

# PROGRAMA ESTATAL DE ACCIÓN ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

## ESTADO DE COLIMA



SEMARNAT  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



INECC  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO

colima  
DATE FINA YODOS  
El Poder del Estado



IVADES  
Instituto para el Medio Ambiente y  
Desarrollo Sustentable y Cambio Climático



UNIVERSIDAD  
DE COLIMA

Lic. Mario Anguiano Moreno  
Gobernador Constitucional del Estado de Colima

Mtro. Eduardo Hernández Nava  
Rector de la Universidad de Colima

MCS. A. Patricia Ruiz Montero  
Directora del Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Colima

Dr. Ana Luz Quintanilla Montoya  
Directora del Centro Universitario de Gestión Ambiental, Universidad de Colima

Mtro. Juan José Guerra Abud  
Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Dra. María Amparo Martínez Arroyo  
Presidente del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA  
Y CAMBIO CLIMÁTICO

## Instituciones Participantes

Universidad Nacional Autónoma de México  
Instituto para el Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable de Colima  
Universidad de Colima



**Responsable del PEACC**  
Dr. Ana Luz Quintanilla Montoya  
Directora del CEUGEA  
**Asesor**  
Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda  
Universidad Autónoma de México



Instituto para el Medio Ambiente y  
Desarrollo Sustentable del Estado de Colima



## INDICACIÓN

El presente documento es el resultado del estudio llevado a cabo por un grupo de investigadores de la Universidad de Colima, bajo la coordinación del Centro Universitario de Gestión Ambiental de esta casa de estudios, el cual contó con la colaboración investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Universidad Autónoma de Baja California perteneciente al Instituto de Investigaciones Oceanológicas.

Este documento fue solicitado y llevado a cabo mediante un convenio establecido por la Universidad de Colima y el Gobierno del Estado de Colima, a través del Insitituto de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable (IMADES) como respuesta a las indicaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

La perspectiva contenida aquí en este documento no intenta reflejar la visión holística del Gobierno del Estado de Colima.

Los datos de actividad utilizados en este documento para calcular las estimaciones de las emisiones generadas en cada uno de los sectores, es derivada de las actividades socio-económicas del Estado, y como consecuencia de esta dinámica, los datos se encontrarán constantemente en evolución.

El IMADES usa la información de este reporte con la intención de establecer mecanismos para:

- a) Generar y actualizar los inventarios de emisiones de Gases Efecto Invernadero y otros contaminantes.
- b) Informar, comunicar y hacer accesible la información y datos relevantes sobre los avances en las acciones de ante el Cambio Climático y otros temas.
- c) Establecer y dar continuidad a las políticas públicas enfocadas a la adaptación ante el Cambio Climático.





## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a diversas instancias del sector social, privado, gubernamental y en especial a las instituciones de Educación Superior que aportaron su conocimiento y experiencia para la elaboración de este programa:

**DR. VICTOR O. MAGAÑA RUEDA**  
PROFESOR INVESTIGADOR-UNAM

**DR. ROGELIO FÉLIX FLORES**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**DR. HERGUIN BENJAMIN CUEVAS ARELLANO**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**MCS. A. PATRICIA RUIZ MONTERO**  
DIRECTORA DE IMADES COLIMA

**DR. ROSALBA THOMAS MUÑOZ**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**DR. MARCO A. GALICIA PÉREZ**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**DR. MARCO A. LIÑÁN CABELLO**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**DR. ANGEL LICONA MICHEL**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD DE COLIMA

**DR. LEOPOLDO ESPINOSA MENDOZA**  
PROFESOR INVESTIGADOR  
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



## CONTENIDO.

---

<b>1. Introducción</b>	<b>7</b>
<b>2. Recomendaciones hacia la Mitigación de GEI</b>	<b>14-346</b>
a. Energía y Transporte	15-67
i. Energía eléctrica	15
ii. Diagnóstico Estatal del Sector Energía y Transporte	22
iii. Fuentes estacionarias de combustión	34
iv. Fuentes móviles de combustión	35
v. Transporte	40
vi. Estimaciones del uso del automóvil	49
vii. Transporte en Colima	54
viii. Recomendaciones al Sector Energía y Transporte	60
b. Procesos Industriales	68-104
i. Fuentes fijas	68
ii. Fuentes económicas del sector	69
iii. Procesos industriales y uso de productos	73
iv. Industria manufacturera y de la construcción	75
v. Residuos peligrosos	77
vi. Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes	82
vii. Reportes Estadísticos de Emisiones y Transferencias por Sector Empresarial	90
viii. Análisis y conclusión	101
c. Cambio de Uso de Suelo	105-136
i. Situación de los bosques en México	109
ii. Situación de los bosques en Colima	109
iii. Degradación y Deforestación en Colima	116
iv. Índice de Calidad Ambiental	118
v. Índice de Fragilidad Ecológica	120
vi. Erosión Potencial Hídrica	122
vii. Superficie deforestada por Municipio	125
viii. Áreas prioritarias	127
ix. Marco Legal	135
d. Residuos Sólidos	137-148
i. La contribución del sector de residuos sólidos urbanos en el inventario estatal de gases efecto invernadero	139
ii. Los retos de Colima en materia de prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos para su contribución en la mitigación del cambio climático	142
iii. Estrategias, programas, acciones y metas para la mitigación del cambio climático en el sector residuos sólidos urbanos	144
<b>3. Vulnerabilidad y adaptación ante el Cambio Climático</b>	<b>149-216</b>
a. Historia reciente de los desastres en Colima	150
b. La gestión del riesgo ante un clima cambiante	159
c. El Clima de Colima	160
d. Vulnerabilidad ante un clima cambiante	175
e. La adaptación ante el cambio climático	209
a) Vulnerabilidad en la Zona Costera	216-251
i. Contexto de la zona costera	218
ii. Descripción de la metodología	230
iii. Zonas de peligro por marea de tormenta	242
iv. Clasificación de zonas de riesgo	244
v. Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno	250
b) Componente pesquero y acuícola	252-305
i. Diagnóstico pesquero del estado de Colima	252

ii.	Diagnóstico acuícola del estado de Colima	273
iii.	Vulnerabilidad del sector pesquero	294
iv.	Vulnerabilidad del sector acuícola	300
c)	Economía y Cambio Climático	306-319
i.	principales actividades económicas en el Estado de Colima	314
ii.	propuestas de políticas para mitigar los efectos del cambio climático	319
d)	Recursos Hídricos	323-335
i.	Fuentes de Agua	325
ii.	Aguas superficiales	327
iii.	Aguas subterráneas	328
iv.	Disponibilidad de agua	329
v.	Infraestructura	330
vi.	Tratamiento de aguas	333
vii.	Infraestructura agrícola	333
viii.	Cultura del agua	334
		335
<b>4.</b>	<b>Requerimientos y Acciones Futuras:</b>	
a)	Comunicación y Educación Ambiental	337-349
i.	Justificación	337
ii.	Origen de las recomendaciones	340
iii.	Contexto local	340
iv.	Redes semánticas	342
v.	Recomendaciones generales para comunicar el Cambio Climático	346
<b>5.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.</b>	<b>350-365</b>
<b>6.</b>	<b>Apéndices</b>	<b>365</b>

## 1. Introducción

---

### *a) Hacia un Programa Estatal de Acción Climática*

El problema del cambio climático puede ser analizado desde la perspectiva del riesgo, considerando tanto los peligros naturales del tiempo y clima, como los factores que generan vulnerabilidad a dichas condiciones. Es mediante el entendimiento del riesgo que los desastres, mal llamados naturales, deben ser analizados más allá del paradigma naturalista (INECC-PNUD 2012). Y en este contexto resulta claro que el cambio climático global requiere gestión de riesgo, reduciendo el peligro mediante la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), como mediante la adaptación, reduciendo los factores de vulnerabilidad construidos por la sociedad. En conjunto, mitigación y adaptación, son formas de gestión de riesgo a las que los países aspiran para enfrentar uno de los mayores problemas ambientales del presente siglo: el cambio climático.

Los Programas Estatales de Acción ante Cambio Climático (PEACC) constituyen una oportunidad para construir una sociedad más preparada ante el clima cambiante actual y el clima adverso esperado en el futuro. Abren también la posibilidad para que de manera creativa se construya una sociedad más consciente de los beneficios que recibe de su entorno, pero también de los compromisos que tiene para conservarlo. Gran parte del esfuerzo para contar con un PEACC está dirigido a construir un modelo prevención de desastres tanto en la sociedad, como en la economía, y en el medio ambiente. En Colima, los huracanes y las sequías son quizá las mayores amenazas que resultan en daños cada vez más importantes y por ello, ocupan lugar especial en el PEACC.

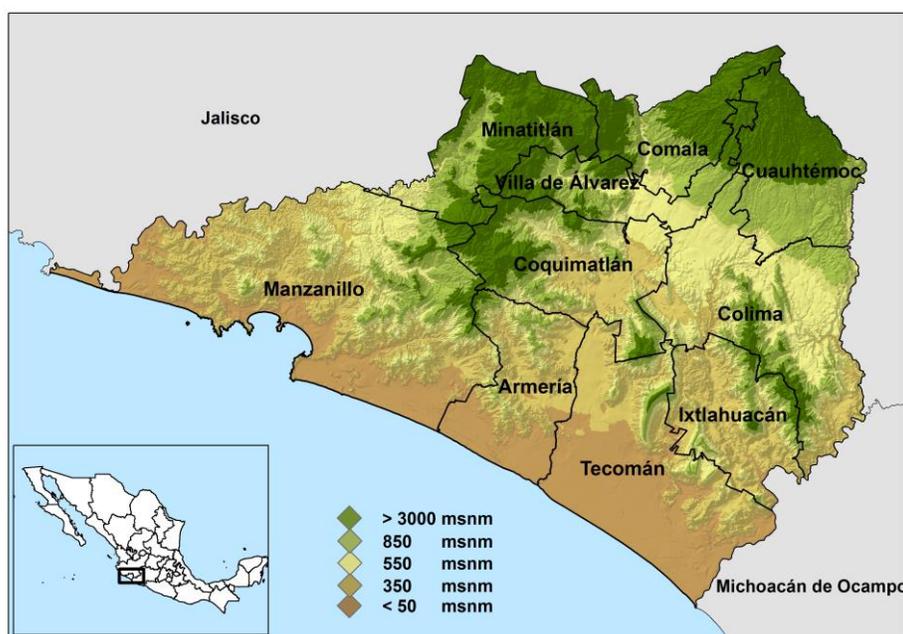
Los PEACC son instrumentos de apoyo para el diseño de políticas públicas sustentables y acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden de gobierno estatal y municipal, además de ser un elemento importante para la política de cambio climático en México. Los PEACC toman en cuenta las principales características sociales, económicas y ambientales de cada estado; las metas y prioridades de los planes de desarrollo estatales; el inventario estatal de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); los escenarios de emisiones de GEI y de cambio climático a nivel regional; y en ellos se identifican acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y las emisiones de GEI de los sistemas naturales y humanos de interés para el estado. Con la elaboración de los PEACC, se apoya el desarrollo de capacidades y se busca mejorar la percepción pública acerca de la mitigación de emisiones de GEI, de los impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el ámbito estatal y municipal. No se trata de instrumentos de investigación científica-académica tradicional, sino de

Al igual que en otros estados, el PEACC de Colima muestra que se debe trabajar en materia de mitigación, pero que la adaptación debe tener un papel primordial en las políticas de desarrollo. Muchas de las acciones de adaptación a un clima cambiante en México deberán ser de tipo correctivo, por lo que tendrán beneficios inmediatos y sentarán las bases de acción frente condiciones climáticas adversas más frecuentes en el futuro.

### b) Los aspectos físicos de Colima

El reino o señorío Colima fue fundado en 1523, y su nombre proviene del náhuatl “coliman”, de “colli” que significa cerro, volcán o abuelo, y de “maitl”, que significa mano o dominio, es decir, “lugar conquistado por nuestros abuelos” o “lugar donde domina el dios viejo o dios del fuego”, en referencia al volcán de fuego situado el norte, en los límites con Jalisco.

El estado de Colima, se encuentra ubicado en el occidente de México y colinda con Jalisco y Michoacán, y con el Océano Pacífico. Colima cuenta con diez municipios: Armería, Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán y Villa de Álvarez. Su extensión territorial es de 5 mil 627 kilómetros cuadrados equivalente al 0.3 por ciento de la superficie del país, lo que sitúa a la entidad en el lugar 28 a nivel nacional por su tamaño. Colima cuenta con 142 kilómetros de litorales equivalente al 1.3 por ciento nacional (INEGI 2012).



**Fig. 1 Estado de Colima (municipios y orografía, elaboración propia con datos de INEGI 2012)**

Su máxima elevación territorial es el volcán de fuego con 3 mil 820 metros sobre el nivel del mar; le sigue la Sierra de Manantlán y el Cerro Grande, con 2 mil 420 y 2 mil 220 metros de altura respectivamente.

El clima predominante es cálido subhúmedo aunque también tiene regiones con clima seco y semiseco, y otras con un clima templado subhúmedo (INEGI, 2012), principalmente en las faldas del volcán. La temperatura media anual del estado es de 25°C. Las lluvias se presentan esencialmente durante el verano, lo que corresponde a un clima de tipo monzónico. La lluvia acumulada anual es de aproximadamente 900 milímetros (lámina promedio). El clima de Colima está altamente influenciado por la cercanía a la alberca de agua caliente que constituye el océano Pacífico del este y por ello, muchas formas de su variabilidad en temperatura y precipitación son moduladas por lo que suceda con la temperatura de superficie del mar.

### c) Los recursos naturales

De acuerdo a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA 2014), de los casi 1733.5 millones de metros cúbicos de agua concesionados en Colima, 1616 son para la agricultura, 88.9 para el abastecimiento público y 28.5 para la industria. El agua potable suministrada en la entidad es de 3 mil 750.9 litros por segundo, lo que permite a cada habitante recibir en promedio 503 litros por día. El porcentaje de viviendas con agua entubada es de 98.5 por ciento, superior a la media nacional ubicada en 91.5 por ciento.

La vegetación natural de Colima corresponde a: pastizal (11.7 por ciento), selva (5.7 por ciento), y bosque (5.2 por ciento). De territorio del estado, 77.4 por ciento corresponde a terrenos para la agricultura, zonas urbanas, áreas sin vegetación, cuerpos de agua y vegetación secundaria. En el año 2010 fueron sembrados 2.1 millones de árboles en 3 mil 041 hectáreas en un esfuerzo de reforestación de gran importancia. Colima ocupa el 54.4 por ciento del territorio estatal para actividad agropecuaria o forestal. Colima posee varias áreas naturales protegidas, las más destacadas son: El Jabalí, Las Huertas, Playas Volantín-Tepalcates, Chupaderos-Boca de Apiza, Laguna Amela y el Volcán Nevado de Colima.

La diversidad faunística consiste en mamíferos, como felinos, jabalí, venado, roedores, oso hormiguero (en peligro de extinción), ocelote y tigrillo. Entre las aves se encuentran guajolote silvestre, chachalaca, y pájaros pequeños. Entre los reptiles se encuentra el lagarto o cocodrilo, tortuga marina (caguama), langostino de río (SEGOB, 2010).

### d) La población

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda del INEGI (2012), la población de Colima es de 650 mil 555 habitantes –50.4 por ciento son mujeres y 49.6 hombres–, siendo el estado con menor cantidad de habitantes en el país. La tasa de crecimiento poblacional es de 2.8% anual, lo que sitúa a Colima por encima de la media nacional.

#### POBLACIÓN DE HOMBRES Y MUJERES EN COLIMA POR EDAD

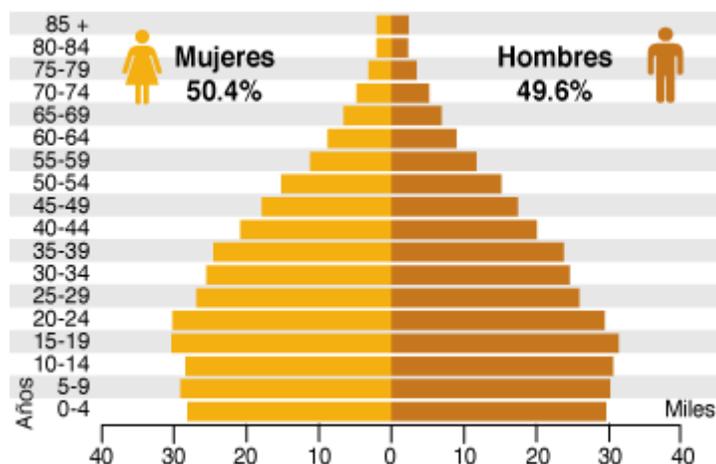


Fig. 2 Pirámide poblacional de acuerdo al CENSO 2010 (INEGI 2011)

En escolaridad y alfabetización, 94 de cada 100 habitantes de 15 años o más están alfabetizados. El promedio de años escolares cursados es de 8.95, es decir, cerca del tercer año de secundaria, lo que sitúa la entidad en la posición 12 a nivel nacional. En el estado,

hay 4 mil 089 personas de 3 años de edad o más que hablan una lengua indígena, equivalente al 0.7 por ciento de la población. Las lenguas más frecuentes son: náhuatl 34.9 y mixteco 19.5 por ciento.

Datos del año 2012 del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval 2012) ubican a Colima en el séptimo estado con menor índice de pobreza y por debajo de la media nacional (situada en 45.4 por ciento) con un porcentaje de 34.3 de la población. El Índice de Desarrollo Humano 2012, elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) coloca a Colima en el sexto sitio (.770) por arriba de estados como Baja California (.765), Aguascalientes (.763), Jalisco (.750).

#### *e) La economía*

Registros (INEGI, 2011) indican que 65 de cada 100 personas de 14 años o más en Colima (38 hombres y 27 mujeres) son económicamente activas siendo 324, 634 personas, de las cuales 62 de cada 100 estaban ocupadas. 69 de cada 100 personas ocupadas trabajan en el sector terciario; 18 en el secundario y 12, en el primario.

Colima tiene el lugar 31 a nivel nacional en generación del Producto Interno Bruto (PIB). Según registros de 2010 de INEGI, en la entidad se generan 70 mil 812 millones de pesos, equivalente al 0.6 por ciento del total nacional. Por cada cien pesos, 15.4 provienen del comercio, 14.6 de las actividades de transportes, correos y almacenamiento, 14.2 de la construcción, 9.6 de los servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles, y 8.6 pesos de las industrias manufactureras. Hasta hace unos años el papel preponderante en la actividad económica correspondía al sector primario, mientras que hoy en día, la preponderancia está en el sector terciario.

Aunque la tendencia en México es que la agricultura ocupe un menor papel en cuanto al producto interno bruto (menos del 4%), esta actividad sigue siendo una de las actividades empleadoras de mano de obra (aproximadamente 10% de la población). La superficie promedio sembrada en Colima en años recientes es de alrededor de 158,368 ha (INEGI 2012). De ésta, la superficie dedicada a los cultivos perennes en la modalidad de riego representan el 48.3%, mientras que la modalidad de temporal abarca el 25.8%.

En Colima también existen importantes yacimientos minerales, como los minerales ferrosos, que representan una actividad económica de gran importancia en la entidad.

#### *f) La gestión ambiental*

Las características geográficas del estado hacen a su sociedad particularmente sensible a los ciclones tropicales y a la sequía. Es por ello que el interés en materia de cambio climático está principalmente en estimar cuáles serán los cambios en la actividad de estos meteoros. La sequía es la segunda condición climática considerada un peligro natural importante dadas las actividades agrícolas en la región y el riesgo de incendios forestales. En cada caso, el aumento en la magnitud de los impactos en estos fenómenos está en relación con la vulnerabilidad.

El rápido crecimiento demográfico, económico y social de Colima en el último siglo ha resultado en transformaciones en el ambiente. Al igual que en el resto del país, asentamientos irregulares, deforestación, falta de información sobre el riesgo climático, o condiciones económicas desfavorables, son algunos de los factores que hacen a la población de Colima y a su economía altamente vulnerables a eventos meteorológicos

extremos. La respuesta frente al riesgo climático ha sido por lo general crear condiciones para una rápida recuperación del desastre aprovechando fondos federales como FONDEN. Por ello, es necesario inducir una cultura de prevención, pues la respuesta a la emergencia y la recuperación del desastre siempre serán más caros que la prevención. En un mundo donde el clima está cambiando por causas antrópicas (IPCC-PNUD, 2012), los peligros se incrementan y con ello el riesgo de afectaciones a la sociedad y el medio ambiente, razón por la que se hace necesario trabajar desde ahora en acciones de reducción de vulnerabilidad (i.e., adaptación) como forma de prevenir desastres.

Las políticas de respuesta al cambio climático dependen de un número de factores tales como la aceptación del problema por parte de tomadores de decisiones, la capacidad institucional y humana para actuar, así como la voluntad para incluir la evaluación y la gestión del riesgo ante cambio climático en la planeación y el modelo de desarrollo. Estas condiciones aun no existen en forma generalizada, ni en Colima ni en el mundo. Un enfoque que deja de lado la creación de capacidades y la construcción de resiliencia como requisitos para la gestión del riesgo ante cambio climático, con toda probabilidad tendrá poco éxito. Por ello, se requiere un nuevo enfoque de los riesgos del cambio climático y un cambio en las estructuras institucionales. Un enfoque más útil en el desarrollo debe mejorar la gobernanza y la resiliencia como un requisito para la gestión del riesgo ante cambio climático. Construir un Programa Estatal de Acción ante Cambio Climático es un paso fundamental para lograr una sociedad mejor preparada a los retos ambientales presentes y futuros.

En Colima se entiende la necesidad de trabajar para disminuir el riesgo ante cambio climático, partiendo de un entendimiento del problema, analizando las consecuencias que puede tener en sus regiones, sectores y sociedad. La mitigación es un problema global que requiere la participación de cada uno de los habitantes de este planeta, y la sociedad colimense está consciente de su responsabilidad. La adaptación por otra parte, es un problema regional o local, y es por ello que requiere de analizar el modelo de desarrollo seguido hasta ahora para corregir muchos de los factores de vulnerabilidad. El proceso de análisis de riesgo climático ofrece la oportunidad de actuar en forma preventiva, reduciendo las posibilidades de desastres ante un clima siempre cambiante. Es en este sentido que el PEACC de Colima se constituye en un elemento de trabajo a ser considerado en el diseño de Planes de Desarrollo, Políticas Públicas y apoyo en la generación de una cultura ambiental entre la sociedad colimense.

#### *g) El nexo agua-energía y alimentos*

Agua, energía y alimentos son esenciales para el bienestar humano, para la reducción de la pobreza y para el desarrollo sostenible. Las proyecciones mundiales indican que la demanda de agua dulce, energía y alimentos aumentará significativamente en las próximas décadas debido a la presión del crecimiento demográfico y la movilidad de las personas, el desarrollo económico, el comercio internacional, la urbanización, la diversificación de las dietas, los cambios culturales y tecnológicos, y el cambio climático (Hoff, 2011). La agricultura representa el 70 por ciento del total de las extracciones mundiales de agua dulce, por lo que es el mayor usuario de agua. El agua se utiliza para la producción agrícola, la silvicultura y la pesca, a lo largo de toda la cadena de suministro agroalimentario, y se utiliza para producir energía o para el transporte en diferentes formas (FAO 2011a). Por otra parte, la producción de alimentos y la cadena de suministro consume alrededor de 30 por ciento de la energía total consumida a nivel mundial (FAO 2011b). La energía es necesaria para producir, transportar y distribuir los alimentos, así como para extraer, bombear, recolectar,

transportar y tratar el agua. Las ciudades, la industria y otros usuarios tratan de asegurar cada vez más los recursos hídricos, la energía y los otros bienes, enfrentando problemas de degradación ambiental y en algunos casos, la escasez de recursos. Se espera que esta situación se agrave en el futuro cercano ya que se necesitará alrededor de un 60 por ciento más de alimentos con el fin de alimentar a la población mundial para el año 2050. Se espera además, que esa población consuma hasta un 50 por ciento más de energía para el año 2035 y que el total de extracciones de agua para riego aumente en un 10 por ciento para el 2050 (FAO 2011a).

Conforme la demanda de recursos crece, cada vez hay más competencia por el agua y la energía entre sectores como la agricultura, la pesca, la ganadería, la silvicultura, la minería, el transporte y otros sectores con impactos impredecibles para la vida de la gente y el medio ambiente (FAO, 2011b). Los proyectos de infraestructura hídrica a gran escala, por ejemplo, pueden tener efectos sinérgicos para la producción de energía hidroeléctrica y el servicio de agua, gracias al almacenamiento del recurso para riego y usos urbanos. Sin embargo, esto podría ocurrir a expensas de los sistemas agro-ecológicos aguas abajo y con implicaciones sociales, tales como los nuevos asentamientos humanos. Del mismo modo, la producción de biocombustibles en un esquema de la agricultura de riego puede ayudar a mejorar la oferta energética y generar oportunidades de empleo, pero también puede dar lugar a una mayor competencia por los recursos de tierras de cultivo y agua, con impactos sobre la seguridad alimentaria local.

En este contexto, el Nexo Agua-Energía-Alimentos se ha convertido en un concepto útil para describir y abordar la naturaleza compleja e interrelacionada de nuestros sistemas de recursos mundiales, de los que dependemos para conseguir diferentes objetivos sociales, económicos y ambientales. En términos prácticos, se comienzan a desarrollar enfoques conceptual para comprender mejor y analizar sistemáticamente las interacciones entre el medio natural y las actividades humanas, y para trabajar en pro de una gestión más coordinada y un mejor uso de los recursos naturales en todos los sectores y escalas. Esto puede ayudar a identificar y gestionar las compensaciones y la construcción de sinergias para una planificación más integrada y rentable, para la toma de decisiones, su implementación, monitoreo y evaluación.

Las interacciones entre estos elementos son complejas y dinámicas, y las cuestiones sectoriales no pueden ser consideradas de manera aislada. Es por ello importante destacar que existen elementos de un contexto más amplio en los procesos de adaptación que deben ser tomados en cuenta reconociendo que existen diferentes conceptualización del nexo agua-energía-alimentos que varían en su alcance, objetivos y la comprensión de los forzantes que los dirigen. En Colima, el planteamiento del nexo está presente y cualquier propuesta de desarrollo debe tomarse en cuenta cuando se trata de prepararse frente a un peligro como lo es el cambio climático. En este sentido, el estado de Colima podría convertirse en un ejemplo de cómo avanzar en soluciones de adaptación y mitigación que conlleven respuestas problemas más profundos del desarrollo. Hasta la fecha, son pocos los planteamientos que los PEACC han hecho en este sentido, pero reconociendo el carácter dinámico de los programas, se espera que en una segunda fase, las acciones de adaptación y mitigación, contemplen de manera más amplia las relaciones que aquí se plantean entre agua, energía y alimentos.

#### *h) Políticas Públicas Ambientales*

En términos generales, los episodios y acciones más significativos que se pueden identificar en la historia ambiental reciente del Estado de Colima se clasifican en tres rubros o categorías principales: instituciones y políticas públicas, acciones sociales, y articulación de algunos servicios de carácter ambiental (Plan de Educación Ambiental, 2003).

A partir de la creación a nivel federal de la Subsecretaría de Ecología en 1982 –como parte de la SEDUE-, en Colima se inició la operación de la Dirección de Ecología, dependiente de la Secretaría de Desarrollo Urbano. En el mismo periodo y a nivel municipal, se dieron los primeros esfuerzos por definir e implementar programas de carácter ambiental, siendo los más significativos los llevados a cabo en Colima, Villa de Álvarez y Manzanillo. Las acciones más relevantes se refirieron a la realización constante de cursos de capacitación ambiental para servidores públicos y miembros de organizaciones civiles.

A partir de la década de 1990, los diferentes ayuntamientos del estado fueron creando e incluyendo en sus estructuras, unidades de gestión ambiental que centraron sus labores en la producción de información ambiental, la realización de algunos diagnósticos sectoriales y en nuevas acciones de sensibilización y capacitación para la población. Hacia 2003, cinco de los diez ayuntamientos colimenses ya contaban con estructuras amplias de gestión ambiental. Sus funciones se concentraron a partir de entonces en el manejo de los residuos sólidos urbanos y en la identificación de problemas ambientales (contaminación de ríos y cuerpos de agua, principalmente).

A nivel estatal, las principales acciones se concentraron en el desarrollo de las funciones técnicas y jurídicas que los procesos de descentralización trajeron consigo, implementando leyes generales de equilibrio ecológico, desarrollo sustentable, desarrollo rural sustentable, control de emisiones, de aguas nacionales y de preservación de especies y hábitat. En conjunto, las acciones y programas se han centrado en la adopción de definiciones técnicas y legales que no siempre han estado acompañadas por intervenciones de supervisión, corrección y mejora de los aspectos ambientales y sociales. No obstante, su valor e utilidad son incuestionables, pues establecieron parámetros y mediciones que han servido para la adopción de nuevas estrategias y proyectos de protección, restauración y mitigación de daños ambientales. El campo en el que estas mediciones han resultado de mayor utilidad fue en el de la protección civil y la adopción de medidas para prevenir daños por el efecto de eventos climatológicos y naturales extremos, como se relata en el apartado de estimación de la vulnerabilidad de este informe.

Por lo que toca al estado actual de las capacidades sociales e institucionales de adaptación y mitigación a los efectos del cambio climático y, en general, a la situación ambiental de la entidad, se puede afirmar que existe un número importante de instituciones y esfuerzos que ya incorporan parcial o integralmente objetivos en la materia. En 2012, fue creado el Instituto para el Medio Ambiente y el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima (IMADES), cuya principal responsabilidad es la definición y conducción de la política ambiental a nivel estatal, en coordinación y colaboración con instancias federales y municipales. Para el desarrollo de las facultades y capacidades, el IMADES cuenta con el Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Colima que sirve como marco general de referencia. Este instrumento es complementado con los Programas parciales de Ordenamiento Ecológico y Territorial de la Subcuenca de la Laguna de Cuyutlán, y del Municipio de Manzanillo.

Contando con la concurrencia de las dependencias federales y con los diez Ayuntamientos, todos representados en el Consejo Consultivo Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima, la política ambiental del estado se plantea la aplicación de instrumentos específicos de Protección, Conservación, Restauración y Aprovechamiento Sustentable (POETEC, 2013); contemplando una clasificación de los usos del territorio como compatibles, condicionados e incompatibles según la vocación ya diagnosticada.

En el ámbito municipal, destacan las capacidades desarrolladas por los Institutos Municipales de Planeación de Colima y de Manzanillo. El plan de manejo integral de los cauces urbanos de la Zona Metropolitana de Colima-Villa de Álvarez, avalado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, establece líneas de acción que promueven una gestión adecuada de los recursos hídricos.

En resumen, en Colima se han construido capacidades para abordar el reto de un Programa Estatal para la Adaptación al Cambio Climático, aunque se reconoce que es mucho lo que falta por hacer. En esta primera etapa, se han sentado las bases para un diagnóstico general del significado del cambio climático en el estado, analizando no sólo sus aspectos científicos, sino considerando las primeras propuestas para la mitigación y la adaptación. Es claro que al ir avanzando, la profundidad y detalle con que se consideren los proyectos específicos tendrá que aumentar e involucrar de forma más importante a diversos actores, tanto públicos como sociales, para una verdadera apropiación de cada una de las acciones. Al igual que en el resto del país, las acciones en materia de Política Pública Ambiental requieren de un esfuerzo de las instituciones por varios años.

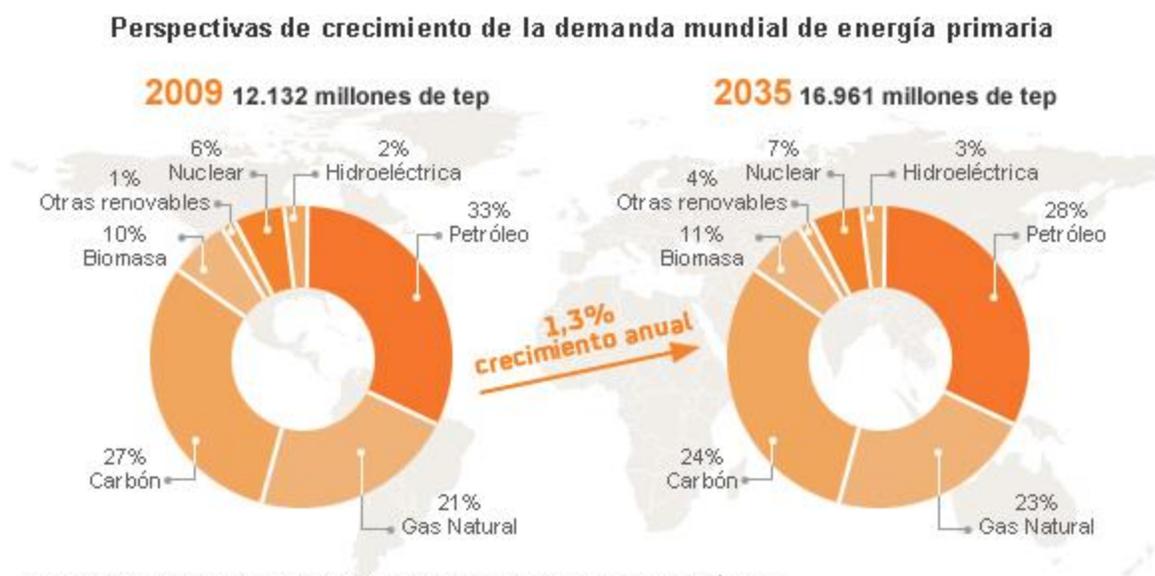
# ENERGÍA Y TRANSPORTE

Dr. Ana Luz Quintanilla

## 1. Energía Eléctrica:

### a) Panorama Internacional:

Muchos de los principios más arraigados del sector energético están reescribiéndose en materia energética. Los grandes importadores están convirtiéndose en exportadores, mientras países definidos desde hace tiempo como grandes exportadores de energía están liderando el crecimiento de la demanda mundial. Se está demostrando que una correcta combinación de políticas y tecnologías puede debilitar la conexión existente entre el crecimiento económico, la demanda de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. El auge del petróleo y del gas no convencionales y de las energías renovables está transformando nuestra concepción de la distribución de los recursos energéticos mundiales (World Energy Outlook, 2013).



**Figura E1. Perspectivas de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria**

El centro de gravedad de la demanda de energía está trasladándose decididamente hacia las economías emergentes, en particular China, India y Oriente Medio, que llevan a aumentar un tercio la utilización mundial de la energía; China domina el panorama en Asia hasta que la India tome el relevo a partir de 2020 como principal artífice del aumento de la

demanda. A principios de los años 2020, China estará a punto de convertirse en el mayor importador de petróleo y la India pasará a ser el mayor importador de carbón. Estados Unidos seguirá avanzando paulatinamente hasta cubrir todas sus necesidades energéticas con recursos nacionales, alrededor de 2035. Los vínculos entre energía y desarrollo quedarán claramente ilustrados en África, donde, pese a la abundancia de recursos, la utilización per cápita de la energía en 2035 será inferior a un tercio del promedio mundial. En la actualidad, África concentra a cerca de la mitad de los 1300 millones de personas que carecen de acceso a la electricidad en el mundo y a una cuarta parte de los 2600 millones que siguen recurriendo al tradicional uso de biomasa para cocinar. Los combustibles fósiles seguirán satisfaciendo una parte preponderante de la demanda mundial de energía, lo que tiene implicaciones para la conexión entre energía, medio ambiente y cambio climático (IEA, 2013).

Como fuente de las dos terceras partes de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, el sector de la energía será determinante para que puedan alcanzarse o no los objetivos climáticos. Aunque se están cuestionando algunos sistemas de reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ciertas iniciativas –tales como el Plan de Acción Climática del Presidente en Estados Unidos, el plan chino destinado a limitar la proporción del carbón en el mix energético nacional, el debate europeo sobre los objetivos energéticos y climáticos para 2030 o las conversaciones en Japón sobre un nuevo plan energético– pueden, en potencia, limitar el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía. En nuestro escenario central, que tiene en cuenta el efecto de las medidas ya anunciadas por los gobiernos para mejorar la eficiencia energética, apoyar las energías renovables, reducir las subvenciones a los combustibles fósiles y, en ciertos casos, fijar un precio a las emisiones de CO<sub>2</sub>, las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía subirán con todo cerca de un 20% hasta 2035. Esto encaminará al mundo por una senda que supondrá una elevación de la temperatura media a largo plazo de 3.6 °C, es decir, muy por encima del objetivo de 2 °C acordado internacionalmente por el Interpanel Gubernamental del Cambio Climático (IPCC).

