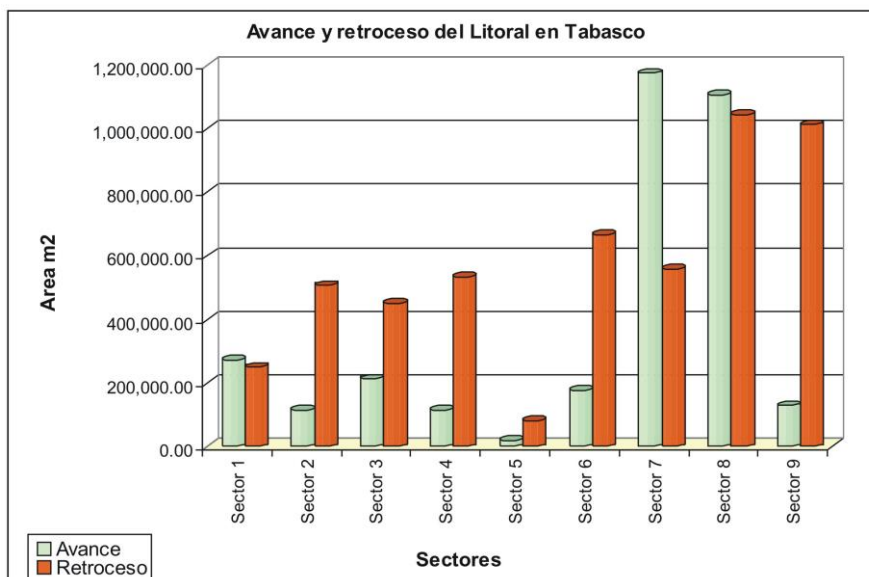
- Sector 8. El primer brazo del delta del Río Grijalva hasta el límite del flanco oriental del delta.
- Sector 9. Limite del flanco oriental del delta del Grijalva hasta Campeche, a 16 km al oriente de la desembocadura del Río San Pedro- San Pablo.

En el siguiente Figura 49 se muestra la extensión longitudinal de la línea de costa para cada uno de los sectores identificados.



**Figura 49. Extensión longitudinal de la línea de costa (en km), dividida en sectores en función de las características geomorfológicas.**

Una vez analizado los datos se presentan los resultados en función del carácter o comportamiento regresivo o transgresivo de la línea de costa. A modo de síntesis se expone a continuación un gráfico con el balance entre erosión y acumulación, y su expresión en la distribución de las superficies de tierras ganadas y perdidas para cada uno de los sectores (Figura 50).



**Figura 50. Balance entre la erosión y la acumulación, y su expresión en la distribución de las superficies de tierras ganadas y perdidas.**

### Comportamiento Regresivo

Este comportamiento regresivo, es decir, un avance de la línea de costa sobre el mar, se identifica principalmente con el delta del río Grijalva (sector 8), y cuyos valores de avance en el periodo de referencia en dirección al mar, cubren una extensión de poco más de 1 km<sup>2</sup>, con una superficie de 1,105,858 m<sup>2</sup> (resultado de dividirlo por la extensión total de la línea de costa en este sector), obteniendo una tasa de avance hipotética promedio en todo el trecho de unos 3 m/año. Estos valores señalan una fuerte actividad en los procesos de sedimentación y acreción en el frente del delta.

Fruto de la actividad sedimentaria del delta se determino un carácter igualmente regresivo en los sectores o flancos del mismo (sectores 7 y 8 - parte oriental), arrojando para el sector más occidental una tasa de acreción media de entorno a 2 m/año.

Por último, el sector 1 presenta un avance mínimo medio calculado de 5,9 cm/año. Estos valores indicarían una estabilidad o equilibrio en la barrera, si bien, un estudio más detallado del área permitió diferenciar entre dos zonas con comportamientos totalmente opuestos: sector oriental o de "Sánchez



Magallanes” con un valor de de erosión de 0,77 m/año, y sector occidental con una tasa de acumulación de 1,34 m/año. Esta situación debe su explicación al aporte de sedimentos en el área occidental por parte del río Tonalá sumado a la corriente de deriva de playa con un flujo de oriente a poniente la mayor parte del año, mientras que la zona transgresiva se explica por la construcción de un espigón que afecta a la entrada de sedimentos.

### **Comportamiento Transgresivo**

Los resultados arrojan que el impacto del ascenso del nivel medio del mar se manifiesta en seis de los nueve sectores en los que se dividió la costa de Tabasco.

Considerando los registros extremos con los valores más contrastantes, se tiene al Sector 6, que cubre el flanco occidental del delta del Mezcalapa, en el cual se establece, desde el Puerto de Dos Bocas hasta la barra de Chiltepec en la desembocadura del Río González. La costa de barrera se extiende por 8,675 m de longitud, y es aquí donde los cambios de los últimos trece años (1995-2008) han modificando, de forma significativa, la configuración de la línea de costa, el proceso de remoción se traduce en una disminución de la superficie de barra en más de medio km<sup>2</sup> (667,324 m<sup>2</sup>), extensión que una vez que se dividió por el largo de la barrera de Chiltepec de 8,675 m, se obtuvo una franja de 77 m ancho a lo largo del sector, misma que representa la franja pérdida de terreno o de playa por la erosión. De este modo la velocidad de retroceso promedio es de una tasa de 6 m/ año. Esta alarmante situación encuentra su explicación en la influencia que puede ejercer la configuración geomorfológica de la amplia bocana sumado al emplazamiento espacial de la línea de costa.

El sector 9, corresponde a un único tramo en donde no existe prácticamente una barrera en sentido estricto, siendo una planicie del delta de extinto río Usumacinta, es decir, con una disposición que facilita el ingreso de agua marina tanto por tanto por su geomorfología final como por la falta de una

fuerza importante de sedimentos. Según los estudios se obtiene una tasa de retroceso del orden de los 3,5 m/año.

El sector 4 constituye un delta muerto e inactivo que sin el aporte de sedimentos propio queda a merced de la energía marina, en una posición de déficit, no logrando por tanto mantenerse sin perder superficie de playa, y presentando un ritmo de retroceso de 1.72 m/año.

Para el sector 2 se registra una pérdida física del terreno con valores de 1.37 m/año. Si bien esta situación deriva de su disposición actual no cabe duda que la apertura de bocanas se ha aumentado o introducido el impacto de la erosión.

El sector 5 presenta valores de retroceso del orden de 1.28 m/año asociado tanto al aumento del nivel marino como al hecho de estar asentado sobre materiales de relleno y a la quizás no adecuada distribución de espigones.

Por último, el sector 3 y al igual que el resto de la línea de costa del delta del Mezcalapa no cuenta con una fuente directa de sedimentos de carácter continental lo que aunado a un aumento del nivel del mar provoca una tasa de retroceso del orden de los 2 m/año.

## **Resultados**

Los aportes se sintetizan en el conocimiento de la diferenciación de los procesos transgresivos y regresivos del complejo deltaico, en donde se distribuyen y manifiestan con distinta magnitud; de esta manera, se está en condiciones de saber qué porciones son las más vulnerables.

De la zonificación de áreas impactadas, se puede concluir, que existe un avance regresivo de la costa, que es totalmente congruente con un de los mayores abastos de sedimentos del país, constituidos por el acrecentamiento delta Grijalva-Usumacinta. En cuanto al comportamiento transgresivo, éste tiene lugar en deltas inactivos o muertos, por tanto, los resultados resultan congruentes; sin embargo, es un hecho que las obras realizadas han catalizado el fenómeno de la erosión de la costa.

Con la finalidad de obtener valores netos en el desplazamiento de línea de costa (no valores puntuales de los distintos sectores) se deberá medir las áreas totales afectadas por el fenómeno de transgresión frente al de regresión, consignando el proceso dominante con el fin de homogeneizar regionalmente los valores representativos.

Atendiendo a la ponderación anteriormente indicada podemos considerar que la línea de costa es definitivamente inestable, con un dominio en la transgresión por él, toda vez que de los 209 km de longitud de la costa en estudio, 124,304 km son de retroceso, representado al 59% del litoral en cuestión y solo 57,055 km es decir, el 27% del litoral, constituyen las costas progradantes con el dominio de la acumulación sedimentaria. Mientras solo 27,690 km correspondiente al sector 8 o del delta del Grijalva, se interpreta como una línea de costa definitivamente estable o en equilibrio.

### **Vulnerabilidad Costera**

Para el establecimiento de la vulnerabilidad del litoral se utilizó el de índice de vulnerabilidad de Thieler y Hammer – Klose (1999), modificándose con la inclusión de variables (agrupadas en temáticas) con el objetivo de mejorar, precisar, jerarquizar y retroalimentar las variables originales de la fórmula, y todo esto, derivado de las particularidades de la costa tabasqueña (costa tipo barrera).

Las nuevas categorías de variables son:

- Suministro y almacenamiento de sedimentos arenosos
- Dimensiones morfográficas y morfométricas de la barrera
- Composición y organización espacial de las unidades naturales de las barreras
- Asimilación territorial de las actividades económicas

- Susceptibilidad de inundación por efectos del ascenso del nivel del mar

Los resultados arrojan la importancia en peso de las variables referidas a susceptibilidad e inundaciones (prácticamente el 50%) seguidas por la asimilación territorial de las actividades económicas (más de 25%). En tercer lugar de importancia se ubica la composición y organización espacial de las unidades naturales de las barreras, seguida del suministro y almacenamiento de sedimentos arenosos, por último, las variables de dimensiones morfológicas y morfométricas de la barrera son las de menor significado.

La selección y desarrollo de variables y criterios específicos para evaluar la vulnerabilidad física, considerando la presencia de barreras, es especialmente importante cuando se trata de litorales en los que abundan este tipo de estructuras como es el caso del Golfo de México.

En el siguiente Cuadro 39 se presentan las categorías de vulnerabilidad de los nueve sectores representados por islas barreras, llanuras deltaicas y barras con cordones litorales:

**Tabla 39. Distribución y categorización de vulnerabilidad para sectores costeros.**

Distribución de los sectores en función del grado de vulnerabilidad			
Sectores	Calificación final de cada isla	Calificación con base en escala de 100	Categoría de vulnerabilidad relativa
6	0.1504	100	Muy alta
3	0.1408	93	Muy alta
2	0.1379	93	Muy alta
9	0.1349	86	Muy alta
5	0.1316	86	Muy alta
4	0.1198	80	Alta
1	0.0762	53	Media
8	0.0607	40	Baja
7	0.0477	33	Baja

**Tabla 40. Distribución de los sectores en función del grado de vulnerabilidad.**

Escala de vulnerabilidad	
0-20	Muy baja
20-40	Baja
40-60	Media
60-80	Alta
80-100	Muy alta

Como es de esperarse los sectores 8 y 7 son los de menor vulnerabilidad porque corresponden a los flancos del delta activo del Grijalva.

Si bien los fenómenos de erosión y acumulación han coexistido desde hace mucho tiempo, los resultados obtenidos reflejan la importancia de las consecuencias derivadas del ascenso del nivel del mar sobre el litoral costero.

Las principales afecciones derivadas del aumento del nivel del mar se traducen en inundaciones de las tierras bajas y destrucción del frente deltaico.

El Estado de Tabasco se ha identificado, por la magnitud de la extensión y por las consecuencias y cambios en los sistemas naturales, como el área de mayor susceptibilidad del Golfo de México (Figura 51).



**Figura 51. Complejos deltaicos del Golfo de México.**

En la zona del río Usumacinta el nivel de inundación de 0 - 1 m alcanza hasta 55 km, proyectándose el siguiente nivel hasta 62 km tierra adentro. En el área que corresponde al río Grijalva la extensión del primer nivel de inundación es de aproximadamente 25 km, el segundo nivel es de 32 km.

En el punto donde se ubica la laguna Machona los niveles de inundación disminuyen, siendo así para el rango establecido entre 0 – 1 m de 6 km, para el rango de 1 - 2 m es de 8 km; en promedio se tienen diferentes niveles de inundación en diversos puntos del complejo Grijalva-Usumacinta, siendo esto un reflejo o manifestación de la irregularidad del terreno de las diferentes entrantes del mar.

De la problemática anterior se deriva una más, como es la entrada de la cuña salina que desde luego tiene repercusiones a nivel de agua y suelos con la consecuente expansión del ambiente salobre-marino de la zona costera hacia el interior de la porción continental con los problemas de salinización de suelos y agua y modificación de los ecosistemas del delta por el impacto de la fuente externa de la cuña salina, avanzando con un efecto de borde remontante en dirección tierra adentro. Fenómeno que tiene como consecuencia factores limitantes en las relaciones de productividad biológica, en la simbiosis existente, la biodiversidad y obviamente una consecuencia más que sería el abatimiento y sustitución de los recursos naturales básicos.

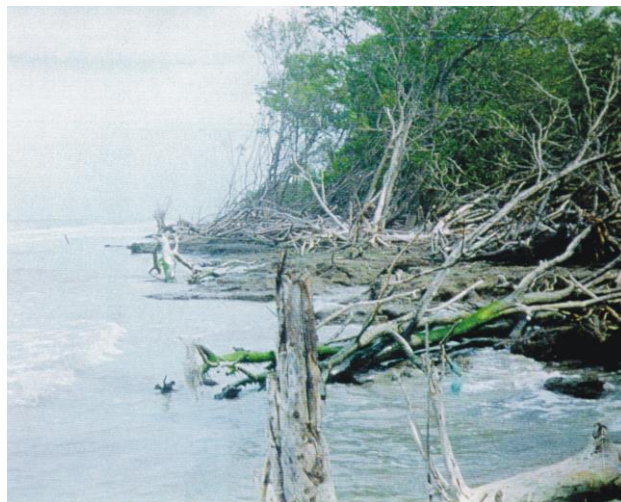
La influencia de factores de orden social y económica es bien conocida pues a través de sus acciones las comunidades asentadas en el litoral están expuestas al cambio climático con impactos de alteración en su agricultura y en la producción de alimentos, en la disponibilidad de agua dulce, en la salud y las consecuencias directas de la elevación del nivel del mar.

Como producto de su acción económica hay cambio de la cobertura original con desforestación de la selva a un sistema agropecuario que repercute en el abatimiento y sustitución de los recursos originales, con la construcción de infraestructura y su operación de represas, canales de derivación, drenes rectificación de río, esteros, se alteran los sistemas naturales de drenaje que en términos generales se traducen en un déficit de sedimentos que llegan al

mar, colocando en desventaja la disposición del frente del delta ante la energía del mar que se deriva en una acción más retroalimentando el proceso de erosión de la costa.

Estos cambios conllevarán implicaciones sociales serias porque las áreas costeras contienen grandes y crecientes poblaciones, además de ser zonas valiosas en términos de recursos naturales y actividades económicas relacionadas.

Las imágenes siguientes muestran los efectos del retroceso en el litoral tabasqueño, mismas que muestran la necesidad de implementación de acciones para su conservación y recuperación de biodiversidad amenazada por esta problemática.



***Fotografía 1. Detalle de la destrucción del manglar, ausencia del perfil de playa arenosa, el impacto tiene lugar sobre afloramientos de roca de playa "caprock". Foto obtenida en las cercanías de la barra de Tupilco.***



***Fotografía 2. Imagen de la destrucción en plantaciones de palmeras, en terrenos que corresponden a los campos arenosos de cordones de playas antiguas. Barra de Chiltepec, Tabasco.***



***Fotografía 3. Proceso de acumulación sedimentaria de un ambiente relicto de marisma, sepultando a la comunidad de mangle rojo. A partir de la remoción eólica de arenas de la postplaya. Barra de La Laguna Redonda.***



## ESCENARIOS

---

---

### ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Para determinar los impactos del cambio climático, es necesario determinar las condiciones climatológicas actuales y las regiones más vulnerables ante fluctuaciones de este.

La ubicación del estado de Tabasco en la zona tropical, su escasa elevación con respecto al nivel del mar y su cercanía al Golfo de México, determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima, en los que la variación de la temperatura es moderada. La invasión de las masas de aire en la entidad es directa y provoca gran parte de la precipitación total anual.

#### Temperatura

El clima cálido húmedo de Tabasco se caracteriza por sus temperaturas elevadas bastante uniformes, cuya media al año es mayor de 26°C. La marcha anual de la temperatura es del tipo Ganges, ya que la máxima se registra antes de la estación lluviosa y del solsticio de verano, en mayo, con un valor medio superior a los 29°C, en tanto que la media más baja, mayor de 21°C se presenta en enero. Las temperaturas más altas se distribuyen a lo largo de la costa y las más bajas en las estribaciones de las sierras; en verano son estables, mientras que en el invierno presentan variaciones debido a los nortes, los cuales producen mínimas extremas que van de los 12°C a los 15°C.

La poca variación de la temperatura durante el año determina que las heladas se produzcan en muy raras ocasiones. La precipitación total anual en la costa es mayor de 1500 mm, ésta va incrementándose gradualmente conforme se avanza hacia el sur, donde se registra un volumen de 4000 mm, como en la zona de Teapa y en los alrededores de las sierras Madrigal y Tapijulapa. En

gran parte de la entidad la precipitación es estacional, el periodo de lluvias abarca de junio a octubre, dentro de éste se presentan dos máximas, la primera en junio y la segunda en octubre, con un promedio de 380 mm. En agosto decrece ligeramente la lluvia, lo cual es denominado sequía de medio verano.

### Precipitación

La temporada de secas ocurre en marzo y abril, el volumen medio de precipitación es de 40 mm en la costa y de 100 mm en las laderas de las sierras, la lluvia invernal es consecuencia de los nortes.

### Modelación de Escenarios

Actualmente el Instituto Nacional de Ecología ha presentado escenarios de precipitación y temperatura media anual para los escenarios 2020, 2050 y 2080. Las tendencias de variabilidad muestran decrementos en las precipitaciones totales anuales en un rango de 5 - 25% y aumentos de temperatura de hasta 4°C, variaciones que podrían tener implicaciones importantes en diversos sectores del estado. El grado de detalle de implicaciones de estos escenarios se busca establecer en lo sucesivo.

**Tabla 41. Escenarios.**

Escenario	2020	2050	2080
Precipitación total anual	<0 y 10%	Entre 15 y 20%	< 5 y 25 %
Temperatura media anual aumentará	0.5 y 1.0°C	1.0 y 2.5 °C	2 y 4 °C

Asociados a los escenarios de temperatura se presentará un aumento en el nivel de los mares relacionado con el deshielo de los glaciares continentales y la dilatación térmica.

El Cuarto Informe del IPCC señala que el nivel promedio del mar se elevó a un ritmo promedio de 1.8 mm (con variaciones entre 1.3 a 2.3 mm) por año entre 1961 y 2003. Respecto al Golfo de México se calcula un aumento del orden de los 130 mm durante 1950 y 1990. Una proyección lineal indica un valor de 360 mm de aumento del nivel hacia el 2100.

En el Golfo, a escala mensual, las mediciones del nivel del mar en diferentes puntos de su costa durante 15 años, muestran que los niveles más altos durante el año se presentan en Coatzacoalcos (189 a 213 cm), mientras que en invierno en Ciudad Madero, Tamaulipas, llega a 179.8 cm (rango medio de 35 cm; rango diurno 40.8 cm) y en Progreso, Yucatán, a 112.7 cm. En esta generalidad, la amplitud del cambio entre mareas normales bajas y altas es muy pequeña: se ubica entre 25 y 50 cm.

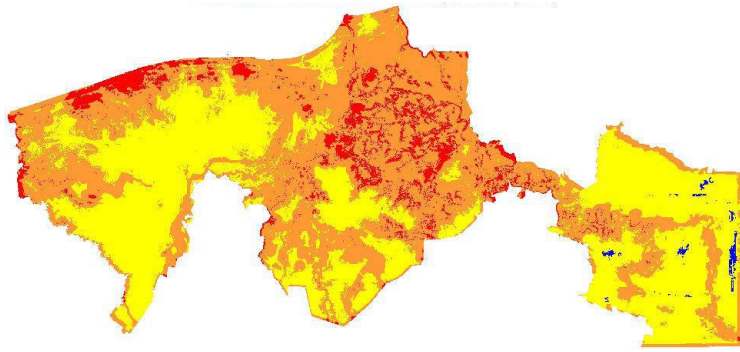
La ubicación geográfica del estado y su interacción costera, además de los estudios elaborados y avalados por expertos del estado en los últimos años, se ha considerado hacer énfasis en la vulnerabilidad asociada a los fenómenos meteorológicos extremos (que resulta necesario y urgente a partir de los eventos del año 2007) y la vulnerabilidad costera provocada en mayor medida por el aumento de nivel del mar.

Una vez definidas las siete capas, fueron proyectadas en WGS 1984/UTM 15N de acuerdo a la normatividad de INEGI para la cartografía del país y se llevo a cabo un análisis multi-criterio (MCA) que las relacionara con el software IDRISI Andes. Para el proceso final se consideró que algunas de las variables explicaban mejor el fenómeno estudiado, por lo cual se decidió darles un valor porcentual mayor a estas capas, de acuerdo a su distribución e impacto en los sistemas (Tabla 42):

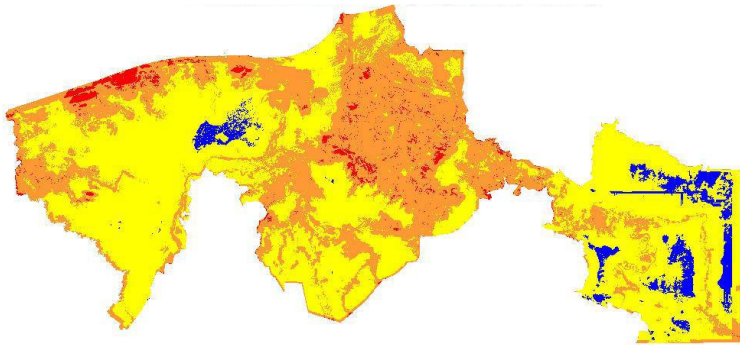
**Tabla 42. Porcentajes asignados a las coberturas de acuerdo a su valor de importancia en el fenómeno estudiado.**

Fenómeno	Valor porcentual de importancia
Elevación	30%
Cuerpos de Agua	25%
Vegetación	22%
Caminos	8%
Precipitación	5%
Temperatura	5%
Asentamientos	5%

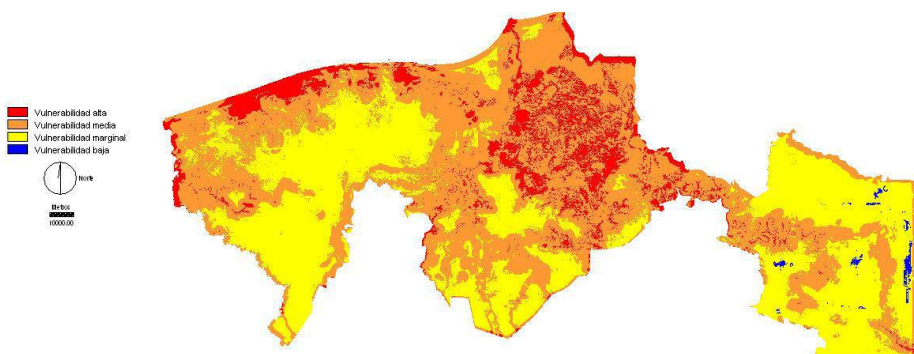
Con las 7 capas (elevación, cuerpos de agua, vegetación, caminos, precipitación, temperatura y asentamientos humanos, ponderados) propuestas en la metodología se modelaron escenarios de vulnerabilidad diferentes considerando el aumento de la temperatura (+4°C), variaciones en la precipitación local (+500 mm) por eventos extremos y la ocurrencia simultánea de ambos eventos, generando los escenarios 1, 2, 3 y 4 (Figuras 52 a la 55).



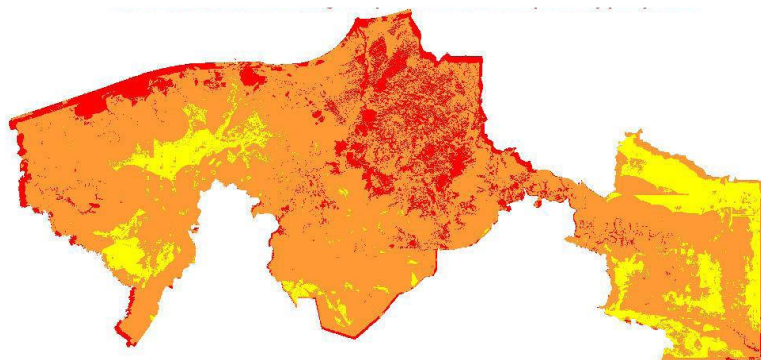
**Figura 52. Escenario 1: Aumento de la temperatura + 4°C.**



**Figura 53. Escenario 2: Aumento en la precipitación + 500 mm.**



**Figura 54. Escenario 3: Aumento simultáneo de temperatura y precipitación.**



**Figura 55. Escenario 4: Evento meteorológico atípico + aumento de temperatura y precipitación.**

De los posibles cambios en el comportamiento futuro de acuerdo a los escenarios en relación a la temperatura se proyecta un aumento de 1°C en el 2039 a 4°C en el 2099 y las zonas más amenazadas sería el extremo norte en los municipios de la región Chontalpa, principalmente Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Huimanguillo, agudizándose los efectos a mayor cercanía a las costas del golfo, para el modelo ensamblado. En cuanto a la precipitación en el estado se encontró que las proyecciones apuntan a una disminución de la precipitación en general en todo el territorio que va de -50 mm a -150 mm en el resto del estado para el 2039, que seguirá en aumento hasta alcanzar una disminución de más de 200 mm para el año 2099 hacia la zona limítrofe con el estado de Chiapas y vulnerabilidad a aumento mayor a 500 mm hacia la zona norte del estado.

Sin embargo, los pronósticos se dirigen también a una redistribución de las precipitación ocasionando que aún cuando estas disminuyeran se presentarán eventos extremos que concentraran su presencia vinculados a meteoros climáticos que a la fecha requieren de un mayor estudio como son los frentes fríos. Estos eventos recientemente han estado fuertemente vinculados a sucesos que han provocado fuertes inundaciones en gran porcentaje del estado.

El escenario 4 como ejemplo, comprende la ocurrencia de un evento meteorológico como el ocurrido en Octubre y Noviembre de 2007, en el cual se tuvieron lluvias atípicas.

## **ESCENARIOS DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

### **ESCENARIOS EN LOS SECTORES USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA**

Dada la gran variabilidad de las emisiones y remociones de GEI en el periodo de análisis, es muy difícil predecir las tendencias futuras de la dinámica de GEI en el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (AFOLU). Adicionalmente, no se pueden estimar los posibles impactos de los programas nacionales y estatales dirigidas a la mitigación de emisiones de GEI (e.g. Programa Estratégico del Cambio Climático 2009-2012 y compromisos nacionales voluntarios para la mitigación de GEI a 2020), sin una consulta con los grupos interesados del gobierno federal, estatal, las organizaciones no-gubernamentales y los grupos organizados de los productores en los diferentes sectores.

### **ESCENARIOS EN EL SECTOR ENERGÍA**

#### **SUBSECTOR RESIDENCIAL**

El Censo de Población y Vivienda 2010, contabilizó 567,175 viviendas habitadas, en términos absolutos tuvo un incremento de 154,749 en los últimos 10 años. Asimismo, la tasa de crecimiento entre 1990 y 2000 fue de 3.7% y para 2000-2010 se ubica en 3.1%. Lo anterior indica que el ritmo de crecimiento del parque habitacional se mantiene por encima de la tasa de crecimiento poblacional (1.6% promedio anual).

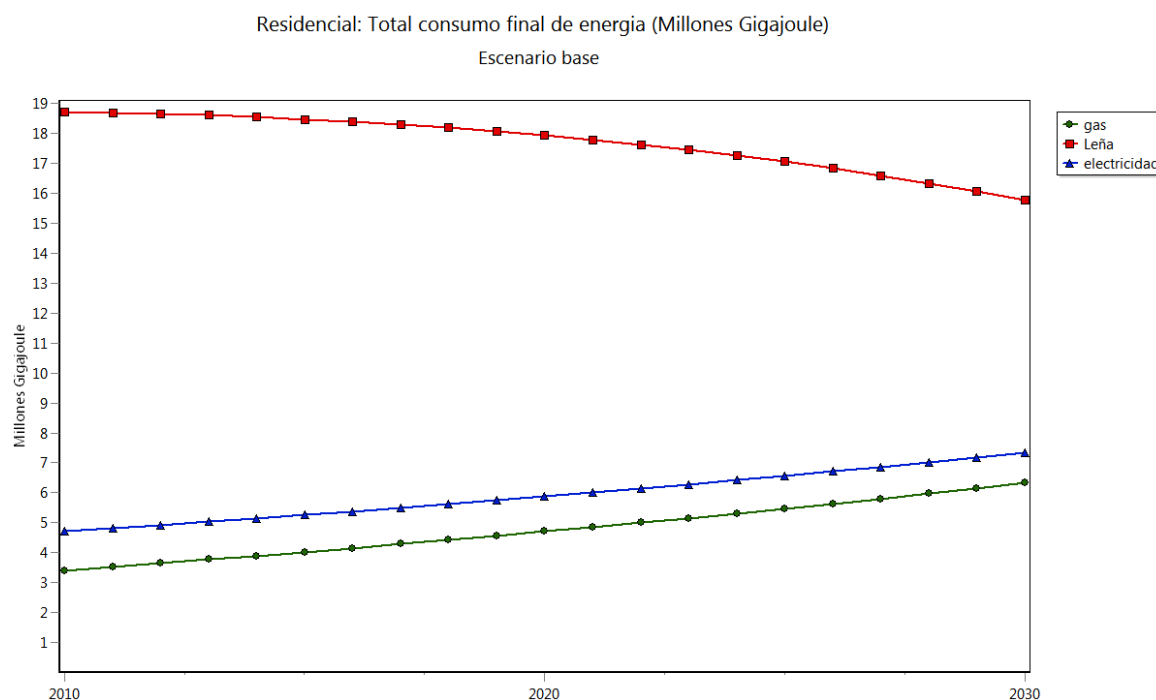
La demanda energética para los próximos veinte años es determinada en gran medida por el incremento poblacional y por ende el de viviendas, para simular en el modelo LEAP (Long Range Energy Range Alternatives Planning), se consideró un crecimiento de 2.1% (Obtenido del promedio de la tasa de crecimiento de la población en un periodo de 10 años y el crecimiento anual



aproximadamente). Esto da como resultado que para el 2030 habrá 859,500 viviendas en el Estado que emplearán 29.4 millones GJ en consumo de energía.

La Figura 56, muestra claramente la disminución del consumo de la leña para el año 2030 y la demanda para los próximos veinte años (Anexo-cálculos).

Del 2010 al 2030 el gas licuado de petróleo (GLP) presenta una demanda de 100.1 millones de GJ que representa un crecimiento de 3.1% (cálculo del LEAP), la leña tiene una demanda de 371.4 millones de GJ que representa una disminución de 0.9%, la electricidad presenta una demanda de 124.6 millones de GJ con 2.2% de crecimiento.

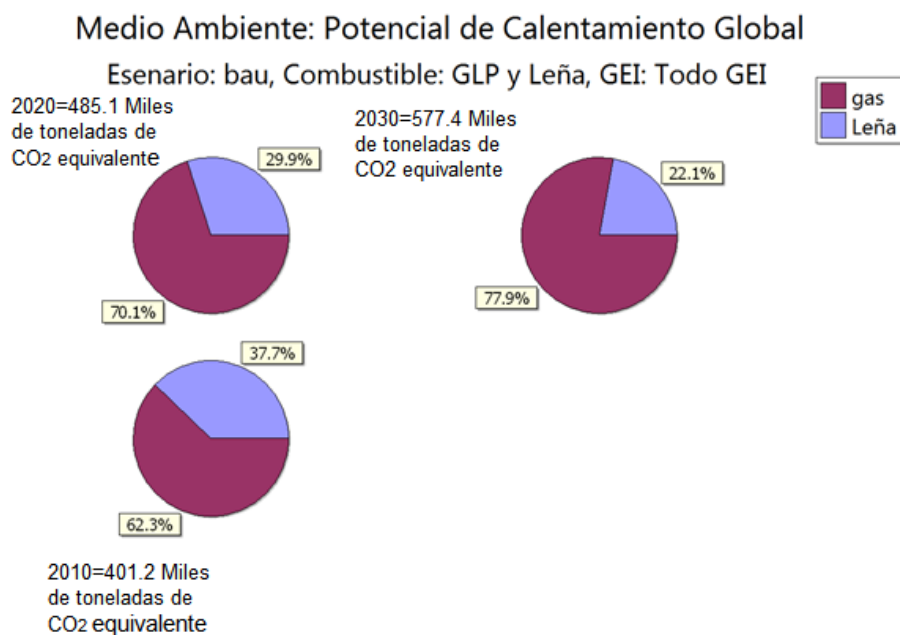


**Figura 56. Escenario base de Demanda en el Subsector Residencial.**

El porcentaje de crecimiento en el Sector Residencial para el año 2030 sería de 0.5% por estos energéticos que representa 596.0 millones de GJ.

## Emisiones de Gases Efecto Invernadero en el Subsector Residencial

Las emisiones de GEI que el modelo calcula son CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O con respecto al potencial de calentamiento global valorados a 100 años. La siguiente Figura 57 nos muestra las emisiones para los años 2010, 2020 y 2030.



**Figura 57. Escenario de emisiones de Gases Efecto Invernadero.**

En la figura anterior se puede observar que en 2010 el 37.7% corresponde al consumo de leña y 62.3% al consumo de gas LP con respecto a las emisiones de GEI. Para el 2020 se prevé que las emisiones alcanzarán 29.9% emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes por leña y 70.1 % de CO<sub>2</sub> por gas LP, en el 2030 el software calcula emisiones que corresponden a 22.1% de CO<sub>2</sub> por consumo de leña y 77.9% de CO<sub>2</sub> equivalente por gas LP.

## **Reducción de emisiones GEI en el Subsector Residencial**

Las estimaciones realizadas en este documento se sustentan en supuestos crecimiento del Sector Residencial en un 2.1% en viviendas, proyectados para los próximos 20 años para el estado de Tabasco.

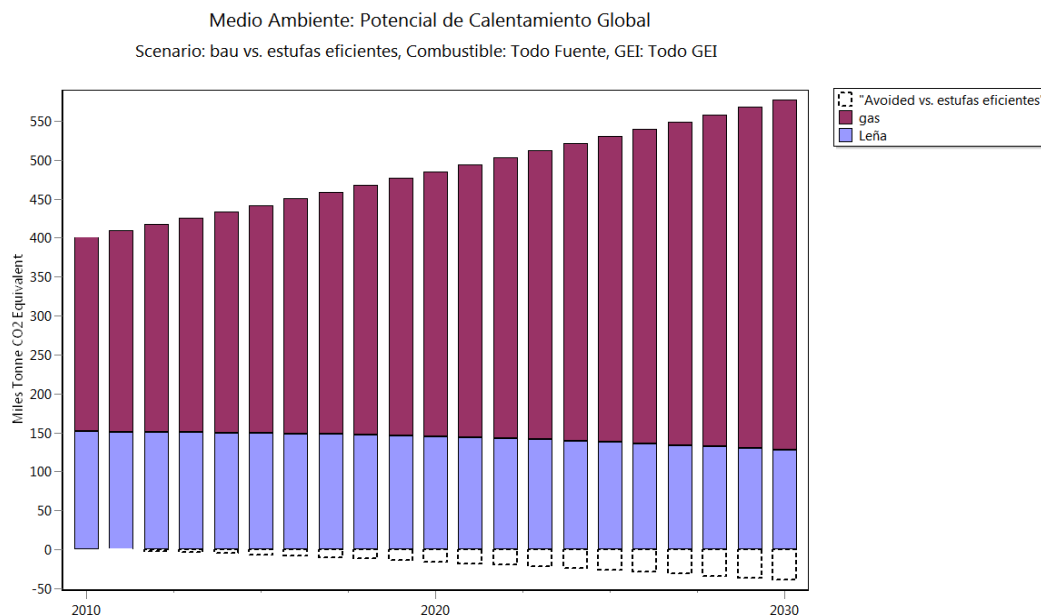
Las medidas de mitigación propuestas para este sector son las siguientes:

1. Estufas eficientes
2. Calentadores solares
3. Eficiencia energética en electricidad.

### **Estufas eficientes**

Estas benefician el medio ambiente, porque requieren menor consumo de leña para la cocción de los alimentos, con lo que puede lograrse un manejo sostenible de la biomasa (que implica que la intensidad de su uso no sea superior a la velocidad de reposición). Desde el punto de vista energético, la adopción de esta tecnología podría permitir contar con una fuente de energía permanente. Cabe decir que el consumo de leña disminuye conforme los centros urbanos se extienden muchas veces debido al aumento del precio en el gas LP.

La reducción de emisiones es aplicada al Escenario Base de emisión de los combustibles gas LP y leña (Figura 58).

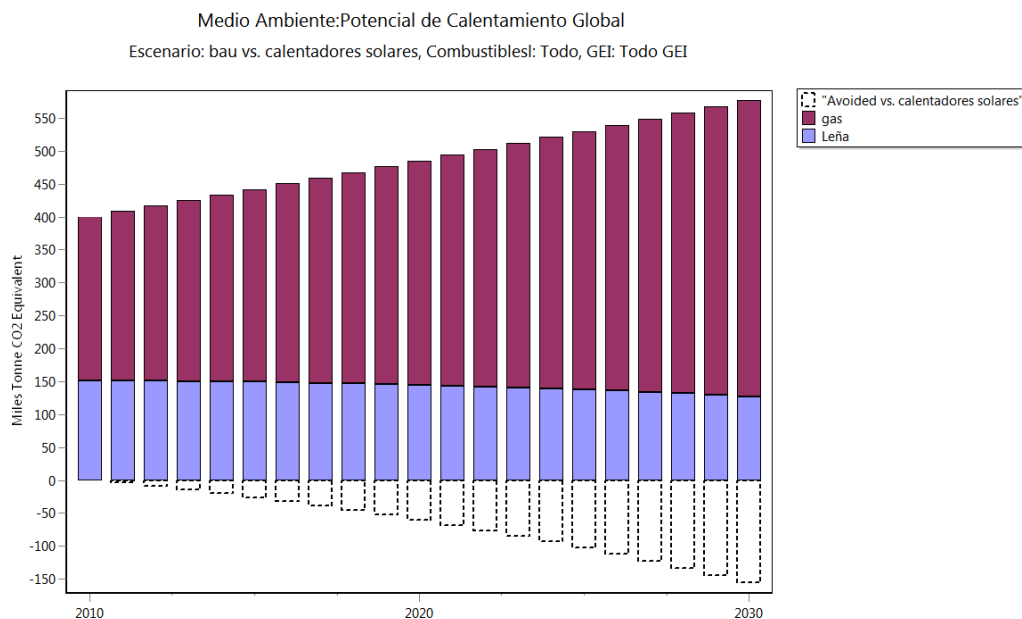


**Figura 58. Escenario de emisiones abatidas por la mitigación de estufas eficientes.**

En la Figura 58 anterior se aprecia las emisiones evitadas de GEI (líneas punteadas) aplicando las estufas eficientes. Para el 2020 si se adopta esta medida de mitigación se dejarían de emitir 16.6 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y para el 2030 se evitarían 39.9 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

### Calentadores solares

En Tabasco es necesario aprovechar la energía solar. La energía térmica del sol puede calentar agua a temperaturas inferiores de 100°C, la inversión de un calentador solar se recuperaría en 2.2 años con el ahorro de combustible y tienen una vida útil de 20 años. La contaminación en las zonas urbanas disminuiría, ya que al usar esta tecnología ecológica las emisiones por gas LP y leña se reducen (Figura 59).



**Figura 59. Escenario de emisiones abatidas por la mitigación de calentadores solares.**

Las emisiones de GEI que se evitarían por el uso de calentadores solares para el 2020 serían de 61.2 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y para el 2030 es de 156.7 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

### Importancia del abatimiento de emisiones de GEI en el Subsector Residencial

Las medidas de mitigación y adaptación impulsadas a través del Sector Residencial tienen el potencial de lograr cambios de comportamiento en las estructuras sociales más importantes la familia y el individuo.