Por su parte, la Prospectiva del Sector Eléctrico 2012- (SENER, 2012) comenta, que en el panorama internacional, la evolución económica de las diferentes regiones del mundo es un factor que influye fuertemente sobre el consumo eléctrico de cada país. Según datos del Fondo Monetario Internacional y de la Agencia Internacional de Energía, el PIB y el consumo de electricidad a nivel mundial presentaron un coeficiente de correlación de 0.96 durante el periodo 1999-2009. En los últimos años, los países en desarrollo de las regiones de Asia, han mostrado un crecimiento económico sostenido. Así, sus consumos de electricidad presentaron tasas crecimiento superiores al promedio anual, con 9.0%. A su vez, las economías de los países desarrollados mostraron un menor dinamismo, con consumos de electricidad que crecieron con tasas medias anuales inferiores al 2.0%, por debajo del 3.0% anual característico de estos países.

Las estimaciones de capacidad de generación eléctrica en el mundo, realizadas por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE, por sus siglas en inglés), indican un

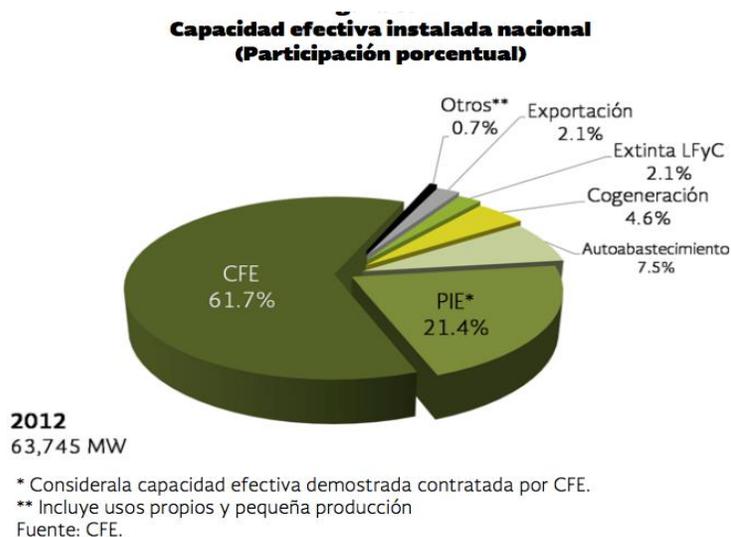
crecimiento de 1.7% promedio anual en un horizonte a 2035. Se espera que dicha capacidad aumente principalmente con tecnologías que usan como fuente de generación el carbón y gas natural. Sin embargo, la diversificación del parque de generación mediante la introducción de energías no fósiles, seguirá siendo un factor clave en el combate al cambio climático. Actualmente, estas fuentes suministran alrededor de una quinta parte del consumo mundial de electricidad y se espera que dicha participación continúe aumentando. En el periodo 2000-2010, la capacidad de generación eoloeléctrica presentó un crecimiento de 27.5% en promedio anual.

La estructura de consumo por fuentes energéticas es una de las claves para analizar los retos a los que nos enfrentaremos en el futuro. Esta estructura, en la que el petróleo y el resto de combustibles fósiles tienen un peso significativo, queda reflejada en la matriz energética de consumo mundial de energía primaria.

#### b) Panorama Nacional:

Existe una relación muy estrecha entre el comportamiento de la economía mexicana y el consumo de electricidad; ejemplo de ello es que, con la recesión económica del año 2009, disminuyeron drásticamente estos niveles de consumo. Para el año 2012, el consumo nacional de energía eléctrica alcanzó 234,219 GWh, 2.1% mayor que el año anterior, mientras que el PIB creció 3.7% (véase Figura E2).

Al cierre de 2012, la capacidad instalada fue de 63,745 MW, 3.5% mayor que la registrada en el año anterior. El 85.2% de ese total correspondió al servicio público, de los cuales 39,362 MW corresponden a capacidad de CFE, 13,616 MW a capacidad contratada mediante el esquema PIE y 1,334 MW a los activos de la extinta Luz y Fuerza del Centro. Por otro lado, 9,432 MW fue a través de permisionarios, destacándose el autoabastecimiento con 4,753 MW; 8.2% mayor que el año anterior (véase Figura E2).



**Figura E2. Capacidad efectiva instalada nacional (Participación porcentual).**

El consumo de energía eléctrica se determina a partir de dos conceptos cuya diferencia radica por el origen de la energía generada y el destino de la misma, las cuales son:

- Las ventas internas de energía eléctrica. Éstas constituyen la energía suministrada a los usuarios a partir de recursos de generación del servicio público, donde se incluye la energía generada por los productores independientes de energía.
- El autoabastecimiento. Éste comprende la energía generada por los permisionarios de autoabastecimiento en las modalidades de cogeneración, usos propios continuos, pequeña producción e importación y exportación.



Fuente: SENER, con información del INEGI y CFE.

**Figura E3. Evolución del PIB y el consumo nacional de energía eléctrica, 1990-2012  
(Variación anual)**

Con base en la SENER (2012), las ventas internas se incrementaron 2.7% respecto al año 2011, observando una tasa media de crecimiento en el período 2002-2012 de 2.6%; cifra mucho menor que la registrada en el período anterior (1992-2002), pese a la constante incorporación de nuevos usuarios así como la regularización.

En lo que respecta al consumo autoabastecido, hubo un decremento de 2.2% en el último año, alcanzando apenas 26,508 GWh, es decir, 584 GWh por debajo de lo registrado en el 2011, presentando un promedio anual de crecimiento de 7.9% durante el periodo 2002-2012 (véase fig E4).

Y del total de ventas, Del total de ventas de energía eléctrica, la región que presentó la mayor participación fue la Noreste con 24.6%, destacando el estado de Nuevo León. La segunda región con participación significativa fue Centro Occidente con 23.7%; posteriormente la región centro con 22.8%, destacando el Estado de México con 17,514 GWh.

#### Consumo nacional de energía eléctrica, 2002-2012 (GWh)

Concepto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	tmca (%)
Consumo nacional	172,566	176,992	183,972	191,339	197,435	203,638	207,859	206,263	213,970	229,318	234,219	3.1
variación anual (%)	1.9	2.6	3.9	4.0	3.2	3.1	2.1	-0.8	3.7	7.2	2.1	
Ventas internas <sup>1</sup>	160,203	160,384	163,509	169,757	175,371	180,469	183,913	182,518	187,814	202,226	207,711	2.6
variación anual (%)	1.9	0.1	1.9	3.8	3.3	2.9	1.9	-0.8	2.9	7.7	2.7	
Autoabastecimiento	12,363	16,608	20,463	21,582	22,064	23,169	23,946	23,745	26,155	27,092	26,508	7.9
variación anual (%)	2.5	34.3	23.2	5.5	2.2	5.0	3.4	-0.8	10.1	3.6	-2.2	

<sup>1</sup> Se incluye el concepto de energía vendida a costo cero a los empleados de CFE.

tmca = tasa media de crecimiento anual para el periodo.

Fuente: CFE.

Figura E4. Consumo nacional de energía eléctrica, 2002-2012 (GWh)

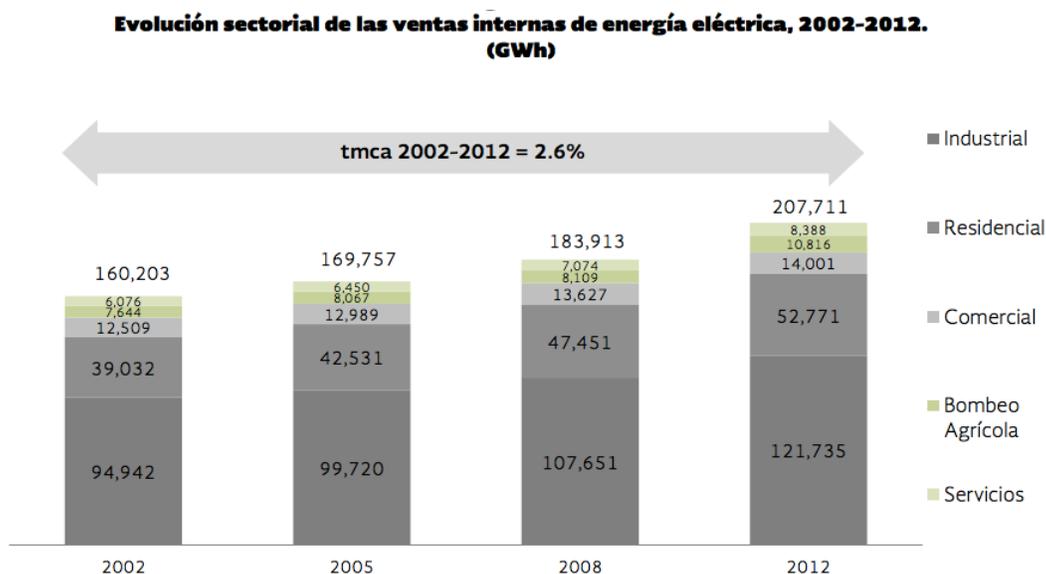


Figura E5. Evolución sectorial de las ventas internas de energía eléctrica, 2002-2012 (GWh)

México ha basado su política energética en el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, en la actualidad los hidrocarburos se encuentran inmersos en un mercado complejo con nuevos productores, donde la explotación de reservas no convencionales, principalmente

el petróleo de lutitas (shale oil) y el gas de lutitas (shale gas) por parte de Estados Unidos, ha venido a cambiar todo el panorama mundial. Esta revolución del *shale oil* ha incrementado sustancialmente las reservas de hidrocarburos de los países de Norteamérica, con lo cual se pone en riesgo la estabilidad económica mexicana ya que los estadounidenses alcanzarán la autosuficiencia energética en los próximos años y con ello dejarán de importar petróleo crudo de nuestro país. Dicha situación aumenta la probabilidad de que México se convierta en un país con un déficit energético, pasando de ser un exportador a un importador neto de energía en los próximos 10 años.

Es peligroso suponer que los estadounidenses continuarán comprando el mismo volumen de petróleo mexicano y que los precios se mantendrán elevados, compensando así la caída en los ingresos petroleros del gobierno derivados de una menor producción que hace 10 años. Ante este panorama, México sigue abstrayéndose del mundo en materia de hidrocarburos: aún se desconoce el alcance de las reservas de gas y aceite de lutitas que puedan estar en nuestro subsuelo, pero se tiene un estimado de 681 billones de pies cúbicos de gas natural y 13 mil millones de barriles técnicamente recuperables de shale oil, sin considerar los impactos ambientales que éste tendrá sobre los recursos hídricos, entre otros.

A escala mundial, los hidrocarburos aportan más de la mitad de la energía primaria consumida. En particular, el 33% del consumo energético primario global proviene del petróleo, siendo así la fuente energética más utilizada. Durante los próximos años no se esperan grandes cambios. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), con base en su escenario (World Energy Outlook, 2014), el petróleo registrará una contracción de 5 puntos porcentuales en la matriz energética de 2035 respecto a 2009. Por su parte, el gas natural alcanzará una participación del 23% sobre una demanda energética total estimada en 16.961 millones de toneladas equivalentes de petróleo.

La nueva geografía de la demanda y la oferta implica una reordenación de los flujos comerciales de petróleo hacia los mercados asiáticos, con implicaciones para los esfuerzos de cooperación por garantizar la seguridad del suministro de petróleo. La necesidad de Norteamérica de importar crudo habrá desaparecido prácticamente hacia 2035, y la región se convertirá en gran exportador de productos petrolíferos. Asia será el centro incontestable del comercio mundial de petróleo, ya que la región atraerá –a través de un determinado número de rutas estratégicas de transporte– una creciente proporción del crudo disponible. Las entradas en Asia no solo provendrán de Oriente Medio (donde las exportaciones totales de crudo empezarán a no poder responder a las necesidades de importación de Asia), sino también de Rusia, la zona del mar Caspio, África, América Latina y Canadá.

Para que México sea energéticamente seguro no es necesario que produzca todo su consumo energético –aunque bien pudiera hacerlo–, sino que pueda acceder a las fuentes de forma eficiente, permitiendo así un mayor crecimiento económico. Para alcanzar este objetivo, el país debe considerar todos los mercados energéticos, incluyendo el petróleo, el gas natural, el uso eficiente de la energía como una fuente alterna, y las energías renovables. Además, la insuficiente infraestructura de ductos en el mercado de gas natural

ha generado problemas de desabasto, evitando un uso más eficiente del combustible por parte de los industriales y repercutiendo en el sector eléctrico al elevarse los costos de producción.

Finalmente, la transición energética del país hacia las energías más limpias requiere diseñar esquemas financieros apropiados y vencer resistencias estructurales, y reforzar la regulación con la que ya se cuenta gracias a la reforma energética de 2008 y a la actual reforma energética, aún en discusión. Esto sentará las bases futuras de los recursos energéticos que abastecerán a nuestro país.

La producción de hidrocarburos, presente y futura, sino de la identificación de nuevos recursos que permitan hacer sustentable la producción tanto en el mediano como en el largo plazo. La estrategia exploratoria debe abarcar tres aspectos, según la SENER (2012).

El futuro del sector eléctrico mexicano está a la expectativa de los cambios que ha planteado el Gobierno Federal mediante la iniciativa a las reformas constitucionales, en el ámbito energético. Eliminar las barreras a la participación de particulares en la generación de electricidad, exceptuando el uso de tecnología nuclear, así como la reducción de tarifas eléctricas por parte de CFE son objetivos esenciales que han guiado el análisis de los cambios requeridos en el sector eléctrico mexicano.

Las estrategias principales que permitirán lograr los objetivos de la reforma del sector eléctrico, incluyen la renovación del parque de plantas eléctricas con el uso de tecnologías más eficientes y con menores niveles de contaminantes, la expansión de la infraestructura de transmisión y la modernización de las redes de distribución. Así se creará mayores oportunidades para la participación de empresas en el sector y la adopción de nuevas tecnologías, promoviendo la diversidad de fuentes de generación y reducción de costos en todos los segmentos de la cadena productiva. Como resultado, se apoyará de manera sustancial a la economía de las familias, comercios y la industria mediante la disminución de las tarifas eléctricas.

Con la publicación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) el 6 de julio de 2012, se ha buscado dar un instrumento de política nacional que enfrente los efectos del cambio climático en el mediano y largo plazo. Se pretende transitar hacia una economía competitiva, sustentable y con bajas emisiones de carbono, por lo que se han impulsado diversas disposiciones complementarias como los contratos de interconexión para energías renovables y cogeneración eficiente, así como la metodología de contraprestaciones que pagará el Suministrador a Generadores con energías renovables y los lineamientos para licitaciones tipo subasta. Una de ellas es la reforma energética, que busca tener un impacto positivo en el sector eléctrico mediante el uso de energías renovables, apoyando proyectos que mejoren la calidad de la generación eléctrica y se reduzca el impacto ambiental.

A partir de la creación de la modalidad de autoabastecimiento, la tecnología eólica ha aumentado su participación en el mercado de energía eléctrica. No obstante, el crecimiento de capacidad en esa modalidad y otras como la pequeña producción, se ha detenido por dificultades en conseguir una interconexión al Sistema Eléctrico Nacional. Debido a

limitantes en la capacidad disponible de transmisión y, en el caso de Baja California Sur, la capacidad de regulación de frecuencia, los desarrolladores de proyectos han encontrado dificultades para instalar proyectos adicionales de energía eólica y proyectos de energía solar. Por su parte, la CFE no ha podido programar proyectos de energía solar de escala comercial (cuenta con dos proyectos de escala piloto) por razones financieras.

Bajo este panorama, para poder cumplir con las metas de la LGCC es necesario que todos los proyectos de energías renovables tengan acceso a las redes de transmisión y distribución, y que se promueva un programa ambicioso de expansión de esas redes para ampliar su capacidad. En paralelo, es necesario dar más libertad a CFE para desarrollar proyectos con mayor autonomía, para que esa empresa pueda acelerar su propio programa de generación con energías renovables. Asimismo, se requiere asegurar que dichos proyectos puedan recibir los flujos de efectivo necesarios para recuperar sus costos de inversión. Por lo anterior, la iniciativa de reforma en materia eléctrica pretende convertir la meta de 35% de generación eléctrica provenientes de fuentes limpias en requerimientos obligatorios, complementados por un sistema de Certificados de Energías Limpias que permite que los proyectos compitan entre sí para generar a mínimo costo.:

#### c) Diagnóstico Estatal del Sector Energía y Transporte:

Colima tiene solo el 0.3% de la superficie total del país (5,627 km<sup>2</sup>), y cuenta con 650,555 habitantes y 177,672 viviendas con base en los datos del INEGI (2010). Estas cifras colocan al estado como el número 31 en cuanto a población, y las principales actividades económicas que representan la mayor parte del PIB del estado son las actividades terciarias es decir referentes a los servicios con el 70.44%, a todos los sectores al igual que al industrial y minero se les brinda el servicio de energía eléctrica, que aun representando industrias y sector minero menos del 1% del total de los 267,388 usuarios, aun así ambos sectores demandan más del 63% de la energía eléctrica total consumida en el estado de Colima.

En 2012 la capacidad instalada en la región Centro Occidente fue de 8,130 MW, 1.0% inferior que el 2011, esto se debió principalmente a los trabajos para conversión de las Plantas 1 y 2 de la central termoeléctrica de Manzanillo I. Del total en la región, destaca la participación de terminales hidroeléctricas cuya participación fue de 32.9. Las centrales termoeléctricas convencionales contribuyeron 31.4%, y las centrales de ciclo combinado 27.6% de la capacidad instalada total.

La electricidad que se genera en el estado, la abastece actualmente la Comisión Federal de Electricidad (CFE) mediante 2 plantas generadoras; La planta Central Termoeléctrica Gral. Manuel Álvarez Moreno (planta Manzanillo I) donde se genera un promedio de 1,200 MW y la planta Central Termoeléctrica Manzanillo II, con una capacidad instalada de 700 MW, y 5 subestaciones de potencia, que en suma arrojan una capacidad instalada de 1,900 MW. Colima, no cuenta con el apoyo externo de otro estado o planta generadora de energía

eléctrica para abastecerse, sino que es un estado que es autosuficiente en su abastecimiento y produce un excedente importante, suficiente para enviar energía a nueve estados de la república. Es decir Colima es un estado que supera en índices de eficiencia a estados como: Jalisco, Guanajuato, Nuevo León, y el estado de México aunque cuenten con regiones mayormente pobladas y el número de usuarios de algunos de ellos nos supere por nueve, por consiguiente el estado de Colima también debe asumir las consecuencias o efectos de esta sobre producción de energía en su territorio, en cuanto a la generación de GEI, dentro de las cuentas nacionales.

El principal combustible utilizado para producir la electricidad en las plantas generadoras de Manzanillo, era el combustóleo, un derivado del petróleo, que tiene un rendimiento menor del 35% y su combustión implica la generación más gases contaminantes y contribuyentes al efecto de invernadero, como los llamados NOx y SOx (óxidos de nitrógeno y de azufre) y CO<sub>2</sub>. A partir del año 2012, en la Termoeléctrica de Manzanillo es posible la utilización de otro tipo de combustible para la generación de energía, en este caso es el Gas Natural, porque se llevaron a cabo trabajos previos de modificaciones necesarias en sus instalaciones y procesos, para poder realizar un “ciclo combinado” en estas plantas generadoras de energía, es decir donde se pueden utilizar 2 tipos diferentes de combustible en sus turbinas (más no mezclados). Aun cuando no se encuentra actualmente definido ni establecido permanentemente la producción mediante GNL, lo que llega al Puerto de Manzanillo, arriba en buques-tanque a Terminal de Recepción, almacenamiento y regasificación de Gas Natural Licuado (GNL), que es un prestador de servicios de la CFE, con el nombre Terminal de KMS de GNL, ubicada en la Laguna de Cuyutlán de Manzanillo, Colima, misma terminal que se construyó con un puerto de altura exclusivamente para la recepción de buques abastecedores (cabe mencionar la importante afectación realizada al ecosistema lagunar de Cuyutlán durante la construcción de este puerto). Se tiene capacidad para recibir estos buques-tanques de entre 70,000 a 200,000 pies cúbicos de GNL, y con una capacidad de almacenamiento de 300,000 pies cúbicos de GNL y con una capacidad máxima de regasificación de 500 MMPCD (Millones de Pies Cúbicos al Día) y es de esta terminal, de donde se envía el Gas Natural a la planta generadora de electricidad de Manzanillo de acuerdo a la demanda de este combustible (compuesto principalmente de metano CH<sub>4</sub>).

Aun cuando se arguye que el gas natural produce menos impactos al medio, se debe recordar que es un combustible fósil, y tiene un potencial de calentamiento global en relación al CO<sub>2</sub> de 25 a 33 veces mayor, debido a su capacidad de absorber la radiación infrarroja; este compuesto reduce en un 40% las emisiones de CO<sub>2</sub> comparados con el uso del combustóleo.

Para llevar a cabo proyecto de la Terminal de Gas Natural Licuado, se instalaron ductos que atraviesan el estado de Colima hacia Jalisco con la finalidad de la transportación. Es decir del total de Gas Natural Licuado que se reciba en este año 2014, el 78% (equivalente a 40 buques de gas) será destinado para la operación de la Central Termoeléctrica y el resto (11 buques de gas) se enviará a Guadalajara, a través del gasoducto. El principal

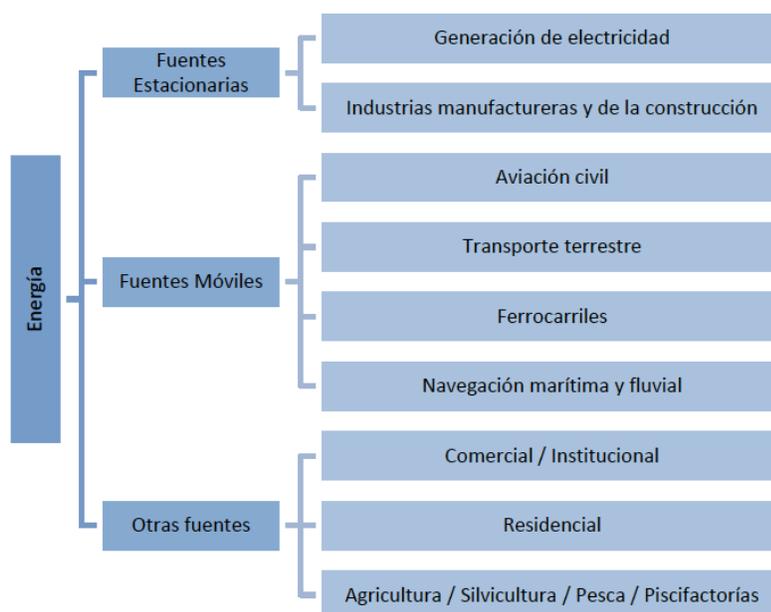
abastecedor del recurso se planteó que sería la compañía española REPSOL, sin embargo, mediante comunicación personal de CFE se restringió la venta del recurso, por obtener mejores beneficios en su venta a China y actualmente se paga una cuota de fianza establecida como penalidad en el contrato.

Con las dos plantas antes descritas se tiene una capacidad instalada de 1,900 MW. También el estado cuenta con subestaciones de potencia, con una capacidad instalada de 1,450 MVA en las siguientes subestaciones:

- Colomo (Colima), 230/115 kV, que son 200MVA.
- Colima II (Colima), 230/115 kV, que son 200 MVA.
- Tapeixtles (Manzanillo), 440/230/115kV, que son 825 MVA.
- Manzanillo I y II (440/230/115kV) que en total su capacidad es de 225MVA.

Además, dentro de la infraestructura con la que se cuenta en la Red Eléctrica de Colima están las siguientes: 569km de líneas de transmisión de 400-230Kv (kilovoltios). De acuerdo a la CFE, el sector privado en el estado, también genera energía eléctrica, además de la energía producida en las plantas generadoras de Manzanillo, menos del 5% del total de la Energía generada se estima que proviene de fuentes renovables de energía, como la Biomasa (leña y bagazo). Como ejemplo del uso del bagazo, es el ingenio azucarero de la comunidad de Quesería perteneciente al municipio Cuauhtémoc, que pertenece al Grupo Beta San Miguel, que se caracterizan por generar casi toda la energía eléctrica que requieren para su operación a partir de la combustión del bagazo mientras sea una temporada de zafra eficiente, y los excedentes que produce los vende a la red eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Otro ejemplo a nivel estatal de industria que aproveche sus propios recursos para generar su propia energía es la empresa *Holcim* que se encuentra en el municipio de Tecomán, ésta produce y comercializa cemento, agregados, concreto premezclado y otros productos y servicios para la construcción, y utiliza un método para generar energía eléctrica por medios propios para realizar un proceso de cogeneración con la empresa Iberdrola que equivale a un 20-25% de la capacidad total instalada, es decir anualmente alrededor de 9.5 Mwh y el resto de la energía necesaria lo obtienen de la red de CFE. La energía eléctrica se genera mediante la recuperación de energía por medio de la incineración de residuos en cámaras cerradas, donde se utilizan llantas y aceites que producen gran parte del poder calorífico que requiere la planta cementera, esto lo hacen a través de la empresa Ecoltec filial a Holcim, la cual con los años ha ido desarrollando una infraestructura para poder recibir una mayor cantidad de residuos previamente tratados para obtener un combustible más homogéneo y usar estos residuos como combustible en sus cámaras para el proceso de elaboración de cemento.



**Figura E6. Subcategorías del Sector Energía.**

Mediante la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se realizó la estimación de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, del sector energía con base en el consumo de combustibles quemados de forma directa en las subcategorías generadores de electricidad, industria, transporte, residencial, comercial y agropecuario. La mayor información de consumo de combustible se obtuvo como resultado de estimaciones derivadas de lo reportado por la Secretaría de Energía (SENER) en la Prospectiva del mercado de gas licuado de petróleo 2009-2024, Prospectiva de petrolíferos 2007-2015, Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026 y datos de INEGI (población, viviendas, empleados, entre otra); para el caso del consumo de los diferentes combustibles por subcategoría por lo que los datos pueden variar considerablemente con el consumo real de estos combustibles en el Estado.

La categoría Energía, es la más importante emisora de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se subdivide en consumo de combustibles fósiles y en emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles y transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>, principalmente. Para los cálculos del inventario de emisiones de GEI del sector energía del Estado de Colima se obtuvo el consumo de energía para el año base 2005. De acuerdo con la metodología del IPCC 2006, la estimación de los inventarios puede ser en tres niveles de acuerdo al detalle de la información con que se cuenta; en este caso la mayoría de la metodología utilizada fue del Nivel 1, lo cual significa que la mayoría de la información de quema del combustible procede de las estadísticas nacionales de energía y los factores de emisión utilizados fueron los de defecto.

El total de combustibles consumidos en el estado de Colima y a nivel municipal se derivó de la sumatoria de la información por tipo de combustible y de subcategorías; en la Tabla E1 se presenta el consumo de combustible por tipo.

**Tabla E1. Consumo energético por tipo de combustible en Colima**

Combustible	Consumo (TJ)	%
Combustóleo	100,240.76	84.57
Diésel	2,372.42	2.00
Gas LP	1,965.98	1.66
Gas Natural	21.85	0.02
Queroseno o turbosina	18.41	0.02
Gasolina	10,609.88	8.95
Coque de petróleo	536.17	0.45
Bagazo	1,631.80	1.38
Leña	1,132.55	0.96
<b>Estatal</b>	<b>118,529.82</b>	<b>100</b>

\*SENER, 2006; COA, 2005.

En la siguiente Tabla E2 se presenta el consumo de energía por sector en el Estado, donde el mayor consumo se da en la generación de electricidad con el 78.20%, seguido de la subcategoría de transporte terrestre o autotransporte con el 10.33%, la industria manufacturera con el 4.57%, las embarcaciones (navegación) con el 4.14% y el residencial con el 2.34%. El sector agropecuario representa solo el 0.14%, la aviación el 0.01% y finalmente los ferrocarriles solo consumen el 0.003% de la energía utilizada en el estado.

**Tabla E2. Consumo energético por sector**

Sector	Consumo (TJ)	%
Generación de energía	92,688.68	78.20
Industria manufacturera	5,417.67	4.57
Residencial	2,772.05	2.34
Comercial	328.27	0.28
Agropecuario	161.46	0.14
Ferrocarriles	3.76	0.003
Aviación	10.10	0.01
Navegación	4,902.12	4.14
Transporte terrestre	12,245.71	10.33
<b>Estatal</b>	<b>118,529.82</b>	<b>100</b>

La generación de electricidad en Colima se lleva a cabo principalmente por la planta termoeléctrica en Manzanillo, la cual entregó un total de 8,784 Gigawatts por hora (GWh) de energía eléctrica en el 2005 (SENER, 2012). Esta planta utiliza dentro de su proceso de generación combustóleo, usando 2.4 millones de dicho combustible (Tabla E3).

**Tabla E3. Consumo energético para provisión de electricidad en Manzanillo**

Municipio	Generación de energía (GWh)	Consumo de combustible (TJ)
Manzanillo	8,784	92,688.68

Asimismo, el consumo energético por municipio, se muestra en la siguiente Tabla E4:

**Tabla E4. Consumo energético para provisión de electricidad**

Municipio	Combustóleo	Diesel	Gas LP	Bagazo	Coque de petróleo
Armería					
Colima	116.602	21.571	0.349		
Cómala					
Coquimatlán					
Cuauhtémoc	651.998			1,631.80	
Ixtlahuacán	16.309	8.113			
Manzanillo	1386.064	14.013			
Minatitlán					
Tecomán	992.955	39.534	0.059		536.17
Villa de Álvarez	0.276	1.720	0.137		
<b>Estatal</b>	<b>3164.204</b>	<b>84.952</b>	<b>0.545</b>	<b>1,631.80</b>	<b>536.17</b>

Asimismo, en el sector energético, considerando las Fuentes Móviles de Combustión, se consideran también los siguientes sectores:

a) **Aviación civil**

El estado de Colima cuenta con dos aeropuertos uno ubicado en el municipio de Colima el cual realiza vuelos domésticos principalmente a la ciudad de México con una afluencia de aproximadamente 42 mil pasajeros al año; y otro ubicado en el municipio de Manzanillo, realiza vuelos de cabotaje y algunos vuelos internacionales principalmente a Estados Unidos y Canadá, maneja alrededor de 157 mil pasajeros al año. El dato de actividad de los aeropuertos fue obtenido del Anuario Estadístico 2005 (SCT, 2005), así como la Base de datos de operaciones de vuelo 2006-2012; asumiendo que los números de operaciones

de 2006 fueron igual a los de 2005 por falta de mayor información (Tabla E5); el combustible utilizado por esta subcategoría es la turbosina o queroseno (SCT, 2009):

**Tabla E5. Consumo energético por aeropuertos en Colima**

Municipio	Aeropuerto	Tipo de aeronave	Número de operaciones de LTO	Consumo de combustible (Kg/LTO)**	Consumo de combustible (TJ)*
Manzanillo	Playa de Oro	Airbus A318-100 Series	285	730	8.5
Colima	Licenciado Miguel de la Madrid	ATR 42-500 PT6-45	191	200	1.6

\*La densidad de la turbosina es de 0.8045 Kg/l (NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005).

\*\*IPCC, 2006 Fuentes móviles.

Dada la falta de información no fue posible desagregar los consumos energéticos por vuelos nacionales e internacionales.

#### d) Transporte Terrestre o autotransporte

Se refiere a todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, que circulan sobre carreteras pavimentadas. De acuerdo a la metodología IPCC 2006, para el cálculo de emisiones de autotransporte hay que considerar los siguientes rubros:

1. Número y tipo de vehículos que circulan
2. Cantidad de combustible que consumen por tipo de vehículo
3. VKT (Vehículos Kilómetros Totales) por tipo de Vehículo
4. Proporción de viajes que se realizan en forma parcial dentro del área

El número y tipo de vehículos que circulan por cada uno de los municipios y a nivel estatal fue proporcionado por la Secretaria de Medio Ambiente del Estado que a su vez esta información fue proporcionada por el área de Finanzas del Estado de Colima.

En la Tabla E6 se muestran las sub-categorías del autotransporte consideradas en este inventario, así como los rendimientos vehiculares en kilómetros por litro.

**Tabla E6. Tipo, número y rendimiento (km/l) de vehículos**

Tipo de Vehículo	*Rendimiento Vehicular (km/l)	Número de vehículos
Autobús escolar a diésel	2.377	77
Autobuses de transporte urbano e inter-urbano a diésel	2.377	608
Autos particulares (tipo sedán)	11.710	49,345
Camioneta de transporte público de pasajeros	8.889	400
Motocicletas	30.643	9,539
Pick_up	8.202	50,665
Taxis	11.710	659
Tracto camiones	2.400	665
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_GASOLINA	8.115	28,158
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)_DIESEL	7.299	55
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	2.400	8,106
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	2.400	40

\*CONAE, 2005. Rendimientos oficiales de combustible.

En la siguiente Tabla E7 se presentan el número de vehículos por municipio y tipo de combustible utilizado, dicha desagregación se generó a partir de la base de datos proporcionada por el área de finanzas del Estado de Colima.

**Tabla E7. Número de vehículos por Municipio**

Municipio	Gas Natural	Gas L.P	Gasolina	Diesel	Total
Armería	1	4	5,547	116	5,668
Colima	8	67	46,577	880	47,532
Cómala	0	6	4,368	49	4,423
Coquimatlán	0	5	4,012	17	4,034
Cuahtémoc	1	6	7,232	147	7,386
Ixtlahuacán	0	3	1,299	11	1,313
Manzanillo	1	42	29,333	736	30,112
Minatitlán	0	1	1,522	27	1,550
Tecomán	4	24	19,450	547	20,025
Villa de Álvarez	0	32	25,923	310	26,265
<b>Estatal</b>	<b>15</b>	<b>190</b>	<b>145,263</b>	<b>2,840</b>	<b>148,308</b>

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones 2005, SEMARNAT 2012

#### e) Ferrocarriles

De acuerdo a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte a nivel nacional durante 2005 los trenes de carga consumieron 641.7 millones de litros de diesel para dar servicio al comercio; en Colima, los municipios de Manzanillo y Cuahtémoc son los que cuentan con mayor número de vías por lo que se asume presentan el mayor dinamismo de esta fuente. Los datos de esta actividad fueron tomados del Anuario Estadístico 2005 de la SCT; (SCT, 2005) el tráfico de carga por ferrocarril para el año 2005 de la zona Pacífico-Norte, así como las vías concesionadas a la Empresa Pacifico-Norte (operadora principal ubicada en Manzanillo), suponiendo que es proporcional el % de kilómetros recorridos con el de

consumo de combustible y que la carga únicamente recorre 128 km dentro del estado de Colima, se obtiene los resultados de la Tabla E8.

**Tabla E8. Consumo energético por municipio en TJ/año**

Municipio	Longitud de vías en Km en 1999	Consumo de combustible (TJ)
Armería	21.1	0.60
Colima	13.6	0.39
Cómala	0	0.00
Coquimatlán	21.8	0.62
Cuauhtémoc	25.9	0.73
Ixtlahuacán	0	0.00
Manzanillo	26.1	0.74
Minatitlán	0	0.00
Tecomán	24.2	0.69
Villa de Álvarez	0	0.00
<b>Estatal</b>	<b>132.7</b>	<b>3.76</b>

#### f) Navegación

El estado de Colima por ubicarse en el litoral pacífico cuenta con uno de los puertos con intercambio comercial internacional importante el cual se encuentra en Manzanillo, donde arriban buques de carga y de pasajeros. El dato de actividad de esta subcategoría se obtuvo de lo reportado por la SCT sobre el número de arribos de cruceros en puertos nacionales y el número de buques en puertos comerciales, realizados en 2005 (SCT, 2005). Así como el consumo de combustible por este sector reportado en el Balance Nacional de Energía 2005 (SENER, 2006) (Tabla E9).

**Tabla E9. Consumo energético por embarcaciones en TJ/año**

Municipio	Tipo de embarcación	Número de arribos	Tipo de Combustible	Consumo de combustible (TJ)
Manzanillo	Cruceros	50	Diesel marino	514.23
Manzanillo	Buques de carga	1,558	Combustóleo	4,387.89

Debido al tipo de información con que se cuenta no fue posible desagregar cuántos cruceros y buques de carga tenían destino internacional.