La producción energética, la producción alimentaria, las dinámicas comerciales, la infraestructura urbana (y casi todas las estructuras sociales) dependen de la forma en la que vivimos.

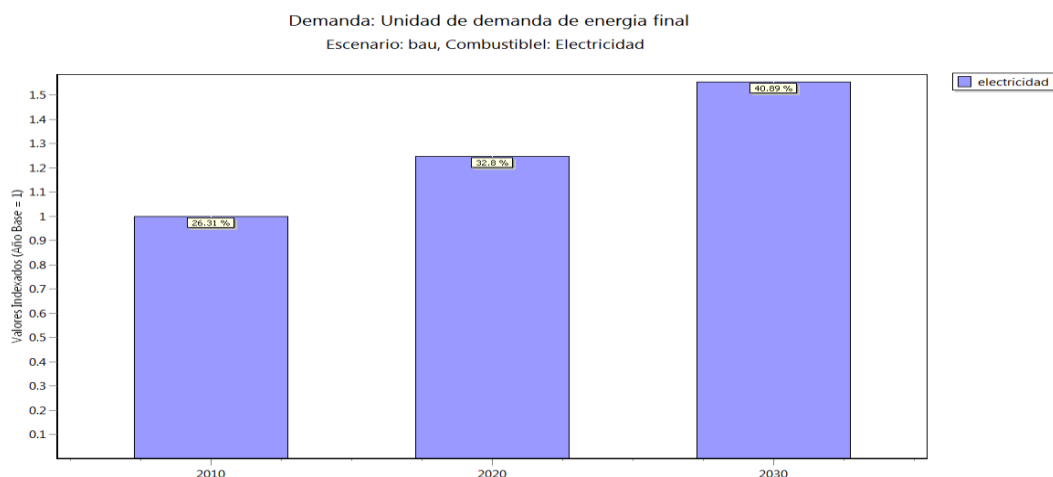
Por ello, las iniciativas que se impulsen dentro del Sector Residencial impactan muchas otras áreas de la actividad humana. Nos redefinen en el mundo en el que vivimos. Los cambios a nivel humano que nuestra sociedad global requiere para hacer frente al cambio climático (y demás retos para un

desarrollo sustentable) pueden ser instrumentados y dirigidos a partir de la incidencia en este Sector. Las oportunidades de reducción de emisiones de GEI en este Sector se centran en el uso eficiente de la energía.

### La eficiencia energética

La eficiencia energética en la electricidad es una línea de acción ante el Cambio Climático, bajo la cual se impulsan programas cuyo objetivo final es el ahorro y el uso eficiente de la energía. Si bien son trascendentes los esfuerzos que se realizan en el país en este sentido, su promoción y apoyo, tanto por parte del gobierno como del sector privado, deben continuar y profundizarse a fin de lograr efectivamente las metas propuestas.

La Figura 60 muestra la demanda de electricidad en este sector, en el año 2010 fue de 4.7 millones de GJ, de los cuales los usuarios con tarifa B demandaron 0 millones de GJ, los usuarios con tarifa C demandaron 2.2 millones de GJ, usuarios D demandaron 2.3 millones de GJ, usuarios DAC demandaron 0.2 millones de GJ (cálculos de LEAP).



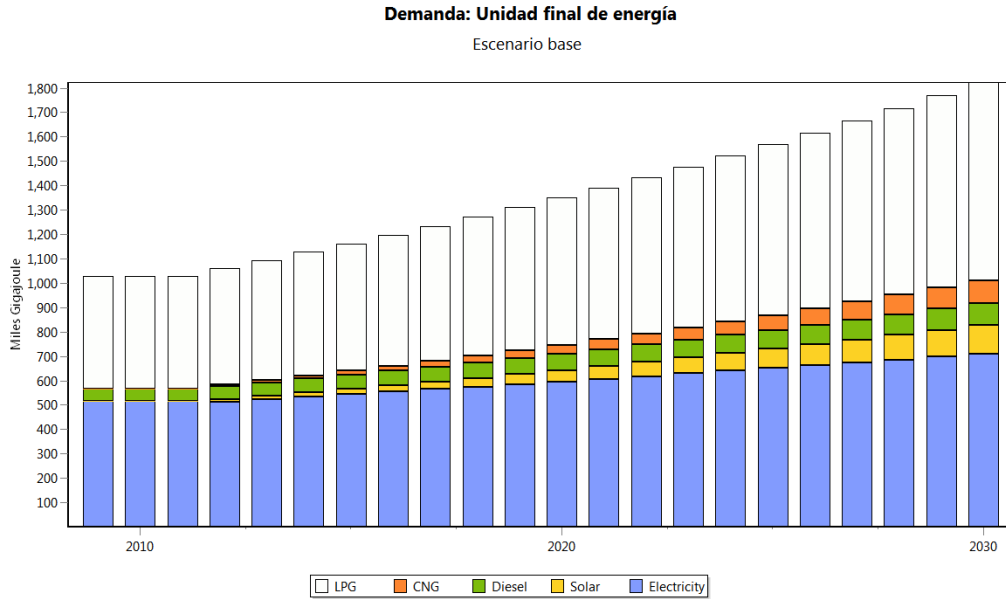
**Figura 60. Demanda de Energía eléctrica en el Sector Residencial.**

En el 2020 se requerirán 5.9 millones de GJ de los cuales los usuarios; con tarifa B demandarán 0 millones de GJ, los usuarios con tarifa C demandarán 2.7 millones de GJ, los usuarios con tarifa D, 2.9 millones de GJ, usuarios DAC, 0.3 millones de GJ (cálculos con LEAP). Y finalmente en 2030 se requerirán 7.3 millones de GJ de los cuales 0 millones de GJ demandarán los usuarios B, 3.4 millones de GJ demandarán los usuarios C, los usuarios D con 3.6 millones de GJ y los usuarios DAC con 0.3 millones de GJ en la demanda eléctrica (cálculos con LEAP).

### **ESCENARIOS EN EL SUBSECTOR COMERCIAL**

Como se menciona con anterioridad el **Escenario base** nos muestra lo que pasaría si las cosas siguen como en la actualidad, cuales serán la demanda en los años estipulados y las emisiones.

Estimando que la demanda de energéticos en el Sector Comercial se incremente 3% (INEGI, 2010; PIB trimestral, 2010), el consumo total de energía final da como resultado una demanda total de combustibles de 29,884.8 miles de GJ para el año 2030 (cálculos del LEAP). En la Figura 61 se puede observar el comportamiento para los años 2010 – 2030 de los combustibles como el gas natural y la energía solar.

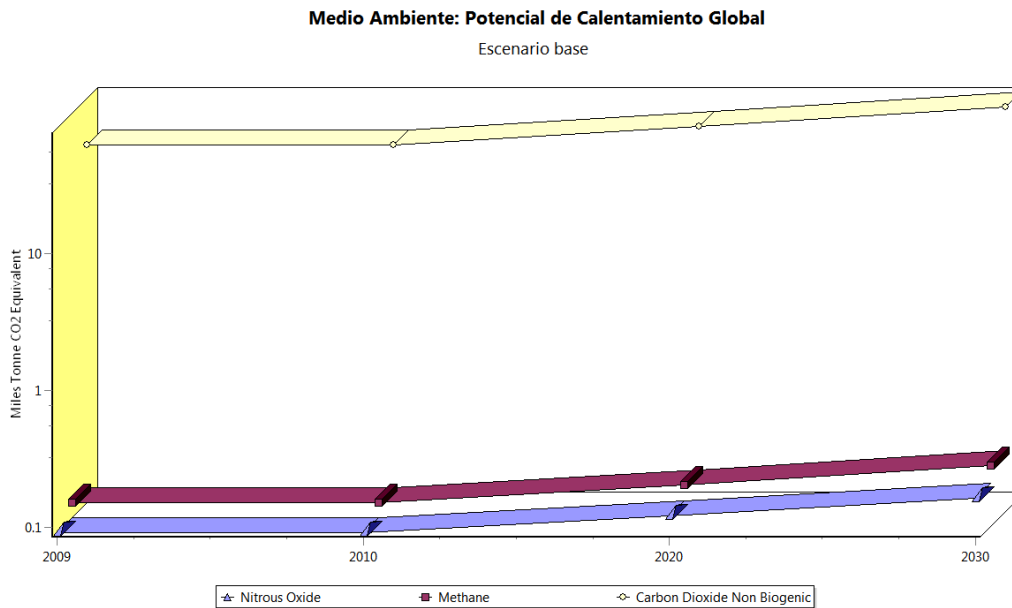


**Figura 61. Demanda de combustibles del Subsector Comercial para los años 2010 – 2030.**

**Emisiones de gases efecto invernadero**

Las emisiones de GEI en el escenario base dieron como resultado para el periodo 2010 -2030 un crecimiento en el CO<sub>2</sub> de 3.08%, para el CH<sub>4</sub> 2.96% y para el N<sub>2</sub>O un crecimiento del 2.79%, teniendo un total de 1,135.78 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> Equivalente (Figura 62).





**Figura 62. Emisiones de Gases Efecto Invernadero con su potencial de calentamiento global en el periodo 2009-2030.**

### Escenarios de mitigación del Subsector Comercial

De acuerdo a las propuestas para el Sector Comercial se proponen dos opciones de mitigación:

- Eficiencia energética; Reducción del consumo energético y energía incluida en los edificios.
- Energía solar térmica.

### Escenario de Eficiencia energética

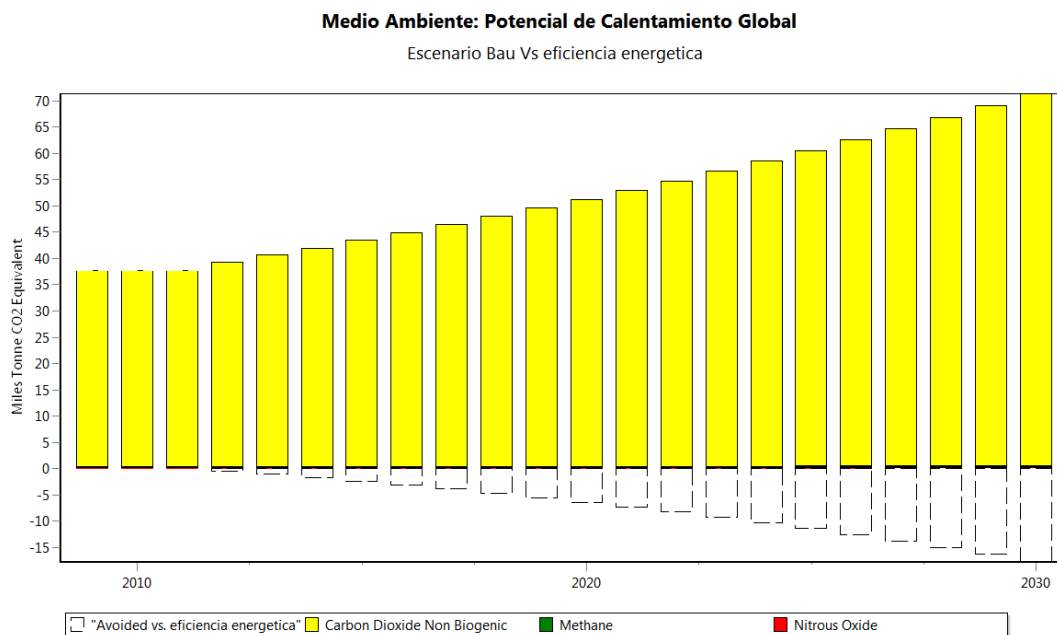
La eficiencia energética, reduce el consumo de electricidad y, en consecuencia, la quema de combustibles necesaria para generarla.

Asimismo, busca mejorar o llevar a cabo un proceso de renovación tecnológica que favorezca el aumento de la eficiencia energética; cambio a combustibles menos intensivos en la emisión de carbono, y la creación de estándares para nuevos equipos.

Como propuesta de mitigación, las proyecciones en la eficiencia energética aplicada a los energéticos en los periodos 2010-2030 tendrían por emisiones la cantidad de 982.2 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y evitarían 153.53 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente en comparación con el escenario base.

Entre las acciones para el Sector Comercial existe una serie de propuestas; reemplazar las lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes, colocar controladores de temperatura para que el aire acondicionado se apague cuando las oficinas estén vacías o tengan la temperatura óptima de confort, comprar fotocopiadoras, fax, computadoras, etc., que tengan el sistema de ahorro de energía, utilizar aislantes térmicos en edificios, durante el día utilizar la luz del sol abriendo persianas y cortinas, realizar cursos de ahorro eficiente de energía para que los empleados tomen conciencia y apoyen en las acciones emprendidas por la compañía.

En la Figura 63 se muestran las opciones de mitigación asociadas a una mayor eficiencia energética, que representan un pequeño porcentaje de las emisiones evitadas totales.

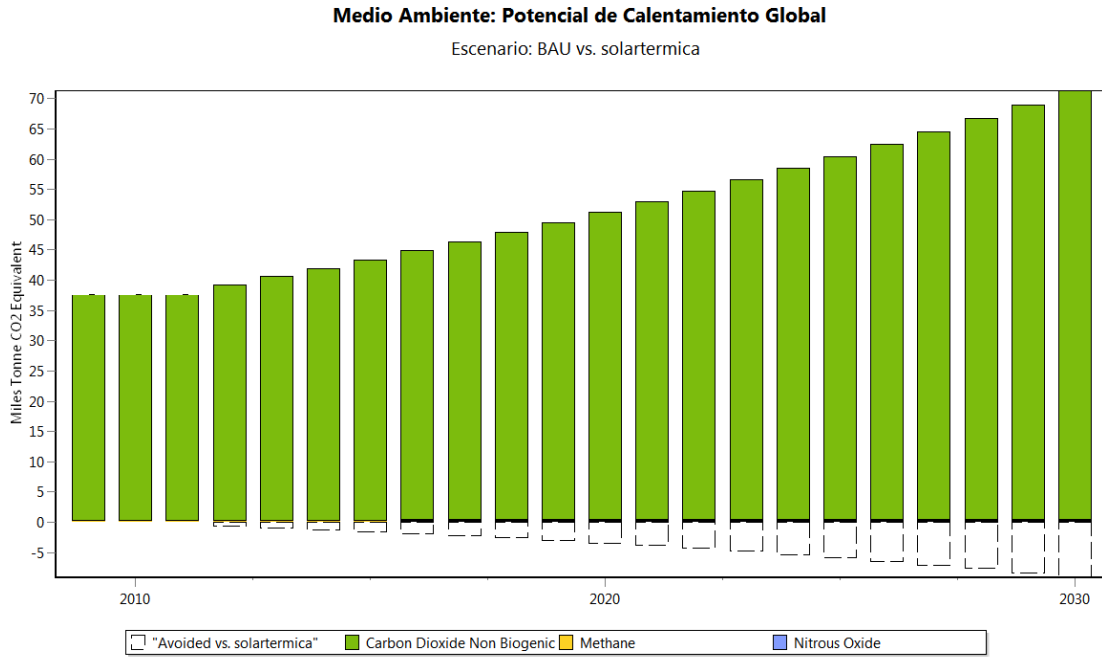


**Figura 63. Emisiones de GEI equivalentes evitadas, aplicando la mitigación de eficiencia energética, periodo 2009-2030.**

### Escenario de energía solar térmica

La energía solar es viable para el estado de Tabasco ya que la cantidad de radiación incidente es considerable y puede proponerse como una opción de energía, la inversión puede ser costosa, pero en el mediano y largo tiempo se obtienen beneficios debido a la disminución del consumo de combustibles fósiles para el calentamiento de agua en el Sector Comercial.

Aplicando la opción de energía solar térmica en este sector se obtiene como resultado un abatimiento de gases efecto invernadero de 82.92 miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes para el periodo 2009 – 2030 (Figura 64).



**Figura 64. Emisiones de GEI equivalente evitadas, aplicando la mitigación de energía solar, periodo 2009-2030.**

Algunos beneficios de esta fuente renovable de energía, adicionales a las ventajas que supone la reducción de la factura energética, son:

- La garantía de acceso a la energía a largo plazo, condición necesaria para el desarrollo económico y social, disminuyendo los efectos de los incrementos de los precios energéticos que comprometen el crecimiento del PIB y la inflación.
- La creación de empleo, básicamente en el sector de fabricación de bienes de equipo, otros sectores industriales y servicios.
- Mejora de la calidad ambiental mediante la reducción de emisiones contaminantes, principalmente de CO<sub>2</sub> de origen energético.

## **ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD FÍSICA DE LA ZONA COSTERA DE TABASCO ANTE LA PROBLEMÁTICA DE ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR ACELERADO**

---

### **PROYECCIÓN DE ESCENARIOS PROBABLES 2020 - 2030**

La prospectiva de los escenarios se basa en un modelo posible del arreglo futuro y su análisis se realiza considerando el posible desarrollo posterior que dependerá de las decisiones y decisiones que hoy y en el futuro cercano se tomen a nivel local, regional y global. El problema relacionado a las alteraciones o alternativas de cambio en la estructura espacial de la costa y su zona aledaña, están determinadas por la magnitud y las tendencias de las modificaciones identificadas en este estudio, que finalmente constituyen una guía sobre la cual se diseñó una imagen objetivo, que permite generar alternativas de uso, protección y ocupación del territorio, en un escenario compatible y sustentable, basado en la intervención y/o posible modificación de las tendencias no deseables, que a través de estrategias establecidas considerando nuevas alternativas, con una amplia flexibilidad y de ajuste progresivo, permitan revertir o aminorar los impactos de los escenarios no deseados y generar escenarios alternativos de optimización.

La generación y uso de una serie de escenarios permite contar con un conjunto de alternativas futuras, que luego de un proceso de consenso, compatibilización y análisis de viabilidad se implementen de forma operativa, mediante propuestas con diseños del escenario más armónicos y que minimicen el riesgo de la población, sus bienes y sus recursos.

La proyección de escenarios al año 2020 y 2030 de erosión de costa, se lleva a cabo considerando los resultados de la variación de la inestabilidad de la línea de costa, la cual se hace con la idea de contar con datos potenciales de la prospectiva de los escenarios más probables, esto partiendo del supuesto, de que no habrá un incremento significativo en los fenómenos de ascenso del

nivel del mar, ni en el valor de la subsidencia. La estimación de los valores es una aproximación con incertidumbres asociadas a eventos extraordinarios o la implementación de nuevas políticas, y se establece utilizando el ritmo de las tasas anuales de avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en cada uno de los sectores del litoral, teniendo como referencia el ritmo o cadencia de datos registrados en el lapso comprendido entre el año de 1995 y el 2008 (Figuras, 65, 66 y 67) con gráficos de avance y/o retroceso de por franjas de 13 a 65 años.

El trabajo no estaría completo si no se incluye la definición de los objetivos a conseguir y las propuestas para alcanzarlos, una vez modelado las posibles magnitudes de los cambios de la estructura espacial de la costa, a fin de contar con el diagnóstico de los subsistemas costeros de mayor fragilidad y condiciones críticas, con el fin de enfocar su resolución en términos de conservación y aprovechamiento. Con lo cual, por otra parte, se le imprime un sello de identidad a los de mayor significancia, enfatizando en los más vulnerables y así, evitando dispendio, irrelevancia y costos, sin menoscabo de la complejidad de todo el sistema para lo cual se requirió de una referencia de valoración inicial, de los valores de modificación en la variabilidad de la línea de costa y de vulnerabilidad física detallada en la metodología de este trabajo, (Tablas 43 y 44).



**Figura 65. Tasas anuales de avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en cada uno de los sectores del litoral.**

**Tabla 43. Variaciones de la línea de costa extrapoladas al año 2020 (Figura 66).**

Longitud y Número de Sectores	Superficie de Terrenos Ganados al Mar en ha.	Superficie de Terrenos Perdidos en ha.	Franja de Terreno Ganado al Mar en m.	Franja de Terreno Perdido por Retroceso en m.
1 Poniente	2878		24.25	
1 Oriente		2,399		12.5
2		7,469		26.25
3		4,537		26.75
4		8,056		33.75
5		1,190		24.5
6		9,412		108.5
7		6,077		25.0
8	—	—	—	—
9		17,000		76.25



**Figura 66. Avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en cada uno de los sectores del litoral al 2020.**

**Tabla 44. Variaciones de la línea de costa extrapoladas al año 2030 (Figura 67).**

Longitud y Número de Sectores	Superficie de Terrenos Ganados al Mar en ha.	Superficie de Terrenos Perdidos en ha.	Franja de Terreno Ganado al Mar en m.	Franja de Terreno Perdido por Retroceso en m.
1 Poniente	4029.8		33.95	
1 Oriente		3,262.6		17.5
2		10,456.4		36.75
3		6,351.8		37.45
4		11,278		47.25
5		1,666		34.3
6		13,186		152.0
7		15,814		35
8	_____	_____	_____	_____
9		237,887		106.7





**Figura 67. Avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en cada uno de los sectores del litoral al 2030.**

## Resultados

De acuerdo a la distribución natural de la costa de barrera y al orden de exposición adoptado oeste-este se describen los cambios de la línea de costa, iniciando a partir de la desembocadura del Río Tonalá y comprendiendo las barreras de las lagunas costeras y la costa de la planicie del delta Grijalva-Usumacinta, hasta el tramo representado por la zona circundante a la desembocadura del Río San Pedro-San Pablo, del que constituyó, el brazo distributivo más importante del Río Usumacinta.

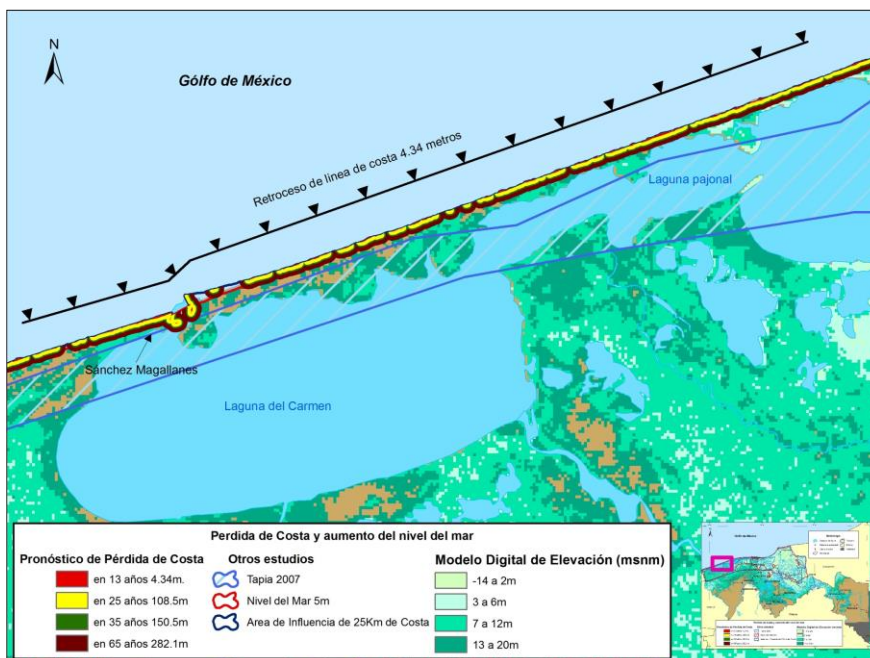
Sector, 1. Constituye el único trecho de la costa de barrera con un ambiente mixto (acumulación sedimentaria y erosión) en donde ocurre una acumulación sedimentaria en su extremo poniente, con un efecto de control limitante por estar en la frontera con la salida del Río Tonalá ya que una vez que llegan a la boca del río, de él se agregan los sedimentos que provienen de la deriva de playa con la corriente que baja del río que aporta una carga sólida y suspendida, cuya pluma de sedimentos se dispersa mar adentro sin representar algún tipo de riesgo serio al ambiente. Sin embargo,

una situación contraria se presenta en la porción oriental en especialmente en el poblado de Sánchez Magallanes ocasionando un gran problema de destrucción de tierras e infraestructura a nivel de la supra-playa. Este impacto se interpreta como un fenómeno de modelo localizado que solo se presenta de esa magnitud en esa región, esto se debe al efecto que se presenta de concentración de la energía del oleaje por el efecto del seno de escollera, dicha proyección es por cerca de 342 metros que salen fuera de la traza general de la línea de costa a para asegurar la estabilidad de la boca por el flanco oriental de donde proviene el sedimento y el desplazamiento natural de la barra. Es importante señalar que controlar los efectos de este fenómeno natural en esta región a pesar de los efectos en los bienes e infraestructura ubicados en la región, sería contra productivo debido a que el régimen de oleaje ésta guiado por el impulso de los vientos alisios del Noreste, por lo que la dirección de las olas llegan a ésta parte de la costa con ángulos de oblicuidad entre 50° a 60° obligando a los trenes de olas a trasladarse con una rotación alrededor de la larga escollera por efecto de la reflexión y refracción del oleaje que penetra concentrando la energía en la entrada de la boca incluyendo la ribera occidental, en donde se establece la población de Sánchez Magallanes. Las mediciones de campo realizadas para levantar perfiles de playa en invierno, corroboraron como la presencia del fenómeno de los nortes y el aporte de restitución de sedimentos de playa, resultan en la inversión de la propagación del oleaje erosivo de mayor energía con un rumbo Norte y Nor-oeste que reconoce una dirección oblicua, lo que genera una corriente de deriva de playa hacia el este que se mantiene por cortos lapsos, reforzando con esto los argumentos expresados con anterioridad.

Los valores recabados de retroceso se traducen en una pérdida de terrenos cercanos a los 2,400 ha equivalentes a una faja de 12.5 m de ancho a lo largo 11,870 m proyectados al año 2020 y de 17.5 m de anchura media con una pérdida de terreno de 3,262 ha al año 2030, pertenecientes al tramo oriental del sector uno. Estas estimaciones son aproximadas por las variaciones naturales que se dan de los procesos ambientales de la región, ya que los cambios son imprevisibles y de presentarse por ejemplo, un aumento en la

frecuencia e intensidad de los nortes con una mayor penetración esto resultaría en una aportando con un proceso de restauración de sedimento de las playas de forma rápida. Debido a la incertidumbre presente por estos eventos, el papel de los planificadores en el futuro tendrá que tomar decisiones bajo la presión impuesta por la complejidad del problema y la temporalidad de los cambios repentinos e impredecibles. Por esto la flexibilidad y la adaptación en esta región, tienen que ser contemplados en la implementación (Figura 68).

Sector, 2. Corresponde a la isla barrera de las lagunas costeras de Carmen y Machona, la cual tiene un desarrollo longitudinal de 28 kilómetros y medio, sin embargo, corresponde a una isla barrera estrecha de menos de 500 m de anchura media, y una de las razones de ésta característica, es el hecho de haber construido hace años (setentas) un camino pavimentado que recorre de un extremo a otro la isla. Este camino se edifica sobre el nivel y lo largo de la supra-playa, (la porción superior de la playa) en una buena parte del trayecto del flanco externo de barlovento, en donde la obra (terraplén de la carretera) interrumpe el paso y funciona como barrera que obstaculiza la transferencia de arena directa que le provee la playa, de forma tal que provoca un déficit en el suministro para asegurar el crecimiento y desarrollo natural de la isla barrera. La obstrucción ocasionada por esta construcción, más las obras de contención o protección construidas a fin de evitar los daños a la carretera por la erosión del oleaje, además de los asentamientos humanos que se propiciaron a lo largo del camino, se han sumado como impactos en la acelerada degradación de la región. Sin duda, la obra de infraestructura –carretera- formo un papel importante también de barrera efímera al oleaje, y dependerá en mucho del mantenimiento y restauración de las obras su papel para contener y conserva la zona. A este respecto, cabe señalar que existe un descuido y un abandono aparente lo que ha acelerado los valores de retroceso por erosión que se aproximan a los estimados de 26 m y 36 m respectivamente para el año 2020 y 2030 (Figura 68).

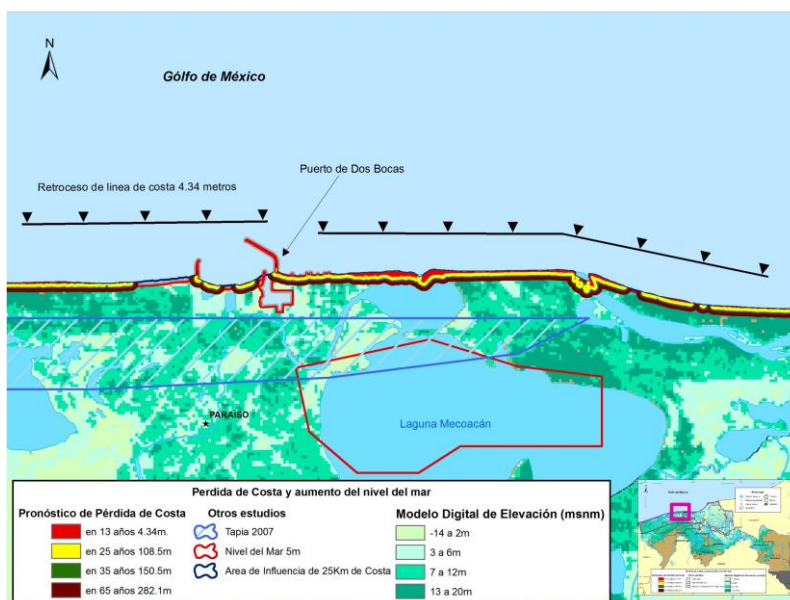


**Figura 68. Escenarios de avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en la costa del Municipio de Cárdenas.**

Sector 3. Esta zona es semejante al caso anterior, pues tiene condiciones semejantes en todos los sentidos, incluso en los valores de retroceso de la línea de costa. En los tramos extremos de la isla, en las bocas y próximos a ellas, se presentan una situación de alta inestabilidad debido a la acumulación de sedimentos por el acarreo litoral de playa que proviene del lado este, con la reelaboración de los sedimentos de playa ahora vueltos a retrabajar en el transporte de la remoción eólica (por viento), que resulta en la formación de cercenaduras o pasos en los cuales se desarrollan corredores de viento que cruzan la barrera hasta alcanzar el nivel de la laguna o del humedal de manglar, estos fenómenos aparentemente negativos aseguran el suministro de arena al interior de la barrera. Cabe esperar con la debida incertidumbre por lo cual no debe ser considerado estrictamente un pronóstico, que al considerar los indicadores de vulnerabilidad la potencial tendencia que podemos considerar es que la estrecha barrera en el trecho correspondiente a la laguna Redonda, llegara a un momento en que sufra una apertura, permitiendo una conexión efímera con el mar, esto se aprovecharía a través de la formación de las cercenaduras especialmente en eventos de tormenta

así como los cierre de las bocas en los lapsos de recesión, tal y como se comporta de igual forma la barrera de la boca de Tupilco, que usualmente está cerrada y solo está abierta de manera esporádica. Cabe mencionar por último, con respecto a la carretera costera, que ésta guarda ahora una mejor posición en su trayectoria, ya que se encuentra mejor ubicada en las zonas en que se estableció en el lado de sotavento, a pesar de haber perdido el trazo original en varios tramos situados del lado de barlovento.

Sector 4. Comprende de la boca de Tupilco hasta el Puerto de Dos Bocas con un desarrollo longitudinal de la barrera de 23,870 m aproximadamente, para esta zona la relación que se hace considerando las proyecciones al año 2020 y 2030 son equivalentes a la pérdida de tierras en una franja de anchura media que se estima de 33.75 m y 47.25 m, de ésta manera se deduce que la acción del ascenso del nivel del mar y el hecho de existir un déficit de sedimentos de la corriente de deriva de playa debido al desvío de los mismos mar afuera provocado por las numerosas y amplias escolleras, así como espigones construidos en el Puerto de Dos Bocas, en el desequilibrio del balance entre la sedimentación y la remoción de erosión de la zona costera de esta parte de la costa de Tabasco (Figura 69).

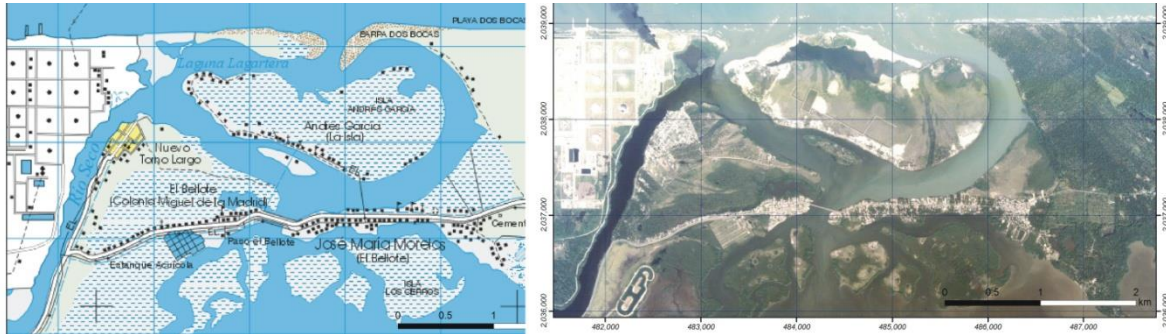


**Figura 69. Escenarios de avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en la costa del Municipio de Paraíso.**

Sector 5. Este comprende casi una distancia de cinco kilómetros de costa frontal reservados a las instalaciones del Puerto de Dos Bocas. Es difícil estimar claramente los cambios de la línea de costa de esta zona, debido a las continuas modificaciones que se han realizado desde que se inicio la construcción del puerto que incluyen la destrucción de espigones y escolleras vueltas a construir con edificaciones más extensas que incluyen siempre un gran movimiento de tierras, rellenos en muchos puntos, dragados de dársenas, infraestructura y equipamiento que ha modificando de forma total el terreno por lo que los escenarios en relación a erosión son difíciles de establecer, aunque no descartables, mismos que se incrementarán con el incremento del nivel del mar (Figuras 70 y 71).

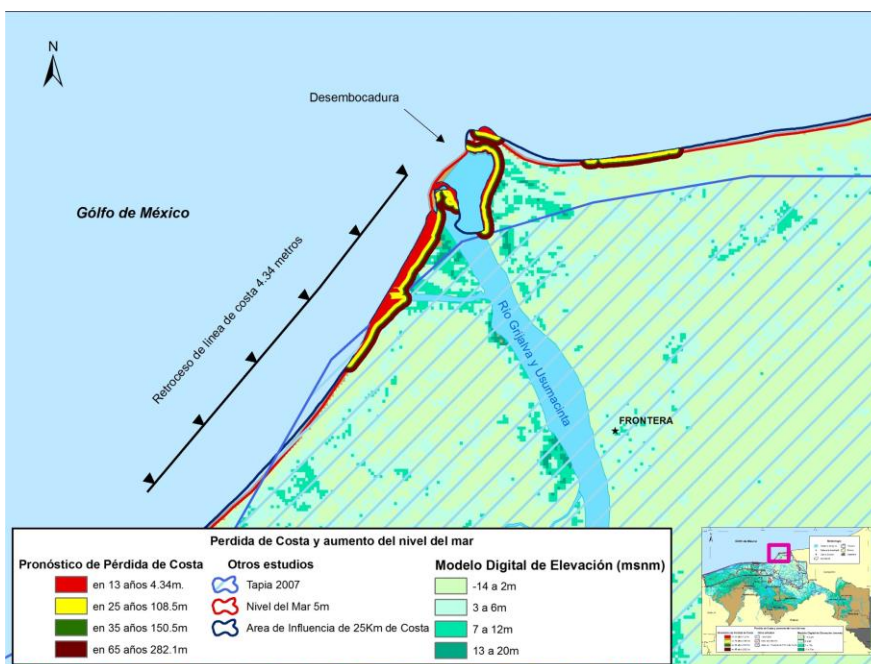
Sector 6. Este sector abarca entre el Puerto de Dos Bocas y la Boca de Chiltepec, a través de un desarrollo de una costa frontal de 8,675 m. Los valores comparativos evaluados entre el año 1995-2008 (Figura 69), así como los acumulados a la proyección del año 2020 (Figura 66, Tabla 20 y 2030 Figura 67, Tabla 21) presentan las modificaciones más extremas con respecto al resto del litoral de Tabasco, en esta zona lo que se evidencia en la Figura, 65. Se estima una la pérdida potencial de tierras equivalentes a una franja adyacente a la línea de costa de 108.5 m de anchura media estimada para el año 2020 y esto con el supuesto de que no existiera un incremento en el ascenso del nivel mar y tampoco se presentara un hundimiento por subsidencia en la región; sin considerar estos dos procesos, se identifica un ritmo de retroceso en este sector con promedio de 4.3 m anuales. Con estos valores de cambio anual, se estima que para el año 2030 la pérdida sería de 152 m. Sin embargo, conviene puntualizar, que no se contempla los mismos gradientes de cambio en el futuro, debido que trazo de la configuración espacial del arreglo fisiográfico de esta región, ha modificado en particular debido a la proyección de los extremos de las barreras de dos bocas, ya que al ser truncadas por la erosión y el fenómeno de difracción y refracción del oleaje estas ya no ejercen o aplican la energía que se tenía anteriormente, al no existir las salientes de los extremos terminales de las barreras como se ve en la Figura 70. Por tanto considera la posibilidad de un proceso de

abatimiento sensible de los valores registrados con respecto a los que venían teniendo anteriormente, al resultar en otra configuración geomorfológica.



**Figura 70. Configuración espacial del arreglo fisiográfico de los extremos de las barreras de Dos Bocas antes.**

Sector 7. Este corresponde al flanco occidental del delta del Río Grijalva, el cual muestra una tendencia negativa al perder terreno por el avance transgresivo, a pesar de formar parte del costado del delta del río. En la planicie del delta podemos identificar los cordones litorales del mismo que son la expresión de la geomorfología del territorio, y que son el resultado de los mecanismos que existieron cuando el delta progresaba en su crecimiento y expansión en la etapa de regresión marina, ahora en cambio, se identifica una etapa o fase de transgresión, al estar perdiendo del lado occidental del delta, alrededor de un metro anual por retroceso el que se acumulada en el periodo de tiempo de este análisis y nos arroja una franja media de pérdida de trece metros de ancho. Si proyectamos este valor en el tiempo con ese mismo ritmo de un metro anual de retroceso, tendríamos franjas hipotéticas de 25 y 35 metros de ancho para el año 2020 y 2030 respectivamente (Figura 70). Es importante mencionar que presenta tramos de la costa en los modelos con secciones localizadas que registran una mayor velocidad de retroceso lo que agudizan los efectos de los daños como es el caso que se ilustra (Figura 71).