#### g) Otras fuentes de combustión

En la subcategoría comercial, institucional o de servicios los combustibles utilizados en el Estado de Colima fueron el gas licuado de petróleo y el diésel. El dato de actividad del mismo se determinó a partir de la información obtenida de las Prospectivas del mercado de

gas licuado de petróleo (SENER, 2007) y de petrolíferos de SENER (SENER, 2006), teniendo en cuenta las ventas sectoriales de la región Centro-Occidente; y de los Censos Económicos del INEGI donde se obtuvo el número de personal ocupado total en actividades relacionadas con servicios comerciales, determinando el consumo de energía per cápita, de ambos combustibles por municipio; dando como resultado los datos de la Tabla E10.

**Tabla E10. Consumo energético del subsector comercial por municipio**

Municipio	Personal ocupado total en actividades relacionadas con servicios comerciales	Consumo energético Gas LP (TJ)	Consumo energético Diesel (TJ)
Armería	1,632	9	1.07
Colima	20,726	112	13.62
Cómala	849	5	0.56
Coquimatlán	716	4	0.47
Cuauhtémoc	1,293	7	0.85
Ixtlahuacán	231	1	0.15
Manzanillo	13,962	76	9.17
Minatitlán	277	1	0.18
Tecomán	9,156	50	6.02
Villa de Álvarez	5,254	28	3.45
<b>Estatal</b>	<b>54,096</b>	<b>293</b>	<b>36</b>

\*No hay ventas de gas natural en Colima para el año 2005 en ningún rubro de acuerdo a SENER.

#### h) Residencial

La subcategoría residencial demanda el uso de gas L.P., queroseno y leña como combustibles. El dato de actividad del 2005 fue obtenido de las Prospectivas del mercado de gas licuado de petróleo (SENER, 2007) y de petrolíferos de SENER (SENER, 2006), teniendo en cuenta las ventas sectoriales de la región Centro-Occidente que es a la cual pertenece el estado de Colima; además del número de habitantes y viviendas por municipio obtenidos del Censo de población y vivienda 2005 del INEGI. El porcentaje de habitantes que utilizan leña o carbón para cocción de alimentos se obtuvo del INEGI (2010). Se obtuvo el consumo de combustible per cápita para cada una de estas variables de los distintos combustibles utilizados. Dando como resultado en consumo energético por municipio lo que se presenta en la Tabla E11.

**Tabla E11. Consumo energético del subsector residencial por municipio**

Municipio	Consumo energético Gas LP (TJ)	Consumo energético Queroseno (TJ)	Consumo energético Leña (TJ)
Armería	96	0.36	11
Colima	53	1.92	166
Cómala	7	0.28	83
Coquimatlán	7	0.25	74
Cuauhtémoc	100	0.37	12
Ixtlahuacán	19	0.07	20
Manzanillo	555	2.00	585
Minatitlán	28	0.11	12
Tecomán	362	1.43	45
Villa de Álvarez	404	1.45	125
<b>Estatal</b>	<b>1,631</b>	<b>8.25</b>	<b>1,133</b>

\*Queroseno incluye tanto residencial como comercial pues así se reporta agrupado en las Prospectivas

j) Agropecuario

El consumo de combustible y por tanto el uso de energía de esta subcategoría se determinó a partir de lo reportado en el Agrícola, Ganadero y Forestal, 2007. (INEGI g, 2009). obteniendo el dato de número de tractores en funcionamiento así como los ejidos y comunidades con maquinaria para uso agropecuario o forestal; además del consumo de combustible obtenido del Balance Nacional de Energía 2005 (SENER, 2006) (Tabla E12).

**Tabla E12. Consumo energético del subsector agropecuario por municipio**

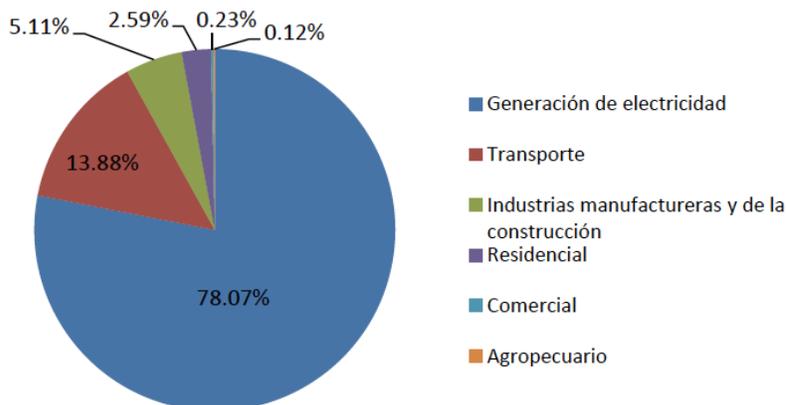
Municipio	Ejidos y comunidades con tractores	Consumo energético Gas LP (TJ)	Consumo energético Queroseno (TJ)	Consumo energético Diesel (TJ)
Ixtlahuacán	2	10	0.041	87
Tecomán	1	20	0.020	44
<b>Estatal</b>	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>0.061</b>	<b>131</b>

Para el Estado de Colima se estimó una emisión de 9,218.94 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente derivado de las fuentes de combustión en el año 2005. En la Tabla E13 se presentan las emisiones de GEI y CO<sub>2</sub>e por subcategoría del sector energía; donde se observa que la generación de energía eléctrica es la más importante en emisiones de CO<sub>2</sub>e a la atmósfera con el 78.07%, seguido del transporte con el 13.88%.

**Tabla E13. Emisiones de GEI en Gg/año por subcategoría**

Subcategoría	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
Generación de electricidad	7,174.10	0.28	0.06	7,197.18
Transporte	1,236.59	0.29	0.12	1,279.92
Industrias manufactureras y de la construcción	466.70	0.06	0.01	470.69
Residencial	230.37	0.35	0.00	239.13
Comercial	21.10	0.00	0.00	21.16
Agropecuario	10.79	0.00	0.00	10.85
<b>Estatal</b>	<b>9,139.66</b>	<b>0.98</b>	<b>0.19</b>	<b>9,218.94</b>

Lo cual, puede apreciarse en la siguiente Figura E7:

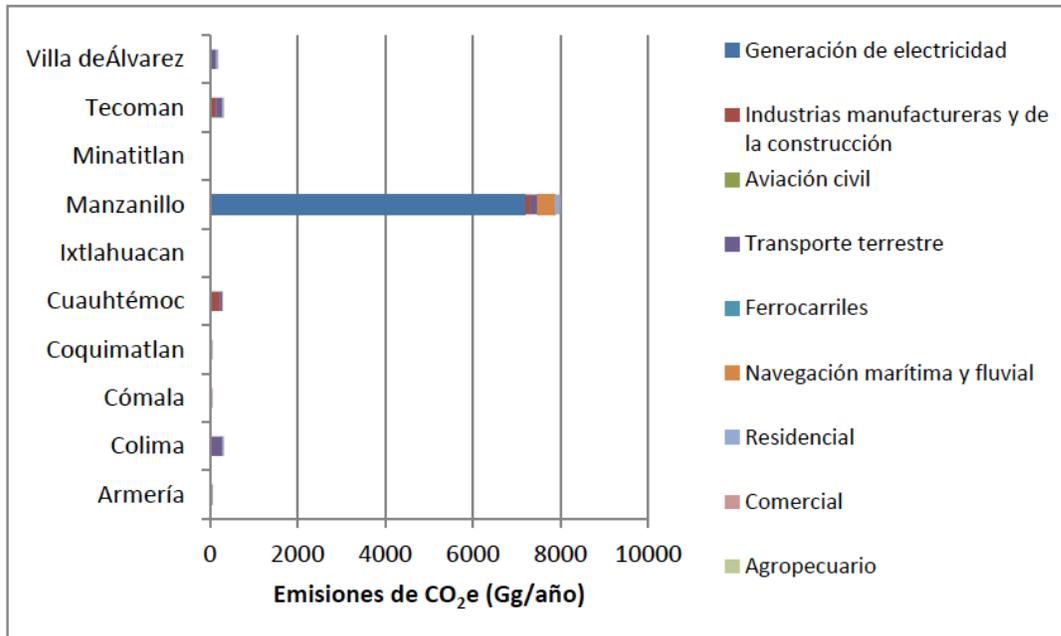


**Figura E7. Contribución de las emisiones de CO<sub>2</sub>e por subcategoría**

Asimismo, en la Tabla E14 se muestra las emisiones de GEI por municipio del Estado de Colima. Donde los municipios con la mayores emisiones de CO<sub>2</sub>e son Manzanillo por la presencia de la termoeléctrica, el aeropuerto y el puerto; seguido por Colima por ser la capital del estado, donde se llevan a cabo diversas actividades, mayor número de vehículos y se tiene la presencia de otro aeropuerto (Figura E8).

**Tabla E14. Emisiones de GEI en Gg/año por municipio**

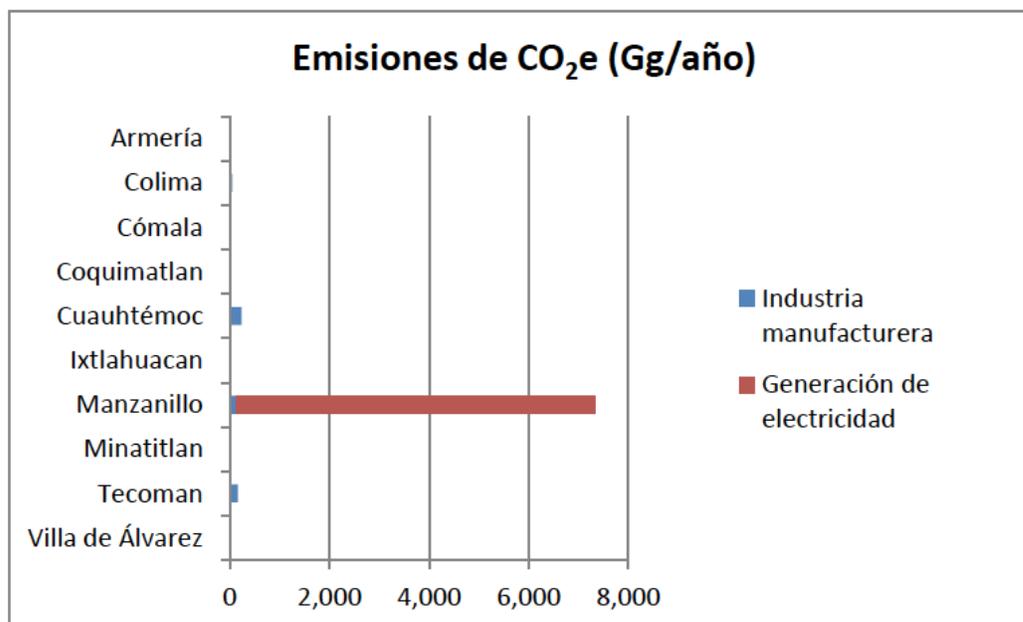
Municipio	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> e
Armería	46.94	0.02	0.01	49.14
Colima	303.70	0.12	0.03	316.11
Cómala	37.08	0.04	0.00	39.12
Coquimatlán	31.07	0.03	0.00	32.80
Cuauhtémoc	272.55	0.07	0.01	278.65
Ixtlahuacán	20.91	0.01	0.00	21.56
Manzanillo	7,938.13	0.54	0.09	7,977.18
Minatitlán	12.74	0.01	0.00	13.35
Tecomán	306.31	0.06	0.02	314.07
Villa de Álvarez	170.23	0.08	0.02	176.95
<b>Estatal</b>	<b>9,139.66</b>	<b>0.98</b>	<b>0.19</b>	<b>9,218.94</b>



**Figura E8. Contribución de las emisiones de CO<sub>2</sub>e por subcategoría y municipio**

#### Fuentes Estacionarias de combustión:

La generación de electricidad es la fuente más importante de emisiones en el estado con una emisión de CO<sub>2</sub>e de 7,197.18 Gg durante 2005. Mientras que la industria manufacturera y de la construcción emitió 470.69 Gg de CO<sub>2</sub>e.



**Figura E9. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg/año), municipio y sector**

En la Tabla E15 se presenta un resumen del consumo de energéticos en cada subcategoría de fuentes estacionarias del Estado de Colima, así como las emisiones asociadas por su combustión, como puede observarse las emisiones más importantes son las generadas por la generación de electricidad con el 93.86% de las emisiones, seguido por el uso de combustóleo en la industria con el 3.20% y el uso de bagazo con el 2.17%.

**Tabla E15. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad**

Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO <sub>2</sub> (Gg/año)	Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg/año)	Emisiones N <sub>2</sub> O (Gg/año)	Emisiones CO <sub>2</sub> e (Gg/año)	% Emisiones
Generación de electricidad	Combustóleo	92.69	7,174.10	0.28	5.6E-02	7,197.18	93.86
Industria manufacturera	Combustóleo	3.16	244.91	9.5E-03	1.9E-03	245.70	3.20
	Diesel	0.08	6.29	2.5E-04	5.1E-05	6.32	0.08
	Gas LP	0.00	0.03	5.5E-07	5.5E-08	0.03	0.00
	Bagazo	1.63	163.18	4.9E-02	6.5E-03	166.23	2.17
	Coque de petróleo	0.54	52.28	1.6E-03	3.2E-04	52.41	0.68
<b>Estatal</b>		<b>98.11</b>	<b>7,640.80</b>	<b>0.34</b>	<b>0.06</b>	<b>7,667.87</b>	<b>100.00</b>

#### Fuentes Móviles de combustión:

De los diversos medios de transporte, el autotransporte o transporte terrestre es el que mayores emisiones de GEI genera a la atmósfera en la mayoría de los municipios a excepción del municipio de Manzanillo donde las emisiones por embarcaciones son muy importantes debido a la presencia de uno de los puertos comerciales más importantes del país (Figura E10).

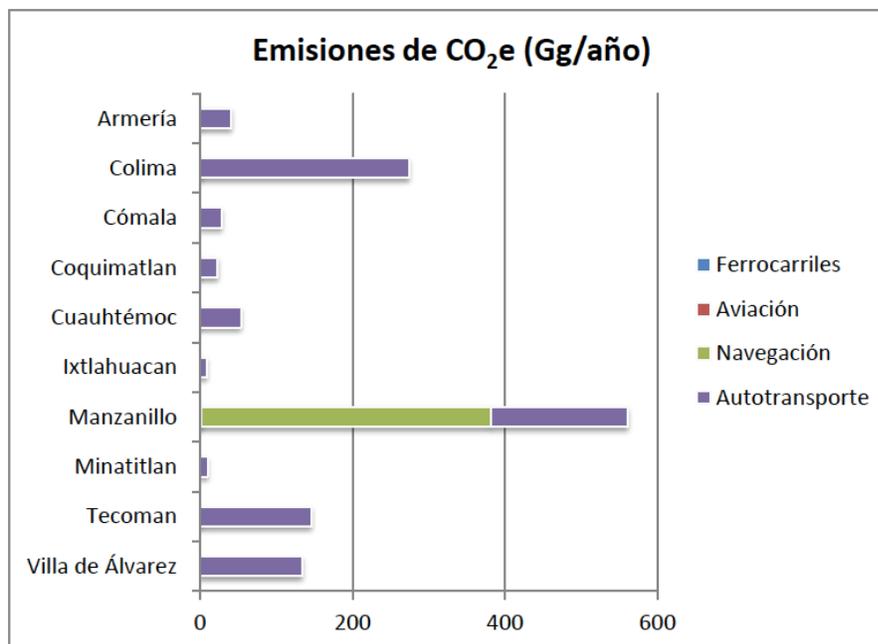


Figura E10. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte

En la Tabla E16 se presenta un resumen del consumo de energéticos en cada subcategoría de fuentes móviles del Estado de Colima, así como las emisiones asociadas por su combustión.

Tabla E16. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad

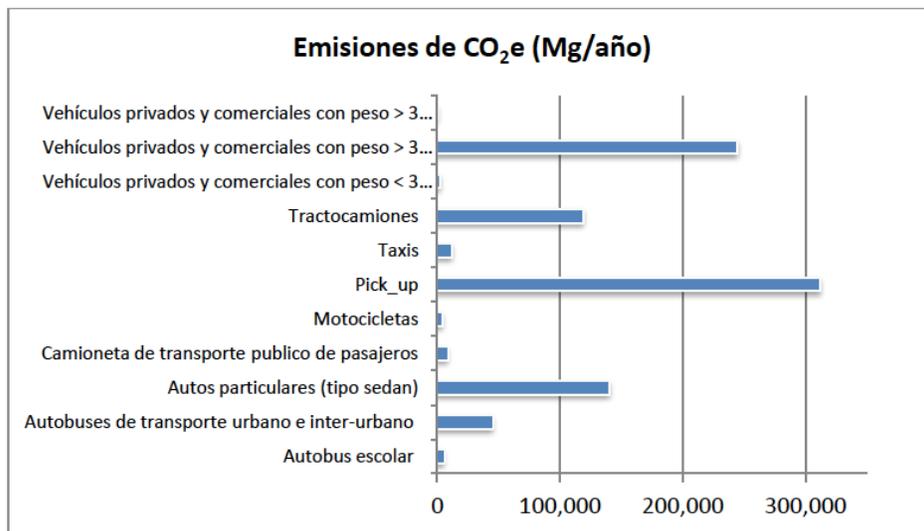
Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO <sub>2</sub> (Gg/año)	Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg/año)	Emisiones N <sub>2</sub> O (Gg/año)	Emisiones CO <sub>2</sub> e (Gg/año)	% Emisiones
Ferrocarriles	Diesel	0.004	0.28	1.6E-05	1.1E-04	0.31	0.0
Aviación	Queroseno	0.010	0.78	2.3E-05	3.2E-05	0.79	0.1
Navegación	Diesel	0.514	38.10	3.6E-03	1.0E-03	38.50	3.0
	Combustóleo	4.388	339.62	0.03	0.01	342.99	26.8
Autotransporte	Gasolina	10.610	735.26	0.24	0.10	772.66	60.4
	Diesel	1.603	118.77	6.3E-03	6.3E-03	120.84	9.4
	Gas LP	0.011	0.70	6.9E-04	2.2E-06	0.72	0.1
	Gas Natural	0.022	3.07	5.0E-03	1.6E-04	3.22	0.3
<b>Estatal</b>		<b>17.16</b>	<b>1,236.59</b>	<b>0.28</b>	<b>0.12</b>	<b>1,280.03</b>	<b>100</b>

Destacando las emisiones generadas por el autotransporte que utiliza gasolina como combustible con el 60.4% de las emisiones; seguido del consumo de combustóleo en la navegación básicamente en los buques de carga, con el 26.8 %; después el diésel del sector autotransporte con el 9.4% de las emisiones de CO<sub>2</sub>e. Como se presentó en la Tabla 22 la subcategoría de autotransporte es la más importante dentro de este sector, por lo que en la Tabla 23 y la Figura 14 se presentan las emisiones de GEI por tipo de vehículo; donde

las Pick-up, seguidas por los vehículos privados y comerciales peso > 3 ton, los autos particulares y los tractocamiones, son lo que mayormente contribuyen en emisiones de GEI a esta subcategoría.

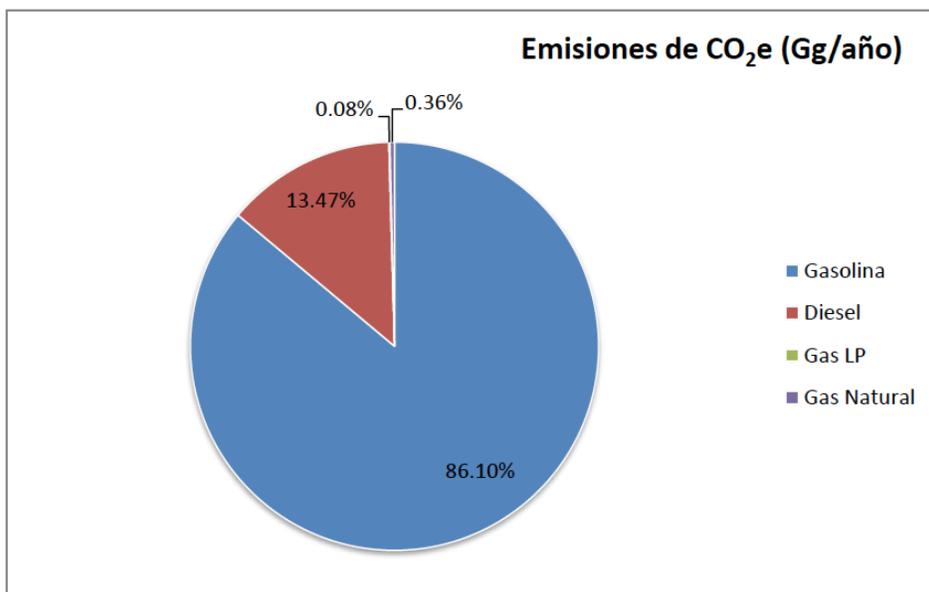
**Tabla E17. Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo**

Tipo de Vehículo	Emisión de CO <sub>2</sub> (Mg/año)	Emisión de CH <sub>4</sub> (Mg/año)	Emisión de N <sub>2</sub> O (Mg/año)
Autobús escolar	5,662.15	0.30	0.30
Autobuses de transporte urbano e inter-urbano	44,708.93	2.35	2.35
Autos particulares (tipo sedán)	137,535.28	29.24	7.96
Camioneta de transporte público de pasajeros	8,514.36	5.42	1.32
Motocicletas	4,605.34	0.00	0.00
Pick-up	294,830.92	177.41	43.36
Taxis	12,160.66	0.57	0.61
Tractocamiones	113,006.76	23.33	18.47
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	2,464.80	0.24	0.42
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	233,492.97	17.07	35.08
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas (microbús)	822.92	0.07	0.14



**Figura E11. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Mg/año), por tipo de vehículo**

La gasolina es el principal combustible utilizado en las fuentes móviles terrestres, y el que contribuye con el 86% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de este tipo de fuentes (Figura E12).

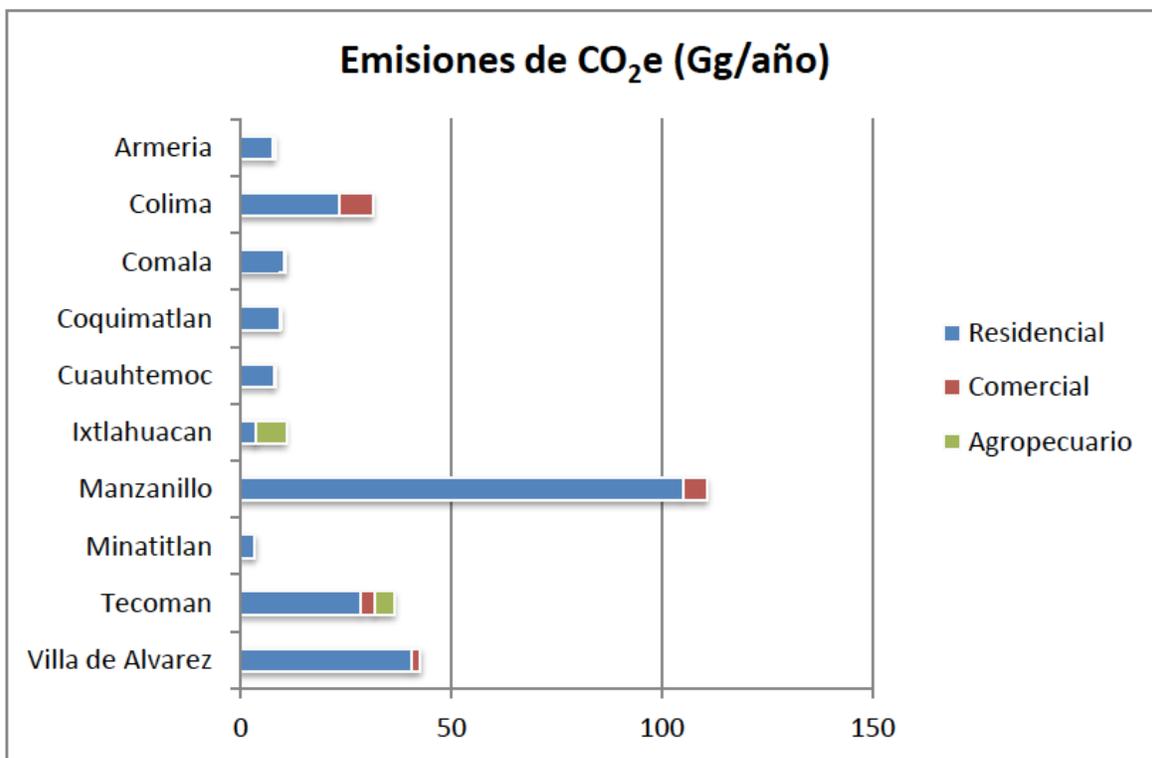


**Figura E12. Porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub>e por tipo de combustible**

#### Otras fuentes de combustión:

---

En el rubro otras fuentes de combustión dentro de energía el que mayores emisiones de GEI y en global de CO<sub>2</sub> equivalente genera es la subcategoría residencial por el consumo de combustibles en los hogares, siendo Manzanillo el municipio con las mayores emisiones por estas fuentes en el Estado de Colima (Figura E13).



**Figura E13. Emisiones de CO<sub>2</sub>e (Gg/año), municipio y sector**

En el sector comercial en el estado de Colima se consumió gas LP y diésel donde los municipios con mayor emisión por este sector son Colima, Manzanillo, Tecomán y Villa de Álvarez, ligado directamente a la actividad comercial en cada municipio. Mientras que en el sector residencial se utiliza como combustible gas LP, queroseno y leña. Donde el municipio de Manzanillo es el que mayores emisiones de GEI genera, las principales emisiones se generan por el uso de leña; seguido de Villa de Álvarez, Tecomán y Colima. Finalmente en la categoría agropecuaria se evaluó aquellos ejidos y comunidades con infraestructura como son tractores, donde se reporta el uso de combustibles como gas LP, diésel y queroseno; en los municipios de Ixtlahuacán y Tecomán se reporta este tipo de actividad.

En la Tabla E18 se presenta un resumen del consumo de energéticos en cada subcategoría de otras fuentes de combustión del Estado de Colima, así como las emisiones asociadas por su combustión.

**Tabla E18. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad**

Subcategoría	Combustible	Consumo 2005 (PJ)	Emisiones CO <sub>2</sub> (Gg/año)	Emisiones CH <sub>4</sub> (Gg/año)	Emisiones N <sub>2</sub> O (Gg/año)	Emisiones CO <sub>2</sub> e (Gg/año)	% Emisiones
Residencial	Gas LP	1.63	102.93	8.2E-03	1.6E-04	103.15	37.93
	Queroseno	8.3E-03	0.59	6.0E-05	3.6E-06	0.60	0.22
	Leña	1.13	126.85	0.34	4.5E-03	135.39	49.78
Comercial	Gas LP	0.29	18.47	1.5E-03	2.9E-05	18.51	6.81
	Diesel	3.6E-02	2.63	3.6E-04	2.1E-05	2.65	0.97
Agropecuario	Gas LP	3.0E-02	1.08	8.55E-05	1.71E-06	1.92	0.71
	Queroseno	6.1E-05	0.00	6.1E-07	3.7E-08	0.00	0.00
	Diesel	0.13	9.71	1.3E-03	7.9E-05	9.76	3.59
<b>Estatal</b>		<b>3.26</b>	<b>263</b>	<b>0.35</b>	<b>4.8E-03</b>	<b>272</b>	<b>100</b>

De la tabla anterior se destaca que las principales emisiones de GEI son generadas por el uso de leña en la subcategoría residencial con el 49.78%, seguido del uso de gas LP en la misma subcategoría con el 37.93%. En menor proporción el consumo de Gas LP en la subcategoría comercial con el 6.81% y el uso de diésel en la subcategoría agropecuario con el 3.59%.

## 2. TRANSPORTE

### k) Panorama Internacional

Las sociedades modernas demandan una alta y variada movilidad, lo que requiere un sistema de transporte complejo y adaptado a las necesidades sociales, que garantice los desplazamientos de personas y mercancías de una forma económicamente eficiente y segura, pero todo ello sometido a una nueva racionalidad ambiental y a la nueva lógica del paradigma de la sostenibilidad.

Desde esta perspectiva, un sistema eficiente y flexible de transporte que proporcione patrones de movilidad inteligente y sostenible es esencial para nuestra economía y nuestra calidad de vida. El sistema actual de transporte plantea desafíos crecientes y significativos para el medio ambiente, la salud humana y la sostenibilidad, en tanto que los actuales esquemas de movilidad se han centrado en mucha mayor medida en el vehículo privado que ha condicionado tanto las formas de vida de los ciudadanos y de las ciudades, como la sostenibilidad urbana y territorial.

El transporte tiene un peso muy considerable en el marco del desarrollo sostenible por las presiones ambientales, los efectos sociales y económicos asociados y las interrelaciones con otros sectores. El crecimiento continuo que lleva experimentando este sector a lo largo de los últimos años y su previsible aumento, aun considerando el

cambio de tendencia por la situación actual de crisis generalizada, hacen que el reto del transporte sostenible sea una prioridad estratégica a escala local, nacional, europea y mundial.

La movilidad urbana está adquiriendo un protagonismo creciente. El mundo cada vez se hace más urbano y se desplaza más profusamente, tanto interior como exteriormente (1.800 millones de turistas previstos para 2020). Actualmente más del 50% de las personas viven en ciudades. En la UE el 80% de la población vive en zonas urbanas, mientras que en España lo hace el 70%. La transición urbana hacia la sostenibilidad requiere una nueva cultura de las ciudades y del territorio y un nuevo enfoque ecosistémico, entendiendo los espacios en su totalidad, complejidad y dinámica interior-exterior.

En todo caso, las ciudades necesitan modelos de movilidad inteligentes con sistemas de transporte sostenibles en favor de la economía eficiente, de la salud ambiental y del bienestar de sus habitantes. En las ciudades, aunque solo suponen el 1% del territorio, se concentran los problemas (consumen más del 75% de la energía y producen el 80% de las emisiones de gases de efecto invernadero), pero también son grandes subsistemas económicos donde se concentra la producción y el consumo (el 85 % del PIB de la UE se genera en sus ciudades), y donde se concentran las soluciones con nuevas capacidades de gobernanza. Si nuestras ciudades no son sostenibles tampoco conseguiremos que lo sea el propio planeta, como ecosistema global.

Con respecto a Latinoamérica, menciona Robert Valls (2014), quien es productor *online* del Banco Mundial, que un corto paseo por el centro de cualquier gran ciudad latinoamericana bastará para saber quién manda en las calles. Mientras cerca de cien millones de coches (uno por cada cinco personas) circulan diariamente por grandes avenidas y vías más modestas, el peatón queda relegado a veredas estrechas y sendas peatonales que, por poco respetadas, pueden convertirse en un auténtico calvario.

En Latinoamérica el coche es rey y el peatón un súbdito, que en el mejor de los casos cuenta con apenas un 4% de espacio para uso exclusivo, en contraste con el 96% para el transporte motorizado. Esto, según los expertos, impacta en el desarrollo y bienestar de los ciudadanos. A pesar de los esfuerzos en los últimos años, las calles pensadas para peatones y/o ciclistas en las principales ciudades latinoamericanas brillan por su ausencia. Por ejemplo, esta es la situación en algunas de las ciudades más grandes de la región:

- La capital mexicana solo tiene un 0,15% de espacio dedicado exclusivamente al uso para el peatón
- Buenos Aires tiene 140 kilómetros de 44.500 kilómetros de vías existentes dedicados a peatones (un 0,31% del espacio para la gente, el resto para los vehículos). México, Distrito Federal, cuenta con 100 de 63.700 (un 0,15% de espacio para la gente). Bogotá tiene 305 de 7.750 (un 3,9% para los peatones). Río de Janeiro, 340 de 15.371 (un 2,2% para peatones)

Los resultados muestran que ha existido una rápida y poco planificada urbanización en la región, caracterizada por haber prestado más atención a ofrecer servicios de movilidad para el transporte privado que a crear espacios para el bienestar de sus propios habitantes. Y teniendo en cuenta que hoy en día más del 80% de los latinoamericanos (o 480 millones de personas) vive en ciudades y que para 2050 serán el 90%, estamos hablando de un problema de grandes magnitudes. Pero la hegemonía del coche en detrimento del peatón puede estar llegando a su fin o, más de manera realista, al inicio del fin.

Poco a poco van brotando proyectos urbanos que pretenden devolver a las personas el espacio que les rodea para convertirlos en agradables lugares de encuentro, interacción y socialización y para que, en definitiva, se conviertan en lugares más habitables que contribuyan al bienestar de la sociedad. Estas calles albergan espacios para todos los medios de transporte (peatón, bici, coche, tranvía, autobús), son responsables con el medioambiente, suelen incorporar nuevas tecnologías y, sobre todo, sitúan a las personas y su bienestar en el centro de la acción.

Un claro ejemplo de cómo el diseño urbano de calidad puede llegar a reinventar la vida de toda una ciudad es Medellín, en Colombia. Sacudida por la inseguridad y el narcotráfico en los años ochenta, introdujo infraestructuras abiertas, verdes e innovadoras, como por ejemplo el Distrito de Innovación o la Ruta N (centro de innovación y negocios). Hoy en día las comunas son mayoritariamente pacíficas y sus calles están repletas de automóviles, peatones y niños en bicicleta. En parte gracias a la creación de espacios recreativos que incluyen a todos los ciudadanos, la tasa de homicidios cayó un 80% desde 1990. Este es solo un ejemplo de cómo el buen uso del espacio público puede dar respuesta a problemas estructurales que tiene la región -como el crimen y la violencia- a la vez que genera más integración social y mejora la convivencia entre vecinos. Esta nueva tendencia también está asociada a la promoción de métodos de transporte más sostenibles que mejoren la movilidad urbana.

Sin embargo, el buen diseño y planificación de las ciudades no solo implicaría recuperar los encuentros en las esquinas, el comercio de proximidad o caminar al trabajo, sino que también podría ayudar a solucionar los principales retos que enfrenta la región. Latinoamérica tiene nueve de los 20 países que más dinero perdieron como consecuencia de condiciones climáticas extremas, "La creación de buenas infraestructuras, de espacios públicos de calidad y de medios de transporte que lleguen a los más vulnerables y excluidos de la sociedad es esencial para reducir los niveles de desigualdad y de pobreza que tenemos en la región", explica Verónica Raffo, experta en infraestructura del Banco Mundial.

Se calcula que alrededor de 111 millones de latinoamericanos viven en barrios marginales y que uno de cada cuatro habitantes de las ciudades viven en la pobreza; la exclusión física lleva a la exclusión económica, por lo que es necesario conectar a los ciudadanos más pobres con el resto de la ciudad.

En este sentido, el Transmilenio en Bogotá es un ejemplo de cómo un sistema de transporte puede contribuir a reducir el tiempo que los habitantes de menores ingresos dedican para desplazarse, lo cual les permite disfrutar de una mejor calidad de vida. Otro de los aspectos en que un mejor diseño y la planificación urbana pueden contribuir es en la reducción de los efectos de los desastres naturales. Latinoamérica cuenta con nueve de los 20 países que más dinero perdieron como consecuencia de condiciones climáticas extremas, con un costo estimado de 50.000 millones de dólares de 2001 a 2010.

Una buena planificación urbana ayudaría, por ejemplo, a construir edificios en lugares seguros y no en montañas con riesgo a deslizamientos o a la vera de ríos que suelen desbordarse después de fuertes lluvias. Según los expertos, para preservar el espacio público es imprescindible el compromiso no solo de los gobiernos, sino también de la comunidad y del sector privado.