**Figura 71. Escenarios de avance por ganancia de terrenos y/o retroceso en la costa del Municipio de Centla.**



**Figura 72. Imágenes de referencia comparativa de las instalaciones de PEMEX en pozos petroleros Tizón y Cráter, localizados inmediatamente al sur de la desembocadura del brazo distributivo occidental del delta del Grijalva. La imagen de la derecha es tomada de Google Earth, 2011.**

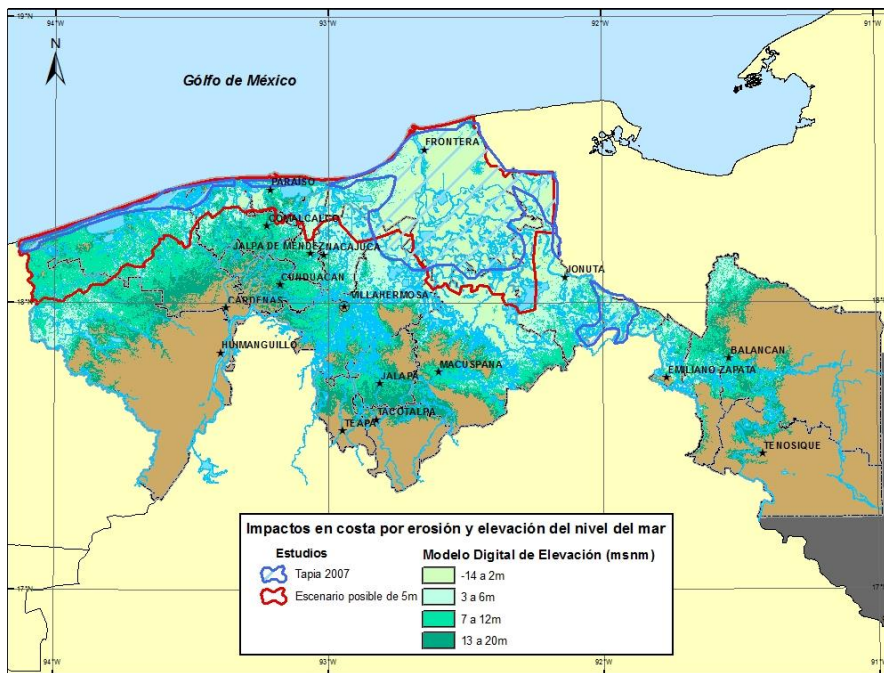


Sector 8. Este sector está localizado cubriendo al frente y el costado del flanco oriental del delta del Río Grijalva. Las evaluaciones de los datos registrados refieren la presencia de cambios menores a un metro lo que se traducen en un avance mínimo de la línea de costa, que a la escala de las observaciones realizadas, no marcan procesos importantes al no alcanzar la definición mínima consideramos que la incertidumbre de error en las mediciones es mayor, por lo que se identifica a este sector con un proceso en equilibrio. El argumento que lo sustenta, es que la carga de sedimentos que llega al mar por el Río Grijalva-Usumacinta aporta con sedimentos en suspensión con una mayoría de texturas finas y de limos y con una fracción arenosa mínima los cuales, al no encontrar en el litoral ambientes de muy baja energía física no logran su sedimentación y se pierden mar afuera. Por esta causa los sedimentos no se integran lateralmente a la línea de costa, sin embargo, si encontró una ligera tendencia a la regresión y esto ocurre porque existe la deriva de playa con sedimentos erosionados que provienen del sector nueve, es decir del truncado y antiguo delta del Río Usumacinta cuando reconocía como principal estuario el curso bajo del actual Río San Pedro, San Pablo.

Sector 9. Pertenece al frente costero de la planicie formada por cordones litorales de playas antiguas del Río Usumacinta ahora Río San Pedro y San Pablo. Este río, desde el punto de vista hidráulico no es eficiente, ya que sus aportes son de entre 12 y 15 veces menores en caudal que el actual Usumacinta, siendo este es solo un brazo remanente. Como se aprecia, en el litoral las condiciones son de una franca erosión en toda su extensión, con un déficit de sedimentación llegando a valores extremos por su magnitud y extensión, por lo que la relación del registro muestra una pérdida de terrenos equivalentes a una franja de 76 y 106 metros de anchura media proyectados a los años del 2020 y 2030 respectivamente (Tablas 20 y 21). Estos registros indican que el tramo de costa en cuestión no cuenta con los mecanismos que garanticen su capacidad de auto regulación para absorber los impactos y menos aún su regeneración y por ende se espera un cambio irreversible del sistema al menos físicamente.

### Elevación del nivel del mar

Existen diferentes pronósticos posibles de elevación del nivel del mar en dependencia de las acciones implementadas para mitigar el calentamiento del planeta, sin embargo los últimos escenarios globales estiman una posible elevación desde poco más de 60 cm hasta 1.30 para el 2100, para el estado esto resulta en una amenaza importante por los impactos descritos anteriormente y porque un porcentaje importante del estado es de baja altitud incluyendo regiones por abajo del nivel del mar. En la Figura 73 se aprecia en verde muy claro las zonas amenazadas de alguna forma por esta elevación ya sea por cambio en la línea de costa o por el crecimiento de cuñas salinas.



**Figura 73. Escenarios de avance del nivel del mar en relación a la altitud del terreno.**

## Conclusiones

La costa de Tabasco que corresponde al complejo deltaico carece de un suministro adecuado de sedimentos y como respuesta a la falta de acumulación sedimentaria, sucede una modificación hacia su destrucción por erosión, por lo que es importante valorar que la sedimentación es la capacidad de supervivencia misma de los deltas, ya que este proceso está orientado para contra-restar la energía marina y por ende la erosión.

Como consideraciones finales se señalan las siguientes condicionantes:

1. Los procesos de costa son modificados por la construcción y operación de represas y su papel como trampa de sedimentos.
2. En esta cuenca baja se presenta una estructura geológica interna que da lugar a una subsidencia generalizada y levantamientos locales así como hundimientos de disolución y colapsos. Estos eventos distorsionan el perfil longitudinal y/o la pendiente de los cursos fluviales.
3. Existe en el estado una destrucción casi total de los ecosistemas ocasionada por el hombre que modifican el régimen fluvial.
4. La presencia de eventos de lluvias extraordinarias producto de la interacción de la penetración de frentes fríos (nortes) asociada a las vaguadas de ondas de humedad tropical que se combina a través de un frente estacionario de convección, propician desbordes fluviales, erosión y sedimentación lo que tiene lugar a lo largo de los lechos aluviales y en niveles base locales de la superficie del delta. Relacionado a lo anterior la costa tiene un déficit o no existe la acreción adecuada de arenas para abastecer las playas del delta.
5. La extracción de hidrocarburos de aceite y gas, se traduce en un incremento en el proceso de subsidencia.
6. El resultado de la actividad volcánica del Chichonal en 1982 y los depósitos de volcano clásticos superaron la capacidad hidráulica de

las corrientes fluviales, remplazando en cierto modo los aportes de los sedimentos que azolvan las presas lo que trae también una inducción a desbordes, inundaciones y inestabilidad de cursos.

7. La infraestructura portuaria y terrestre está diseñada para favorecer el desarrollo del estado sin embargo no para mantener la funcionalidad de los sistemas naturales (costeros).
8. El arreglo espacial de la red hidrográfica contralada estructuralmente daña la salud de los ríos y atrofia los procesos naturales.

Es importante puntualizar respecto a la hidrología del estado, que: 1) en relación al frente del delta Usumacinta, la hidrografía no aparece en la costa y lo hace de forma puntual o local, en una relación de oriente a poniente se identifica al distributario del Río Palizada que desemboca en las lagunas marginales y luego a la principal, la laguna costera de Términos en una posición cuya boca se sitúa a 50 km tierra adentro. El remanente brazo del río San Pedro y San Pablo señalado con una falta de eficiencia hidráulica, y el brazo occidental del propio Río Usumacinta se une como tributario del Río Grijalva cuya confluencia se haya a más de 40 km tierra adentro, para luego desembocar juntos en el ápice del delta. El Río Tonalá es el límite occidental del complejo deltaico; 2) La estructura de la red hidrográfica se manifiesta de forma muy clara en el interior en los sistemas de pantano de carácter continental de agua dulce, pero no en las planicies de la zona costera de los cordones litorales, ni tampoco se encuentra alimentando o en conexión con las lagunas costeras y las planicies de inundación de manglar (marismas); 3) Si revisamos actualmente el delta abandonado del original Río Mezcalapa, los ríos que existen se localizan limitando los flancos del delta y no hay uno solo que cruce la superficie deltaica, todos los que existen forman corrientes remanentes y relictas de un antiguo sistema hidrográfico abandonado.

### **Factores naturales versus factores del cambio climático**

Si proyectamos comparando las condiciones del delta cuando se encontraba en proceso de expansión, observamos que en la relación que se ha hecho de los factores condicionantes naturales corresponden a la lista con números pares, y luego cuando se eligen los factores de influencia humana que inciden en la modificación del delta, se establecen en la lista con números impares que son aquellos que contribuyen al cambio global del clima. De ésta forma resumimos el cambio en la dirección o el sentido en la evolución reciente hacia la destrucción del delta en el largo plazo. Por otro lado en relación a la elevación del nivel del mar, los factores citados de subsidencia e hidrológicos así como la escasa altitud del territorio facilitará la entrada del mar en las zonas lagunares especialmente del la zona del la reserva de “Pantanos de Centla” propiciando procesos de salinización lo que traerá fuertes modificaciones en los sistemas terrestres y acuáticos.

**CUARTA PARTE**  
**MEDIDAS DE**  
**MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN**  
**RESULTANTES**

## **MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN RESULTANTES**

---

Derivado de los resultados encontrados en el inventario de GEI para los sectores ya señalados, así como de los escenarios analizados, a continuación se presentan las medidas de mitigación y adaptación resultantes de este trabajo.

### **SECTOR USO DE SUELO, CAMBIO DE USO DE SUELO Y SILVICULTURA**

En cuanto al nivel de incertidumbre en las estimaciones, cabe señalar que actualmente hay un gran esfuerzo nacional dirigido a mejorar la calidad y cantidad de información necesaria para realizar los inventarios nacionales y estatales de emisiones de GEI en el sector USCUSyS. Por ejemplo, desde el 2009 la CONAFOR incluye la medición de todos los reservorios de carbono en el Inventario Nacional Forestal y Suelos para los 25,000 conglomerados establecidos entre 2004 y 2007 a nivel nacional. Esta acción permitirá por primera vez reportar los flujos de carbono en la materia muerta sobre el suelo y mantillo y estimar con más exactitud los flujos de carbono en Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales. También permitirá establecer una relación directa entre el carbono en biomasa y carbono en el suelo. Por otro lado, la SEMARNAT está en el proceso de capturar todos los datos de los planes de manejo forestal autorizados en un formato único disponible en la página de internet, con el cual se puede disminuir sustancialmente la incertidumbre en la categoría Tierras Forestales que permanecen como Tierras Forestales. La SAGARPA está estableciendo un sistema de monitoreo para los pastizales y matorrales, lo que permitirá cuantificar los flujos de carbono en Praderas que permanecen como Praderas. Adicionalmente se están estableciendo sistemas semi-automatizados de análisis y clasificación de imágenes satelitales, para generar mapas de cambio de uso de suelo periódicos con alta definición. De tal manera, aunque los niveles de incertidumbre en las estimaciones de

emisiones de GEI en el sector USCUSyS son altos, por todo lo mencionado anteriormente se espera que éstos se puedan reducir en el corto plazo.

En la siguiente Tabla 45 se presenta una serie de propuestas genéricas para los sectores de ganadería y forestal que pueden mitigar las emisiones netas de GEI. Para la ganadería las propuestas están dirigidas hacia dos posibles medidas de mitigación: 1) mejorar la alimentación animal que a la vez reduzcan las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la fermentación entérica; y 2) capturar C a través de la incorporación de elementos leñosos en el sistema ganadero (sistemas silvopastoriles).

**Tabla 45. Propuestas de mitigación de GEI en el Sector Ganadero y su impacto (f = fuente: disminución en la producción de CH<sub>4</sub> en el rumen mejorando la calidad alimentaria o en el manejo de estiércol; s = sumidero: aumento de captura de C a través de incorporar elementos leñosos en el sistema).**

Propuesta de mitigación	F/S
a. Sistemas silvopastoriles	
Ramoneo en acahuales mejorados	F
Cercos Vivos	F/S
Plantaciones potreros	S
Árboles dispersos en potreros	S
Producción de forrajes nativos (leñosas, yuca, plátano)	F/S
Bancos de forraje	F/S
b. Sistemas semi-intensivos	
Bloques nutricionales	F
Ensilado, henificación y "guate"	F
Pastoreo rotacional con cerco eléctrico	F
Producción de energía alternativa (Biodigestores)	F



## PROPUESTAS DE MITIGACION PARA EL SECTOR FORESTAL

Una opción de mitigación de emisiones de carbono en el sector forestal está definida como cualquier acción que dé como resultado una reducción del incremento neto en las emisiones de este gas de un área determinada y/o por la sustitución de combustibles fósiles (Maser, 1995a). El IPCC identifica tres opciones básicas de mitigación de carbono en el sector forestal:

- a) **la conservación.** Esta opción consiste en evitar las emisiones de carbono preservando las áreas naturales protegidas, fomentando el manejo sostenible de bosques naturales y el uso renovable de la leña, y reduciendo la ocurrencia de incendios.
- b) **la reforestación.** Esta opción consiste en recuperar áreas degradadas mediante acciones como la protección de cuencas, la reforestación urbana, la restauración para fines de subsistencia, el desarrollo de plantaciones comerciales para madera, pulpa para papel., hule, entre otros, así como de las plantaciones energéticas (producción de leña y generación de electricidad) y de los sistemas agroforestales.
- c) **la sustitución.** Esta opción consiste en sustituir los productos industriales por aquellos hechos de madera, es decir obtener energía a partir de biomasa y finalmente por la reducción del uso de combustibles fósiles o usar madera en vez de cemento en la construcción.

Todas y cada una de las acciones anteriores tienen por objetivo disminuir o detener la acumulación de carbono en la atmósfera.

Las metas de la opción de **conservación** pueden ser alcanzadas siguiendo las siguientes recomendaciones generales:

1. Evitando la degradación y aclareo de las áreas forestales. Esto usualmente se lleva a cabo mediante el cuidado propio de las áreas protegidas y el manejo sustentable de las selvas nativas.

2. Por la quema de biomasa cosechada de forma sustentable, en lugar del uso de combustibles fósiles para energía (por ejemplo, utilizando plantaciones energéticas en las áreas no forestales, para hacer funcionar plantas de energía.)

Las metas de la opción de **reforestación** - que incluye el incremento de la densidad de carbono en un área dada y/o los sumideros y almacenes de carbono - pueden ser alcanzadas siguiendo las siguientes recomendaciones:

1. La reforestación de áreas (por ejemplo instrumentar plantaciones industriales y/o bioenergéticas en zonas degradadas).
2. El incremento de la densidad de carbono en las selvas existentes (por ejemplo, usando sistemas de manejo integral, como el tiempo de rotación, el aclareo, la baja intensidad de corta selectiva, entre otros).

Las metas de la opción de **sustitución** pueden ser alcanzadas básicamente por:

1. La sustitución de productos industriales, en procesos que requieren de combustibles fósiles, por productos hechos de madera.
2. La sustitución de productos hechos de cemento por aquellos hechos de madera.

Existen múltiples opciones técnica, económica y socialmente viables para mitigar las emisiones de GEI en el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo (ASOUS). Para cada sistema se pueden estimar sus impactos en la mitigación, de acuerdo con las metodologías propuestas por EL PICC. Las propuestas están dirigidas a disminuir las emisiones de CH<sub>4</sub> por fermentación entérica del ganado; evitar emisiones de CO<sub>2</sub> por la deforestación o degradación de selvas (tales como actividades dentro del naciente esquema REDD+, ver detalles en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/7/1393Visión> de México





sobre REDD\_.pdf); o aumentar las remociones de CO<sub>2</sub> a través de la reforestación o la incorporación de especies leñosas en la agricultura y la ganadería (sistemas agroforestales). Las propuestas presentadas son ejemplos que pueden ser adaptadas a las condiciones de cada tipo de productor, de acuerdo a sus intereses, experiencias, sistemas de producción y formas de trabajo. Aplicando las herramientas desarrolladas en el marco del proyecto Scolel Té (conocido como Plan Vivo), ayudan en el diseño de las alternativas de uso de suelo que a la vez mejora la sustentabilidad de la producción y la mitigación de GEI.

## **PROPUESTA DE MITIGACIÓN DE LOS SECTORES ENERGÍA, RESIDUOS E INDUSTRIA ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO**

El uso de combustibles fósiles y tecnologías industriales atrasadas, están provocando un aumento en la concentración de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera. De acuerdo con estimaciones de la comunidad científica, se requiere un esfuerzo global para reducir las emisiones, ya que de lo contrario, en el año 2100 o antes las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera podrían generar una variación de la temperatura de entre 1.1 y 6.4° C. Entre las posibles consecuencias de este calentamiento global están: la elevación de la temperatura de los océanos, la desaparición de glaciares, la elevación del nivel del mar, el aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos climatológicos extremos, como sequías e inundaciones debido a una mayor evaporación de agua y superficies oceánicas más calientes, entre otros. Este cambio afectaría severamente la disponibilidad de agua, la continuidad de los servicios ambientales que producen los ecosistemas, y tendría importantes efectos en la salud humana.

### **PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA EL SECTOR ENERGÍA**

Existen varias Tecnologías de mitigación en el Sector Energía que pueden reducir emisiones de GEI derivadas del consumo de combustibles fósiles estas propuestas incluyen:

-  Un aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada de generación de energía.
-  Reducción de pérdidas de transmisión y distribución de energía.
-  La sustitución de combustibles con menor contenido de carbono.
-  Uso de energías renovables para la producción de energía.

 Uso de tecnologías de captura de metano

Algunas Industrias como PEMEX desde el año 2008 firmaron cartas de intención de tres proyectos cuya situación actual se encuentra en la elaboración del Documento de Diseño del Proyecto (PDD, por sus siglas en inglés) para ser objeto de estudio como proyecto del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), a fin de lograr la reducción estimada de 373 Mt de CO<sub>2</sub> anuales.

En noviembre de 2004, el gobierno mexicano, por conducto de SEMARNAT, integró la alianza Metano a Mercados (Methane to Markets) que cuenta con el apoyo técnico de la USEPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés) para la puesta en marcha de proyectos de uso de tecnología para captura y uso de metano. Bajo esta línea, PEMEX ha realizado mediciones en campo a fin de integrar un inventario de emisiones de GEI (metano y CO<sub>2</sub>) y evaluación de eficiencia energética, principalmente en complejos procesadores, ductos de gas y en la estación de compresión Cunduacán de PEMEX Exploración y Producción. Para ello se han elaborado reportes técnicos utilizados a fin de llevar a cabo mejoras operativas y proyectos para la reducción de emisiones.

## **PROPUESTAS DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA EL SUBSECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL**

Con la apropiada instrumentación de una serie de opciones de mitigación prometedoras en el sector Residencial y Comercial, Tabasco tiene la oportunidad de avanzar significativamente en las prioridades Nacionales de desarrollo para el periodo 2010-2030. El potencial de mitigación identificado no se logrará de inmediato sino que requiere de tiempo y esfuerzos de manera local, nacional y global.

El Sector Residencial tiene un límite en cuanto al potencial de abatimiento de emisiones de GEI de forma aislada, su mayor potencial es el cambio social. Las buenas prácticas de eficiencia energética y ahorro de insumos (agua, gas, plásticos de embalaje, etc.) deben extenderse más allá del hogar además se requiere un enfoque multisectorial: desarrollo urbano y de infraestructura, redes de transporte, flujos de desechos, de insumos y de energía. Es necesaria una revisión del marco regulatorio y legal que rige nuestra actividad cotidiana, ya que el análisis integral de estos elementos permitirá redefinir la política pública en materia de vivienda sustentable de forma clara y planificada ya que sólo de forma integral se podrán analizar interferencias y sinergias. Bajo este contexto es más fácil identificar proyectos con alto potencial de éxito, y generar cambios de comportamiento necesarios a nivel global con un involucramiento social real. Algunas otras medidas en el Sector Residencial y Comercial que pueden reducir emisiones de GEI derivadas del uso de energía incluyen:

- Mejora de los diseños de viviendas y edificaciones que reduzcan el consumo de energía (diseño bioclimático, nuevos materiales).
- Promoción del uso de eco tecnologías para la reducción de energía y otros recursos (calentadores solares, paneles fotovoltaicos, etc.).
- Promoción e incentivos de “casa y edificaciones verdes” (nuevos materiales).
- Planeación de unidades habitacionales sustentables.
- Programas educativos del uso eficiente de la energía y otros recursos en el sector para usuarios finales.
- Programa para eliminar consumos innecesarios de energía.
- Desarrollar códigos de edificación para la eficiencia energética.
- Promoción, implementación y monitoreo del uso de equipos y electrodomésticos eficientes (Sello FIDE, CONAE, etc.)