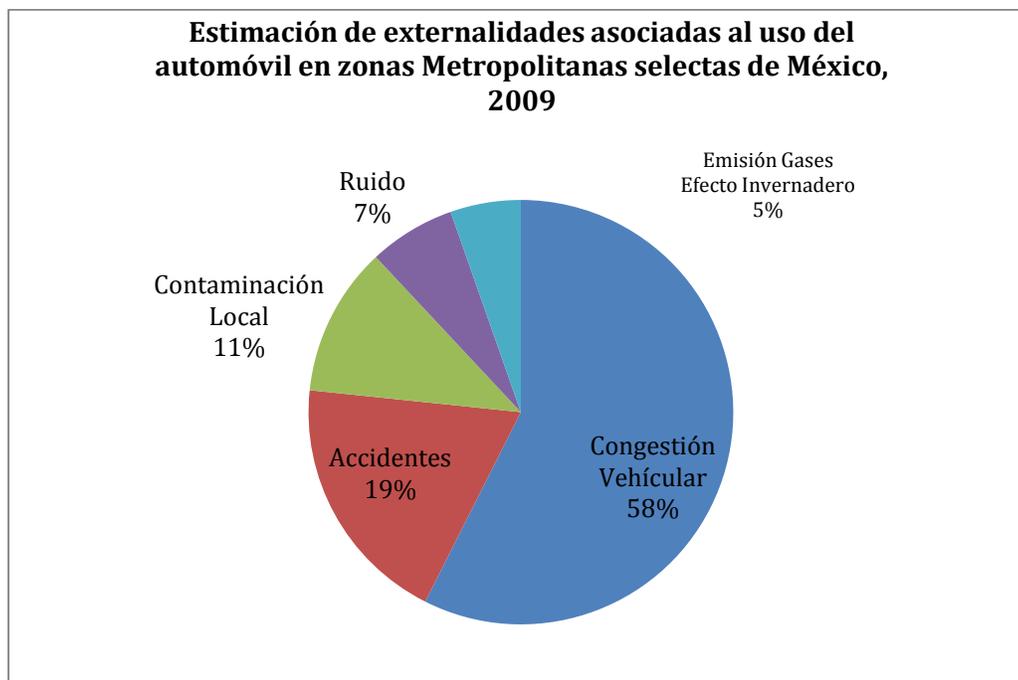
“Espacios públicos bien diseñados estimulan la inclusión social, la prosperidad y la funcionalidad de una ciudad. Por eso es importante una buena planificación que ponga especial atención a los grupos más vulnerables, promoviendo oportunidades para que todos podamos disfrutar de entornos seguros, inclusivos, limpios, y saludables”, observa Raffo.

#### I) Panorama Nacional

En México existen 59 zonas metropolitanas, de las cuales 30 tienen más de 500 mil habitantes y concentran el 47.5 por ciento de los mexicanos. En total hay 2 mil 375 localidades urbanas de más de 2 mil 500 habitantes que concentran el 77 por ciento de la población equivalente a 86 millones de personas (ITDP, 2011). Estimaciones del Consejo Nacional de Población (Conapo) (2007) prevén que para el año 2030 el 81 por ciento de la población vivirá en ciudades.

El sistema de movilidad que ha acompañado el proceso de crecimiento urbano es claramente insostenible. Durante las últimas dos décadas se ha presentado una tendencia alarmante en el incremento del vehículo registrados, la cual pasó de 6.5 millones en 1990 a 20.8 millones en 2010 (ITDP, 2011).

Esta tendencia implica un aumento de todos los impactos negativos generados por el automóvil, sobre todo en seis grandes rubros: gases de efecto invernadero, contaminación, obesidad, accidentes, congestión y ruido. Actualmente nuestro país pierde anualmente 14 mil vidas por contaminación atmosférica, 24 mil por accidentes de tránsito y un número poco documentado por falta de actividad física (enfermedades cardiovasculares y diabetes).



**Figura E15. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas Metropolitanas selectas de México, 2009.** Fuente: Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2011)

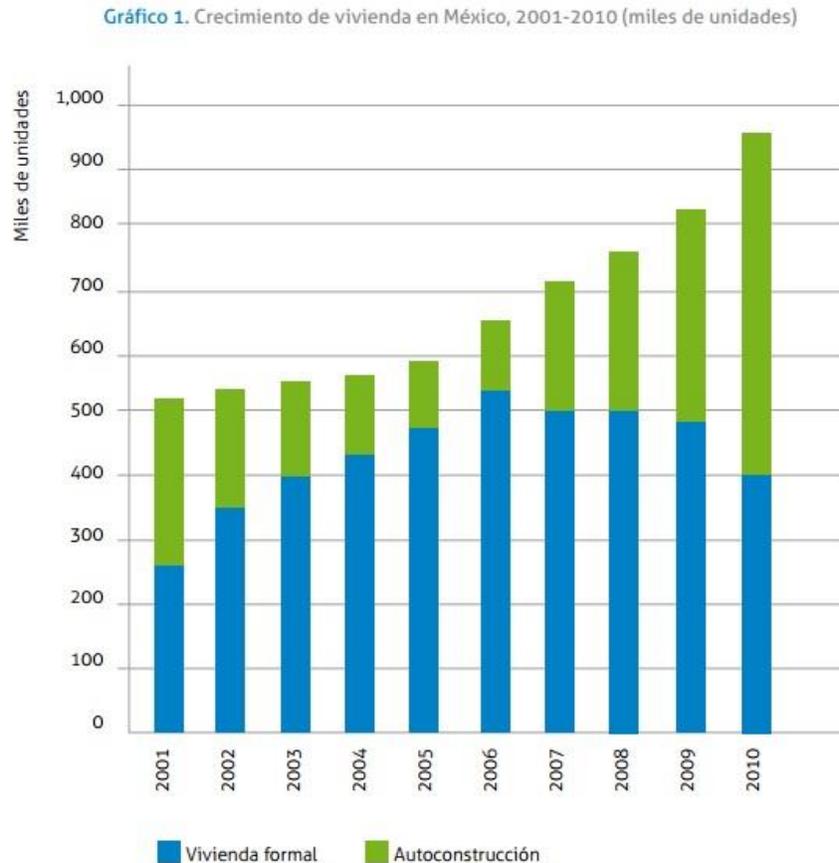
De acuerdo al Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP) el 48 por ciento de la energía que se consume en México se utiliza para mover mercancías y personas, y la combustión de gasolina en el transporte hace que este sector sea la segunda fuente de emisiones de gases de efecto invernadero del país y una de las principales causas de contaminación atmosférica.

El modelo de planeación actual requiere adecuarse para incorporar elementos más estratégicos de priorización, evaluación, diseño e implementación de proyectos. Ante la poca funcionalidad del sistema de planeación urbana previsto por la Ley General de Asentamientos Humanos, los gobiernos han ido basando cada vez más las importantes decisiones sobre inversiones y autorizaciones de proyectos a los actores privados. Estos llevan la carga de la factibilidad técnica y financiera pero son generalmente poco interesados en las evaluaciones sociales, ambientales y de costo de oportunidad de inversión pública, y por supuesto no pueden suplantar la responsabilidad pública de planear para las ciudades.

La falta de planeación urbana ha resultado en fragmentación del territorio y ha aumentado las distancias y los tiempos de traslado. Debido a que el actual modelo de crecimiento urbano es determinado por el mercado inmobiliario y es, fundamentalmente, disperso, desordenado, con bajas densidades, sin usos mixtos e insustentable.

La construcción masiva de vivienda ha alcanzado una escala sin precedentes. Entre 2003 y 2010 el Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los trabajadores (INFONAVIT) otorgó poco más de 3.2 millones de créditos, más de los que otorgó en los 30 años

anteriores (IMCO, 2011). De acuerdo con el INFONAVIT (INFONAVIT, 2010), actualmente el 26 por ciento de sus viviendas financiadas se encuentran desocupadas o abandonadas. El 21 por ciento de estos casos es resultado de la distancia que lo separa de la ciudad.



**Figura E16. Crecimiento de vivienda en México, 2001-2010 (miles de unidades)**

Estudios recientes muestran que la distancia promedio entre los conjuntos de viviendas y el centro urbano más cercano, es en promedio de entre 10.56 kilómetros en el Valle de Toluca (Iracheta & Pedrotti, 2011). El impacto de este patrón territorial es de gran relevancia para la movilidad, por lo que resulta fundamental considerarlo en la planeación, con el fin de establecer objetivos concretos y cuantificables de reducción de estas distancias en los diferentes horizontes de planeación.

Gráfica 2. Crecimiento medio anual urbano, poblacional y de automóviles particulares por zona metropolitana, 1980-2010

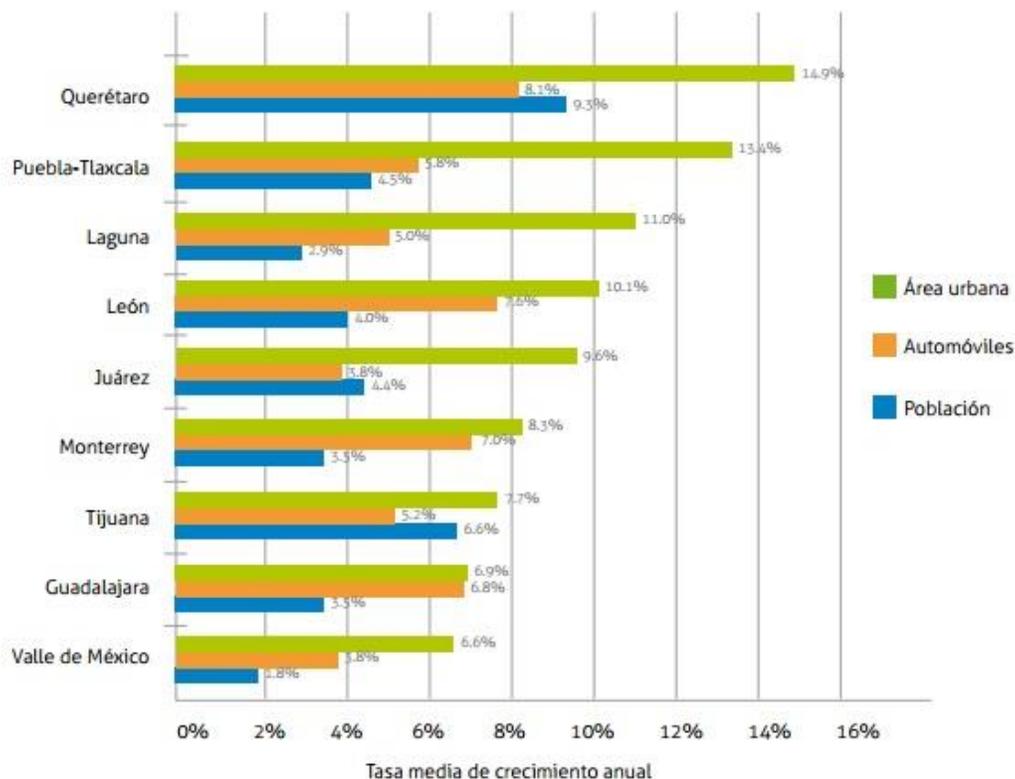


Figura E17. Crecimiento medio anual urbano, poblacional y de automóviles particulares por zona metropolitana 1980-2010

El crecimiento del parque vehicular y el uso intensivo del automóvil genera costos sociales, económicos y ambientales que no son cubiertos exclusivamente por quienes manejan, sino que son transferidos a toda la sociedad.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2012) en 2008 la contaminación local que genera la combustión de gasolina estuvo ligada a 14,000 muertes por la mala calidad del aire en México. A esto habría que agregarle las 24 mil muertes y los 40 mil discapacitados y 750 mil heridos por accidente de tránsito. Estos accidentes general anualmente costos por 126 mil millones de pesos, lo que equivale al 1.3 por ciento del PIB nacional ( Secretaría de salud, 2010).

Los automóviles particulares son responsables del 18 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub> del país. Las cuales contribuyen al cambio climático, el cual podría costarle al país hasta el 6 por ciento del PIB si no se toman las medidas adecuadas para hacer frente a este fenómeno (Galindo, 2009). Tan solo las pérdidas por externalidades negativas generadas por el uso excesivo del automóvil representan 5379 pesos por habitante o el equivalente al 4 por ciento del PIB total de cinco grandes áreas metropolitanas del país, que concentran el 40 por ciento de la población urbana nacional (Medina, 2012). La

perspectiva futura en nuestro país es que esta situación se agrave si el uso del automóvil en México continua creciendo.

Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas metropolitanas selectas de México, 2009 (millones de pesos)

Zona	Contaminación local	Cambio climático	Accidentes viales	Congestión	Ruido	Total	% del PIB
Valle de México	14,396	6,718	10,332	82,163	8,320	121,930	4.6%
Monterrey	2,282	1,065	5,843	11,485	1,319	21,994	2.8%
Guadalajara	2,795	1,304	4,970	10,635	1,615	21,319	4.7%
Puebla-Tlaxcala	996	465	1,317	1,894	575	5,247	1.8%
León	506	236	1,250	321	293	2,606	1.6%
<b>TOTAL</b>	<b>20,975</b>	<b>9,787</b>	<b>23,712</b>	<b>106,498</b>	<b>12,123</b>	<b>173,095</b>	<b>4.0%</b>

Fuente: Medina, 2012a.

**Figura E18. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas metropolitanas selectas de México, 2009 (millones de pesos)**

Es importante resaltar que distintas políticas públicas locales y federales incentivar el uso del automóvil. A nivel local se ha invertido en infraestructura dedicada al automóvil, dejando de lado el ordenamiento mejoramiento y ampliación de la oferta de transporte público y no motorizado. Mientras tanto, a nivel federal, el uso del coche se facilita gracias al subsidio de la gasolina, la reciente abrogación del impuesto a la tenencia, la falta de políticas públicas nacionales de seguro obligatorio de daños a terceros, las políticas de apertura comercial para automóviles importados y los esquemas de créditos que facilitan la adquisición de automóviles (Medina, 2012)

Por su parte, el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) identifica cuatro factores que están incentivando un mayor uso del automóvil en el país:

1. Los costos de uso de los automóviles artificialmente bajos, debido a subsidios a la gasolina y de utilización del espacio público (estacionamientos), así como a la presencia de mercados informales de mantenimiento y a la falta de normatividad que regule el estado mecánico y de emisiones en todo el país.
2. La oferta de infraestructura para automóviles, como mayores vialidades y estacionamientos, que incentivan el uso del automóvil particular en el mediano y largo plazo.
3. La expansión de las ciudades en un patrón de baja densidad, difusos y sin usos de suelo mixtos, que obligan a las personas a utilizar el automóvil para acceder a los bienes y servicios que requieren en su vida diaria.

4. Al crecimiento del parque vehicular, a reducidas opciones de transporte y a patrones de desarrollo urbano orientados al automóvil, que genera un ciclo de dependencia del uso del automóvil.

Este incremento del uso del automóvil ha generado diversas externalidades negativas que ponen en riesgo la viabilidad económica y ecológica de las ciudades y del país; destacan:

**En términos ambientales:**

- El 18 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub>e de México son generadas por los automóviles particulares, el cual le podría costar al país hasta el 6 por ciento del PIB si no se toman las medidas de prevención adecuadas (Galindo, 2009).
- El 95 por ciento del consumo de gasolina en México es destinado al autotransporte (Galindo, et al. 2008).
- A nivel urbano los vehículos son fuentes principales de contaminantes criterio. Se estima que contribuyen en promedio al 95 por ciento de las emisiones de CO, al 73 por ciento del NO<sub>x</sub> y al 15 por ciento de SO<sub>2</sub> (INE, 2009b).

**En términos económicos:**

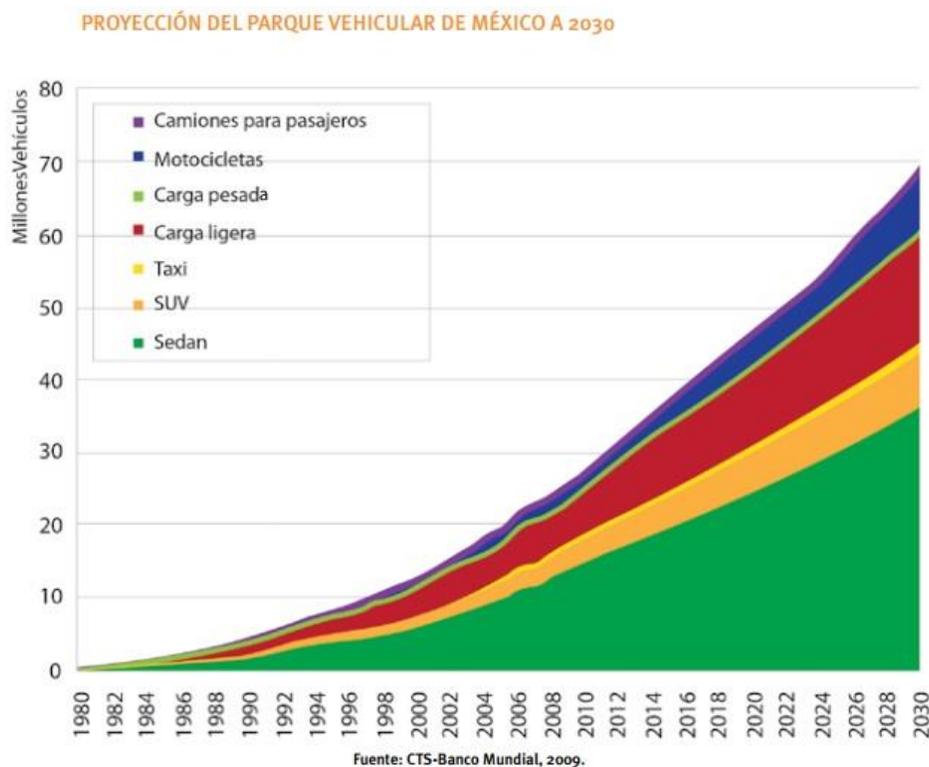
- En 2010 las importaciones de gasolina fueron de 148 mil 481 millones de pesos, equivalente al 28 por ciento de las exportaciones totales de petróleo del país.
- El subsidio regresivo de la gasolina fue de 76 mil 693 millones de pesos durante 2010 y se estima en 169.5 mil millones en 2011, montos superiores a todos los programas sociales del gobierno Federal.
- La tenencia recaudó 21 mil 067.9 millones de pesos en 2010, ingresos que perderá el erario público con el abandono de este impuesto.
- Se estima que las pérdidas anuales por congestión vial en México ascienden a 200 mil millones de pesos anuales (CTS, 2010).
- La Ciudad de México es señalada como la ciudad con mayor malestar causado por congestión vehicular en el mundo (IBM, 2011).

**En términos de salud:**

- En México más de 34 millones de personas están expuestas a mala calidad del aire, debido en su mayor parte a la contaminación generada por los automóviles (INE, 2011). Se estiman 14,734 muertes relacionadas con la mala calidad del aire en 2008 de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud.
- Anualmente mueren 24 mil personas a causa de los accidentes viales y más de 40 mil padecen alguna consecuencia negativa. Estos causan un gasto de 126 mil millones de pesos al año, lo que representa el 1.3 por ciento del PIB nacional (Secretaría de Salud 2008, y Cervantes, 2009).

Inclusive el crecimiento de la tasa de motorización actual en México es de 6.32 por ciento anual, mayor al crecimiento de la tasa de demográfica de 2.41 por ciento. Las estimaciones señalan que si esta tendencia continúa hacia 2030 podría tenerse una flota

vehicular de 70 millones de vehículos, compuestos principalmente de vehículos particulares y vehículos deportivos utilitarios. Esta situación se presenta sin que el país cuente con las mismas políticas de movilidad (facilidad de movimiento por cualquier medio de transporte) y de accesibilidad (facilidad de acceso a los bienes, servicios, actividades y destinos deseados) que diversos países desarrollados desplegaron a lo largo de décadas para enfrentar el uso masivo del automóvil.

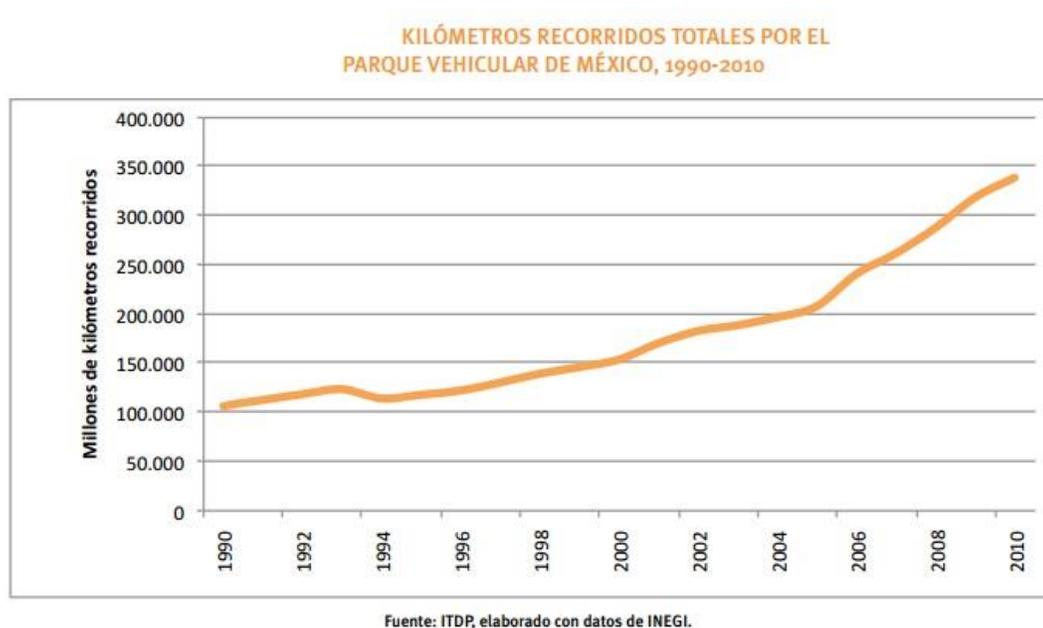


**Figura E19. Proyección del parque vehicular de México a 2030**

### Estimaciones del uso del automóvil en México

En México no se cuenta con estadísticas históricas oficiales de la intensidad del uso del automóvil medido como Kilómetros-Vehículo Recorridos (KVR), a nivel país, ni a nivel de las principales Zonas Metropolitanas o a niveles locales, tal como existen en otras naciones del mundo. No obstante, se ha logrado integrar información previamente dispersa o incompleta para obtener una primera aproximación de la intensidad del uso del auto en México y en sus urbes.

Utilizando datos del Instituto Nacional de Ecología (2010) se ha aproximado que el recorrido promedio de un vehículo privado a través de su vida útil es de 15,000 kilómetros anuales o 41 km diarios para 2005 en todo el país. . Esto significa un incremento de la intensidad de uso del automóvil particular en el país de más de tres veces en tan sólo dos décadas.

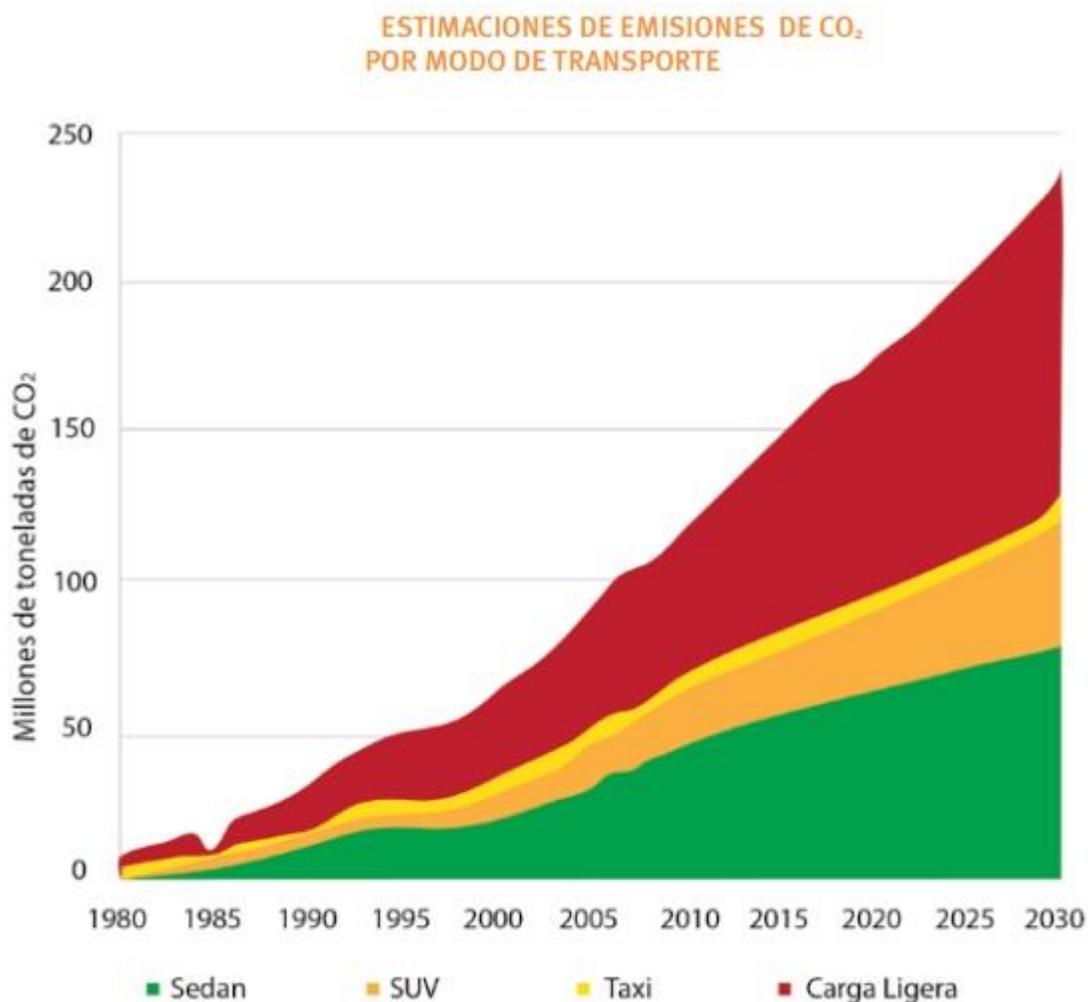


**Figura E20. Kilómetros recorridos totales por el parque vehicular de México, 1990-2010**

### **Impactos del uso excesivo del automóvil**

El incremento de la utilización del automóvil en México genera diversas externalidades asociadas a su uso, sobre el medio ambiente, sobre la economía, sobre la salud humana, sobre la estructura espacial de las ciudades y por ende se refleja en impactos a la sociedad. A continuación se exponen brevemente la situación para el país.

Los efectos en medio ambiente y recursos naturales a nivel global las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector transporte contribuyen directamente al fenómeno de calentamiento global, ya que se estima que en el 2007 el 23 por ciento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (relacionadas con el consumo de energía) provenían del sector transporte. De estas emisiones, el 45 por ciento provienen de vehículos para pasajeros y se espera que continúen siendo la fuente predominante de emisiones de CO<sub>2</sub> en el futuro. Las estimaciones señalan que los países subdesarrollados pasarán de contribuir con el 35 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el 2000 al 63 por ciento en el año 2030.



**Figura E21. Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> por modo de transporte**

La situación en México sigue esta misma tendencia mundial. El sector transporte es la segunda fuente de emisión de gases de efecto invernadero del país, contribuyó en 2006 con el 20 por ciento de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, correspondiendo un 93 por ciento a los vehículos automotores de pasajeros (INE, 2009a). El crecimiento acelerado de las emisiones de CO<sub>2e</sub> de este sector es alarmante. Entre 1990 y 2008, las emisiones relacionadas con el consumo de combustible del transporte se han incrementado 102 por ciento, convirtiéndose en el principal sector consumidor de energéticos de la nación (45 por ciento del total).

Estimaciones conservadoras señalan que sólo tomando en cuenta el incremento tendencial de los vehículos particulares de México, las emisiones del sector transporte pasarán de 67 millones de toneladas (Mt) de CO<sub>2</sub> en 2008 a más de 347 Mt CO<sub>2e</sub> en 2030, correspondiendo el 72 por ciento de las emisiones a vehículos privados (MEDEC, 2009).

El acelerado crecimiento de la flota de vehículos de pasajeros de México y su uso, también ha tenido impactos negativos para la economía del país, en específico en la balanza comercial debido a la importación de gasolina. En 2010 las importaciones de gasolina representaron 4 por ciento del total de las importaciones del país, por un monto de 11,992 millones de dólares (148,481 mil millones de pesos), siendo el principal producto importado de México. Esta cantidad representó el 28 por ciento de las exportaciones totales de petróleo del país.

Esta situación crea una fuente de fragilidad externa macroeconómica, al reducir la entrada de divisas externas y disminuir los ingresos del fiscales por la venta de petróleo. Del mismo modo, este incremento del consumo de gasolina ejerce presión sobre el fisco, debido al subsidio de la gasolina que generó erogaciones por 76 mil 693 millones de pesos durante 2010, y se estima en 169.5 mil millones para 2011, presión que es agravada por el abandono del impuesto a la tenencia de vehículos (que generó 21,067.9 millones de pesos en 2010).

Por otra parte, a nivel urbano, el mayor uso del automóvil ha derivado en un incremento del tráfico vehicular y con ello los tiempos de traslado. Esto repercute en grandes pérdidas de tiempo que a su vez se traducen en pérdidas económicas tanto de los individuos como de las ciudades. Esto erosiona las ventajas económicas y sociales de vivir en las urbes, limitando el crecimiento y desarrollo económico de las ciudades, y con ello reduciendo la calidad de vida de sus habitantes. El CTS (2010) estima que las pérdidas anuales por congestión en México ascienden a 200 mil millones de pesos anuales.

Datos recientes señalan que el tránsito generado por los automóviles en la Ciudad de México ha pasado de ser el segundo que mayor malestar causa a nivel mundial, en 2010, a ser la ciudad con mayor malestar causado por el tráfico en 2011 (IBM, 2010, 2011). Los mismos datos para 2010 señalan que existe una opinión mayoritaria entre los automovilistas de la Ciudad de México (63 por ciento) que cree que ha empeorado el tránsito en los últimos tres años y que existe un grave problema de arranque y detención del flujo del tránsito. Como consecuencias de esto, el 56 por ciento de los automovilistas han visto afectado su desempeño laboral o escolar debido al tránsito; el 42 por ciento ha cancelado sus viajes al trabajo por tránsito, mientras que el 43 por ciento considera que ha afectado su salud. El efecto del tránsito sobre el desempeño laboral es evidentemente negativo. Si los problemas de tránsito se redujeran drásticamente, el 25 por ciento de los automovilistas de la Ciudad de México escogerían trabajar más.



El índice está compuesto de 10 temas: 1) tiempo de traslado; 2) tiempo atrapado en el tránsito; 3) precio de la gasolina; 4) el tránsito se ha vuelto peor; 5) es un problema arranque-detención del tráfico; 6) conducir causa estrés; 7) conducir causa enojo; 8) el tránsito afecta el trabajo; 9) el tránsito es tan malo que se deja de conducir, y 10) se decide no viajar debido al tránsito. Fuente: IBM (2011).

**Figura E22. Índice de malestar por viajes traslado hogar-trabajo/estudio (2011)**

Es importante destacar que mientras en otras ciudades del mundo, gran parte de la población se traslada a su trabajo o lugar de estudio mayoritariamente en automóvil no presentan índices tan altos de malestar por tránsito. En cambio, en la Ciudad de México sólo el 20 por ciento de los viajes se realizan mediante automóvil y, junto con Beijing, es la ciudad en que más malestar causa el congestionamiento vial a nivel mundial. Esta situación podría alcanzar niveles graves si se incrementa el uso del automóvil y desplaza el uso de otros medios de transporte, lo que podría generar enormes pérdidas económicas para la ciudad y el país.

Como resultado del incremento del uso del automóvil en las últimas dos décadas, existe una mayor fragilidad externa, reducción de los ingresos públicos, incremento de la desigualdad social y pérdida de ventajas económicas en las ciudades debido al incremento de los tiempos de traslado. Esto genera una mayor dependencia energética exterior, lo que podría ser materia de seguridad nacional.

**CUADRO 7: ESTIMACIÓN DE EXTERNALIDADES ASOCIADAS AL USO DEL AUTOMÓVIL EN ZONAS METROPOLITANAS SELECTAS DE MÉXICO, 2009 (millones de pesos)**

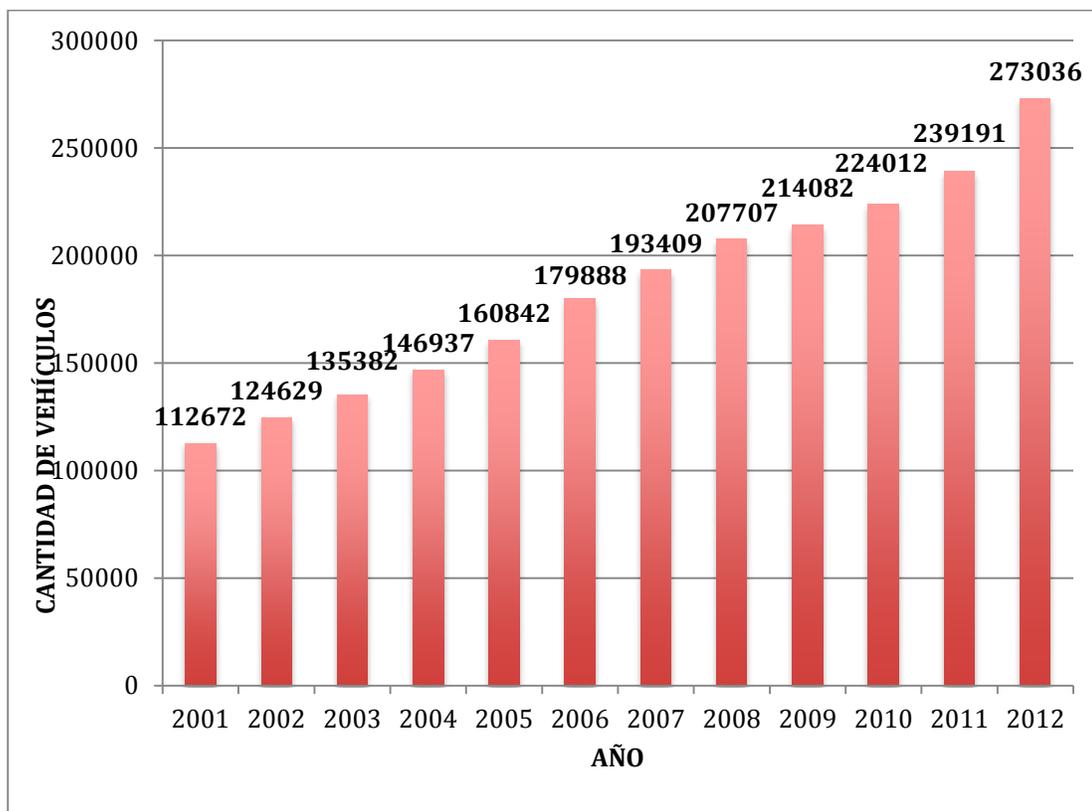
ZONA METROPOLITANA	CONTAMINACIÓN LOCAL	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONGESTIÓN	RUIDO	TOTAL
Valle de México	14,396	6,718	10,332	82,163	8,320	21,930
Monterrey	2,282	1,065	5,843	11,485	1,319	21,994
Guadalajara	2,795	1,304	4,970	10,635	1,615	21,319
Puebla-Tlaxcala	996	465	1,317	1,894	575	5,247
León	506	236	1,250	321	293	2,606
<b>TOTAL</b>	<b>20,975</b>	<b>9,787</b>	<b>23,712</b>	<b>106,498</b>	<b>12,123</b>	<b>173,095</b>

Fuente: ITDP, elaborado con datos de INEGI, Maibach et al. (2010), IMT-STC y ICCT.

**Figura E23. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas metropolitanas selectas de México, 2009 (millones de pesos)**

#### m) Transporte en Colima

En el estado de Colima, del año 2001 a 2012 el número de vehículos registrados (automóviles, camiones para pasajeros, camiones de carga y motocicletas) en circulación incrementó de 112 mil 672 unidades a 273 mil 036 unidades, equivalente a 142 por ciento (INEGI, 2012).



**Figura E24. Gráfica de Vehículos de motor registrados en circulación en el estado de Colima, 2001-2012**

El reciente estudio de Álvarez (2014) llevado a cabo en los diez municipios del estado de Colima, detectó que en la entidad circulan 19.47 por ciento más automóviles a los registrados en el padrón estatal. Se trata de vehículos principalmente de Jalisco, Michoacán, extranjeros y sin placas.