## PROPUESTAS DE MITIGACIÓN PARA EL SECTOR INDUSTRIAL

Las medidas en el sector industria que pueden reducir emisiones de GEI derivadas del consumo de combustibles incluyen: un uso eficiente, la sustitución de combustibles, el incremento del uso de los materiales en la manufactura de los productos finales e intermedios para reducir el consumo energético y programas económicos como el establecimiento de metas voluntarias y comercio de emisiones:

- ✚ Medidas que incrementen la eficiencia energética:
- ✚ Mantenimiento del equipo
- ✚ Sistemas de manejo energético (auditorías energéticas)
- ✚ Sistemas para incrementar el desempeño de transmisión mecánica
- ✚ Incremento del aprovechamiento del vapor y otras corrientes térmicas para procesos y otros usos para su mayor aprovechamiento energético
- ✚ Cogeneración industrial
- ✚ Recuperación de calor
- ✚ La producción y uso de equipos más eficientes
- ✚ La sustitución de combustibles.
- ✚ Modificaciones mayores a la capacidad de producción existente y, La adición de nueva capacidad de producción que incorpore tecnología de punta.
- ✚ Fortalecer el diseño de las políticas públicas y medidas nacionales y estatales.
- ✚ Fomentar esquemas de reconversión tecnológica en el sector productivo.
- ✚ Implementar esquemas voluntarios y proactivos de cumplimiento estatal como las auditorías ambientales voluntarias en las PYMES.
- ✚ Construir parques industriales ecológicos mediante la participación conjunta de las diferentes instancias de gobierno y la iniciativa privada, estimulando el uso de tecnologías simples.

- ✚ Promover e incentivar Programas voluntarios de reporte de gases de efecto invernadero, establecido dentro de las COAS, con información que pueda ser utilizada para evaluar anualmente el inventario de GEI.

### **MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LAS EMISIONES DE METANO EN LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES Y DOMÉSTICAS**

- ✚ Incrementar el número de plantas de tratamiento de aguas residuales para aquellas industrias que carecen de este proceso.
- ✚ Considerando las plantas de tratamiento existentes en las industrias en el presente, es necesario incrementar la eficiencia de operación y de igual manera, darles un mejor mantenimiento.
- ✚ Sustitución de lagunas anaerobias de plantas de tratamiento de efluentes industriales a procesos anaerobios intensivos.
- ✚ Aprovechar los lodos generados por los sistemas de tratamiento, para la generación de fertilizantes orgánicos.
- ✚ Fomentar a los sectores industriales, el tratamiento y reutilización de las aguas residuales, así como la gran importancia de este medio de aprovechamiento.
- ✚ Captar y usar agua pluvial.
- ✚ Favorecer estrategias de recarga del acuífero con agua de lluvia y con agua tratada a nivel terciario, en vez de sacarla de la Cuenca.
- ✚ Disminuir al máximo posible las fugas de agua potable tanto en la vía pública, como en los hogares, escuelas y oficinas.
- ✚ Evitar la toma clandestina, tanto en unidades industriales y de servicios como en domicilios particulares.
- ✚ Medir y cobrar, equitativamente, el agua a su real costo, especialmente cuando se utiliza con finalidades de rendimiento económico.
- ✚ Instalar accesorios economizadores de agua y disminuir los tiempos de consumo.



- ✚ Cerrar las llaves de agua, en los momentos que no se requiere que el agua siga corriendo.
- ✚ Utilizar Ecocreto<sup>1</sup> y otros materiales que permitan la infiltración del agua hacia el acuífero.
- ✚ Evitar el desperdicio de agua en el lavado de ropa, trastos, limpieza de baños y vehículos.
- ✚ Evitar el riego de plantas a pleno sol, y procurar el riego de áreas verdes y zonas agrícolas con agua residual tratada.

### **MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LAS EMISIONES DE METANO EN RESIDUOS SÓLIDOS**

- ✚ Elaborar un registro anual de residuos sólidos municipales e industriales, y definir el tipo de tratamiento que reciben.
- ✚ Establecer un programa de control sanitario de las emisiones de metano generadas en los rellenos sanitarios para evitar su liberación a la atmósfera.

<sup>1</sup> **Ecocreto.** concreto hidráulico, permeable en su totalidad, tiene como propósito resolver de una forma muy económica y sencilla el problema del agotamiento de los mantos acuíferos, con la ventaja adicional de que podría ser utilizado en diferentes aplicaciones de uso común como calles, plazas, aceras, estacionamientos, etc.

**OPCIONES PROBABLES DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN PARA TABASCO**

Las opciones probables de mitigación y adaptación consideradas para el estado de Tabasco se presentan en las Tablas 46 y 47, el listado se numera en términos generales y solo los encargados de las políticas públicas establecerán los criterios pertinentes para el desarrollo del PECC de Tabasco.

**Tabla 46. Formato para generar listado con opciones probables de mitigación y adaptación al cambio climático.**

Categorías críticas a considerar	Listado de opciones probables de mitigación	Dificultades/barreras
<b>Energía</b>	<p>Establecer incentivos a las industrias que diseñen e implementen acciones para mejorar su eficiencia energética y proyectos que reduzcan sus emisiones de GEI, que les permita incrementar su productividad y mejoren su competitividad.</p> <p>Establecer programa de apoyo e incentivo para uso de energía renovable. La producción potencial de energía alternativa: solar, eólica, hídrica y bioenergética</p> <p>Aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada de la generación de energía: 1) Reducción de pérdidas de transmisión y pérdida de energía, 2) Iluminación eficiente del sector residencial y comercial.</p> <p>Establecimiento de los Sistemas de Manejo Ambiental en el sector gubernamental para ahorro de energía.</p> <p>Sustitución de combustible con menor contenido de carbono: cambio de combustóleo a gas natural, de gasolina a diesel, etc. en transporte público principalmente. La expansión de la industria del biocombustible traerá</p>	<p>Que no se cuente con la capacidad técnica y/o los recursos para evaluar las emisiones a la atmósfera.</p> <p>El desarrollo en investigación en México para el uso de energías alternativas, se limita por los costos y financiamientos de escalamiento de investigación básica a aplicada</p> <p>Infraestructura obsoleta y recursos económicos limitados.</p> <p>Poco desarrollo en investigación en el estado para el uso de combustibles con menor contenido de carbono. Inversión</p>

	<p>consigo beneficios en materia ambiental y disponibilidad de combustibles para el transporte y la industria; además, se proyecta una reducción en la dependencia de los hidrocarburos y, por ende, en las importaciones asociadas al sector petrolero.</p>	<p>inicial muy alta. Desconfianza derivada del desconocimiento por parte de los usuarios.</p>
<b>Industria</b>	<p>Incremento de la eficiencia energética de instalaciones industriales: mantenimiento de los equipos, cogeneración industrial.</p> <p>Establecer metas voluntarias con el sector industrial para disminuir GEIs.</p> <p>Establecer una Red de monitoreo permanente, que genere información y elabore periódicamente el inventario de Gases de Efecto Invernadero, con un programa de calidad del aire y que genere información de calidad y accesible para la toma de decisión.</p> <p>Desarrollar programas de fortalecimiento de capacidades en materia de aplicación de tecnologías de captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub></p>	<p>La falta de mecanismos financieros para acelerar la adopción de tecnologías energéticamente eficientes en las Industrias Tabasqueñas.</p> <p>Limitaciones en los Recursos financieros y humanos, y obstáculos en infraestructura</p> <p>Falta de capacidad técnica, de recursos financieros para la implementación de estos programas.</p>
<b>Transporte</b>	<p>Sustitución de combustibles con menores emisiones: gas natural, diesel.</p> <p>Mejorar el servicio de transporte público y promover el uso de medios de transporte con menores emisiones.</p> <p>Establecimiento de Programa estatal de verificación vehicular.</p> <p>Establecer incentivos económicos que</p>	<p>Los altos costos de vehículos a híbridos y de diesel no permitirían el cambio de combustible de la mayoría de la población.</p> <p>Calles estrechas, crecimiento urbano sin planeación y alto parque vehicular, no han permitido reducir la congestión vehicular</p>

	<p>promuevan el uso de vehículos más eficientes y la renovación de la flota vehicular.</p> <p>Controlar y disminuir la importación indiscriminada de vehículos usados contaminantes.</p>	<p>en las Avenidas Principales de las ciudades.</p> <p>Evitar la importación indiscriminada de vehículos usados contaminantes</p>
<b>Agrícola</b>	<p>Aprovechar el estiércol de ganado para la recuperación de biogás: digestores.</p> <p>Políticas de control de la frontera agrícola.</p> <p>Reforestación de áreas: En tierras de ganadería extensiva en las zonas reemplazar el uso de postes con alambres con cercas vivas, plantar más árboles de sombra de especies nativas en medio de los potreros, reconversión ganadera para reducir los espacios ocupados por la ganadería extensiva, mediante el fomento de una ganadería estabulada o semi-estabulada</p>	<p>Que la participación de las comunidades locales y de las comunidades indígenas no sea la adecuada para desarrollar los proyectos, de recuperación de metano, manejo adecuado de rosa y tumba.</p> <p>Resistencia a los cambios en estos patrones por parte de agricultores locales.</p>
<b>Residuos</b>	<p>Establecimiento de los Sistemas de Manejo Ambiental en el sector gubernamental para la separación de los residuos dentro de las oficinas y centros de trabajo.</p> <p>Eficientar los Servicios Públicos Municipales para la recogida de basura y transferencia a los sitios de disposición final, así como el establecimiento de programas municipales de separación de residuos</p> <p>Procurar el establecimiento de rellenos sanitarios acorde a la NOM-083-SEMARMAT-2001 en cada cabecera municipal.</p> <p>Procurar el establecimiento de rellenos sanitarios acorde a la NOM-083-SEMARMAT-2003 de carácter regional, y sitios de transferencia</p>	<p>Inversión inicial muy alta. Capacidad técnica limitada para instalar los sistemas de Manejo Ambiental en centros de trabajo.</p> <p>Desconfianza por parte de los usuarios o los inversionistas.</p> <p>Disponibilidad de espacio para la ubicación de los rellenos sanitarios. La presión social podría ser otra limitante.</p>

	<p>Reducir la generación de residuos y su disposición final con base en 3R's (reducir, reutilizar y reciclar).</p> <p>Fomentar proyectos de captura de metano para cada relleno sanitario o sitio de disposición final.</p> <p>Simplificar trámites para gestión integral de los residuos.</p>	<p>Falta de conocimiento de la población del aprovechamiento, revalorización y disposición final adecuada de los RS.</p>
<b>Forestal</b>	<p>Protección y conservación forestal.</p> <p>Por la parte de la conservación se debe revisar el lineamiento sobre el área mínima requerida para el pago de servicios ambientales como son la captura de agua y carbono; conservación y manejo los bosques naturales, reforestación de tierras degradadas, fomento a los sistemas agroforestales</p> <p>Establecer y conservar corredores biológicos.</p>	<p>La falta de cultura de reforestación.</p> <p>La falta de planeación de los organismos forestales. Falta el apoyo técnico silvícola y de manejo forestal</p>
<b>Hídrico</b>	<p>Fomentar el establecimiento de Reservas Hidrológicas como estrategias de mitigación.</p> <p>Fortalecer el manejo de cuencas hidrológicas y mejorar la observación sistemática del clima</p> <p>Establecer proyectos de saneamiento de cuencas, fortalecimiento de la infraestructura sanitaria de agua potable y tratamiento de aguas residuales, procesamiento de lodos activados.</p> <p>Revisión de los criterios de manejo de presas hidráulicas.</p> <p>Establecimiento, o en su caso, fortalecimiento, de Sistema Estatal de Monitoreo Atmosférico y Meteorológico.</p>	<p>Falta de capacitación para el manejo de recursos hídricos.</p>

<p><b>Desarrollo urbano</b></p>	<p>Implementar los Programas de Ordenamiento Ecológico Locales (POEL's) y de Desarrollo Urbano (PDDU) que contemplen criterios para evitar la sobre-explotación de acuíferos, así como de intrusión salina.</p> <p>Que los instrumentos y programas de Desarrollo contemplen desarrollos residenciales con áreas verdes, zonas recreativas, material de construcción de bajo consumo de energía eléctrica, con conexión a los sistemas de drenaje y plantas de tratamiento de aguas residuales y construidos fuera de zonas de riesgo como inundaciones, deslaves, terremotos y susceptibles a eventos hidrometeorológicos extremos.</p>	
---------------------------------	--	--

**Tabla 47. Formato para generar listado con opciones probables de mitigación y adaptación al cambio climático.**

Sectores/sistemas críticos a considerar	Listado de opciones probables de adaptación	Dificultades/barreras
<p><b>Gestión Integral de Riesgo</b></p>	<p>Modernizar los sistemas de monitoreo, alerta y protección civil ante eventos naturales extremos y sus impactos adversos sobre sistemas humanos.</p> <p>Consolidar un atlas de riesgos para sistemas humanos y naturales sujetos a impactos del cambio climático</p> <p>Formación de un sistema inter-municipal de gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) para la utilización de metano con propósitos de generación eléctrica</p>	<p>Destinación de recursos a este rubro ya que el mantenimiento de este tipo de sistemas es costosa.</p> <p>Que no se faciliten los trámites para gestión integral de los riesgos.</p> <p>Falta de capacidad técnica.</p>
<p><b>Recursos Hídricos</b></p>	<p>Mejorías de la red de distribución de drenaje y el uso de información del clima en la administración del agua. Enfoque de manejo de cuencas para la reducción de la contaminación de</p>	<p>Falta de los recursos financieros, para mejorar los sistemas de drenaje.Capacidad técnica limitada en la administración y manejo de</p>

	<p>los cuerpos de agua y corrientes.</p> <p>Promover el manejo sustentable del agua en cuencas y acuíferos</p> <p>Modernizar infraestructuras hidráulicas y fortalecer las capacidades de ordenamiento así como reestructuras en situaciones de emergencia.</p> <p>Revisión de las políticas, programas y regulaciones del manejo del agua y proponer, en el contexto del CC, cuáles aspectos decrecen/aumentan la vulnerabilidad de los sectores claves en las regiones tabasqueñas.</p> <p>Saneamiento de corrientes y cuerpos de agua.</p>	<p>cuencas.</p> <p>Poca información climática relacionada con el manejo del agua.</p> <p>Falta de capacitación para el manejo de recursos hídricos.</p>
<p><b>Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca</b></p>	<p>Ajuste de las fechas de plantación y de las variedades de cultivo: tolerantes al calor/exceso de humedad.</p> <p>Desarrollo de razas de ganado más resistentes a condiciones de calor extremo, así como el mejoramiento de instalaciones que permitan el refrescamiento del ganado en periodos de elevada temperatura.</p> <p>Mejores técnicas del rendimiento en el uso del agua: tecnologías de riego, conservación del agua en zonas de secano</p> <p>Políticas agrarias enfocadas al aumento de la capacidad adaptativa.</p> <p>Fomentar una mayor eficiencia energética en el sector pesquero mediante la sustitución de motores y el retiro de embarcaciones camaroneras.</p> <p>Desarrollo de granjas pesqueras comunitarias que incrementen el</p>	<p>Que no se elaboren las políticas agrarias enfocadas al aumento de la capacidad adaptativa.</p> <p>No poder modernizar la flota pesquera, particularmente con motores más eficientes.</p> <p>Capacidad técnica limitada para el cultivo de peces nativos. (tilapia, pejelagarto, etc)</p>

	<p>autoconsumo y mejoren la producción de especies nativas (tilapia, pejelagarto, etc)</p> <p>Fomento a la existencia de áreas para cultivos captadores de CO<sub>2</sub> en áreas habitacionales</p>	
<b>Ecosistemas</b>	<p>Establecer programas de participación comunitaria para la adaptación al cambio climático que contemple: 1) La disminución de las actuales tasas de deforestación, 2) Reforestación con especies aptas y nativas, 3) La restauración de áreas con vocación forestal, 4) El aprovechamiento forestal sustentable, 5) El uso de información de pronósticos climáticos para programar campañas de reforestación y aprovechamiento de bosques, y 6) La promoción de programas de pagos por servicios ambientales</p> <p>Conservar y recuperar ecosistemas de los cuerpos de agua continentales, costeros y marinos.</p> <p>Proteger y preservar la biodiversidad de especies nativas en riesgo ante los efectos del cambio climático, protegiendo especies prioritarias y en peligro de extinción</p> <p>Establecer programas de aprovechamiento de espacios abandonados y/o regularización de lotes baldíos, cercándolos y forestándolos para evitar la acumulación de basura, pastos y fauna nociva que en un momento dado provocan emisiones contaminantes por quema o descomposición de materia orgánica.</p> <p>Promover el cultivo de especies apropiadas y los procesos de transformación más eficientes para</p>	<p>Que no se establezcan los mecanismos adecuados para establecer programas de captura de carbono.</p> <p>Que no se realice el programa adecuado para reforestar</p> <p>Que no se establezcan los programas estatales de transformación de biocombustibles de origen agropecuario y forestal.</p>









	<p>la producción de biocombustibles de origen agropecuario y forestal.</p> <p>Llevar a cabo estrategias, prácticas y obras de conservación y restauración del suelo para aumentar su resiliencia ante los impactos esperados del cambio climático.</p>	
<b>Energía, industria y servicios</b>	<p>Aprovechamiento de energía renovable aplicable en las Industrias y empresas.</p> <p>Establecer un seguimiento y evaluación del proyecto de cogeneración de electricidad en nuevo Pemex que según planes en 2012 deberá estar lista la instalación eléctrica para operar comercialmente, la cual "suministrará electricidad y vapor durante los próximos veinte años y ayudará al Gobierno mexicano con sus objetivos de eficiencia energética".</p> <p>Impulsar la instalación de aislamiento, sistemas de aprovechamiento de la luz solar, calentamiento solar de agua en los programas de vivienda que sean apoyados por el Gobierno Federal.</p> <p>Promoción y gestión para que los ayuntamientos transiten a un sistema de alumbrado público basado en energías no convencionales.</p>	<p>No obtener recursos de fondos internacionales (como los del MDL) para apoyar el financiamiento de estos proyectos.</p> <p>Capacidad técnica</p>
<b>Infraestructura de transporte y comunicaciones</b>	<p>Modificaciones en el transporte. Planeación de rutas y de nuevas carreteras. Construcción de libramientos para la ciudad de Villahermosa que mejoren la vialidad del periférico.</p> <p>Reordenamiento Territorial de las Ciudades Tabasqueñas, para evitar congestionamientos viales.</p>	<p>Obstáculos financieros y tecnológicos</p> <p>Reubicación y reordenamiento territorial. Políticas y gestión integradas; sinergias con metas de desarrollo sostenible.</p>

	<p>Promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental que aun no está en práctica como la verificación vehicular.</p> <p>Incentivar el uso de transporte público.</p> <p>Establecimiento de carriles para ciclistas.</p>	<p>Que no se Cumplan de forma estricta el establecimiento de las normas de verificación vehicular con el fin de reducir el consumo de combustibles y las emisiones de GEI</p> <p>Que no se respeta a los ciclistas</p>
<b>Ordenamiento territorial y desarrollo urbano</b>	<p>Reubicación de asentamientos humanos.</p> <p>Creación de bordos para proteger zonas bajas y de escolleras en zonas costeras para reducir erosión.</p> <p>Reformas a la legislación sobre vivienda y urbanización para propiciar edificaciones climáticamente confortables y resistentes a los eventos hidrometeorológicos extremos.</p>	<p>Falta de seguimiento de proyectos por parte del Gobierno debido a los cambios de Presidencia Municipal y Gubernatura.</p> <p>Falta de Compromiso de los gobiernos a incorporar criterios bioclimáticos a los edificios públicos nuevos o en rehabilitación.</p> <p>Falta de Planeación para obtener beneficios económicos mediante el MDL del Protocolo de Kioto, para apoyar el financiamiento de proyectos de mitigación de emisiones de GEI en el sector vivienda</p>
<b>Salud pública</b>	<p>Programas de prevención contra oleadas de calor.</p> <p>Vigilancia y control de enfermedades sensibles al clima.</p>	<p>Grupos vulnerables, y de extrema pobreza que no cuentan con los recursos necesarios.</p> <p>Limitaciones de los conocimientos</p> <p>Falta de Capacidad financiera que permita mejorar los servicios de salud y la calidad de vida.</p>

## CONCLUSIONES DE LAS MEDIDAS PROPUESTAS

El diseño de un Plan de Acción ante Cambio Climático, requiere que las medidas de mitigación y adaptación, estén relacionadas con metas, objetivos y estrategias de corto, mediano y largo plazo, que permita que dichas medidas tengan la flexibilidad, la estabilidad y la equidad (acceso a recursos financieros y humanos) para asegurar su viabilidad a futuro. Es necesario considerar:

-  Los recursos hídricos y su manejo son un aspecto vital. La Excedencia descontrolada del recurso (desbordamientos de ríos, escorrentías, deslaves, etc.), asociada a sucesos meteorológicos extremos (inundaciones) en Tabasco genera riesgos a la población y pérdidas económicas cuantiosas. Por lo que es importante la revisión de las políticas, programas y regulaciones del manejo del agua y proponer, en el contexto del CC, cuáles aspectos decrecen/aumentan la vulnerabilidad de los sectores claves.
-  Las actividades económico-ecológicas como la pesca, la agricultura y la ganadería pueden tener como tema transversal la seguridad alimentaria, por lo que se requiere especial atención y mayor participación de las comunidades.
-  El diseño de controles administrativos, bases de datos de fuentes de información de las dependencias oficiales entrelazados con las industrias, para la actualización continua del inventario de emisiones. Esto permitirá a la vez desarrollar escenarios de impacto de políticas y programas mediante el uso de modelos mecanísticos y de dispersión de contaminantes.

-  Establecer con las instituciones educativas de enseñanza media y superior programas de investigación y desarrollo para mejorar la recolección de información y establecimiento de bases de datos que apoyen la elaboración de inventarios, así como el desarrollo de modelos para prevenir situaciones de riesgo por contaminación ambiental y desarrollo de tecnologías domésticas regionales de reducción, reutilización y reciclaje de desechos en los hogares. Así como la difusión de la situación de Tabasco ante el CC
  
-  Promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental que aun no está en práctica como la verificación vehicular y el control de quemas agrícolas.
  
-  Impulsar los mecanismos que permitan generar en forma clara los reglamentos, normas y ordenamientos legales para el control más estricto de quemas de basura urbana, disposición de llantas, utilización de rellenos sanitarios, etc. dentro del ámbito legal de las autoridades locales y estatales.

## PROPUESTAS DE ADAPTACIÓN POR VULNERABILIDAD

A partir del diagnóstico de vulnerabilidad del estado, se sugieren acciones para apoyar el proceso de adaptación ante lluvias extremas entre las que se encuentran:

- Evaluación de la infraestructura hidráulica construida en el estado (bordos e infraestructura de control, entre otros) con la geología del territorio y la dinámica de su hidrología superficial.
- Evaluación de la dinámica de la hidrología superficial en relación a los meandros muy pronunciados que reducen la velocidad de las avenidas que causan inundaciones.
- Revisión y evaluación de la infraestructura construida (carreteras, caminos y ductos, entre otros) en relación a eventos de lluvia extrema y la interrupción de flujos.
- Reforestación de la cuenca (alta y baja) con especies locales para reducir erosión, azolvamientos, sedimentación, y fomentar la captación y la infiltración de lluvia.
- Revisión del desarrollo urbano en zonas vulnerables y reubicación.
- Recuperación de vasos reguladores y zonas verdes en las manchas urbanas que sirvan de captación de agua.
- Protección de ecosistemas naturales e implementación estricta de la normatividad en las zonas protegidas.
- Incorporación de infraestructura de adaptación al cambio climático en las construcciones futuras.

Los costos relacionados a desastres de origen hidrometeorológico han provocado retrocesos en las capacidades de desarrollo local y la postergación

de proyectos prioritarios. El financiamiento para apoyar la recuperación ante estos eventos involucra actores públicos de diferentes niveles de gobierno y privados. En algunos casos el Gobierno Federal junto con el local ha asumido una elevada proporción del costo con apoyo de la comunidad internacional.

## **PROPUESTAS DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

---

### **PROPUESTAS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA EL SECTOR USCUSyS**

- **Reconversión hacia sistemas silvopastoriles**

Es responsabilidad del gobierno y de los productores el recuperar las áreas degradadas por la ganadería extensiva con estrategias como la reforestación productiva con especies maderables, frutales, forrajeras o para leña (entre otros usos) que restauren las funciones ecológicas del sistema. La reconversión de potreros hacia los sistemas silvopastoriles se ha encontrado con una resistencia de los productores a crear un dosel que interfiera con la llegada de luz solar al pasto. También existe confusión por parte de muchos técnicos quienes reportan la presencia de sistemas silvopastoriles aun en fincas donde hay unos cuantos árboles grandes.

Para evitar divergencias importantes entre quienes evalúan y manejan los sistemas ganaderos, se propone establecer un estándar que indique el número de árboles grandes necesarios para ejercer una influencia significativa en el complejo suelo-pasto-ganado-ingresos, ya sea a través de su sombra, raíces, producción de hoja o madera. Sugerimos que 50 árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm por Unidad Animal a la escala de la unidad de producción puede ser considerado como la densidad de árboles mínima para un sistema silvopastoril.

- **Diversificación productiva**

Ante la inseguridad del mercado globalizado, cada cadena productiva se vuelve más vulnerable (involucra mayor riesgo), especialmente cuando constituye la única fuente de ingresos de la familia. Como resultado, se reduce la inversión, por ejemplo, en mejoras tecnológicas que contribuyan a la prevención, mitigación y adaptación ante el cambio ambiental. El estado debe

legislar, promover y auspiciar la implementación de actividades productivas complementarias en las escalas NACIONAL y regional, que confieran resistencia y resiliencia a las comunidades rurales, contribuyan a la diversificación de la oferta regional de bienes y servicios (reduciendo las emisiones por transporte) y faciliten el reciclado y reutilización de los subproductos para minimizar la emisión de GEI.

- **Créditos blandos y subsidios con base en criterios de sustentabilidad**

Las políticas de subsidios a la producción que prevalecen en el campo mexicano favorecen algunos de los componentes que menos contribuyen a la sustentabilidad de la ganadería, como la siembra de pastos de alta producción de biomasa y la compra de pie de cría de alto mérito genético. Está claro que la genética del pasto y la del ganado no puede manifestarse si no se tiene el sustrato mineral que la sustente.



***74. Pirámide para la reconversión de la producción animal: La base representa el área prioritaria o que debe recibir mayor inversión, mientras que la punta representa el área de menor inversión***

Los suelos de Tabasco tienen una historia de degradación que les impide mantener la productividad de los pastos, lo que se está resolviendo tradicionalmente con el remplazo con especies cada vez más resistentes a



suelos pobres, prolongando con ello la espiral de degradación y obligando al uso de insumos comerciales, generalmente derivados del petróleo (combustibles, herbicidas, plaguicidas y fertilizantes). Una política pública que apunte la sustentabilidad de la producción pecuaria debe atender, como premisa para la inversión productiva, la fertilidad y la conservación del suelo y el agua, en concordancia con el artículo 105 de la LGEEPA y con el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, que establece que los incentivos (jurídicos y económicos) que provea el gobierno estarán alineados a la conservación del agua y los suelos (Eje 2, Objetivo 10, Estrategia 10.3). Sucesivamente deben priorizarse la producción local de forrajes de alta calidad, el bienestar del ganado (sombra, salud e higiene, instalaciones) y sólo cuando todo esto pueda ser verificado satisfactoriamente, entonces se deben otorgar apoyos para pié de cría (Figura 74).

- **Certificación de la Calidad Ecológica**

El suelo y el agua son propiedad original de la Nación y se otorgan en propiedad acorde con el interés nacional (Art. 27 Constitucional). El estado debe asumir su función en la supervisión de la limpieza, inocuidad y trazabilidad de todas las ramas de la producción, en este caso de la producción agropecuaria. Así como en los casos de la industria química, farmacéutica y pesada se le ha logrado hacer cumplir las normas ambientales, es crucial que la ganadería asuma las tareas de prevenir y mitigar los efectos ambientales de sus emisiones de GEI. Para el estado de Tabasco, la ganadería es la principal fuente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

Como estrategia para coadyuvar en la instauración de medidas de mitigación, que pueden resultar costosas en el corto plazo, el estado puede impulsar una política de certificación de calidad ecológica acompañada de fondos para el establecimiento de una línea de base, adopción de mejores prácticas y

búsqueda de mercados preferenciales. Una vez alcanzada la certificación, las empresas (y microempresas) ganaderas puedan aprovecharla en la construcción de cadenas productivas sustentables.

- **Indicadores**

Con el fin de hacer práctico y comparable un esquema de evaluación del desempeño ambiental de las explotaciones ganaderas, se debe llegar a acuerdos entre productores y las agencias estatales y federales de protección ambiental en cuanto a un conjunto mínimo de indicadores y sus metas respectivas a mediano y largo plazo. Una parte importante del cumplimiento de estos acuerdos tiene que ver con la viabilidad y disciplina del esquema de monitoreo, que debe ser asumido por ambas partes.

Para que los productores puedan contribuir al monitoreo de indicadores ambientales estos deben ser fáciles de medir e interpretar, así como sensibles a cambios y de uso universal. Los artículos 101, numerales I, II, IV, VI y VII y los artículos 102 al 104 de la LGEEPA (DOF 13 dic. 1996 y 25 feb. 2003) obligan a las autoridades y a los productores a incorporar “prácticas de protección y restauración de los suelos en las actividades agropecuarias, así como la realización de estudios de impacto ambiental previos al otorgamiento de autorizaciones para efectuar cambios del uso del suelo, cuando existan elementos que permitan prever grave deterioro de los suelos afectados y del equilibrio ecológico de la zona”.

Algunos de los indicadores que pueden servir para el monitoreo del impacto ambiental de la ganadería, con énfasis en la mitigación del efecto sobre el cambio ambiental por la producción de GEI son:

- Proporción de suelo desnudo y cobertura de arvenses (%) en áreas de pastoreo (NOM-062-ECOL-1994).
- Materia orgánica flotante, suspendida y sedimentada (mg/L) en agua de los pozos de infiltración para disposición de aguas residuales (NOM-015-CONAGUA-2007).

- Nitrógeno total (mg/lt) en agua de los pozos de infiltración para disposición de aguas residuales (NOM-015-CONAGUA-2007).
- Nitrógeno total (mg/L) disuelto en agua en lagunas y arroyos a la salida de la parcela (NOM-001-ECOL-1996).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) en lagunas y arroyos a la salida de la parcela (NOM-001-ECOL-1996).
- Sólidos suspendidos totales (toneladas por día) descargados lagunas y arroyos a la salida de la parcela (NOM-001-ECOL-1996).

- **Cadenas productivas sustentables**

Las cadenas productivas sustentables, como objeto para la instrumentación de política pública para la gestión territorial, son arropadas dentro de las estrategias de conservación biológica y en este marco desarrollan sus planes de negocios y de capacitación. Su estrategia está orientada al desarrollo de mecanismos que reconozcan en la especificidad geográfica, la diversidad agroecológica, biológica y cultural elementos que otorguen valor agregado a sus productos primarios. La cadena productiva bovina de pastoreo en el trópico debe estar sustentada en el eje cultivo de forraje – producción animal - valor agregado.

- **Mercado**

Hay una fuerte dependencia hacia el mercado nacional de bovinos, lo que ocasiona fuga de capital y pauperización social y ecológica. Como consecuencia de la baja rentabilidad, la estrategia de algunos ganaderos es mantener la actividad con el mínimo de insumos y mantenimiento y vender las crías para reducir el riesgo de pérdida de peso, enfermedad y muerte del ganado, así como el castigo del precio en pie en el rastro de la Unión Ganadera Regional (UGR). En un entorno de baja inversión y falta de

cohesión gremial, las inversiones en el mejoramiento del desempeño ambiental quedan relegadas a un nivel de prioridad muy inferior. De continuar esta situación, la ganadería bovina seguirá siendo la principal fuente de emisiones de GEI en el estado de Tabasco.

Para revertir este efecto pernicioso (Perverso) del mercado nacional/global de la cadena productiva bovina de carne, se propone una política pública transitoria hacia el sector ganadero comercial, con tres ejes de acción:

1. Favorecer la finalización del ganado dentro del estado y con un esquema de alimentación basado en pastos y piensos producidos dentro de la región.
2. Impulsar el consumo de carne con grasa amarilla, lacticíneos y leche producidos en Tabasco.
3. Cuotas de entrada de productos animales al estado de acuerdo con un nivel de consumo interno de productos locales.

Se parte de la premisa de que para implementar medidas de mitigación al cambio ambiental que involucran un cambio tecnológico y un mínimo de inversión, la cadena productiva debe asumir los costos de su propia transformación, aunque pueda apoyarse en incentivos y políticas de protección comercial de manera temporal hasta alcanzar un nivel sustentable y competitivo.

## PROPUESTAS DE POLÍTICA PÚBLICA PARA EL SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y DESHECHOS

Existe una gran variedad de políticas e instrumentos que están disponibles para los gobiernos, con la finalidad de crear incentivos para implementar las medidas de mitigación. Para evaluar éstas se emplean cuatro criterios principales: efectividad ambiental, efectividad de los costos, efectos de distribución (incluida la equidad) y la viabilidad institucional.

Las políticas que proporcionan un precio real o implícito del carbono podrían incentivar a los productores y consumidores a invertir significativamente en productos, tecnologías y procesos bajos en GEI.

El apoyo gubernamental a través de contribuciones financieras, créditos tributarios, fijación de normas y creación de mercado, es importante para el desarrollo de energías eficientes, la innovación y el despliegue.

Las políticas que se recomiendan para reducir los GEI y mitigar el cambio climático, incluyen:

- ✚ Proponer la reducción de subsidios a los combustibles fósiles
- ✚ Incentivar el Uso de energías renovables
- ✚ Mejora del transporte público; ahorro obligatorio de combustibles, etc.
- ✚ Cambiar las vías de desarrollo, haciéndolo sustentable, puede contribuir de manera importante a la mitigación del cambio climático.
- ✚ Mejorar las vías de acceso de las ciudades sustentados en un ordenamiento territorial
- ✚ Diseñar Programas de Concientización de la población ante la problemática del Cambio Climático.
- ✚ Diseñar programas de disminución del Consumo en los niños, jóvenes adultos.
- ✚ Diseñar el Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos.

**QUINTA PARTE**  
**MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y**  
**ADAPTACIÓN PROPUESTAS**  
**EN CONSULTA PÚBLICA A**  
**SECTORES REPRESENTATIVOS**

## **MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y ADAPTACIÓN PROPUESTAS POR SECTORES REPRESENTATIVOS**

---

Como parte de la implementación del Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco se llevó a cabo la consulta pública con la intención de hacer partícipes a los diversos sectores y actores que intervienen en él.

La consulta se hizo sobre los sectores AFOLU-USCUSyS, Energía, Industria, Transporte y Residuos.

Para AFOLU-USCUSyS se contó con la presencia de funcionarios y representantes de las siguientes instituciones: SERNAPAM, SEMARNAT, CONAGUA, Unión Forestal del Estado de Tabasco A.C., Universidad Politécnica del Golfo, CONAFOR, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad Tecnológica de Tabasco, Colegio de Postgraduados, SAOP, FIRCO, SAGARPA, Colegio de Ingenieros Civiles de Tabasco y Universidad Politécnica del Centro.

Para Energía, Residuos, Industria y Transporte se contó con la presencia de Funcionarios y representantes de: COPARMEX, SEMARNAT, SERNAPAM, Secretaría de Comunicaciones y Transportes Estatal, Protección Civil, Colegio de Ingenieros Civiles de Tabasco y PEMEX.

Se presentaron las medidas en calidad de propuesta, con el fin de discutir y establecer a través de mesas de trabajo las prioridades detectadas por los asistentes en base a su conocimiento y experiencia de la situación actual del estado en torno a la problemática del cambio climático.

La percepción y aceptación general de los participantes fue positiva, se tuvo oportunidad de evaluar desde perspectivas plurales las implicaciones sociales, ambientales y económicas de las medidas.

La consulta pública por sector se desarrolló en cinco etapas:

- Presentación sobre situación y contexto del estado

- Análisis breve de resultados de emisiones GEI por sector
- Pronósticos de cambio climático para la región y relación con actividades sectoriales
- Establecimiento de variables climáticas relacionadas con los sectores AFOLU-USCUSyS
- Identificación de impactos sociales y ambientales
- Evaluación de medidas

Se trató de que cada mesa estuviera compuesta por un representante del sector en cuestión, esto con el fin de obtener el enfoque adecuado para la valoración de las medidas presentadas.

El objetivo de cada mesa de trabajo fue consensuar las medidas de Mitigación, Adaptación y Transversales para cada sector analizado en el inventario de emisiones del estado, a incluir en el Programa de Acción ante el Cambio Climático del Estado de Tabasco.

Las medidas propuestas fueron clasificadas por eje temático: Mitigación, Adaptación y medidas Transversales para el desarrollo de políticas públicas con incidencia directa al cambio climático y subdivididas de acuerdo alcances dentro del estado en:

- Acciones implementadas en Tabasco. Periodo 2008-2010.
- Acciones propuestas complementarias ya aprobadas
- Acciones propuestas

Para los sectores AFOLU-USCUSyS fueron analizadas 35 medidas propuestas, de las cuales: 9 correspondieron al eje temático de Adaptación, 8 al eje de Mitigación, 9 Transversales y 9 con características de Adaptación /Mitigación (tendencia a cubrir ambos ejes).



Para los sectores Energía, Residuos, Transporte e Industria fueron analizadas 49 medidas propuestas de las cuales: 9, correspondieron al eje de Adaptación, 24 al eje de Mitigación, 9 Transversales y 7 con características de Adaptación/Mitigación.

Información más detallada de esta consulta se encuentra disponible en la SERNAPAM.

## CONCLUSIONES GENERALES

---

Con la realización del PEACC, el estado de Tabasco cuenta ya con un instrumento para apoyar la planificación y desarrollo de Políticas Públicas en materia de Cambio Climático a nivel estatal.

En su elaboración y desarrollo se pudo cumplir con los objetivos planteados originalmente por el Comité Interinstitucional de Cambio Climático del estado de Tabasco (CICC) de:

- Consolidar una red de investigadores para la elaboración de los inventarios y escenarios de emisiones de GEI futuros.
- Consolidar una red de investigadores para realizar evaluaciones (estudios) de Vulnerabilidad y de opciones de Adaptación ante la variabilidad y el cambio climático en los sectores de interés para el estado.
- Tener personal capacitado para la elaboración de los inventarios y escenarios de emisiones de GEI.
- Contar con personal capacitado en la aplicación de los escenarios de cambio climático y para realizar evaluaciones (estudios) de Vulnerabilidad y de opciones de Adaptación ante la variabilidad y el cambio climático.

En el desarrollo y conclusión del PEACC se tuvieron que vencer poco a poco los siguientes obstáculos:

- Escasez de recursos humanos especializados en Cambio Climático.
- Escasez de información local sistematizada y confiable sobre Recursos Naturales, producción, emisiones, clima, entre otros.
- Recursos financieros y económicos restringidos

- Periodos cortos para la evaluación técnica y propuesta de opciones de mitigación de emisiones Gases de Efecto Invernadero y adaptación al cambio climático.

Finalmente, se pudieron lograr los siguientes aspectos:

- Tener una sociedad más informada y sensibilizada ante el Cambio Climático.
- Se pudo identificar Equipos de Trabajo y sus necesidades.
- Que el tema de Cambio Climático ya esté en la agenda social y pública.
- Se generó información básica y conocimiento.
- Se impulsó la creación de un Centro de Investigación sobre Cambio Climático en Tabasco.
- Se fortalecieron las capacidades institucionales con capacitación y equipamiento.
- Tener ahora una mejor idea de lo dispersa e incompleta de la información necesaria para realizar los siguientes inventarios., por lo que ya se pudo proponer el diseño de un sistema de acopio e integración de la información a las diferentes dependencias e instancias acorde a lo requerido por el IPCC. De manera tal que los resultados del IGEI de Tabasco sean comparable con los resultados a nivel nacional e internacional.
- Saber que sector es el que más emite GEI y cuáles serían las medidas de mitigación y/o adaptación más adecuadas y más factibles de realizar en el estado
- Precisar el grado de vulnerabilidad física de la zona costera y de los eventos hidrometeorológicos extremos para con ello adecuar las medidas de adaptación necesarias a esa problemática.