**Tabla E19. Porcentaje total de automóviles no registrados en el padrón vehicular por municipio, 2013**

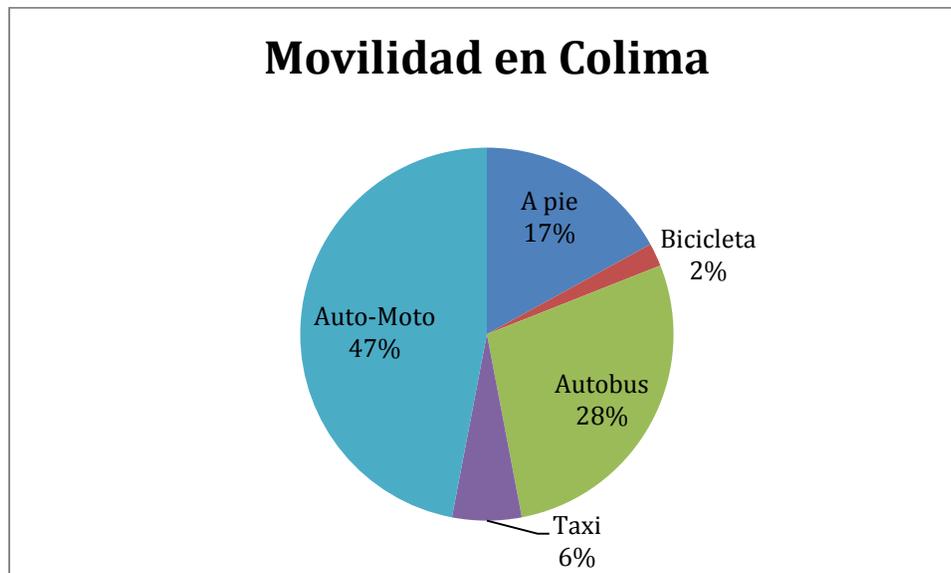
PORCENTAJE TOTAL DE AUTOMÓVILES NO REGISTRADOS EN EL PADRÓN VEHÍCULAR POR MUNICIPIO, 2013	
MUNICIPIO	PORCENTAJE
Colima	14.33%
Villa de Álvarez	19.04%
Coquimatlán	13.44%
Cuauhtémoc	16.61%
Manzanillo	27.27%
Comala	18.00%
Armería	27.80%
Tecomán	21.30%
Minatitlán	23.00%
Ixtlahuacán	13.88%
PROMEDIO	<b>19.47%</b>

*Fuente: (Álvarez, 2014)*

En el año 2012, INEGI registró un total de 273 mil 036 en Colima. Sumando a esta cifra el porcentaje de 19.5 de vehículos foráneos, se estima una circulación de 327 mil 643 vehículos en toda la entidad, equivalente a un automóvil por cada dos habitantes de Colima. De la misma manera, cabe destacar que mientras en los últimos diez años la población del estado creció 3.6 por ciento, la cantidad de vehículos registrados incrementó 14%, lo cual de acuerdo al Plan de Manejo de la Zona Centro de la Ciudad de Colima (IPCO, 2013), lo ve reflejado la población como una reducción paulatina de la vegetación en las calles con el objetivo de dotar a las vialidades de mayor capacidad ha incentivado el uso de vehículos.

Lo anterior ha generado una saturación de vehículos en algunas calles del centro y avenidas principalmente, aunado a la deficiencia del sistema de transporte público.

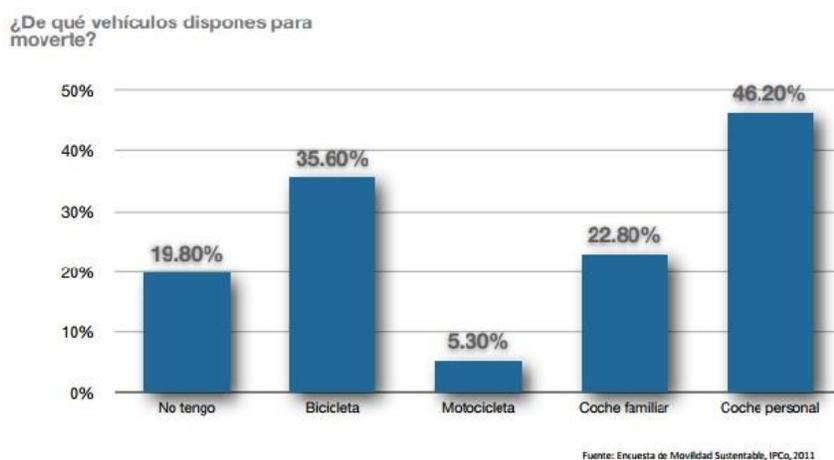
El estado de Colima crece de forma periférica, bajo un enfoque que privilegia el automóvil particular, demeritando el uso de los espacios públicos para otro tipo de transporte. Una bicicleta ocupa el 5 por ciento del espacio de un coche en movimiento, mientras que un autobús articulado puede sustituir a 100 coches utilizando mucho menos espacio (Delgado, 2012).



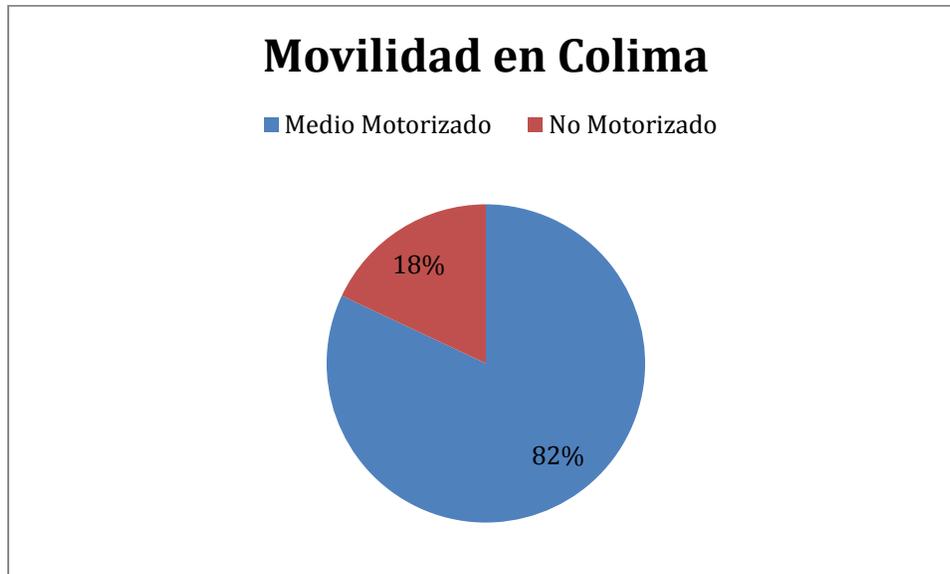
**Figura E25. Gráfica de Movilidad en Colima.** Fuente: Encuesta de Movilidad Sustentable, IPCo, 2011

En la zona centro de Colima, el vehículo que los ciudadanos tienen más es el coche (67%) ya sea personal o familiar, mientras que 36.5 por ciento tiene bicicleta (IPCO, 2011). Es decir que existe un uso y tendencia hacia automóvil privado, lo que genera mayores problemas al ambiente al ambiente pues con el aumento de la densidad de vehicular se incrementan las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI).

El porcentaje de ciudadanos que disponen de una bicicleta representa una cantidad de ciclistas potenciales importante que podrían ser los futuros usuarios de una red de movilidad ciclista en la zona centro, considera el IPCO. A lo anterior se añade un 20 por ciento de personas que no tiene vehículos que camina o se desplaza en camión.



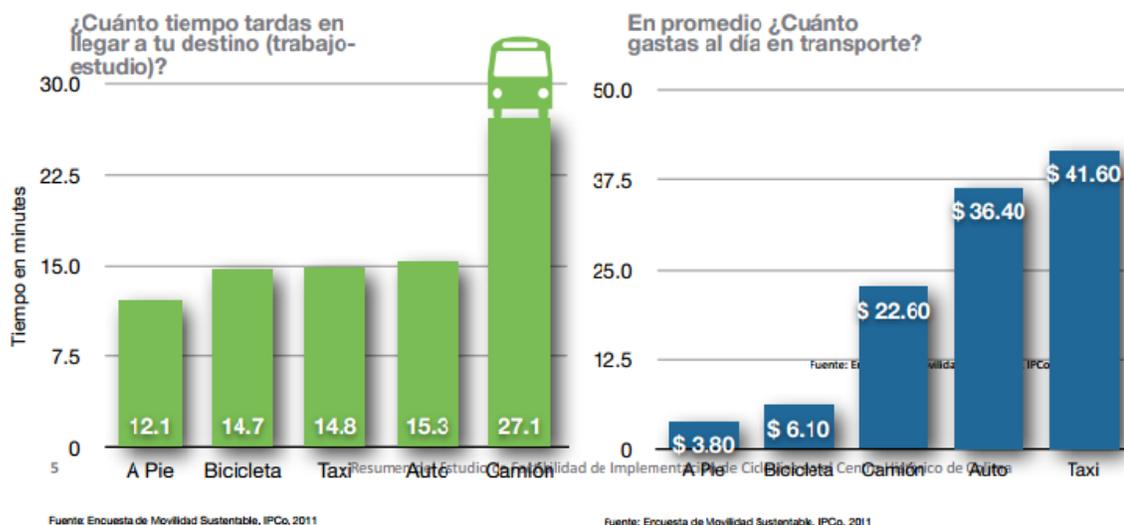
**Figura E26. Resultados de encuesta de Movilidad sustentable a la pregunta “¿De qué vehículos dispones para moverte?”**



**Figura E27. Resultados de encuesta de movilidad sustentable con respecto a medios motorizados o no motorizados.** Fuente: Encuesta de Movilidad Sustentable, IPCo, 2011

La movilidad es una de las principales necesidades colectivas de cualquier ciudad y a su vez, es una condición inherente para el desarrollo urbano de las ciudades. El tiempo que emplean transportándose es conocido como “tiempo muerto”.

Según datos del IPCO (2011), en la zona centro de Colima el menor tiempo de traslado se da a pie y bicicleta con 12.1 y 14.7 minutos respectivamente, mientras en automóvil el tiempo muerto es 15.3 minutos y 27.1 minutos.



**Figura E28. Resultados de la encuesta de movilidad sustentable a las preguntas “¿Cuánto tiempo tardas en llegar a tu destino (trabajo-estudio)?” y “En promedio ¿Cuánto gastas al día en transporte?”**

Estos datos ilustran la ineficiencia en el servicio de transporte público colectivo –agrega el estudio– porque no hay horarios, los usuarios tienen que permanecer esperando mucho tiempo en las paradas y los vehículos del transporte público avanzan despacio por la ciudad. En general los tiempos de recorrido aumentan conforme el nivel de ingreso se reduce, es decir, los que menos ganan invierten más tiempo en el transporte público, según Delgado (2012).

En ese sentido, el IPCO considera que “la configuración actual del transporte privilegia a los usuarios de altos ingresos sobre los usuarios de bajos ingresos (porque) la diferencia en precios revela el costo que tiene que pagar la gente de la ciudad por no existir una infraestructura adecuada para la movilidad ciclista, ni una organización eficiente del transporte público”. Es decir, la gente que tiene la opción busca y prefiere moverse en automóviles particulares y taxis, y la que no tiene opción se debe conformar con el uso del ineficiente transporte público. (IPCO, 2011).

Actualmente en la zona conurbada Colima-Villa de Álvarez circulan 26 rutas con 163 unidades, además de una unidad que se desplaza a Carmona, las cuales son administradas por dos empresas concesionarias: SOCACOVA y SINTRA. Un problema para los transportistas es la subutilización de las unidades en tarifas normales, por lo que la tarifa de transporte resulta no redituable, y se teme que en el futuro estas empresas “quiebren”. El IPCO señala que esto se ve reflejado en un transporte público no reglamentado, sin organización, con falta de información en cuanto a horarios y la deficiencia en el servicio.

El sistema de transporte público debe permitir la diversificación y la accesibilidad de todos los sectores de la población a los distintos destinos de servicios de la ciudad.

Este sistema debe ser eficaz y eficiente disminuyendo el impacto ambiental tanto de contaminantes a la atmósfera como de los niveles de ruido. En ese sentido, debe reducirse el actual número de autos particulares per cápita en la ZM debido a las consecuencias de salud y ambientales, relacionadas principalmente con la calidad del aire y el estrés.

La flota de camiones que brindan actualmente el servicio de transporte público en la ZM de Colima tiene aproximadamente 20 años sin renovarse, por lo que no solamente no son confortables para el pasajero sino que también emiten una gran cantidad de gases contaminantes (IPCO, 2010). Es necesaria la adquisición de nuevas unidades de transporte que brinden mayor confianza y seguridad al pasajero, una mejor imagen al paisaje urbano aunado a una mejor calidad del aire y menores niveles de ruido.

El transporte público debe tener prioridad sobre el automóvil privado, por lo que se plantea la necesidad de establecer un carril exclusivo para su circulación en las principales avenidas, haciendo de esta manera más eficientes sus trayectos y por lo tanto más rápidos. Del mismo modo, el IPCO (2010) propone mayor capacitación a los conductores del transporte público, “quienes han sido estigmatizados por la sociedad civil, como poco profesionales y mal educados con los pasajeros, peatones y demás conductores”. En este tenor se sugieren cursos de capacitación y talleres, así como exámenes de manejo

periódicos para evaluar su desempeño así como revisar si cuentan con las condiciones laborales óptimas para la actividad que realizan. También es necesario modificar la señalización vial que especifica la ubicación de los parabuses y colocar en éstos información sobre los destinos y horarios de las rutas.

En cuanto a las vialidades, se plantea que se hagan adecuaciones para poder implementar el modelo de movilidad y transporte sustentable como: rampas y banquetas más anchas, puentes peatonales en los cruceros con mayor congestión automotriz, ciclovías que conecten toda la zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez, de norte a sur y de oriente a poniente. De igual modo se sugiere crear senderos peatonales con árboles en las avenidas principales para promover la movilidad peatonal, lo que permitiría embellecerlas y colocar bancas para el descanso y la socialización, así como la remodelación del primer cuadro de los centros históricos de los municipios que integran la ZM para hacerlos totalmente peatonales.

Según el estudio de Orozco Fuentes (2011), la Zona Metropolitana de Colima no cumple con los tres principios que sirven como indicadores para la sustentabilidad urbana: la peatonalización, la conectividad urbana y la planeación territorial. Bajo el principio de peatonalización de las ciudades se destaca que en la ZM de Colima no existen suficientes calles exclusivas para el peatón. De la misma manera, el diseño vial está completamente orientado al automóvil; no se da prioridad ni promueve un respeto al tránsito peatonal, lo que hace insegura su movilidad en la ciudad.

En lo concerniente a la conectividad urbana, Orozco Fuentes (2011) determinó que es cada vez más complicado el traslado de un extremo de la ZM de Colima al otro pues se genera alto tránsito vehicular en horas específicas del día en las principales vialidades, lo que propicia que la comunicación en la ciudad no sea rápida y fluida.

Las vialidades con mayor congestión vehicular son: Av. Felipe Sevilla del Rio, Av. San Fernando, Av. Constitución, Av. Benito Juárez y Paseo Miguel de la Madrid (Tercer Anillo Periférico), algunas de ellas siendo ampliadas a tres carriles de circulación, pero sin atender la promoción de un transporte público sustentable.

Para lograr un modelo de movilidad y transporte sustentable es necesario planear a detalle el crecimiento y la expansión de la ZM con base en indicadores que muestren la transversalidad ambiental. Autores Pardo (2005) y Figueroa (2005) señalan que mientras más expansión y menos densidad haya en una ciudad, mayor será la dependencia de los ciudadanos al automóvil, ya que las distancias a recorrer serán más largas. Por consiguiente, las autoridades de la ZM de Colima deben planear cuidadosamente la urbanización, respetar los límites planteados y no permitir el cambio de uso de suelo para la construcción de fraccionamientos o condominios alejados de los centros de trabajo, comercio y/o entretenimiento ya existentes.

Asimismo, debe promoverse la densificación urbana que permita la mezcla y combinación de usos de suelo, sobre todo en los corredores de transporte o avenidas de la ZM de Colima.

Algunas de las problemáticas relacionadas al alto uso del automóvil son los accidentes de tránsito, la obesidad, uso de espacios urbanos y tiempos de recorrido. La Organización Mundial de la Salud (OMS), basada en cifras del INEGI, estimó que durante el año 2006 se registraron en México 22 mil 103 decesos por accidentes de tránsito, equivalente a 20.7 muertos por cada 100 mil habitantes. Esta es la tercera peor tasa de América Latina y la primera causa de mortalidad por causa externa en el país. En el mismo año hubo 603 mil 541 heridos por lesiones derivadas de accidentes de tránsito.

En el caso de Colima, en el año 2011, se situó en el noveno lugar a nivel nacional en la tasa de mortalidad por accidentes de tránsito, con costos de alrededor de 710 millones 655 mil 955 pesos (Consejo Nacional para la Prevención de Accidentes, 2012). Los cuatro municipios donde se concentró la mayor tasa de mortalidad fueron Colima con 43 por ciento, Manzanillo con 26 por ciento, Villa de Álvarez con 15 por ciento y Tecomán con 9 por ciento.

Actualmente, 70 por ciento de los mexicanos tiene sobrepeso, lo que coloca al país como el de mayor población obesa en el mundo (FAO, 2013), generada no sólo por una inadecuada alimentación, sino por estilos de vida cada vez más sedentarios, basados más en el uso indiscriminado de vehículos motorizado y la falta de ejercicio.

De acuerdo a los resultados de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (2012), en Colima el sobrepeso afecta a 7 de cada diez hombres y mujeres mayores de 20 años de edad

### **3. Recomendaciones Sector Energía y Transporte:**

---

Como resultado del Inventario en GEI, el mayor sector emisor es el eléctrico en el estado, debido a la Planta Termoeléctrica Manzanillo. Sin embargo, para fines de implementación del PEACC, poca influencia puede tener el gobierno estatal ante un proyecto federal. Asimismo, poco puede intervenir en este proyecto en cuanto a reducción de GEI por ser un abastecedor de electricidad de 10 estados de la región.

Por lo anterior, el presente análisis diagnóstico, propone propuestas alternativas de generación de energía eléctrica, que no solamente pueden ser integradas a la red eléctrica, sino que al paso del tiempo, podrían ser futuros recursos energéticos endógenos que provean enteramente a la región centro occidental de electricidad. Por ello, el PEACC deberá enfocarse en el sector eléctrico, en ser un estado que promueva el uso de energías renovables que han sido ya evaluadas en su potencial (eólico y solar) y que presentan la oportunidad de sustituir el uso de combustibles fósiles en la región, promoviendo a su vez, la reducción paulatina de GEI. Las siguientes aseveraciones, respaldan el argumento anterior y a su vez, proponen:

- 1) El estado de Colima es uno de los mayores contribuyentes de GEI en la República Mexicana, debido a la generación de energía eléctrica y al sector transporte (planta termoeléctrica, puerto, aeropuertos, sector autotransporte). Por ello, ha sido del interés del Gobierno estatal, el uso de Fuentes de Energía Renovables, y considerando este interés, para tal fin, debe cumplirse una etapa intermedia que es la creación y diseño de una estrategia de uso eficiente de la energía, que incluya el llevar a cabo la identificación y el diagnóstico de los consumidores mayores, intermedios y menores, así como de los sectores provenientes; lo cual permitirá generar una fuente alternativa de energía, que incidirá indirectamente en la reducción de GEI. Ésta ya ha sido planteada en la Agenda Estratégica de proyectos CONACYT-Gobierno del Estado y ha quedado posicionada en el primer lugar del listado de proyectos propuestos. Asimismo, debe iniciarse un programa estatal de educación y comunicación ambiental, que modifique los actuales paradigmas en el uso de la energía eléctrica, promoviendo un uso responsable que no solo disminuya el uso de combustibles fósiles, y el costo de compra de dicho servicio, sino que a su vez, transforme a nuestro estado en un estado líder en el uso de energías limpias y disminuya la emisión de GEI.
- 2) El Gobierno del Estado ha mostrado el deseo y la intención de promover proyectos de energías renovables (*v.gr.* Solares, eólicos y de biomasa), por ende, el presente análisis incluye los datos resultantes de la evaluación de los recursos energéticos solares (con un potencial en rango de promedios anuales, que van desde 256 hasta 269  $W m^{-2}$ . El promedio anual más alto corresponde al sitio de la subestación Colima II. Los promedios mensuales llegan a sus máximos durante el mes de abril. (Arfeuille, 2014). Se anexará propuesta en el PEACC. Combinar lo fotovoltaico (termosolar) y lo eólico puede permitir una producción eléctrica las 24 horas de manera sostenible.
- 3) Con un promedio anual de 263  $W m^{-2}$ , Colima llega a tener un promedio equivalente de radiación solar de 6.31  $kWh m^{-2}$  por día. Este valor se encuentra superior al promedio nacional, que está cerca de los 5  $kWh m^{-2}$  por día; de acuerdo a los estudios llevados a cabo por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE). El valor de la radiación solar global en la superficie en Colima corresponde a 64.6 MWh por hectárea por día.
- 4) El promedio nacional de insolación es 5.2  $kWh m^{-2}$  por día (fuente IIE), y el hecho que se encontró un promedio de insolación de 6.4  $kWh m^{-2}$  por día en Colima durante este periodo, hace muy viable cualquier proyecto de generación solar en Colima. Esto representa un total de insolación de 64 GWh por hectárea por día.
- 5) El presente análisis incluye también los datos resultantes de la evaluación del recurso energético eólicos, el cual varía desde los 5 hasta los 9 m/s, pudiéndose

llegar a ser hasta de más de 13m/s por arriba de los 100 metros de altura. (Arfeuille, 2014). Se anexará en la propuesta de PEACC.

En cuanto a las propuestas que genera el presente análisis, el sector de Transporte es un tema que se debe de analizar y en el que hay que trabajar de forma integral. No es posible trabajar en el combate contra el cambio climático sin pensar en el transporte. Se trata del sector de más grande y de mayor crecimiento en el mundo en términos de consumo de energía y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI); el uso de energía por parte del sector transporte en México más que se cuadruplicó entre 1973 y 2006. Asimismo, es necesario que los gobiernos locales se hagan de recursos para proyectos de transporte urbano, en ese sentido, la Conferencia Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático en su edición número 16 (mejor conocida como COP 16) mencionó la necesidad de explorar esquemas para que las ciudades inviertan en planes adecuados de transporte y movilidad urbana.

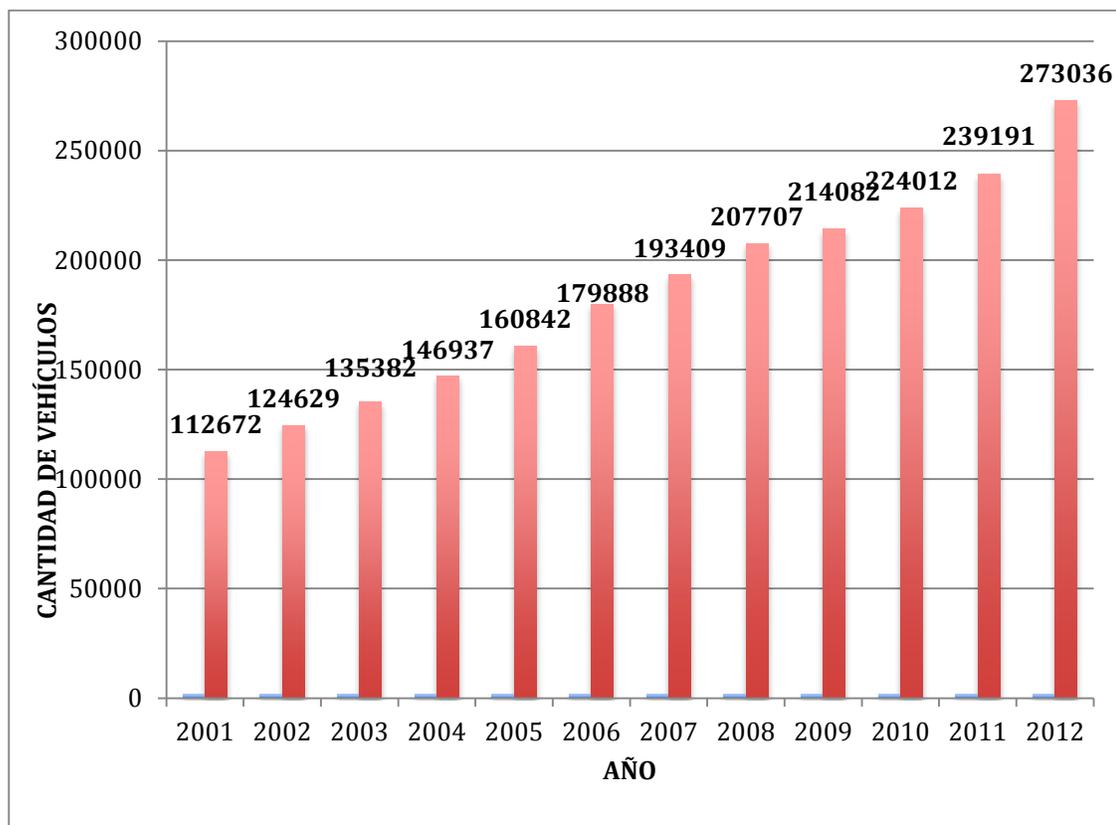
Con base en el Inventario de GEI, el sector transporte es el segundo sector responsable de GEI en el estado de Colima. En este sentido, el Gobierno del Estado sí puede incidir en el mismo, y para tal fin se hizo un análisis exhaustivo del mismo; considerando los resultados del análisis de estudios previos que se han llevado a cabo y dos más que fueron llevados a cabo como parte de un proyecto FORDECYT:

- 1) Implementación de tres talleres multisectoriales (gobierno, academia, sector transporte, entre otros) para identificar la problemática y diseñar propuestas que puedan dar cabida a la implementación de una política de transporte y movilidad urbana más responsable con el Medio Ambiente.
- 2) Cuantificación del parque vehicular que circula en el estado de Colima y que no se encuentra dentro del registro vehicular estatal.

Al igual que la mayoría de las ciudades occidentales, Colima creció bajo el modelo hegemónico urbano: cuanto mayor, mejor (Capel, 2009). El mismo IPCo señaló que a partir de ahí la planeación falló: “El segundo anillo y tercer anillo periférico constan de una urbanización reciente y poco planeada”. Este modelo da prioridad a zonas habitacionales y al negocio privado sobre el bien común, según Lowy (2012). Actualmente en Colima, desplazarse a la escuela o al trabajo en camión urbano toma casi el doble de tiempo que hacerlo en automóvil privado. En el primer caso, se requieren 27.1 minutos para llegar al destino, mientras que en el segundo se requieren 15.3.

El modelo de construcción de las ciudades denominado *Urban Sprawl* o dispersión de la urbanización (Arellano, *et al.*, 2009) se enfoca en crecer la ciudad hacia la periferia, arrasando con áreas verdes de la zona dando lugar a lo que se conoce como islas de calor (Sarricolea, 2011). Lo anterior es alentado por el parque vehicular de la zona que, debido a su alta densidad, genera la necesidad de mayores espacios, y a su vez, mayores emisiones de gases de efecto invernadero.

En el estado de Colima, del año 2001 al 2012, el número de vehículos registrados (automóviles, camiones para pasajeros, camiones de carga y motocicletas) en circulación pasó de 112 mil 672 a 273 mil 036, es decir, el crecimiento fue de 142 por ciento en el mencionado periodo.



**Figura E29. Vehículos de motor registrados en circulación en el estado de Colima, 2001-2012.** FUENTE: INEGI (2010). *Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.*

Ante tal incremento de los automotores resulta preocupante, ya que Colima es el segundo estado con menor territorio de la República Mexicana con una superficie de 5 mil 625 kilómetros cuadrados, apenas superando por 9 kilómetros cuadrados al estado de Aguascalientes que cuenta con una alta densidad vehicular lo que genera problemas sociales, ambientales y económicos en deterioro de la calidad de vida.

De acuerdo con el reciente Plan de Manejo de la Zona Centro de la Ciudad de Colima, la población percibe que la reducción paulatina de la vegetación en las calles con el objetivo de dotar a las vialidades de mayor capacidad, ha incentivado el uso de vehículos (IPCO, 2013). Ello ocasiona saturación de vehículos en algunas calles del centro y avenidas principalmente, además del inoperante sistema de transporte público que deja mucho que desear en eficiencia. Por ello, es importante estudiar la correlación existente entre el incremento vehicular y el aumento de su uso en el estado con el cambio climático, con la

finalidad de conocer las aristas del problema y brindar propuestas para actuar ante el problema. La presencia de un número alto de automóviles no sólo incrementa la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera sino que el modelo actual de movilidad genera otras externalidades negativas como: accidentes de tránsito, obesidad, uso de espacio y tiempos de recorrido.

La zona conurbada de Colima-Villa de Álvarez se sitúa en el tercer sitio mundial (detrás de Londres y Los Ángeles) al registrar 2.4 habitantes por cada vehículo en el año 2011. En febrero de 2014 José Ramón Valdovinos Anguiano, director de Tránsito y Vialidad de la capital, declaró que al cierre de 2013 el municipio de Colima exclusivamente tenía un registro de 1.8 habitantes por cada vehículo.

Es importante mencionar que el estado de Colima cuenta con una tasa de crecimiento poblacional de 2.8 por ciento anual, 1 por ciento arriba que la media nacional que es de 1.8 por ciento (INEGI, 2011). De 2000 a 2010, el crecimiento poblacional de la entidad fue de 3.6 por ciento (de 542 mil habitantes a 650 mil); un enorme contraste con el crecimiento vehicular que fue de 142 por ciento entre 2001 y 2012.

Tomando en cuenta los datos del INEGI con los vehículos de motor registrados en circulación en 2012 arroja 273 mil 036, después de realizar las observaciones correspondientes se detectó que circulan 19.5 por ciento de vehículos en la entidad lo que al sumarlo nos hablaría de un total de 327 mil 643 vehículos en circulación en el estado. Es decir que en el estado de Colima existe un automóvil por cada dos habitantes.

Cabe destacar que mientras en los últimos diez años la población creció 3.6 por ciento, la cantidad de vehículos incrementó en 142 por ciento. Dicho dato resulta alarmante pues Colima siendo un estado pequeño tiene una alta densidad vehicular, de seguir dicha tendencia, pronto no se podrá conducir en las calles de la zona metropolitana. A su vez generará problemas viales, en una ciudad que crece sin planeación, generando mayor contaminación, caos vial. Todo esto sin el interés en desarrollar un sistema de transporte sustentable.

Por ello y con base en los tres talleres que se realizaron, con la participación multisectorial de actores clave en este sector, se presenta en la siguiente tabla, un resumen del análisis diagnóstico propuesto por los mismos, así como propuestas alternativas que pueden resolver la situación actual, y organismos involucrados en la resolución de la compleja problemática.

Problemática Identificada	Propuesta de Solución	Organismo o Institución que puede implementarla
<p>No existen sistemas de transporte que respondan a la dinámica de origen y destino</p>	<p><b>PROPUESTA</b></p> <p>Modificación a la legislación en materia de asentamientos humanos incluyendo al transporte como parte de la política de desarrollo urbano.</p> <p>Modificación a la legislación en materia de transporte que incluye la movilidad integral y la promoción de concesiones a personas morales (Nota: modificar el esquema hombre camión)</p> <p>Creación de Organismos especializados en la planeación, gestión, creación, operación y monitoréo del transporte.</p> <p><b>DIAGNÓSTICO</b></p> <p>Existe una "Ley de Movilidad" que no considera los medios alternativos de transporte</p> <p>(Aplicación del marco jurídico-legal para normar los desarrolladores urbanos dispongan o consideren espacios, equipamiento para el fortalecimiento del transporte alternativo, no recibir desarrollos urbanos si no cumplen los requisitos)</p>	<p>Congreso del Estado, SEDUR, La Dirección General de Transporte y Seguridad Vial, Direcciones Municipales de Desarrollo Urbano (Como referencia está el Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2014-2018)</p>
<p>El servicio de transporte público es deficiente tardado y no planificado</p>	<p>Renovar el parque vehicular de las unidades de transporte público</p> <p>Uno de los pilares de la sustentabilidad es el factor social y el no brindar un transporte de calidad implica no poder alcanzar sustentabilidad en el sector</p> <p>Identificación y gestión de Fondos Federales e Internacionales para inversión en el Transporte Público.</p> <p>Dar seguimiento mediante GPS a las unidades para contar con tiempos lo más precisos de llegada</p>	<p>Dirección de Transporte del Edo.</p> <p>Secretaría de Finanzas, Dirección de Transporte</p> <p>Fondos: FONADIN, POTRAN, CAF- Andino, BID, Banco Mundial, Cooperaciones internacionales Alemana y Japonesa.</p>
<p>Falta de un sistema de movilidad con transporte alternativo</p>	<p>Promover el transporte alternativo como medida para incentivar la diversificación.</p> <p>Creación de Infraestructura que sostenga este tipo de movilidad.</p>	<p>Gobierno del Estado, (IMADES, SEDUR, etc.), Gobiernos Municipales (Desarrollo Urbano e Institutos de Planeación).</p>
<p>El volumen de transporte de carga enviado por puerto y carreteras saturadas</p>	<p>Regular el número de transporte de carga que circula del puerto hacia el norte, obligarlos a viajar carril derecho y a transitar por la carretera de cuota</p> <p>Incentivar el uso del ferrocarril para el transporte de carga que llega o sale del Puerto de Manzanillo</p>	<p>Gobierno del Estado, Federal de Caminos, SCT</p> <p>Como referencia está el Programa Nacional de Infraestructura 2014-2018)</p>
<p>Deficiencia del marco institucional</p>	<p><b>PROPUESTA</b></p> <p>Modificar el marco institucional para considerar a los municipios en materia de transporte (facultades –responsabilidades).</p>	<p>Congreso del Estado, Dirección de Transporte, IMADES, Gobiernos Municipales.</p>

	<p>Delimitar los alcances en materia de verificación vehicular, entre el estado y municipios.</p> <p><b>DIAGNÓSTICO</b></p> <p>No le da facultades a los municipios en materia de transporte</p> <p>Los planes se aplican de manera parcial o no existe el marco legal para hacerlo cumplir</p>	
<p>Crecimiento Disperso y desconectado de la ciudad, Estructura vial urbana inconclusa, deteriorada y con falta de capacidad vial.</p>	<p><b>PROPUESTA</b></p> <p>Análisis y replanteamiento del modelo de desarrollo urbano, a partri de los retos que plantean la condición actual de las ciudades del estado de Colima, con el criterio de accesibilidad universal. (Incluir en el proceso la participación social).</p> <p>Nota: actualmente en la Zona Metropolitana de Colima y Villa de Álvarez se cuenta en la Estudio de Movilidad, Plan Estratégico de Ciudad</p> <p><b>DIAGNÓSTICO</b></p> <p>Desarrollo habitacionales que no consideran circuitos viales para los sistemas de transportes (pasajeros, carga, servicios públicos)</p>	<p>SEDUR, Municipios, Institutos de Planeación, Sociedad Organizada. Gobiernos Municipales, Desarrollo Urbano, Institutos de Planeación</p>
<p>Falta de infraestructura adecuada para el transporte no motorizado</p>	<p><b>PROPUESTA</b></p> <p>Promover la planeación, gestión, diseño y construcción de redes peatonales y ciclistas.</p> <p><b>DIAGNÓSTICO</b></p> <p>Desinterés, incertidumbre, resistencia de los desarrolladores urbanos para invertir en acciones u obras que no tendrán continuidad al inmediato o largo plazo</p>	<p>Gobiernos Municipales, Desarrollo Urbano, Institutos de Planeación</p>
<p>Emisión de GEI's</p>	<p>Creación de un Observatorio Ambiental, con la capacidad para evaluar y emitir observaciones, que permitan el control, creación y aplicación de políticas públicas por la institución correspondiente.</p> <p>Creación de un Sistema de Monitoreo Estatal de los GEI's</p> <p>Generar un sistema de verificación vehicular estatal (Obligar a los automotores a realizar sus respectivas afinaciones para mejorar la calidad del aire)</p>	<p>IMADES, Dirección de Transporte</p>
<p>Inversión baja en tecnologías de bajos contaminantes</p>	<p>Crear incentivos para la adquisición de vehículos bajos en emisiones de G.E.I</p> <p>Promoción al uso de tecnologías limpias en los sistemas de movilidad (uso de gas natural, sistemas públicos de bicicletas, etc.)</p>	<p>Gobierno del Estado (Secretaría de Finanzas, Secretaría de Fomento Económico, SEDUR), Gobiernos Municipales, Instituciones Académicas e Iniciativa Privada.</p>

Lo anterior requerirá de los esfuerzos multisectoriales, del diseño y actualización de las políticas públicas, del apoyo de fondos nacionales e internacionales, en vías de diseñar de manera participativa una estrategia enfocada a crear un Programa Estatal de Transporte Sustentable.

La reciente aprobación de la Ley General de Cambio Climático (LGCC) obliga a gobierno, sector privado, academia y sociedad civil a trabajar de manera conjunta para hacer frente a este problema global que, de no atenderse, implicará para México severos costos ambientales, sociales y económicos. Para que México, y en este caso particular Colima, contribuya a lograr el 30% de reducción de emisiones de GEI en 2030, debe reorientar una gran parte del gasto público hacia la implementación de Sistemas Integrados de Transporte, considerando al peatón y a la bicicleta como parte fundamental de la cadena de movilidad. Igualmente, debe considerarse la implementación de sistemas de parquímetros, políticas de traficación vial, fomento al uso de automóvil compartido, etc. Asimismo, seguir destinando en promedio sólo el 3% de los recursos federales en movilidad para la seguridad peatonal, y menos del 1% en infraestructura ciclista, es, sin duda, un camino que nos conduce a la inequidad y a ciudades poco sostenibles en el futuro.

# PROCESOS INDUSTRIALES

Dr. Rogelio Félix

Colaboradora: Lic. Laura Sánchez Sevilla

## FUENTES FIJAS

---

En el transcurso de esta investigación, dedicada exclusivamente al componente industrias del Estado de Colima, se utilizó el crecimiento de la producción histórica de las diversas categorías o en unidades energéticas, dependiendo de la rama industrial o del tipo de producto, es así que con el trabajo del equipo encargado para esta labor concluimos con los objetivos planteados, para iniciar con este apartado es necesario considerar que las fuentes fijas que emiten emisiones de gases de efecto invernadero son las plantas industriales (manufactureras o de producción) que generan emisiones desde equipos estacionarios a través de chimeneas o ductos de venteo, o bien desde fuentes fugitivas no confinadas.

De acuerdo a lo anterior, el presente apartado comprende las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los procesos industriales, por el uso de gases de efecto invernadero en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles de acuerdo a las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) 2006 y a la información disponible del estado de Colima, así mismo se incluye la estimación de emisiones provenientes de establecimientos industriales de jurisdicción estatal y federal que cuentan con Licencia Ambiental de Funcionamiento, Licencia de Funcionamiento o Licencia Ambiental Única (SEMARNAT-INE, 1999). Para este caso, las fuentes fijas de jurisdicción estatal corresponden a los establecimientos industriales cuyos equipos u operaciones están sujetos a alguna de las principales normas oficiales mexicanas de emisiones, por ejemplo la NOM-085-SEMARNAT-1994 para equipo de combustión (Sobre todo calderas industriales) y la NOM-043-SEMARNAT-1993 para emisiones de partículas (SEMARNAT-INE, 1999).

Los datos que se presentan en esta investigación corresponden al año 2004-2012, según lo correspondiente a las bases de datos del RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes) identificados directamente con la dirección correspondiente y de la página de internet de la SEMARNAT. Con respecto a las fuentes fijas de jurisdicción federal sus emisiones fueron obtenidas mediante las Cédulas de Operación Anual (COA). Los datos de las fuentes fijas de jurisdicción estatal, se obtuvieron de la base de datos proporcionada por una parte por el Instituto del Medio Ambiente para el Desarrollo Sustentable del Estado de Colima y por otra de la Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales. De igual forma se obtuvo información del INEGI a través del DENU (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) y de las páginas web de las empresas.

El escenario o línea base de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es el año 2005 exclusivamente para las industrial del Estado de Colima, esto acorde a los datos más concretos que se encontraron. De esta forma, para hacer la investigación

correspondiente para el sector industrial se hace alusión a que puede estar en unidades físicas (toneladas) o unidades energéticas (joule) y se precisa que la forma más sencilla de estimar las emisiones a futuro es haciendo variar la actividad de acuerdo a una tasa promedio de crecimiento anual que estará determinada por el cambio histórico o el esperado de la producción o del PIB de la rama, considerando la siguiente ecuación<sup>1</sup>:

Ecuación 1

$$TPA = \left[ (PIB_f / PIB_i)^{(1/(f-i))} \right]$$

Donde:  
*f* es el año final  
*i* el año inicial  
*PIB* es el Producto Interno Bruto del país, estado o sector

**Figura PI1. Estimación de emisiones a futuro. Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005**

### Fuentes Económicas del Sector

---

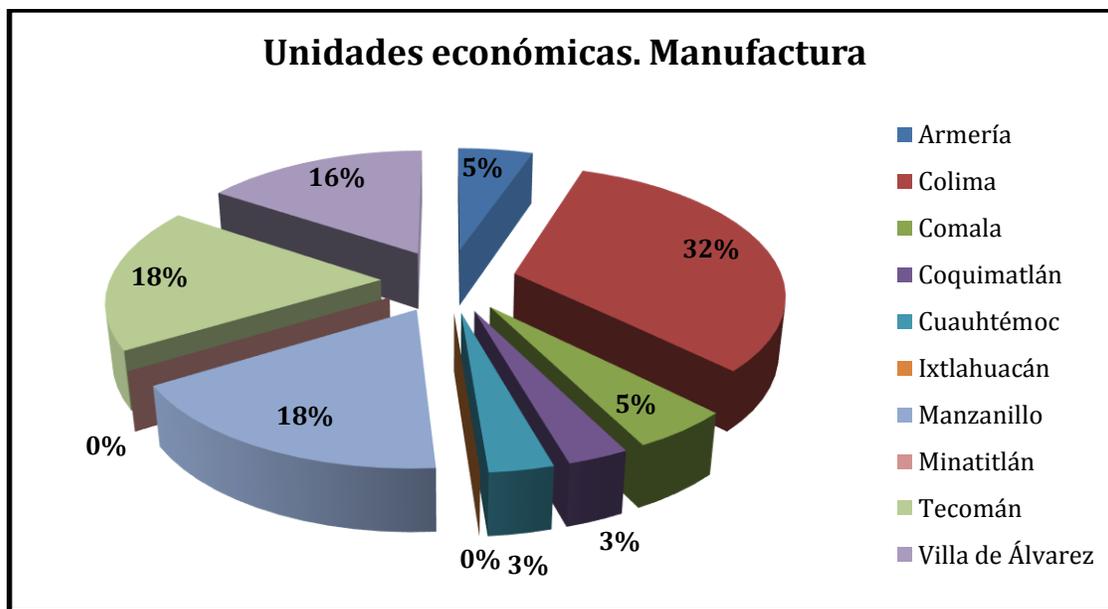
Para alcanzar los objetivos planteados en este documento, fue fundamental abocarnos a los resultados de los Censos Económicos los cuales se realizan de manera quinquenal por el INEGI, y en donde en el año 2009 dan cuenta de que en el Estado de Colima operan 26,104 unidades económicas en el Sector privado y paraestatal, las cuales ocupan como trabajadores a 128,913 personas, es preciso puntualizar que este tipo de censos ofrecen información detallada sobre múltiples aspectos de las unidades económicas dedicadas a la pesca y acuicultura; minería; electricidad, agua y gas; construcción; manufacturas; comercio; transportes, correos y almacenamiento y servicios privados, sectores que conforman el sector privado y paraestatal.

La información estadística presentada a continuación se refiere al segmento particular de la industria manufacturera, es así que conforme los datos proporcionados por el INEGI, en el Universo de los Censos Económicos 2009, Unidades económicas y personal ocupado según año de inicio de operaciones, método de captación y tipo de propiedad en Colima, existen 2,523 unidades económicas como empresas manufactureras.

Asimismo, se define para tener una idea concisa que una unidad económica es el establecimiento, que en una sola ubicación física, asentado en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, combina acciones y recursos bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, para realizar producción de bienes, actividades de maquila, total o parcial, de uno o de varios productos, la compra - venta de mercancías o prestaciones de servicios, sea con fines mercantiles o no<sup>2</sup>. El total de empresas en el Estado son 2492, específicamente ubicadas en: Armería 131, Colima 803, Comala 126, Coquimatlán 76, Cuauhtémoc 80, Ixtlahuacán 0, Manzanillo 436, Minatitlán 0, Tecomán 451 y Villa de Álvarez 389 (ver gráfica PI1).

<sup>1</sup> Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Calculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

<sup>2</sup> Concepto proporcionado por el Centro de Información para el Desarrollo del Estado de Colima (CIDECOL).

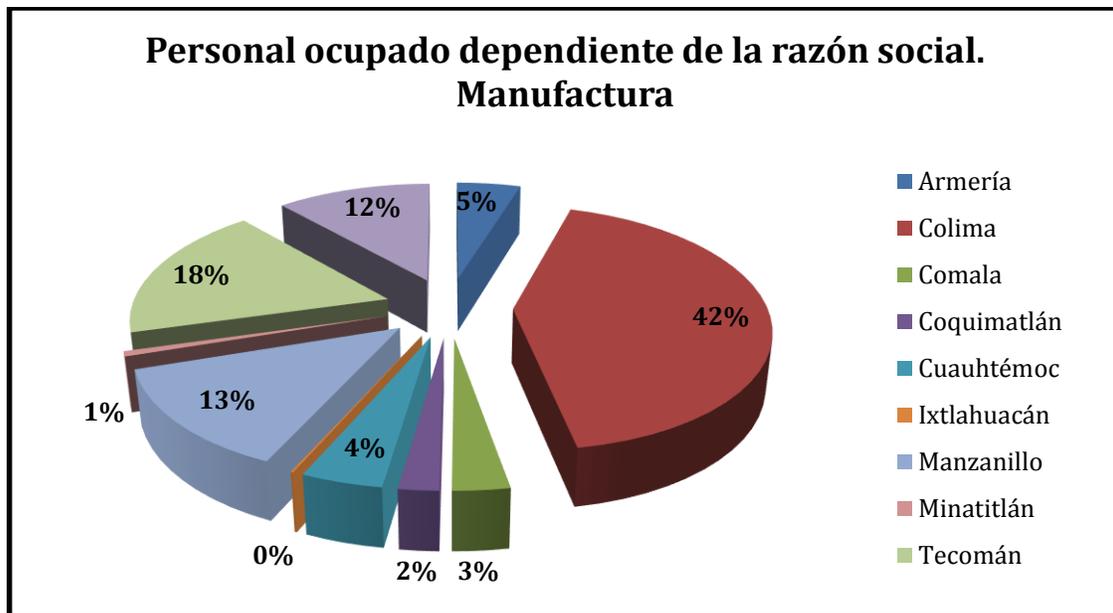


**GRÁFICA PI1. Unidades económicas del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.** FUENTE: Elaborado con base en datos del Censo Económico 2009. INEGI.

Por ende, en el Censo Económico 2009 ilustrado en la gráfica anterior, se observa que los municipios con mayor concentración de industria manufacturera son Colima con el 32%, Tecomán y Manzanillo con el 18% y Villa de Álvarez con el 16%, así mismo se aprecia que según los datos registrados por el INEGI los municipios sin empresas dedicadas al sector manufacturero son Ixtlahuacán y Minatitlán.

Por otro lado, hablando especialmente del personal ocupado dependiente de la razón social de las empresas manufactureras, la base de datos proporcionado por el INEGI nos arroja que para el año 2009 existen 11,352 trabajadores, personas que de alguna forma contribuyen a la contaminación del sector industrial pues forman parte del sistema empresarial que en la mayoría de los casos no cuentan con programas adecuados de una cultura y disciplina ambiental, estos datos comprenden al personal contratado directamente por la razón social, que puede ser de planta, eventual e inclusive no remunerado, el cual trabaja para la unidad económica, sujeto a su dirección y control, cubriendo como mínimo una tercera parte de la jornada laboral del mismo<sup>3</sup>. Dentro del personal ocupado en los 10 municipios, se tienen registrados un total de 11352: en Armería 540, Colima 4817, Comala 339, Coquimatlán 238, Cauhtémoc 485, Ixtlahuacán 15, Manzanillo 1501, Minatitlán 76, Tecomán 2036 y Villa de Álvarez 1305 (Ver gráfica PI2).

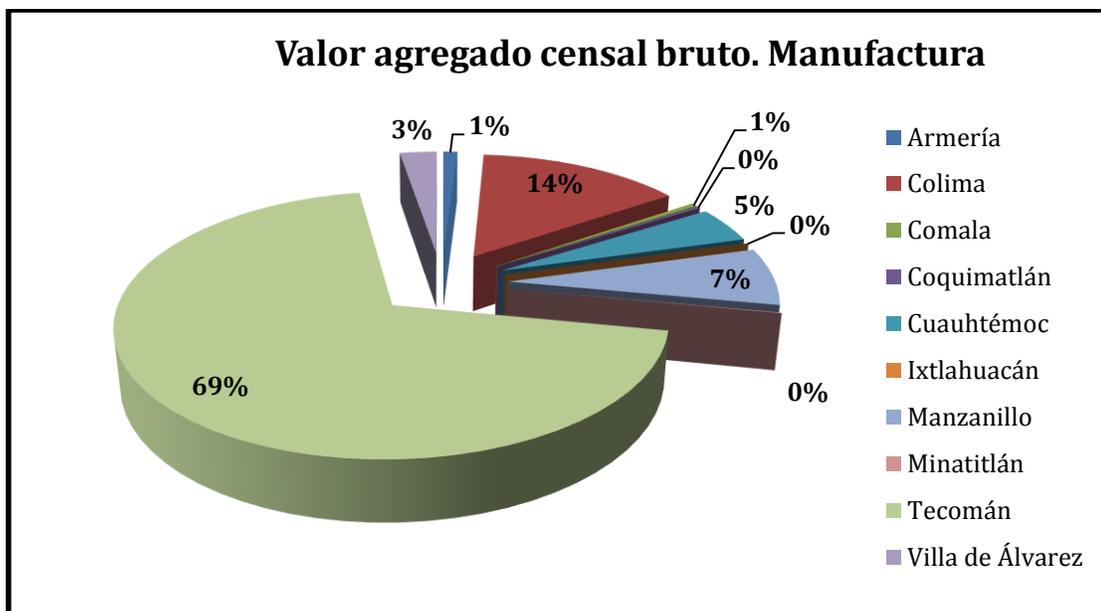
<sup>3</sup> Concepto proporcionado por el Centro de Información para el Desarrollo del Estado de Colima (CIDECOL).



**GRÁFICA PI2. Personal ocupado dependiente de la razón social del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.** FUENTE: Elaborado con base en datos del Censo Económico 2009. INEGI.

Es así, que se puede apreciar que los municipios de Colima, Tecomán y Manzanillo ocupan los 3 primeros lugares con el 42%, 18% y 13% respectivamente con relación al personal ocupado en el sector industrial manufacturero.

Para dar continuidad con esta investigación, pormenorizaremos sobre el Valor agregado censal bruto dándole un enfoque completo al sector manufacturero, por lo tanto se explica según definición del Centro de Información para el Desarrollo del Estado de Colima (CIDECOL) que el Valor Agregado Censal Bruto (VACB) es el valor de la producción que se añade durante el proceso de trabajo, por la actividad creadora y de transformación del personal ocupado, el capital y la organización (factores de la producción), ejercida sobre los materiales que se consumen en la realización de la actividad económica. Aritméticamente, el VACB resulta de restar a la producción bruta total el consumo intermedio; se le llama bruto, porque no se le ha deducido el consumo de capital fijo. Dentro de VACB, se tiene dentro de los municipios los siguientes datos: Armería 32,451; Colima 469,741; Comala 14,411; Coquimatlán 8,226; Cuauhtémoc 147,666; Ixtlahuacán 353; Manzanillo 236,833; Minatitlán 2,137; Tecomán 2,256,595; y Villa de Álvarez 85,415 (Véase gráfica PI3).



**GRÁFICA PI3. Valor agregado censal bruto del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.** FUENTE: Elaborado con base en datos del Censo Económico 2009. INEGI.

Lo anterior revela que el valor agregado censal bruto del estado de Colima está generado principalmente por tres municipios: Tecomán, Colima y Manzanillo, estos municipios integraron el 69%, 14% y 7% respectivamente. Como se ha comentado los municipios de Minatitlán e Ixtlahuacán no cuentan con empresas manufactureras representativas para este estudio y por ende reportan menos contribución al valor agregado.

Por otro lado, como ya se mencionó según los datos del INEGI Colima reportó 2,523 unidades económicas dedicadas a las Industrias manufactureras, las cuales generaron 14.1% de la producción bruta total y concentraron 16.2% de activos fijos del total de la entidad.

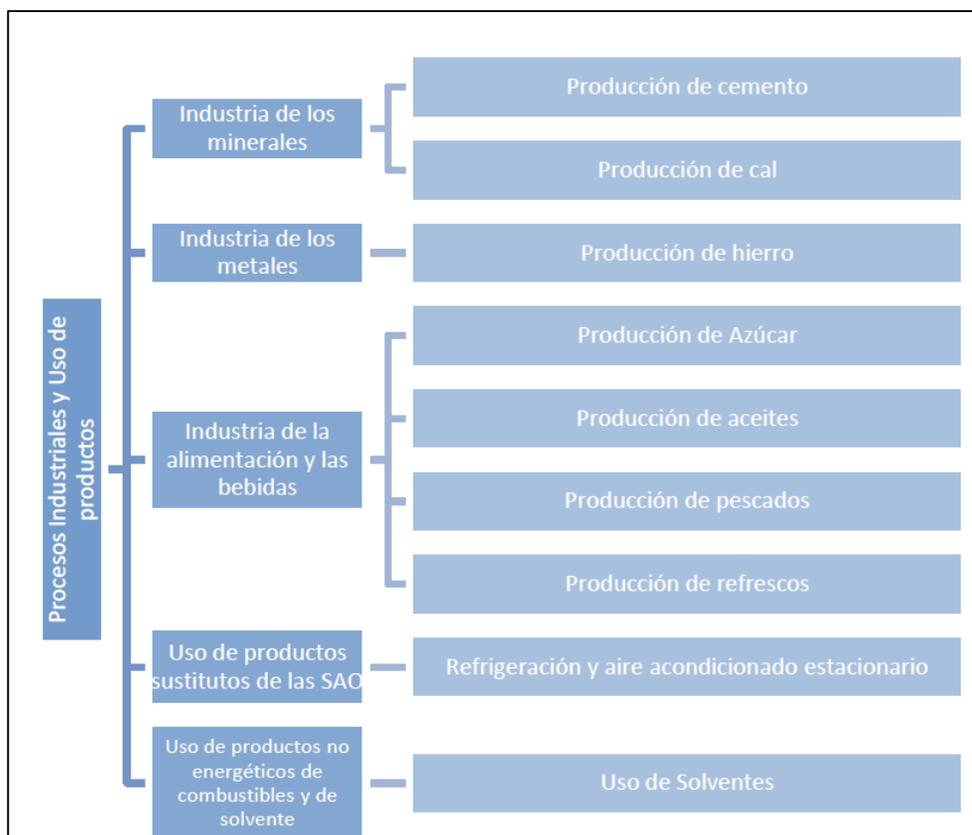
Por su parte, en la producción de minerales no metálicos se registraron los mayores porcentajes del sector en producción bruta y en activos fijos (40.3 y 44.0% respectivamente), sobresaliendo la Fabricación de cemento principalmente en el municipio de Tecomán.

El subsector de la Industria alimentaria reportó 39.3% de la producción bruta total y 32.6% del total de activos fijos del sector manufacturero. Destacan tres actividades al interior de la industria alimentaria: preparación y envasado de pescados y mariscos, elaboración de azúcar de caña y elaboración de concentrados, polvos, jarabes y esencias de sabor para bebidas, con 33.9, 19.8 y 15.5% de la producción bruta total respectivamente.

En el subsector de la industria de bebidas y tabaco que representó 7.2 y 3.3% en producción bruta total y en activos fijos respectivamente, la actividad económica preponderante fue la elaboración de refrescos que representó el 89.0% de la producción bruta total del subsector.

## Procesos industriales y uso de productos

El sector de procesos industriales en el Estado de Colima, se integra como ya se mencionó antes con solo algunos de los giros industriales que de conformidad con la guía del PICC 2006 están en posibilidad de ser evaluadas respecto de su contribución de GEI debido a las características de sus procesos y/o disponibilidad del dato de actividad. En la figura siguiente podemos observar cada una de las subcategorías clasificadas para Colima conforme a la información reportada en las COA's (Diagrama PI1).



**DIAGRAMA PI1. Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos.**

FUENTE: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

Para el caso de las empresas de jurisdicción estatal, la información determinada en este apartado es parte fundamental del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, ya que en él se muestra de manera detallada los niveles de contaminantes tomando como base el 2005, comparado con las estadísticas aplicadas a los COA's del 2009 al 2012, en donde se tiene la información concentrada más detallada y completa. Con base en lo anterior y conforme a la información adquirida, en Colima se estimó una emisión total de 1,031,955 ton/año de Dióxido de Carbono, 1,033.48 Gg/año de CO<sub>2</sub> equivalente<sup>4</sup> derivado de las

<sup>4</sup> El dióxido de carbono equivalente (Carbon Dioxide Equivalent (CO<sub>2</sub>e)) es una medida universal de medición utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global de cada uno de los gases con efecto invernadero. Es usado para evaluar los impactos de la emisión (o evitar la emisión) de diferentes gases que producen el efecto invernadero. La "posibilidad de calentamiento global", de los tres gases con efecto invernadero asociados con

fuentes de procesos industriales y uso de productos; 0.90 toneladas de Hidroclorofluorocarbonos (HCFC-22) que son usados en la fabricación de dispositivos semiconductores, como refrigerantes, agentes espumantes, disolventes, propelentes en sprays, agentes extintores y reactivos químicos y 1.625 toneladas de Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano (COVDM) derivado de los procesos de combustión para la generación de energía, del uso de disolventes, pinturas y aerosoles, generándose en mayor proporción por la producción de azúcar así como por el uso de solventes por la industria alimenticia (Véase tabla P11, Emisiones por municipio y tipo contaminante).

Municipio	CO <sub>2</sub> (ton/año)	HCFC-22* (ton/año)	CO <sub>2</sub> e (Gg/año)	COVDM (ton/año)
Armería		0.02	0.03	29
Colima	8	0.28	0.48	150
Cómala		0.02	0.03	22
Coquimatlan		0.01	0.02	20
Cauhtémoc	53,122	0.03	53.17	1,010
Ixtlahuacan	20,522	0.00	20.53	6
Manzanillo	121,989	0.21	122.35	155
Minatitlán		0.01	0.01	9
Tecomán	836,313	0.08	836.46	112
Villa de Álvarez		0.23	0.40	112
<b>Total Estatal</b>	<b>1,031,955</b>	<b>0.90</b>	<b>1,033.48</b>	<b>1,625</b>

\* Potencial de calentamiento global del HCFC-22 de = 1,700 ([http://cienbas.galeon.com/04PC\\_Global.htm](http://cienbas.galeon.com/04PC_Global.htm))

**TABLA P11. Emisiones por municipio y tipo de contaminante.** FUENTE: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

Al efecto se observa en la tabla 1 que el municipio con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>e es Tecomán, esto por la presencia de la industria cementera, seguido del municipio de Manzanillo por la producción de hierro principalmente, después el municipio de Cauhtémoc con las emisiones derivadas de la producción de hierro, subsecuente por Ixtlahuacán, municipio que se distingue por la producción de cal. En cuanto a COVDM el municipio de Cauhtémoc es el que más emisiones tiene debido a la producción de azúcar.

La producción de cemento es la subcategoría que más contribuye a las emisiones de CO<sub>2</sub>e (80.3%) por el sector de procesos industriales y uso de productos, seguido de la producción de hierro con el 16.8%, y la producción de cal con el 2% (Ver tabla P12).

la silvicultura son los siguientes: dióxido de carbono, que persiste en la atmósfera entre 200 a 450 años, es definido como un potencial 1 del calentamiento mundial; el metano, persiste en la atmósfera entre 9 a 15 años y tiene un potencial de calentamiento global 22 (tiene 22 veces la capacidad de calentamiento del dióxido de carbono); y el óxido nitroso, que persiste por unos 120 años y tiene un potencial de calentamiento global 310. La concentración actual de gases con efecto invernadero tiene una capacidad de calentamiento equivalente a una concentración cercana a 472 partes por millón, lo cual es lo suficientemente caliente para incrementar la temperatura más de 2° C.

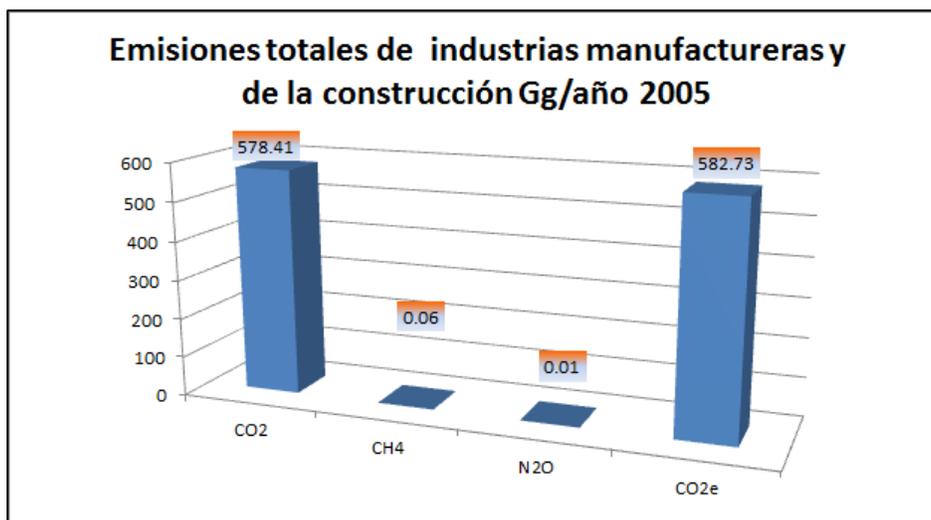
Fuente: The World Bank. Tópico: vocabulario y metodología para la estimación general del carbono.

Subcategoría	CO <sub>2</sub> (Gg/año)	HCFC-22 (Gg/año)	CO <sub>2</sub> e (Gg/año)	COVDM (Gg/año)
Producción de cemento	836		836	
Producción de cal	21		21	
Producción de hierro	175		175	
Alimentos	0.008		0.008	0.99
Refrigeración y aire acondicionado		0.0009	1.53	
Uso de solventes				0.64
<b>Total Estatal</b>	<b>1,031.95</b>	<b>0.001</b>	<b>1,033.48</b>	<b>1.63</b>

**TABLA PI2. Emisiones por proceso industrial y uso de productos, y tipo de contaminante.**  
Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

### Industria manufacturera y de la construcción

La industria establecida en el estado de Colima varía desde química, cemento y cal, metalurgia, alimenticia, y otras. En concreto para el Estado de Colima se estimó una emisión total de 578.41 Gg de CO<sub>2</sub>, 0.06 Gg de CH<sub>4</sub>, 0.01 Gg de N<sub>2</sub>O y 582.73 Gg de CO<sub>2</sub>e equivalente derivado en particular por las fuentes de las industrias manufactureras y de la construcción en el año 2005 (Ver gráfica PI4).



**GRÁFICA PI4. Emisiones totales de las Industrias manufactureras y de la construcción para el año 2005, Colima.** FUENTE: Elaborado en base del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013.

En la Gráfica PI4 se muestra las emisiones de GEI por el sector industrial más relevante de Colima, en ella se aprecia que el CO<sub>2</sub> es sin lugar a dudas la sustancia más presente sobre todo porque en los municipios de Tecomán, Manzanillo y Cuauhtémoc se tiene la presencia de grandes industrias emisoras de esta sustancia, misma que se puede ver en la tabla PI3.

FUENTE	MUNICIPIO	Gg/año				
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HCFC-22	CO <sub>2</sub> e
PROCESOS INDUSTRIALES	Armeria				1.7E-05	0.03
	Colima	0.008			2.8E-04	0.48
	Comala				2.0E-05	0.03
	Coquimatlan				1.5E-05	0.02
	Cauhtemoc	53.12			2.9E-05	53.17
	Ixtlahuacan	20.52			3.5E-06	20.53
	Manzanillo	121.99			2.1E-04	122.35
	Minatitlan				5.8E-06	0.01
	Tecoman	836.31			8.5E-05	836.46
	Villa de Alvarez				2.3E-04	0.39573144

**TABLA PI3. Inventario de Emisiones de GEI por el sector industrial para el año 2005, Colima.** FUENTE: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Calculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

Por su parte, en relación a los combustibles que se usan este sector, Colima contamina con los siguientes: combustóleo, diesel, gas LP, bagazo de caña y coque de petróleo. Es importante mencionar que estos datos de consumo de combustible se obtuvieron de las cédulas de operación anual reportadas al gobierno del estado y a la federación por parte de la actividad industrial del año 2005; además para complementar el consumo de combustible por este sector se utilizó el número de empleados de la industria por municipio del Censo Económico 2004 del INEGI, multiplicando el consumo de combustible per cápita de las publicaciones de Secretaría de Energía (SENER), para diesel, combustóleo, gas LP y queroseno<sup>5</sup>. En conformidad con estos datos, en la siguiente tabla podemos observar en kilogramos sobre terajulios los niveles anuales del dióxido de carbono, metano y óxido de nitrógeno que son producidos por los combustibles, denotando dentro de las más contaminantes las generadas por el uso de bagazo de caña y coque de petróleo que son emitidas por las principales empresas de la región (Tabla PI4).

Subcategoría	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
<b>Industria manufacturera y de la construcción</b>			
Combustóleo	77,400	3	0.6
Diesel	74,100	3	0.6
Gas LP	63,100	1	0.1
Queroseno	71,900	3	0.6
Bagazo	100,000	30	4
Coque de petróleo	97,500	3	0.6

**TABLA PI4. Factores de emisión kg/tj para el año 2005, Colima.** FUENTE: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Calculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

<sup>5</sup> Datos proporcionados por parte de la Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

## Residuos Peligrosos

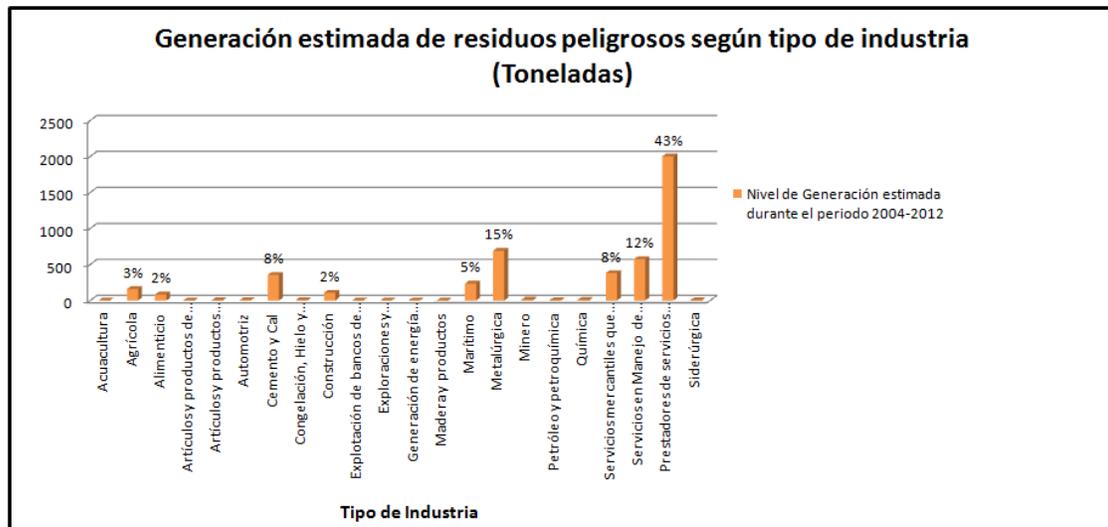
---

Apuntando más en detalle sobre el componente industrial en el Estado de Colima, conforme los estándares marcados en Junio 2013 por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, en el estado de Colima se tienen registradas 22 industrias que generan residuos peligrosos, en este sentido, se menciona que la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2012) define a un residuo como un material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y que se encuentra en estado sólido, semisólido, o es un líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que pueden ser susceptibles de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

Así mismo, la misma LGPGIR identifica a los residuos peligrosos como aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

Ahora bien, específicamente en el caso de los residuos químicos peligrosos, éstos se generan en la fase final del ciclo de vida de los materiales, cuando quienes los poseen los desechan porque ya no tienen interés en seguirlos aprovechando. Es decir, se generan al desechar productos de consumo que contienen materiales peligrosos, al eliminar envases contaminados con ellos, al desperdiciar materiales peligrosos que se usan como insumos de procesos productivos (industriales, comerciales o de servicios) o al generar subproductos o desechos peligrosos no deseados en esos procesos.

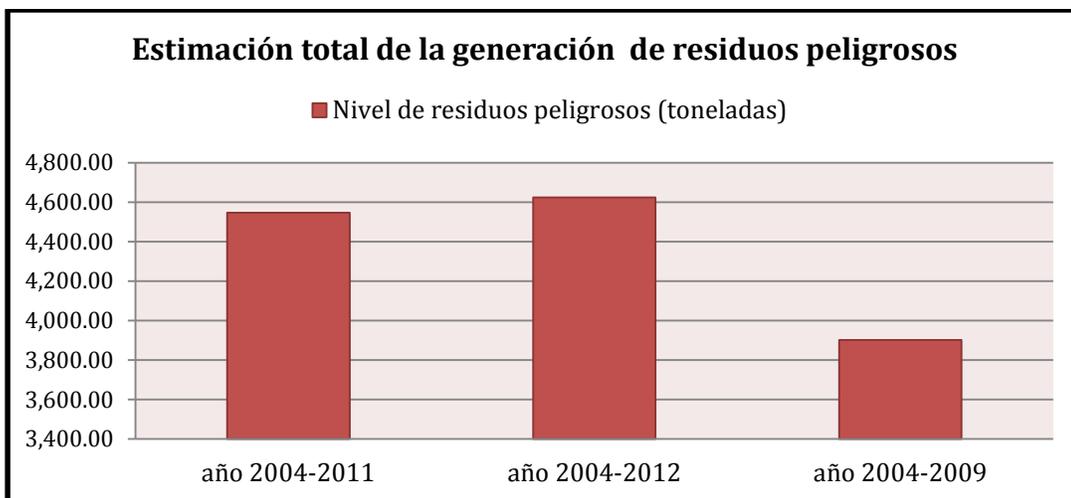
Con base en lo anterior, los registros de la SEMARNAT marcan que durante el periodo del 2004 al 2012 las industrias consolidadas dentro de Colima han generado a lo largo del periodo un total de 4,624.47 toneladas de residuos peligrosos. En cuanto a este punto con el propósito de dar a conocer de manera detallada, plasmamos particularmente las toneladas anuales que ha generado cada tipo de industria en el Estado, es así que según los registros: la Acuicultura ha generado 0.39 toneladas de residuos peligrosos, la Agrícola 159.76 ton, la Alimenticia 82.88 ton, la industria de los artículos y productos de diferentes materiales 0.58 ton, los Artículos y productos metálicos 2.08 ton, la Automotriz 4.8 ton, el Cemento y Cal 355.04 ton, la Congelación, Hielo y Productos 5.74 ton, la Construcción 106.31 ton, la Explotación de bancos de materiales 0.14 ton, las Exploraciones y explotaciones mineras 1.46 ton, la Generación de energía eléctrica 1.2 ton, la Madera y productos 0.34 ton, la industria marítima 234 ton, la Metalúrgica 689.97 ton, la Minería 10.84 ton, el Petróleo y Petroquímica 2.71 ton, la Química 7.53 ton, los enmarcados como servicios mercantiles que generan residuos peligrosos 380.17 ton, los servicios en manejo de residuos peligrosos 573.69 ton, los prestadores de servicios que generan residuos peligrosos 2,000.86 ton y la Siderúrgica 3.98 toneladas (Ver gráfica PI5).



**GRÁFICA PI5. Generación estimada de residuos peligrosos según el tipo de industria (ton/año), Colima.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. Junio 2013.

La identificación de la generación estimada de residuos peligrosos según el tipo de industria conforme al análisis de los datos anteriores apunta que las industrias considerablemente generadoras son: en primer lugar con el 43% los prestadores de servicios que generan residuos peligrosos, después con el 15% la industria metalúrgica, le sigue los servicios en manejo de residuos peligrosos con el 12% y la industria de cemento y cal con el 8%.

Otro aspecto clave en relación con los residuos peligrosos es el incremento de la generación que se ha dado a través de los años, es así que durante nuestra pesquisa de información encontramos en los registros de la SEMARNAT que durante el periodo del 2009 al 2012 se ha generado una cantidad de 722.69 toneladas de residuos peligrosos emitidos por las empresas colimenses, cuestión que es muy alarmante pues demuestra que no se ha tenido el control necesario para mantener un estándar del nivel de las emisiones de residuos peligrosos industriales. Hablando del tipo de industria y la generación estimada, dentro de los periodos siguientes se tienen registrados los datos que a continuación se detallan: año 2004-2011 4,546.50; año 2004-2012 4,624.47; año 2004-2009 3,901.78 (Ver gráfica PI6).

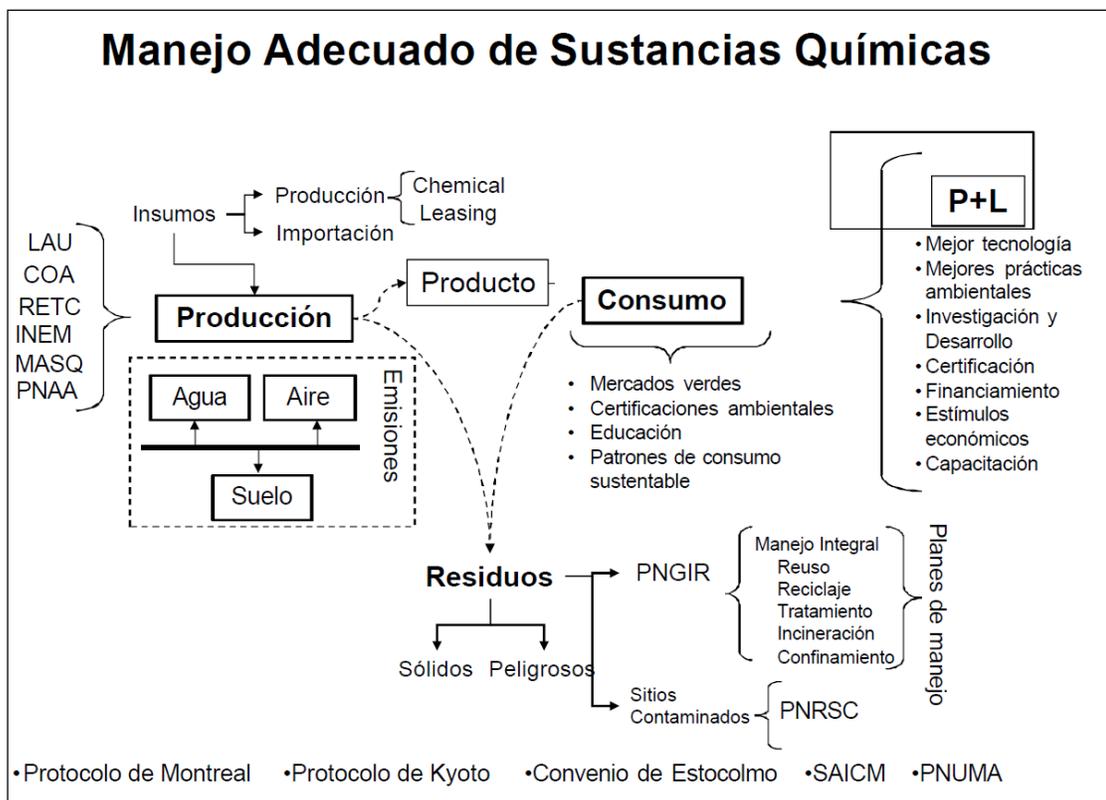


**GRÁFICA PI6. Tendencia de estimaciones totales de residuos peligrosos 2004-2012.**

FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. Junio 2013.

Es importante mencionar que respecto al tema de los residuos peligrosos existe una ya muy conocida licencia ambiental, la Licencia Ambiental Única (LAU) la cual permite coordinar en un solo proceso la evaluación, dictamen y resolución de los trámites ambientales que los responsables de dichos establecimientos deben cumplir ante la SEMARNAT en materia de impacto ambiental y riesgo, emisiones a la atmósfera, generación de residuos peligrosos y tratamiento de éstos; y en particular, ante la Comisión Nacional del Agua (CNA) considerando lo que se refiere a descargas de aguas residuales y trámites conexos relacionados con cuerpos de agua y bienes nacionales. Las bases para su operación se encuentran contenidas en los acuerdos secretariales publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 11 de abril de 1997 y el 9 de abril de 1998.

En este sentido presentamos el siguiente diagrama, el cual representa de manera visual los procesos generales para un manejo adecuado de sustancias químicas, dentro de la cual se presenta la LAU, los COA's y los RETC (ver diagrama PI2).



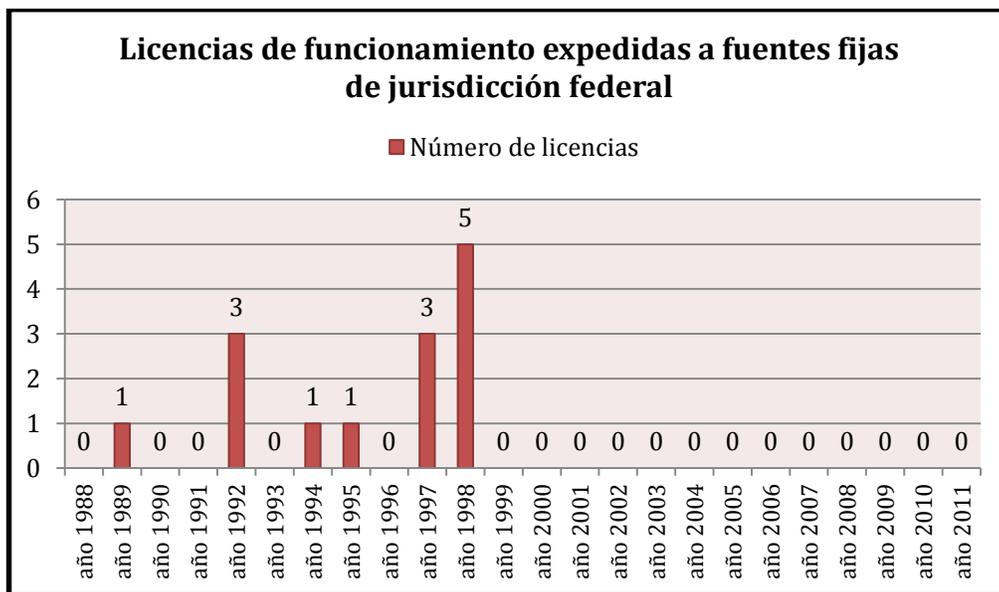
**DIAGRAMA PI2. Manejo Adecuado de sustancias químicas.** FUENTE: Extraído de la página de internet del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

En esta noción el Instrumento de Regulación Directa es la LAU, la cual es una autorización para establecimientos industriales de jurisdicción federal (11 sectores), en materia de prevención y control de la contaminación de la atmósfera, es emitida por la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental, a través de la Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes (DGMIC), en el caso de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y por las Delegaciones Federales de la SEMARNAT en los Estados, manteniendo las competencias y atribuciones establecidas en materia ambiental según las distintas áreas competentes participantes. En los casos de la industria del petróleo y petroquímica y de las empresas tratadoras de residuos peligrosos, el trámite se encuentra centralizado, por lo que deberá realizarse ante la DGMIC.

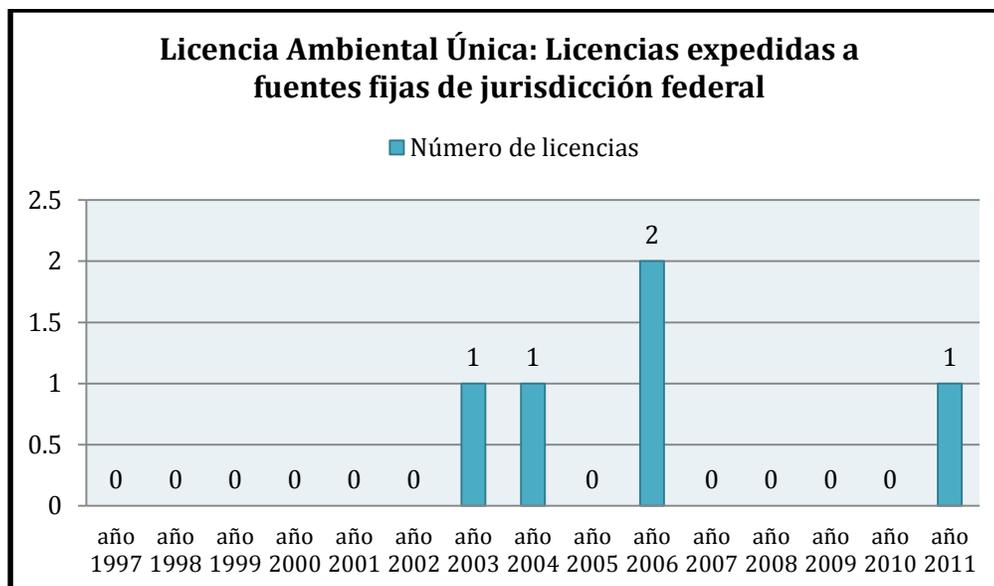
La LAU se emite por única vez y en forma definitiva conforme a la actividad productiva principal y la localización del establecimiento. Su seguimiento periódico se hace mediante la Cédula de Operación Anual (COA). Ésta tiene que renovarse por cambio de giro industrial o de localización y debe actualizarse por aumento de la producción, cambios de proceso, ampliación de instalaciones, manifestación de nuevos residuos peligrosos o cambio de razón social. Su aplicación es hacia los giros industriales contenidos en el Artículo 111 Bis de la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2013) estos son: automotriz, química, celulosa y papel, asbesto, pinturas y tintas, vidrio, cemento y cal, generación de energía eléctrica, tratadores de residuos peligrosos, metalúrgica (incluye siderúrgica), petróleo y petroquímica.

Es obligatoria para los establecimientos antes citados cuando están por instalarse o iniciar operaciones; así como cuando deben regularizarse por estar operando sin contar con Licencia de Funcionamiento, documento que se expedía anteriormente y que fue sustituido de manera gradual por la LAU a partir de 1997.

En lo que se refiere a este asunto, presentamos las siguientes gráficas elaboradas con la información proporcionada por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC del mes de Julio 2012. En estas gráficas (PI7 y PI8) se puede apreciar la cantidad de licencias autorizadas para las empresas federales de funcionamiento y ambientales que radican en Colima.



**GRAFICA PI7. Licencias de funcionamiento expedidas a fuentes fijas de jurisdicción federal.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.



**GRÁFICA P18. Licencias Ambientales Únicas expedidas a fuentes fijas de jurisdicción federal.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

### Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) es una base de datos nacional con información de sustancias emitidas al ambiente: aire, agua, suelo y subsuelo o que son transferidas en el agua residual y/o en los residuos peligrosos.

La información pública del RETC entre otros indica: nombre del establecimiento, ubicación y cantidad emitida o transferida de una lista de 104 sustancias, además de las emisiones de contaminantes criterio de las fuentes fijas. Este registro emana del artículo 109 bis de la LGEEPA e integra información de las diferentes fuentes emisoras de competencia de los tres órdenes de gobierno. Es importante mencionar que el instrumento para recopilar la información del sector industrial de competencia federal es la Cédula de Operación Anual (COA).

En este sentido, con los datos más actuales que nos fueron proporcionados, correspondientes al año 2011 en términos del RETC, el estado de Colima efectuó una cantidad total de 6,786,459.419 toneladas de emisiones y 10.45 toneladas de transferencias totales, lo que indica que a pesar de ser el cuarto estado más pequeño territorialmente y con un total de 650,555 habitantes según el INEGI<sup>6</sup>, Colima es un alto contaminador pues respecto de las emisiones totales hablando específicamente del año 2011 este se ubica en el lugar 17 por arriba de estados como Chiapas (977880.69 Ton/Año), Nayarit (1.952 Ton/Año), Quintana Roo (49498.54 Ton/Año), Zacatecas (331720.287 Ton/Año), Tlaxcala (384213.591 Ton/Año), Distrito Federal (658588.773 Ton/Año), Morelos (1293207.83 Ton/Año), Querétaro (2122452.97 Ton/Año), Oaxaca (2882758.71 Ton/Año), Yucatán (3239715.65 Ton/Año), Sinaloa (3429325.92 Ton/Año), Tabasco (4060179.23

<sup>6</sup> INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Censo de Población y Vivienda 2010.

Ton/Año), Puebla (4269786.16 Ton/Año), Guanajuato (4915251.29 Ton/Año) y Durango (6274512.28 Ton/Año).

En lo que se refiere a esta cuestión, Colima generó en concreto 6, 786,450.135 (ton/año) como emisión directa al aire, entendiéndose por contaminación atmosférica a la presencia en el aire de materias o formas de energía que impliquen riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza. Las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos de origen antropogénico pueden ser puntuales, generalmente fijas y de gran caudal de emisión, como es el caso de las fábricas que pueden ser zonales, es decir, una mezcla de fuentes fijas y móviles de diferente entidad y agrupadas en el espacio, donde vienen a coincidir con la población que sufre los efectos de la contaminación.

En términos de emisión al agua, Colima generó 0.052 (ton/año), refiriéndose a contaminación del medio hídrico a la acción de o al efecto de introducir materiales o formas de energía, o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores o sus servicios ambientales.

Paralelamente, Colima generó 9.233 (ton/año) de emisiones al suelo, señalando que la contaminación del suelo es la presencia de compuestos químicos hechos por el hombre u otra alteración al ambiente natural del suelo. Esta contaminación generalmente aparece al producirse una ruptura de tanques de almacenamiento subterráneo, aplicación de pesticidas, filtraciones de rellenos sanitarios o de acumulación directa de productos industriales. Los químicos más comunes incluyen hidrocarburos de petróleo, solventes, pesticidas y otros metales pesados. En lo concerniente a la contaminación química de los suelos su riesgo es primeramente a la salud de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable. Cuando en el suelo depositamos de forma voluntaria o accidental diversos productos como papel, vidrio, plástico, materia orgánica, materia fecal, solventes, plaguicidas, residuos peligrosos o sustancias radioactivas, etc. afectamos de manera directa las características físicas, químicas de este, desencadenando con ello innumerables efectos sobre seres vivos.

Por otro lado, hablando sobre las transmisiones generadas las cuales se definen como el traslado (transferencia) de sustancias en forma de residuos a un sitio que se encuentra físicamente separado del establecimiento que las generó, con finalidades de reutilización, reciclaje, obtención de energía, coprocesamiento, tratamiento o confinamiento, nos damos cuenta que de las transmisiones el 9.632 (ton/año) es producido por el reciclado, el 0.509 (ton/año) por las disposiciones finales de la industria y el 0.309 (ton/año) es clasificado como de otro tipo de transferencia, apuntando sobre este perfil que en una visión ecológica del mundo, el reciclaje es la tercera y última medida en el objetivo de la disminución de residuos (el primero sería la reducción del consumo, y el segundo la reutilización), para lo cual Colima está trabajando de una manera relativamente adecuada pues a comparación de los niveles de emisiones aun es mucho lo que le falta.

Como parte fundamental de esta investigación, con información analizada de la SEMARNAT federal pudimos obtener los reportes específicos de emisiones y transferencias de sustancias reportadas por el Estado de Colima (Ton/año 2011). Para atender estos temas, en seguida se definen cada una de las sustancias registradas por el Estado, mismas que en conjunto representan 19 de una lista de 104 sustancias totales:

- Etanol o acetaldehído es un compuesto orgánico de fórmula  $\text{CH}_3\text{CHO}$ . Es un líquido volátil, incoloro y con un olor característico ligeramente afrutado. El etanol es producto de partida en la síntesis de plásticos, pinturas, lacas, en la industria del caucho, de papel y la curtición del cuero. Incluso se utiliza como conservante de carnes u otros productos alimenticios.
- Acroleína ( $\text{CH}_2=\text{CHCHO}$ ) es un líquido incoloro, o amarillo de olor desagradable. Se disuelve fácilmente en agua y se evapora rápidamente cuando se calienta. También se inflama fácilmente. Se pueden formar, pequeñas cantidades de acroleína, y dispersarse por el aire, cuando se queman aceites, árboles, tabaco y otras plantas, gasolina y petróleo.
- Arsénico ( $\text{H}_3\text{AsO}_4$ ) es liberado al ambiente por diversos procesos comerciales e industriales. En la industria, el arsénico es un subproducto del proceso de la fundición (separación del metal y la roca) de diversos minerales metálicos como el cobalto, níquel, oro, plomo, zinc, y en el siglo XIX, se usaba mucho el arsénico en pinturas y colorantes para ropa, papel y papel tapiz (Meharg 2003).
- Benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) se utiliza como constituyente de combustibles para motores, disolventes de grasas, aceites, pinturas y nueces en el grabado fotográfico de impresiones. También se utiliza como intermediario químico. También se usa en la manufactura de detergentes, explosivos, productos farmacéuticos y tinturas.
- Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) se utiliza como gas en los refrescos, les da el sabor ácido y la estimulante sensación de burbujeo tan característica en esa clase de bebidas, también es útil en vinos y otras bebidas. Debido a su característica de gas inerte, es utilizado también para inertización de reactores, tanques o equipos de transferencia. También es utilizado en procesos de soldadura por arco, en la industria de fundición, del plástico y en la industria química entre otras.
- Óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) son liberados al aire por los tubos de escape de los vehículos motorizados, en los procesos de combustión del carbón, petróleo, o gas natural, y en tratamientos industriales (soldadura al arco, galvanoplastia, grabado de metales y detonación de dinamita). También son producidos comercialmente al hacer reaccionar el ácido nítrico con metales o con celulosa y son utilizados en la producción industrial (ácido nítrico, lacas, tinturas y otros productos químicos). Los óxidos de nitrógeno también se usan en combustibles para cohetes, en la nitrificación de compuestos químicos orgánicos y en la manufactura de explosivos (*Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2012*).
- Cadmio ( $\text{Cd}$ ) es un metal pesado, de color plateado, con propiedades parecidas a las del zinc, el cual se encuentra asociado en diversos minerales. Es utilizado en la industria como protección contra la corrosión del hierro y el acero (galvanizado con cadmio), para aleaciones especiales y para frenar las reacciones en cadena de las centrales atómicas. El sulfito de cadmio (amarillo) y el selenito de cadmio (rojo) se utilizan como componentes de pinturas y para colorear cerámicas y plásticos. Los plásticos y cerámicas de color intenso rojo y amarillo contienen cadmio. En la agricultura forma parte

de fertilizantes fosforados y de pesticidas. Es considerado uno de los venenos públicos por su impacto en el ambiente y los daños que puede ocasionar a la salud de las personas. El cadmio y sus compuestos son vertidos a las aguas a través de los deslaves mineros y desagües de las industrias, depositándose en el barro de los ríos y lagos. Llega a los alimentos a través de las aguas de irrigación.

- Cianuro ( $\text{CN}^-$ ) ha sido utilizado en la extracción de metales desde 1887 y actualmente se le utiliza y maneja en forma segura en la recuperación de oro en todo el mundo. La mayor parte del cianuro producido se utiliza como compuesto básico para la industria química. El cianuro se produce en grandes cantidades (alrededor de 1.4 millón de toneladas por año) como uno de los pocos compuestos básicos que se utilizan principalmente para sintetizar una amplia gama de químicos orgánicos industriales, como el nylon y los acrílicos.<sup>7</sup>
- Clorodifluorometano (**R22**) Monoclorodifluorometano ( $\text{CHClF}_2$ ), es un gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración, en principio por su bajo punto de fusión, ( $-157\text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Cromo (Cr) se utiliza principalmente en metalurgia para aportar resistencia a la corrosión y un acabado brillante.
- Dioxinas ( $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_2$ ) son fundamentalmente subproductos de procesos industriales, tales como la fundición, el blanqueo de la pasta de papel con cloro o la fabricación de algunos herbicidas y plaguicidas. En cuanto a la liberación de dioxinas al medio ambiente, la incineración descontrolada de desechos (sólidos y hospitalarios) suele ser la causa más grave, dado que la combustión es incompleta.<sup>8</sup>
- Fenol ( $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ ) se usa principalmente en la producción de resinas fenólicas. También se usa en la manufactura de nylon y otras fibras sintéticas. Es muy utilizado en la industria química, farmacéutica y clínica como un potente fungicida, bactericida, sanitizante, antiséptico y desinfectante, también para producir agroquímicos, bisfenol A (materia prima para producir resinas epoxi y policarbonatos), en el proceso de fabricación de ácido acetilsalicílico (aspirina) y en preparaciones médicas como enjuagues bucales y pastillas para el dolor de garganta.
- Formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) es una sustancia química, la cual se genera por desintegración de los compuestos orgánicos básicos más importantes de la industria química. Se utiliza en la producción de diversos productos, desde medicamentos hasta la melamina, la baquelita etc. En la actualidad se utiliza para la conservación de muestras biológicas y cadáveres frescos, generalmente en una dilución al 5% en agua. Otro uso es la fabricación de textiles libres de arrugas o desarrugados. Se utiliza como conservante en la formulación de algunos cosméticos y productos de higiene personal como champúes, cremas para baño, sales yódicas para la higiene íntima femenina.

---

<sup>7</sup> Información obtenida de la página de internet del Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente. Consultado el 10 de Junio del 2013. [International Council on Metals and the Environment \(ICMM\)](#)

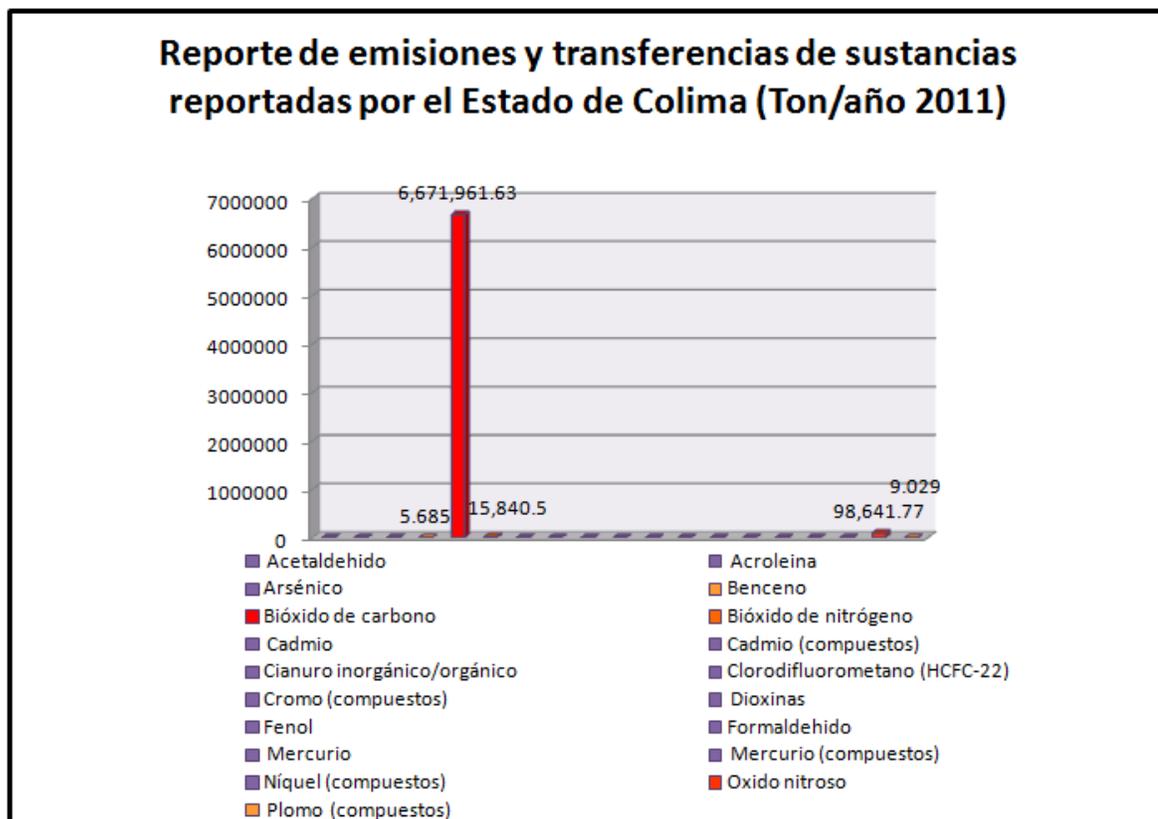
<sup>8</sup> Dato obtenido de la Organización Mundial de la Salud (Nota descriptiva N°225. Mayo de 2010)

- Respecto al mercurio (Hg) hay tres categorías: primario (el mercurio virgen es el producido por las operaciones mineras), subproducto (a partir de las operaciones mineras para cobre, oro y zinc) y mercurio secundario o reciclado (recuperado de usos previos). Se utiliza para la producción de muchos productos manufacturados debido a su inusual combinación de propiedades tales como alto peso específico, fluido a temperaturas normales y conductividad eléctrica.
- Níquel (Ni) es un mineral de gran demanda en la industria (la siderúrgica por ejemplo), principalmente para la obtención de aceros de gran calidad y en muchísimas aleaciones con Cobre, Cromo, Aluminio, Plomo, Cobalto, Manganeso, Plata y Oro. El níquel da a las aleaciones dureza, tenacidad y ligereza, así como cualidades anticorrosivas, eléctricas y térmicas.<sup>9</sup>
- Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) es aplicado regularmente en la industria alimentaria como propelente o refrigerante y en la industria química entre otras.
- Plomo (Pb) forma aleaciones con muchos metales y en general se emplea en esta forma en la mayor parte de sus aplicaciones. Se utiliza como cubierta para cables, ya sea los de teléfono, televisión, internet o electricidad. Se utilizan una gran variedad de compuestos de plomo, como los silicatos, los carbonatos y sales de ácidos orgánicos, a través de estabilizadores contra el calor y la luz para los plásticos de cloruro de polivinilo. Se usan silicatos de plomo para la fabricación de “frituras” (esmaltes) de vidrio y de cerámica, las que resultan útiles para introducir plomo en los acabados del vidrio y de la cerámica. La azida de plomo, Pb(N<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, es el detonador estándar para los explosivos plásticos como el C-4 u otros tipos de explosivos H.E. (High Explosive). Los arseniatos de plomo se emplean en grandes cantidades como insecticidas para la protección de los cultivos y para ahuyentar insectos molestos como cucarachas, mosquitos y otros animales que posean un exoesqueleto. El litargirio (óxido de plomo) se emplea mucho para mejorar las propiedades magnéticas de los imanes de cerámica de ferrita de bario.

Los elementos mencionados anteriormente cobran mayor relevancia cuando de cada una de las 19 sustancias reportadas, nos encontramos que el generador clave de ellas es la industria manufacturera, industria que se ha venido identificando sobre todo en los municipios de Tecmán, Manzanillo, Colima y Villa de Álvarez. Como resultado, vemos que los niveles de emisión totales de las 19 sustancias son manifestadas anualmente por 13 empresas de jurisdicción federal de la siguiente manera: el Acetaldehído emite 0.0000970211 ton., la Acroleína 0.0000117002 ton., el Arsénico 0.008 ton., el Benceno 5.685 ton., el Bióxido de carbono 6,671,961.63 ton., el Bióxido de nitrógeno 15,840.5 ton., el Cadmio 0.004 ton., el Cadmio (compuestos) 0.076 ton., Cianuro inorgánico/orgánico 0.00059 ton., el Clorodifluorometano (HCFC-22) 0.257 ton., el Cromo (compuestos) 0.046 ton., las Dioxinas 0.000000000037 ton., el Fenol 0.00065 ton., el Formaldehído 0.0000047 ton., el Mercurio 0.072 ton., el Mercurio (compuestos) 0.00026201 ton., el Níquel (compuestos) 0.34 ton., el Óxido nitroso 98,641.77 ton., y el Plomo (compuestos) 9.029 toneladas (Ver figura PI8).

---

<sup>9</sup> MOTTANA, A., R. CRESPI & G. LIBORIO.(1999). *Minerales y Rocas, guías de la naturaleza*. Baecelona, Editorial GRIJALBO.



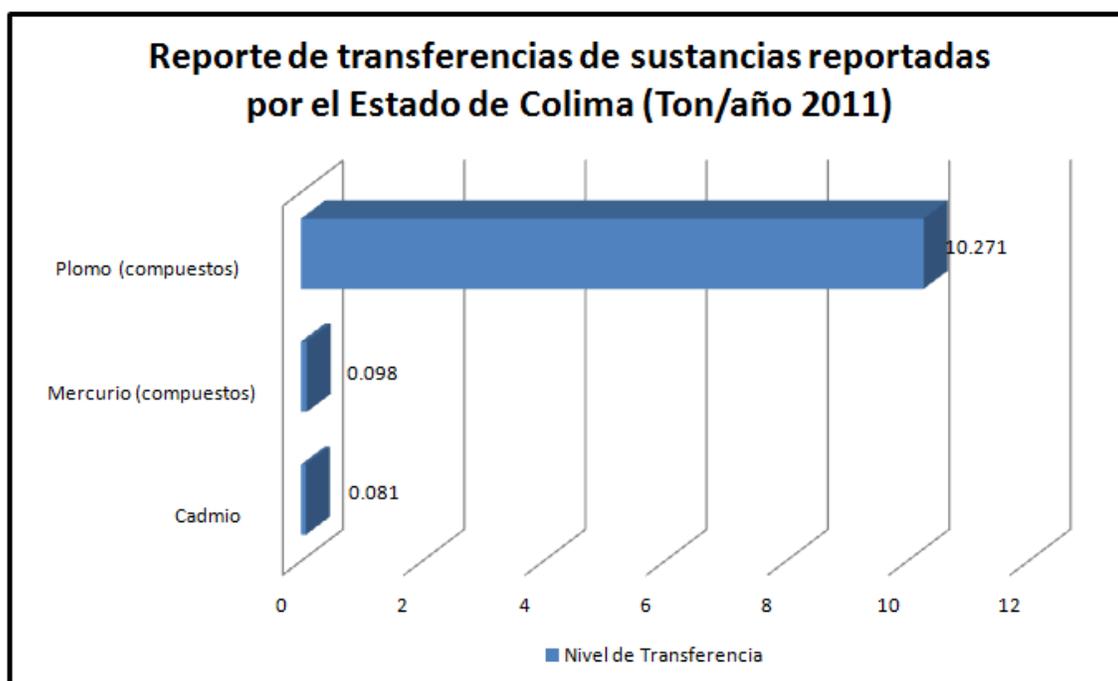
**GRÁFICA PI8. Reporte de emisiones y transferencias de sustancias reportadas por el Estado de Colima (ton/año).** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

De acuerdo al análisis de la información del reporte de sustancias, podemos observar por medio de la gráfica que antecede (gráfica 8) que en Colima existen sobre todo 5 sustancias con los niveles más altos de emisión, en primer lugar en grado de toneladas se encuentra el bióxido de carbono, le sigue el óxido nítrico, el bióxido de nitrógeno, el plomo y el benceno, y es por medio de estos datos que podemos afirmar que el contaminante que aporta la mayor cantidad de gases de efecto invernadero (GEI's) con un total de 6,671,961.63 toneladas es el bióxido de carbono, proveniente principalmente como un desecho final de las combustiones de hidrocarburos. Del mismo modo se puede apreciar que los principales contaminantes son:

- CO<sub>2</sub> (Bióxido de Carbono), proveniente como un producto final principalmente de la combustión de hidrocarburos.
- NO<sub>x</sub> (Óxidos de nitrógeno), el monóxido y bióxido de nitrógeno, que al igual que el anterior, estos compuestos provienen de la combustión de hidrocarburos.
- COV'S (Compuestos Orgánicos Volátiles), provenientes principalmente de la industria química y petroquímica, producto de reacciones y el procesamiento y combustión de compuestos orgánicos como son las dioxinas, el formaldehído, los fluorocarbonos, el acetaldehído y el benceno.

- HCT (Hidrocarburos totales), los cuales son producto esencialmente de procesamiento y combustión de compuestos de carbono y combustibles, como la acroleína y el metano.

Hablando taxativamente de las transferencias, según el RETC solo 3 tipos de sustancias transfieren contaminantes el Cadmio 0.081 ton., el Mercurio (compuestos) 0.098 ton. y el Plomo (compuestos) 10.271 ton. En la siguiente imagen (ver gráfica PI9) podemos apreciar la magnitud de transferencia hecha sobre todo por el plomo.



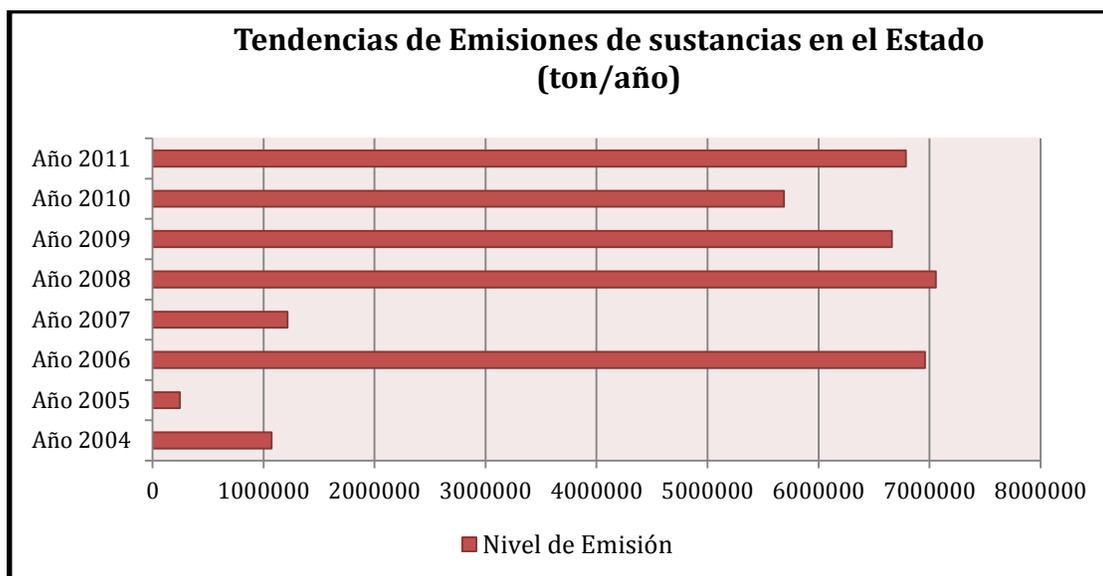
**GRÁFICA 9. Reporte de transferencias de sustancias reportadas por el Estado de Colima (ton/año).** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

De esta tendencia, se concluye que la contaminación en la atmósfera por las sustancias registradas ante la SEMARNAT es originada por algunos metales y sus derivados, estos metales presentan valores suficientemente altos de presión de vapor y, por lo tanto, pueden existir como gases en la atmósfera. También pueden encontrarse en forma de aerosol metales contaminantes, el plomo, producido por los aditivos añadidos a las gasolinas que utilizan los motores de los automóviles, ya que es uno de los más característicos. Otros metales como cromo, cadmio, hierro, zinc, etc., también han sido determinados así como diferentes aniones: cloruros, bromuros, nitratos, etc.

En la contaminación del Agua por algunas de las sustancias reportadas en nuestro Estado se dice que las aguas procedentes de las industrias como la minera, la de recubrimientos metálicos y las fundidoras contaminan el agua con diversos metales, como las sales de plomo, de zinc, de mercurio, de plata, del níquel, de cadmio y de arsénico, las cuales son muy tóxicas para la flora y la fauna terrestres y acuáticas, que al ser ingeridos por el hombre en el agua y alimentos contaminados provocan ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o hasta la muerte en algunos casos.

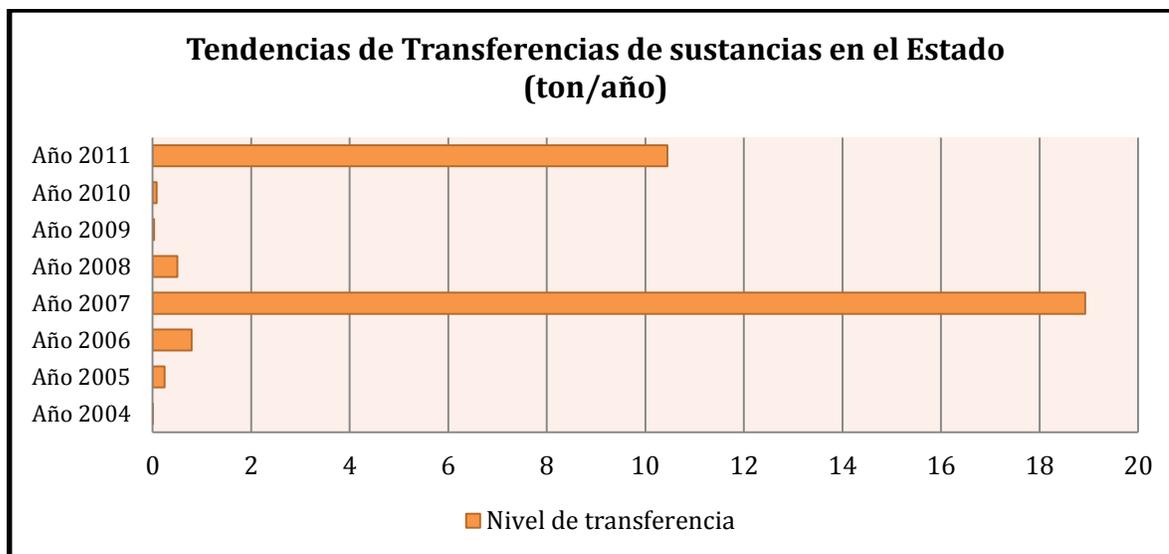
En este contexto, los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos producidos por la lluvia ácida.<sup>10</sup>

Con estos datos es importante hacer alusión a las tendencias de emisiones y transferencias de sustancias contaminantes hechas del 2004 al 2011, años registrados y analizados por la SEMARNAT en donde según la base de datos de esta institución las emisiones registradas (véase gráfica PI10 y PI11). Esta información demuestra que el año en el cual se ha emitido más contaminantes al ambiente es el 2008, dato que en contraste con el registro de las transferencias de contaminantes es totalmente burda, pues este año apenas alcanzó el 0.5 de toneladas anuales de sustancias contaminantes. Las gráficas siguientes (gráfica 10 y 11) demuestran que los niveles de transferencias de sustancias van muy a la baja en comparación de las emisiones, pues empezando por el año 2004 la emisión anual fue de 1, 073,285.87 ton. y el nivel de transferencia apenas alcanzó el 0.006 de ton., el año 2005 tuvo 247,299.527 ton. de emisiones anuales y sólo 0.242 de ton. de transferencias, ya en el 2006 las emisiones incrementaron 6,711,827.713 de toneladas, es decir se alcanzó una cantidad total de 6,959,127.24 ton. y sólo 0.792 ton. de transferencias. En el 2007 se redujo considerablemente las emisiones en un total de 5, 743,464.033 llegando a emitir 1, 215,663.21 ton. y el máximo de transferencias registradas, es decir 18.924 ton. En el 2009 se emitieron 6, 662,338.76 ton. anuales y solamente 0.032 ton. una de las transferencias más bajas después del 2004, ya que en el año 2010 y 2011 se incrementó las emisiones a 5,687,943.32 y 6,786,459.42 ton. respectivamente, apuntado en los índices de niveles de transferencias a 0.081 y 10.45 de toneladas anuales.



**GRÁFICA 10. Tendencias de emisiones de sustancias contaminantes en el Estado de Colima (ton/año).** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

<sup>10</sup> Información obtenida por parte de la Dirección General de Regulación Ambiental. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal.



**GRÁFICA 11. Tendencias de transferencias de sustancias contaminantes en el Estado de Colima (ton/año).** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

### Reportes Estadísticos de Emisiones y Transferencias por Sector Empresarial

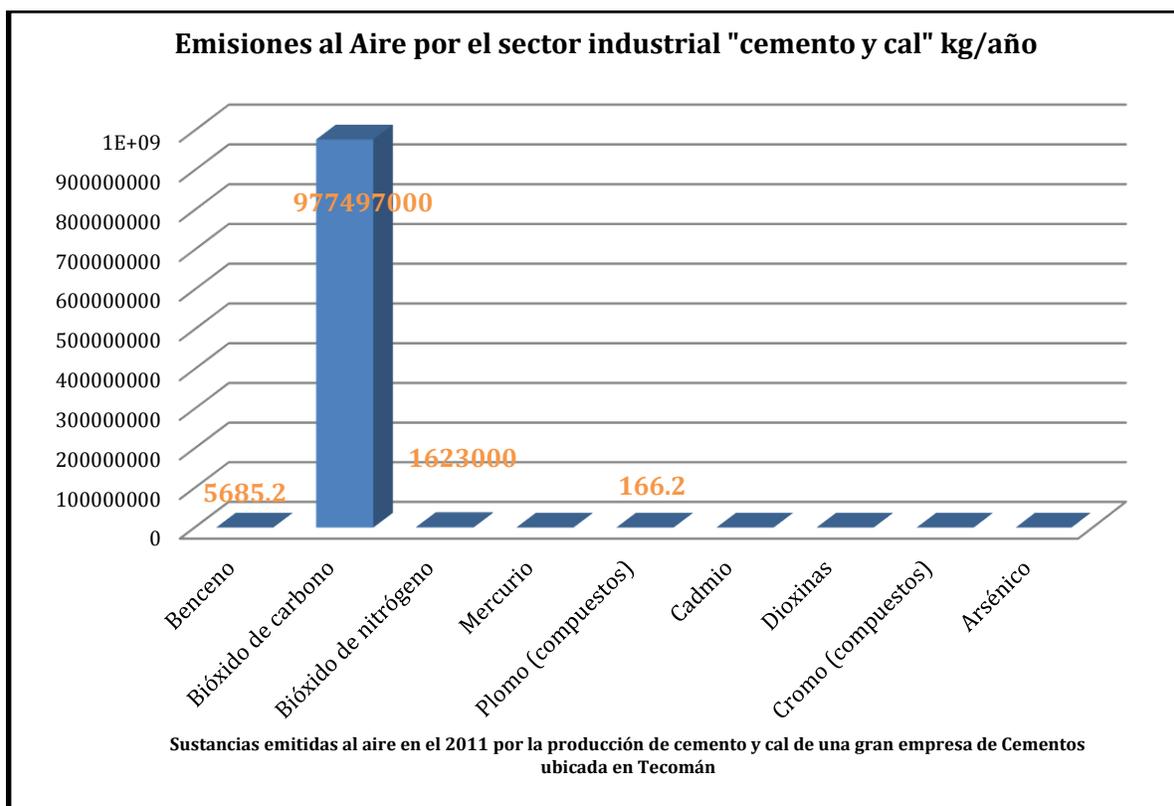
Con respecto a la información más actual, relacionada directamente con el PEACC, abordando particularmente los reportes que según información de la SEMARNAT se tiene acerca de las emisiones y transferencias realizadas durante el 2011 por las empresas de jurisdicción federal ante esta institución por medio de las Cédulas de Operación Anual (COA's), se tienen identificadas 13 empresas divididas conforme al sector: Cemento y Cal, Generación de energía eléctrica, Química, Metalúrgica (incluye la siderúrgica), Alimenticio y/o de consumo humano, Bebidas y tabaco, Tratamiento de residuos peligrosos, Petróleo y petroquímica, identificando con los datos específicos que más adelante se señalan que los grupos predominantes en la generación de contaminantes atmosféricos son, la industria del petróleo y petroquímica y la del cemento y cal.

En el sector cemento y cal, es necesario disertar acerca del impacto ambiental en la producción de ambos sectores, en primer ámbito según datos investigados en la fabricación del cemento, el CO<sub>2</sub> se genera durante la producción de clínker, dado que se calienta o calcina la piedra caliza, compuesta esencialmente de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>), para producir cal (CaO) y CO<sub>2</sub> como productos derivados. En Colima se cuenta con una planta de producción de cemento ubicada en el municipio de Tecomán, la cual produce aproximadamente 1, 865,008 toneladas anuales de cemento.

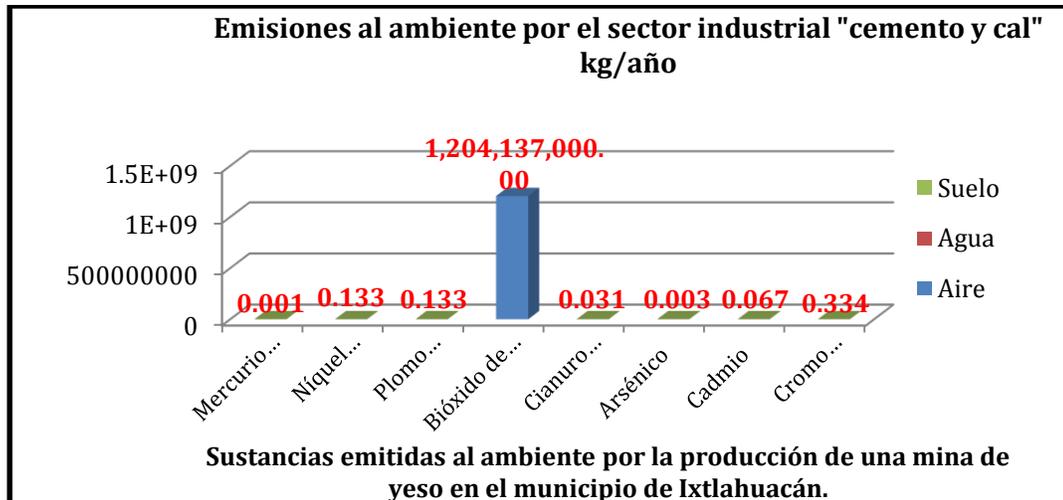
En la producción del óxido de calcio (CaO) o cal, se obtiene por medio del calentamiento de la piedra caliza por descomposición de los carbonatos; este procedimiento se lleva a cabo en hornos rotatorios a alta temperatura y el proceso libera CO<sub>2</sub> dependiendo de los requerimientos del producto (por ejemplo metalurgia, papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, suavizado de agua, control de pH, y estabilización de suelos); la producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituration y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio, en

cuya etapa del proceso encontramos la generación del CO<sub>2</sub>. En Colima se cuenta con una de las principales plantas de producción de cal ubicada en el municipio de Ixtlahuacán, la cual produce aproximadamente 27,363 toneladas de cal al año.

En esta acepción se tienen identificadas 2 grandes empresas, reconocidas por la mayoría de la población colimense. La primera tiene reportados para el 2011 emisiones únicamente al aire, registrando las siguientes sustancias contaminantes: Benceno (5,685.2 kg), Bióxido de carbono (977,497 ton), Bióxido de nitrógeno (1, 623,000 kg), Mercurio (72.2 kg), Plomo (compuestos) (166.2 kg), Cadmio (3.1 kg), Dioxinas (0.000,037 g), Cromo (compuestos) (43.8 kg) y Arsénico (7.4 kg). La otra gran empresa anualmente registra: al aire emite 12,041.37 de toneladas de Bióxido de carbono, así mismo emite las siguientes sustancias al suelo: Mercurio (compuestos) (0.001 kg), Níquel (compuestos) (0.133 kg), Plomo (compuestos) (0.133 kg), Bióxido de carbono (12,041.37 ton) Cianuro inorgánico/orgánico (0.031 kg), Arsénico (0.003 kg), Cadmio (0.067 kg) y Cromo (compuestos) (0.334 kg). Es preciso mencionar, que conforme a estos registros sin lugar a dudas en conjunto se puede considerar como un sistema de empresas contaminadoras, con base en sus niveles de emisiones al aire (Ver gráfica PI12 y PI13).

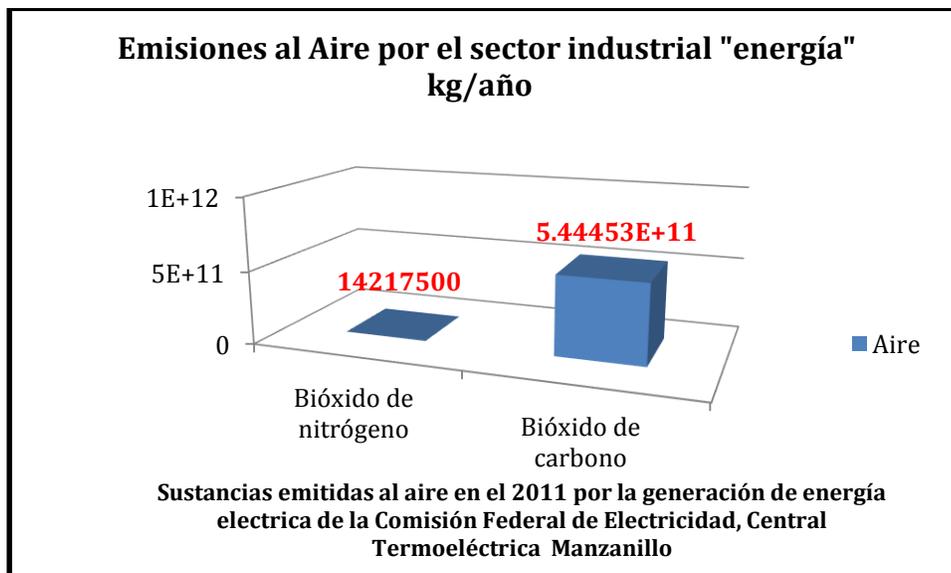


**GRÁFICA PI12. Emisiones al aire por el sector industria de cemento y cal. FUENTE:** Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.



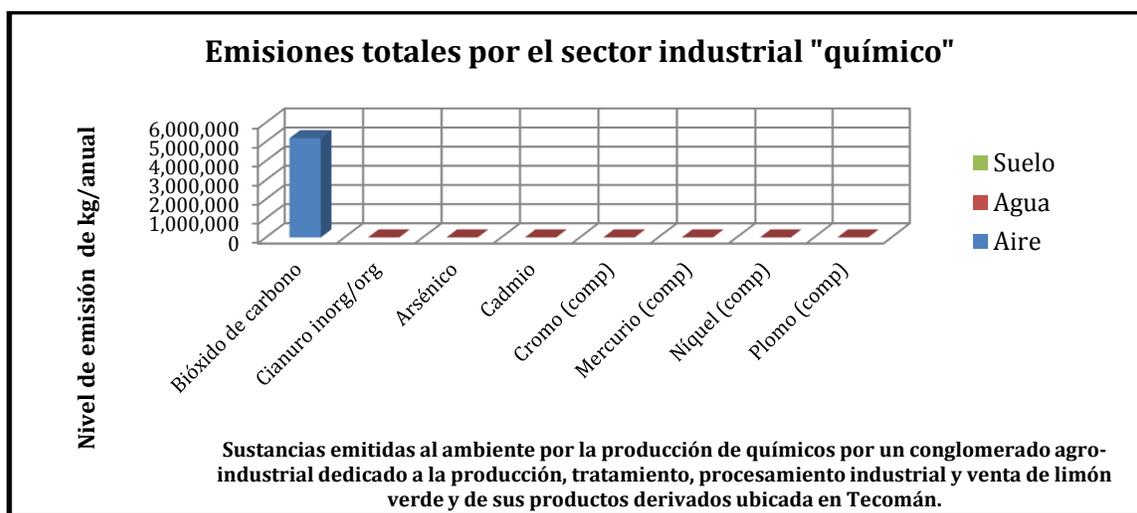
**GRÁFICA PI13. Emisiones al ambiente por el sector industria de cemento y cal.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

Otro factor a considerar es la repercusión ambiental que efectúa la industria por la generación de energía eléctrica, normalmente es aceptado por los analistas que la intensidad energética crece en las primeras etapas de desarrollo de industrias intensivas en energía como la química, cemento, siderúrgica, papel y celulosa etc., en este sentido se señala que en Colima existe un factor predominante, pues la Comisión Federal de Electricidad, Central Termoeléctrica Manzanillo es considerada como una empresa gran emisora de contaminantes al aire, abordando particularmente que según los datos proporcionados por la SEMARNAT esta produce un total de 14.217500 ton. de bióxido de nitrógeno y 5,444,531.98 ton. de bióxido de carbono como se muestra en la siguiente figura (Véase gráfica PI14).



**GRÁFICA 14. Emisiones al aire por el sector industrial energético.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

Es importante aludir que otro riesgo ambiental se deriva de las emisiones generadas por el sector industrial químico, de esta manera hacemos referencia a que estadísticamente Colima tiene una gran empresa procesadora de productos derivados del limón que genera gran cantidad de bióxido de carbono, esta empresa se ubica en el municipio de Tecomán y acorde con la siguiente gráfica (ver gráfica PI15) emite las siguientes sustancias: Bióxido de carbono (5,184,000 kg), Cianuro inorg/org (0.000054999 kg), Arsénico (0.000016499 kg), Cadmio (0.00027499 kg), Cromo (comp) (0.000054999 kg), Mercurio (comp) (0.0000055 kg), Níquel (comp) (0.00054999 kg), Plomo (comp) (0.00054999 kg).

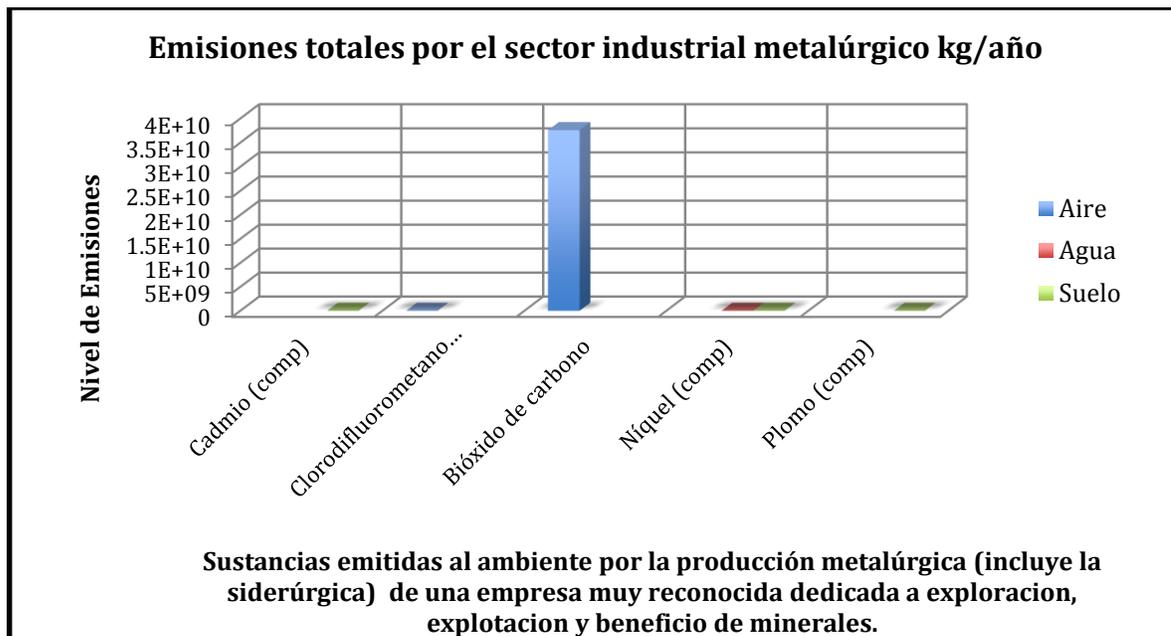


**GRÁFICA PI15. Emisiones totales por el sector industrial químico (kg/año).** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

Respecto al sector industrial metalúrgica incluyendo la siderúrgica se detalla acerca de la producción de hierro, en el estado de Colima la producción se da en pellets; los pellets se forman a partir de materias primas que contienen hierro (esto es, mineral fino y aditivos), en un proceso a muy altas temperaturas que los reduce a esferas de 16 a 22 mm de diámetro. El proceso incluye el molido, el secado, la molienda y el proceso térmico o peletizado de las materias primas. Las plantas de peletización están ubicadas principalmente cercas de las minas de hierro y de los puertos de embarque, pero pueden formar parte de las instalaciones de una planta integrada de hierro y acero. En las plantas de peletización, como combustible puede usarse el gas natural o el carbón; en las plantas situadas dentro de una instalación integrada de hierro y acero, puede usarse el gas de horno de coque. El consumo de energía para el proceso, así como las emisiones asociadas de CO<sub>2</sub>, depende, en parte, de la calidad del hierro y de las otras materias primas utilizadas en el proceso. Las emisiones de CO<sub>2</sub> dependen también del contenido de carbono y del poder calórico de los combustibles empleados en el proceso.

En este sentido, una de las grandes representantes del sector minero-metalúrgico se encuentra ubicada en los municipios de Minatitlán y Manzanillo, la cual propaga contaminantes al ambiente en general, es decir al aire, agua y suelo, registrando ante la SEMARNAT los siguientes contaminantes: 76.17 kg/año de Cadmio (compuesto) al suelo, 256.88 kg/año de Clorodifluorometano (HCFC-22) al aire, 37,574,000.534 kg/año de Bióxido de carbono al aire, 38.007 y 80.708 de kg/año de Níquel (compuesto) al aire y al

agua respectivamente y 8,858.172 de kg/año de Plomo (compuesto) al suelo (véase gráfica PI16).



**GRÁFICA PI16. Emisiones totales por el sector industrial metalúrgico.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

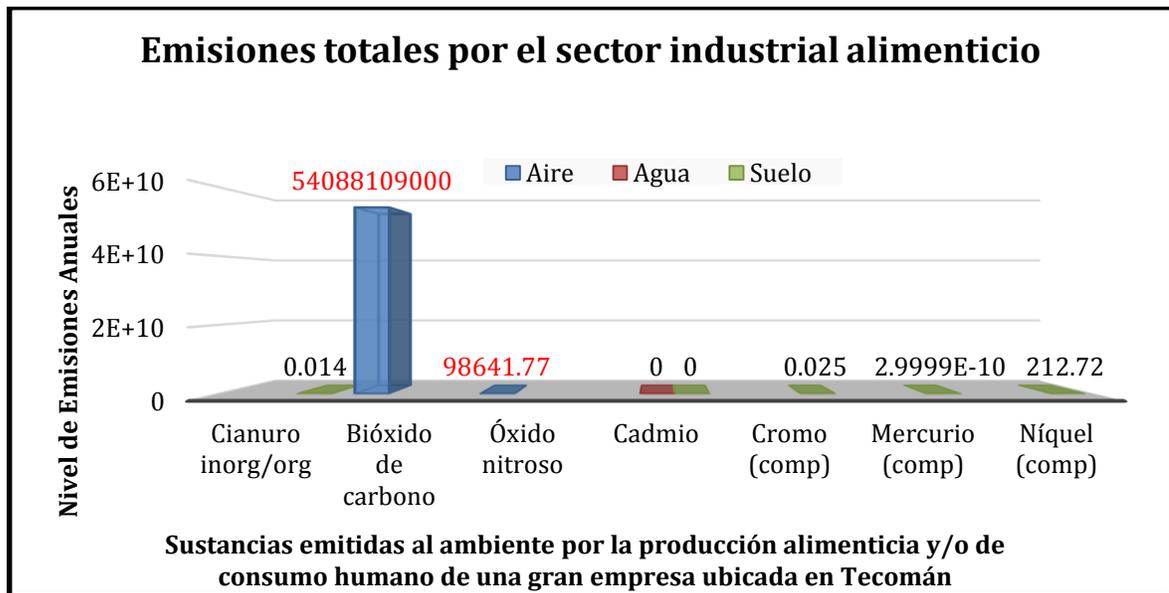
Otra gran empresa dedicada a la exploración y extracción de hierro y gran contaminadora, cuenta con dos minas a cielo abierto: Aquila, en el estado de Michoacán y Cerro Náhuatl en Cuauhtémoc, Colima, así como una mina subterránea en el municipio de Pihuamo, Jalisco. Una planta peletizadora en el poblado de Alzada, en Cuauhtémoc y una estación de Transferencia en Tecomán, esta empresa al igual que la anterior reporta sustancias que indican que es una industria gran emisora de gases de efecto invernadero, pues aporta altos niveles de dióxido de carbono (141,015 toneladas anuales por parte de la Planta Peletizadora), así mismo acorde a los datos obtenidos registra los siguientes contaminantes: 0.65 kg. de Fenol emitido al agua, 0.049 kg. de Cianuro inorg/org emitido al agua, 141,015,000 kg. de bióxido de carbono emitidas al agua y 0.022 kg de Cianuro inorg/org, 0.003 kg de Cromo, 0.023 kg. de Níquel emitidas al suelo por la Estación de Transferencia Tecomán. Otro factor importante es que registra transferencias de contaminantes, inventariando 44.5 kg anuales de Plomo (Mina Cerro Náhuatl) como reciclaje, 5.5 kg de Mercurio (Planta Peletizadora) como dispersión final, y 129.5 kg de Plomo (Planta Peletizadora) y 657.65 kg de Plomo (Estación de Transferencia Tecomán) como reciclaje.

Por otro lado, atendiendo al sector alimenticio y/o de consumo humano (incluyendo el sector bebidas y tabaco), se indica que la producción de alimentos y bebidas generan emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) de acuerdo a la metodología IPCC, 1996<sup>11</sup>. En el estado de Colima se ubicaron industria de producción de azúcar, producción de aceites, producción de pescado,

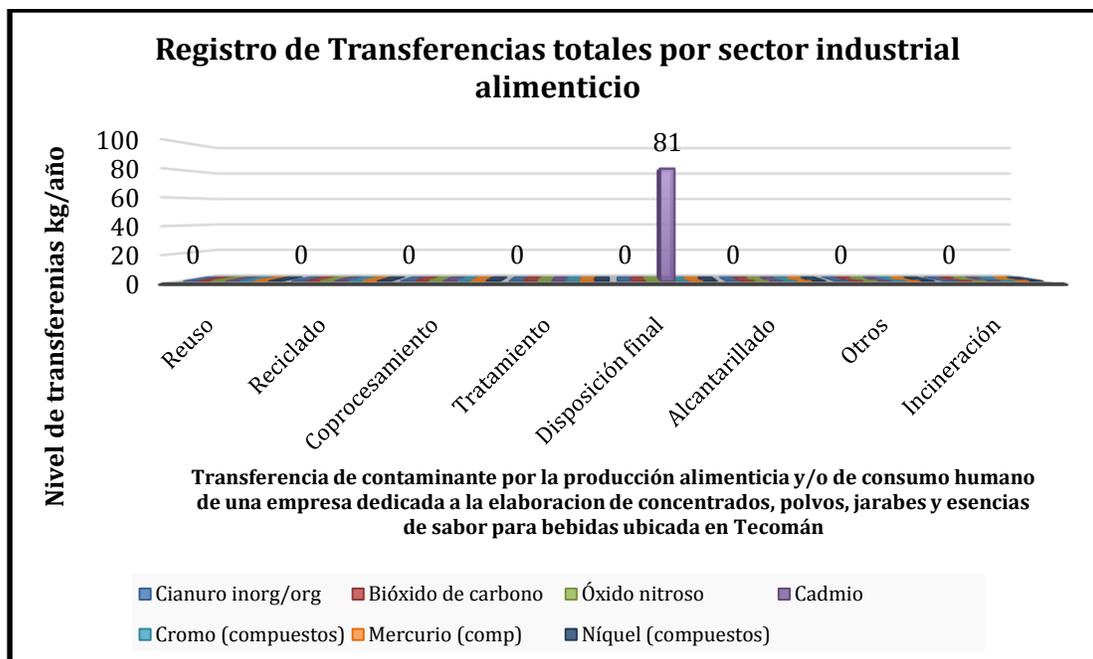
<sup>11</sup> Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

producción de bebidas y tabaco. En esta acepción encontramos a dos grandes empresas generadoras de contaminantes.

Una de las empresas mencionadas se encuentra ubicada en el municipio de Tecomán y se dedica a la producción de pectinas derivados de la deshidratación de frutas, es una corporación que registra para el 2011 los siguientes niveles de contaminantes y los cuales son representados por los siguientes valores (ver gráfica PI17 y PI18): 0.014 kg de cianuro orgánico e inorgánico como emisión al suelo, 54,088,000.109 kg de Bióxido de carbono y 98,641,000.77 kg de Óxido nitroso emitidos al aire, 0.025 kg. de cromo (compuesto) y 212.72 kg de Níquel (compuesto) emitidos al suelo, por otro lado también genera 81 kg. anuales de transferencia de Cadmio como disposición final.



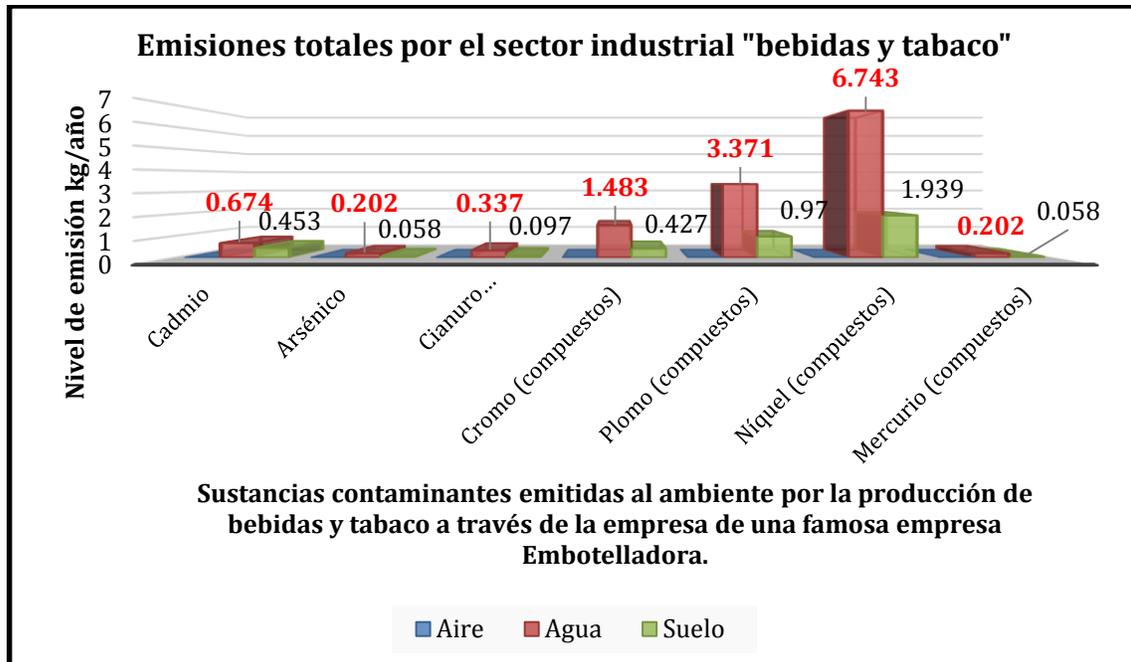
**GRÁFICA PI17. Registro de emisiones totales por el sector industrial alimenticio.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.



**GRÁFICA PI18. Registro de transferencias totales por el sector industrial alimenticio.**

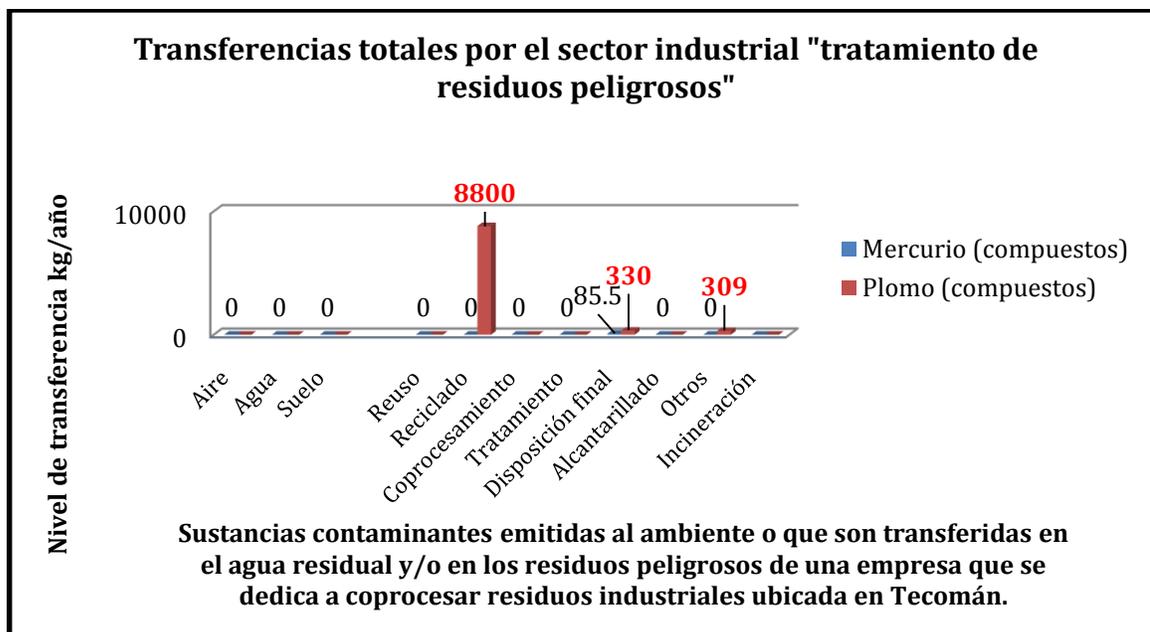
FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

La segunda empresa en importancia de alimentos, corresponde a una compañía Embotelladora, empresa encargada de la distribución y venta de su producción, se encuentra ubicada en el municipio de Tecomán y registra para el mismo año del que venimos hablando (2011) los siguientes niveles de contaminantes: 0.674 kg. de Cadmio como emisión al agua y 0.453 kg. como emisión al suelo, 0.202 kg. de Arsénico como emisión al agua y 0.058 kg como emisión al suelo, 0.337 kg. de Cianuro inorgánico/orgánico como emisión al agua y 0.097 kg. como emisión al suelo, 1.483 kg. de Cromo (compuestos) emitidos al agua y 0.427 emitidos al suelo, 3.371 kg. de Plomo (compuestos) como emisión al agua y 0.97 kg. como emisión al suelo, 6.743 kg. de Níquel (compuestos) como emisión al agua y 1.939 kg. como emisión al suelo, 0.202 kg. de Mercurio (compuestos) como emisión al agua y 0.058 kg. como emisión al suelo, esto representa que esta empresa no produce emisiones directas al aire (véase gráfica 13), como se puede observar, esta empresa no genera impactos importantes en sus emisiones según las COA's reportadas (Ver gráfica PI19)



**GRÁFICA PI19. Emisiones totales por el sector industrial bebidas y tabaco.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

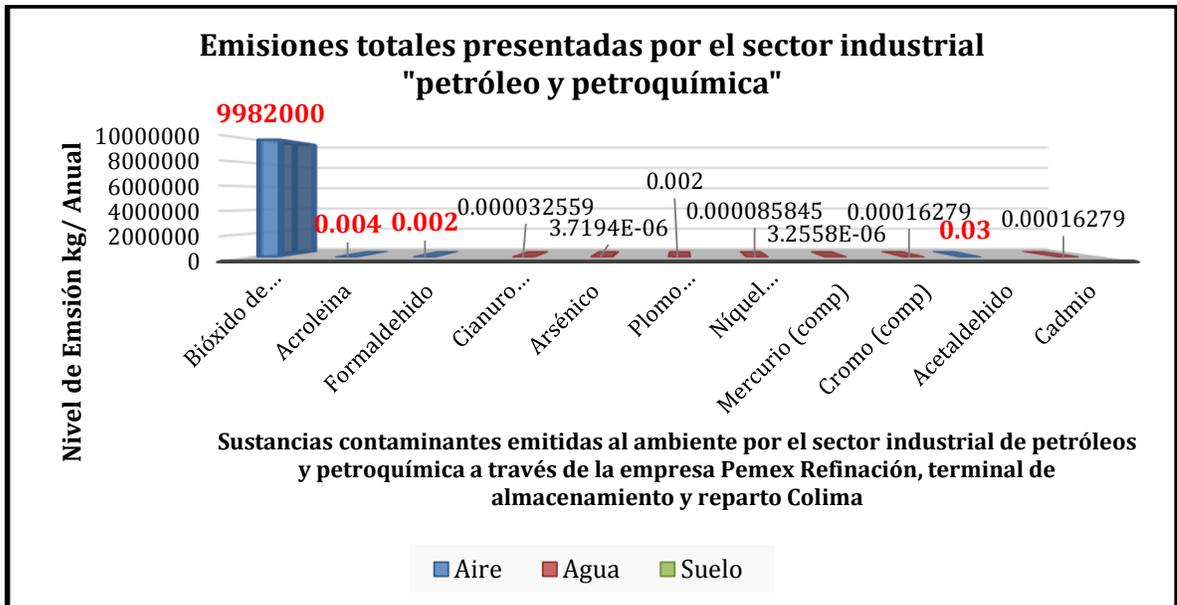
De acuerdo con el sector industrial de tratamiento de residuos peligrosos, una de las empresas de jurisdicción federal a cual investigamos es una empresa recicladora cuyo establecimiento se encuentra ubicado en el municipio de Tecomán y que se encarga directamente del tratamiento y transferencia de contaminantes, sus niveles de transferencia anuales son: 85.5 kg de Mercurio (compuestos) como disposición final, 8,800 kg. de Plomo (compuestos) como reciclado, 330 kg de Plomo (compuestos) como disposición final y 309 kg. de Plomo (compuestos) como otro tipo de transferencia. En la gráfica siguiente (ver gráfica PI20) podemos apreciar los niveles de transferencias de 2 de los 19 sustancias contaminantes reportadas directamente por Colima, reflejando de alguna forma la falta de misión ambiental.