Derivado de este trabajo inicial del inventario de los GEI y de la elaboración del PEACC, se pudo determinar que se requieren cubrir los siguientes aspectos:

- Mayor flexibilidad para el manejo de los recursos con las instituciones de investigación.
- Crear un fondo que de soporte a las investigaciones en el tema de cambio climático, ajeno a los movimientos financieros federales y estatales.
- Normalizar las metodologías a través de las normas ISO que actualmente han sido creadas para tal fin evitando así el personalizar el inventario.
- Crear un área u comité que pueda dar seguimiento al tema de Cambio Climático con base en las normativas nacionales e internacionales, y que esté decretada, o bien reformar o adecuar al Comité Interinstitucional de Cambio Climático para que cumpla esta función.
- Auditar el seguimiento del PEACC al menos cada sexenio, para evaluar el impacto de los programas.

## BIBLIOGRAFÍA

---

### INEEGEIT SECTOR ENERGIA, RESIDUOS E INDUSTRIA

Anónimo. 2009. Metodología para la cuantificación de Emisiones de Gases Efecto Invernadero y de Consumos Energéticos Evitados por el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, SENER., Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

Alvarado L. 2002. Aspectos metodológicos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero INEGEI 2002, INE., Dirección General de Investigación sobre la Contaminación Urbana, Regional y Global.

Chacón D., Giner M., Velázquez M., Roe S., Maldonado J., Lindquist H., Strode B., Anderson R. y Quiroz C. 2010. Emisiones de gases de efecto invernadero en Tamaulipas y proyecciones de casos de referencias 1990-2025.

Del Ángel M., Pérez Vidal H., Frías Márquez D., Inventario Estatal de gases de efecto invernadero en el Sector Energía, procesos industriales y desechos del estado de Tabasco (IEGEI-TAB-2011).

Escenario de emisiones, Informe especial del IPCC Publicado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>.

Guías Revisadas del IPCC, (1996). Greenhouse Gas Inventory Workbook. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 1, 2.

INE-SEMARNAT, (2010). Potencial de Mitigación de Gases Efecto Invernadero en México al 2020 en el contexto de la cooperación internacional.

INEGI, Instituto Nacional de Geografía y Estadística. 2010. Anuario Estadístico del Estado de Tabasco.

Long Range Energy Alternatives Planning, (2011). Software; <http://www.energycommunity.org/default.asp?action=47>

SIEN, (2004). Metodología de inventario de gases de efecto invernadero. Recopilación del Sistema de Información Energética Nacional, de propuestas del panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, GuíaM-3.

SENER. Balance Nacional de Energía 2005-2009, <http://www.sener.gob.mx/>

SIEM, Sistema de Información Empresarial Mexicano (2005-2009), Establecimientos en Tabasco, [www.siem.gob.mx/](http://www.siem.gob.mx/).

Sheinbaum C. y Robles G. (2008). Inventario Nacional de Gas de Efecto Invernadero 2006. México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México.

## **INEGEIT SECTOR USCUSyS**

De Jong, B., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pino, J. Taylor and R. Tipper. 1995. Community Forest Management and Carbon Sequestration: a Feasibility Study from Chiapas, México. *Interciencia* 20:6, 409-416.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. NGGIP Publications.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, Riitta Pipatti, Leandro Buendía, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 4. Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra. IPCC-NGGIP Publications. En línea: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>

Krausmann F, Erb K-H, Gingrich S, Lauk C, Haberl H, 2008. Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. *Ecological Economics* 65:471–487.

Masera, O. 1995a. Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results. *Interciencia* 20:6, 388-395.

Masera, O. 1995b. "Future Greenhouse Emission and Sequestration Scenarios from Land Use Change in México". Report to UNEP from the Project Mexico's Country Study on Greenhouse Gas Emissions. Instituto Nacional de Ecología, México, City.

Montoya G., De Jong B., Nelson K., Soto L., Farías P.J., Taylor J., Tipper R. 1995. Desarrollo Forestal Sustentable: Captura de Carbono en Dos Zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Cuadernos de Trabajo No. 4. Instituto Nacional de Ecología. México, DF. 79 p.

Ordóñez A. 1999. "Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán". Instituto Nacional de Ecología – SEMARNAP. México D.F. 72 p.

Pelletier y Tyedmers, 2010. Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000-2050. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 197: 18371-18374.

SEMARNAT. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México. <http://www.semarnat.gob.mx/tramites/informaciondetramites/sirrep/Normas-Vigentes/NOM-001-ECOL.pdf>).

SEMARNAT, 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-062-ECOL-1994, que establece las especificaciones para mitigar los efectos adversos sobre la biodiversidad que se ocasionen por el cambio de uso del suelo de terrenos forestales a agropecuarios. México DOF 05-13-94 (<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/gacetas/220/062.html>).

SEMARNAT, 2007. Norma Oficial Mexicana NOM-015-CONAGUA-2007, Infiltración artificial de agua a los acuíferos.- Características y especificaciones de las obras y del agua. México DOF 18-08-2009 (<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/NOM-015-CONAGUA2007.pdf>).

Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M. y De Haan, C.; 2006. Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options. 390 pp. FAO, Roma.

Swisher, J.N. 1991. The incremental costs of terrestrial carbon storage in forestry, bioenergy and land use. *Biomass and Bioenergy*, 1(6): 317 – 328.

## **VULNERABILIDAD**

Alesheikh, A. Ghorbanali, N. Nouri. 2007. Coastline change detection using remote sensing. *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66.

Alonso, Ignacio; Laura L. Cabrera; José A. Jiménez; Herminia I. Valdemoro e Isora Sánchez. 2007. Aplicación de la Fotogrametría a estudios de erosión costera. XII Congreso de la Asociación española de teledetección. Mar del Plata - Argentina. 19 al 21 de septiembre. p 1-6.

Boak, E.H. and Turner, I. L. 2005. Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research*, 21(4), 688-703.

Diez, P. G., Perillo, G M. E. y Piccolo, E. S. 2007. Vulnerability to sea-level rise on the coast of the Buenos Aires. *Journal of Coastal Research* 23 (1): 119-126.

L. Domínguez, F. J. Gracia y G. Anfuso. 2004. Tasas de avance / retroceso de la línea de costa mediante morfometría fotogramétrica en el sector Sanlúcar de Barrameda - Rota (Provincia de Cádiz). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17 (1-2). pp: 71-86.

Fallas, Jorge. 2004. Ortorectificación de fotos aéreas con ILWIS. Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica. PRMVS-EDECA, UNIVERSIDAD NACIONAL.

[http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/ortorectificacion\\_p1.PDF](http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/ortorectificacion_p1.PDF)

Gama, L.; E. M. Ordoñez, C Villanueva-García, M. A. Ortiz-Pérez, H. D. López, R. C. Torres and M. E. M. Valadéz. 2010. Floods in Tabasco México: History and Perspectives. pp: 25-33. (Editors) D. de Wrachien, D. Proverbs, C.A. Brebbia and S. Mambretti. Flood Recovery, Innovation and Response II. Published by WIT Press ISBN 978-1-84564-444-4, ISBN 1746-448X (print) ISBN 1743-3541 (on line).

García, Mora. M. R., J. B. Gallego. Fernández, A. T. Williams y F. García Novo 2001. A coastal dune vulnerability classification. A case study of the Sw Iberia Peninsula. *Journal of Coastal Research*, 17 (4): 802-811

Gornitz, V. 1990. Vulnerability of the East Coast, U.S.A. to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 9:201-237.

Hernández Santana, J. R., M. A. Ortiz Pérez, A. P. Méndez Linares y L. Gama Campillo. 2008. Reconocimiento morfodinámico de la línea de costa del Estado de Tabasco, México: tendencias desde la segunda mitad del siglo XX hasta el presente. *Investigaciones Geográficas*, 65: 7-21. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Kokot, R.R., J.O. Codignotto y M. Elissondo. 2004. Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia del Río Negro. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 59(3):477-487.

López Méndez, José Valentín. 2009. Análisis del evento meteorológico del 2007 relacionado con la inundación de Tabasco. Tesis de maestro en ciencias. Posgrado en Ciencias de la tierra. Centro de Ciencias del Mar. UNAM. 117 p.

Mateo Rodríguez José Manuel y M. A. Ortiz Pérez. 2001. La degradación de los paisajes como concepción teórico metodológica. Serie Varia Nueva Época, Núm. 1. Instituto de Geografía, UNAM. 40 p.

Moore, L. J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Reserch*. 16 (1), 111-124.

Ortiz Pérez, M.A. 1988. Evidencias de cambios geomorfológicos del sistema litoral mediante el análisis de imágenes aéreas. *Memorias: Ecología y Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. División Regional Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Pp: 43-54.



Ortiz-Pérez M. A. 1992. Retroceso reciente de la línea de costa del frente deltaico del Río San Pedro, Campeche-Tabasco. *Investigaciones Geográficas*. 25:7-23. Instituto de Geografía, UNAM. México.

Ortiz P., M. A. y J. Benítez. 1996. "Elementos teóricos para el entendimiento de los problemas de impacto ambiental en planicies deltaicas: la región de Tabasco y Campeche". En: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benítez, D. Zárate-Lomeli (eds). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica. pp: 483-503.

Ortiz, P. M. A. y. De la Lanza, G. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: Un inventario regional. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 138 p. ISBN 970 32 3965-X.

Ortiz, P. M. A., J. R., Hernández Santana. J. M. Figueroa-MahEng y L. M. Gama-Campillo. 2010. Tasas del avance transgresivo y regresivo en el frente deltaico tabasqueño: en el periodo comprendido de 1995-2008. pp: 305-324 En: A. V. Botello, S. Villanueva-Fragoso J. Gutiérrez y J. L. Rojas-Galaviz. Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático, SEMARNAT- INE,-UNAM, ICML. Universidad Nacional Autónoma de México. 514 p.

Rona, P. A. 1974. Subsidence of atlantic continental margins. *Tectonophysics*22(3-4): pp: 283-299.

Thieler, E. R. and E.S. Hammer-Klose. 1999. National Assessment of Coastal Variability to Sea Level Rise. Preliminary Results for the US Atlantic Coast. Woods Hole, MA: United States Geological Survey (UGGS) Open File Report. 99-593.

Velázquez V., G. 1994. Los Recursos Hidraulicos del Estado de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 242 p.

Wells, J.T. and C.H. Peterson. (Sin fecha). Atlantic and Gulf Coastal Barriers. National Fish and Wildlife Foundation. 20 p. Folleto Divulgativo.

West, C.R., P.N. Psuty y G.B. Thom. 1969. The Tabasco lowlands of southeastern Mexico. Technical Report No. 70. Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge. 193 p.

Yáñez A., Schaeper C. J. 1968. Sedimentología de la Laguna Madre Tamaulipas. *Boletín* 84. Instituto de Geología. UNAM. México.

Zavala, C. J., C.A. Ortiz S., E. Ojeda T. y A.V. Botello. 1996. Contaminación del suelo por hidrocarburos en el campo petrolero Samaria, Tabasco. En: A.V. Botello, J.L. Rojas-Galaviz, J.A. Benítez, D. Zárate-Lomeli (eds). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*. Universidad Autónoma de Campeche. EPOMEX. Serie Científica. pp: 255-264.

## GLOSARIO

---

**Adaptación.** Ajuste natural o por sistemas humanos en respuesta al actual o esperado cambio climático o sus efectos, el cual reduce el daño o aprovecha las oportunidades de beneficios. Existen varios tipos de adaptación: anticipada y reactiva; privada y pública y autónoma y planeada.

**Cambio climático.** Se refiere a cualquier cambio en el clima a largo plazo, ya sea por causas naturales o como resultado de la actividad humana. Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un periodo prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos o a un forzamiento externo, o a cambios antropogénicos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra. [http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm#radiative\\_forcing](http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm#radiative_forcing)

**Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC).** Tiene el objetivo de coordinar, en el ámbito de sus respectivas competencias, las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, relativas a la formulación y puesta en marcha de las políticas nacionales para la prevención y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, la adaptación a los efectos del cambio climático, y, en general, para promover el desarrollo de programas y estrategias de acción climática relativos al cumplimiento de los compromisos suscritos por México en la Convención Marco en la materia y los demás instrumentos derivados de la misma. La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático tendrá también por objeto identificar oportunidades, facilitar, promover, difundir, evaluar y, en su caso, aprobar proyectos de reducción de emisiones y captura de gases de efecto invernadero en los Estados Unidos Mexicanos, en términos del Protocolo de Kyoto, así como de otros instrumentos tendientes al mismo objetivo.

[http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/CI/CICC/25042005\(1\).pdf](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/CI/CICC/25042005(1).pdf)

**Consejo Consultivo de Cambio Climático.** Organismo de consulta de la Comisión (CICC), el cual se integrará por un mínimo de quince personas provenientes de los sectores social, privado y académico, con reconocidos méritos y experiencia en temas de Cambio Climático, que serán designados por el presidente de la Comisión (CICC) a propuesta de sus integrantes y conforme a lo que al efecto se establezca en su Reglamento Interno, debiendo garantizarse el equilibrio en la representación de los sectores e intereses respectivos.

[http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica\\_ambiental/cambioclimatico/Pages/c4.aspx](http://www.semarnat.gob.mx/queessemarnat/politica_ambiental/cambioclimatico/Pages/c4.aspx)

**Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.** Es un tratado internacional que reconoce las posibilidades de daño en el cambio climático; la aplicación de éste conduce, eventualmente, al Protocolo de Kioto. El objetivo de la Convención es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático y en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

<http://unfccc.int/2860.php>

**Escenario climático.** Una posible y normalmente simplificada representación del clima a futuro, basado en un consistente conjunto de relaciones climáticas que fueron construidas para uso exclusivo con el fin de investigar las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, casi siempre para la creación de modelos de impacto.

**Escenario de emisiones.** Una representación posible del desarrollo a futuro de emisiones de efecto invernadero (gases y aerosoles) basada en un conjunto coherente y consistente de fuerzas y sus relaciones clave.

**Escenario (de futuro).** Descripción de un estado futuro del mundo, coherente, internamente consistente y plausible. No es un pronóstico, sino una serie de imágenes que se conforman a partir de diferentes hipótesis de trabajo.

**Fenómeno meteorológico extremo:** Evento atmosférico que, alcanzando valores extremos, es capaz de producir, directa o indirectamente, daños materiales de consideración, o es capaz de dañar a las personas o alterar la actividad humana de forma significativa en un ámbito espacial determinado. Ejemplo de estos fenómenos son las tormentas, inundaciones, avalanchas y olas u ondas de calor.

**Forzamiento radiativo.** El forzamiento radiativo es un cambio en la irradiancia vertical neta (expresada en Watts por metro cuadrado:  $Wm^{-2}$ ) en la tropopausa, a raíz de un cambio interno o de un cambio en el forzamiento externo del sistema climático, como, por ejemplo, un cambio en la concentración de bióxido de carbono ó en la energía emitida por el Sol. El forzamiento radiativo se calcula generalmente después de dejar un margen para que las temperaturas de la estratosfera se reajusten a un estado de equilibrio radiativo, pero manteniendo constantes todas las propiedades troposféricas en sus valores no perturbados. El forzamiento radiativo se llama instantáneo si no se registran cambios en la temperatura estratosférica. El término “forzante radiativo” ha sido empleado en las Convenciones del IPCC como expresión técnica, denotando una perturbación externamente impuesta en el presupuesto de energía radiativa del sistema climático terráqueo, que puede liderar cambios en parámetros climáticos.

[http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm#radiative\\_forcing](http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm#radiative_forcing)

**Forzante.** El forzante radiativo del sistema superficie-tropósfera se debe a una perturbación o a la introducción de un agente (es decir, un cambio en las concentraciones de gases de efecto invernadero). Es un cambio neto en irradiancia (onda larga solar; en  $Wm^2$ ) en la tropopausa después de encontrar

temperaturas estratosféricas y reajustar hacia un equilibrio radiativo, pero fijando las temperaturas de la superficie y de la tropósfera y mantenidas fijas en valores no perturbables.

**Gases de Efecto Invernadero (GEI).** De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC): "Por gases de efecto invernadero se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos (de origen humano), que absorben y re-emiten radiación infrarroja" (Artículo 1 de la CMNUCC, 1992).

**Instituto Nacional de Ecología (INE).** El INE es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Su origen se encuentra en los esfuerzos de política ambiental y de desarrollo institucional que se han realizado en México desde inicios de la década de 1970. No deja de ser, por ello, una institución joven que ha estado inmersa dentro del proceso de profundas transformaciones por las que el país ha transitado en la última década. Para alcanzar los grandes objetivos que caracterizan la misión del Instituto, este organismo público ha trabajado también por la instauración de nuevas formas de gestión ambiental en las que han tenido un papel protagónico sus usuarios directos, así como un amplio grupo de instituciones académicas, sociales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, con las que el INE mantiene una estrecha interrelación.

[http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=260](http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=260)

**Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL).** Definido en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, los mecanismos para un desarrollo limpio tienen dos objetivos: 1) asistir a los países no incluidos en el Anexo I a lograr un desarrollo sustentable 2) asistir a los países incluidos en el Anexo I a lograr el cumplimiento de sus compromisos de reducción de emisiones.

**Panel Intergubernamental sobre CC (IPCC).** El objetivo del IPCC es evaluar el riesgo del cambio climático originado por las actividades humanas, y sus informes se basan en publicaciones de revistas técnicas y científicas

contrastadas. Cuenta con el trabajo de más de 2000 científicos provenientes de 100 países. En el año 2007 fue galardonado con el Premio Nobel de la Paz, compartido con Al Gore, por sus esfuerzos para construir y difundir un mayor conocimiento sobre el cambio climático causado por el hombre y poner las bases para las medidas a fin de contrarrestar ese cambio. El IPCC no lleva a cabo investigaciones ni monitoriza cambios climáticos o fenómenos relacionados. Una de las principales funciones del IPCC es publicar informes acerca de temas relevantes en la puesta en marcha de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.  
<http://www.ipcc.ch/>

**Peligro.** Fuente o situación con potencial de producir daño, en términos de una lesión o enfermedad, daño a la propiedad, daño al ambiente del lugar de trabajo, o una combinación de éstos.

<http://www.mailxmail.com/curso/vida/calidadseguridad/capitulo3.htm>

**Planeación estratégica.** Herramienta de planeación muy práctica y útil para este tipo de guías. Es el proceso mediante el cual los ejecutivos trazan la dirección a largo plazo de una entidad, estableciendo objetivos específicos en el desempeño, y tomando en cuenta circunstancias internas y externas para llevar a cabo los planes de acción seleccionados. Esto suele llevarse a cabo dentro de las organizaciones en el nivel directivo o el más alto nivel de mando. Se realiza por medio de tácticas y procedimientos empleados para el logro de un objetivo específico o determinado.

**Prevención:** Preparación o precaución para evitar o aminorar un peligro.

**Programa.** Instrumento rector derivado de la planificación institucional, destinado al cumplimiento de las funciones de una organización, por el cual se establece el orden de actuación, así como los objetivos o metas, cuantificables o no (en términos de un resultado final), que se cumplirán a través de la integración de un conjunto de esfuerzos y para cuyo resultado se requiere combinar recursos humanos, tecnológicos, materiales y financieros; especifica tiempos y espacios en los que se va a desarrollar y atribuye

responsabilidad a una o varias unidades ejecutoras debidamente coordinadas.

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/coesme/referencias/defpro.asp?s=est&c=1432>

**Reducción.** Intervención humana para disminuir las emisiones de los gases de efecto invernadero y sus fuentes.

**Riesgo.** Se define como una condición de la naturaleza, proceso o acontecimiento potencial que implica una amenaza a la salud, seguridad o bienestar de un grupo de ciudadanos, las actividades, o la economía de una comunidad o amplias entidades gubernamentales. También se puede definir como el producto de tres factores: el peligro (P), la vulnerabilidad (V) y la magnitud de los daños (en número de vida o pérdidas económicas, por ejemplo, E):  $R = P \times V \times E$ .

**Sumideros:**

Todo proceso, actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos. Referencia: Anexo I, del Grupo de Trabajo I. Cuarto Reporte de Evaluación del IPCC: Cambio Climático 2007,

**Variación climática.** Una fluctuación climática o componente de la misma; indica las variaciones naturales comunes de un año al siguiente o cambios de una década a la siguiente.

**Vulnerabilidad.** El grado en el que un sistema es susceptible a efectos adversos de cambio climático. La variabilidad está en función de la magnitud y escala de variación del clima a la cual un sistema está expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa.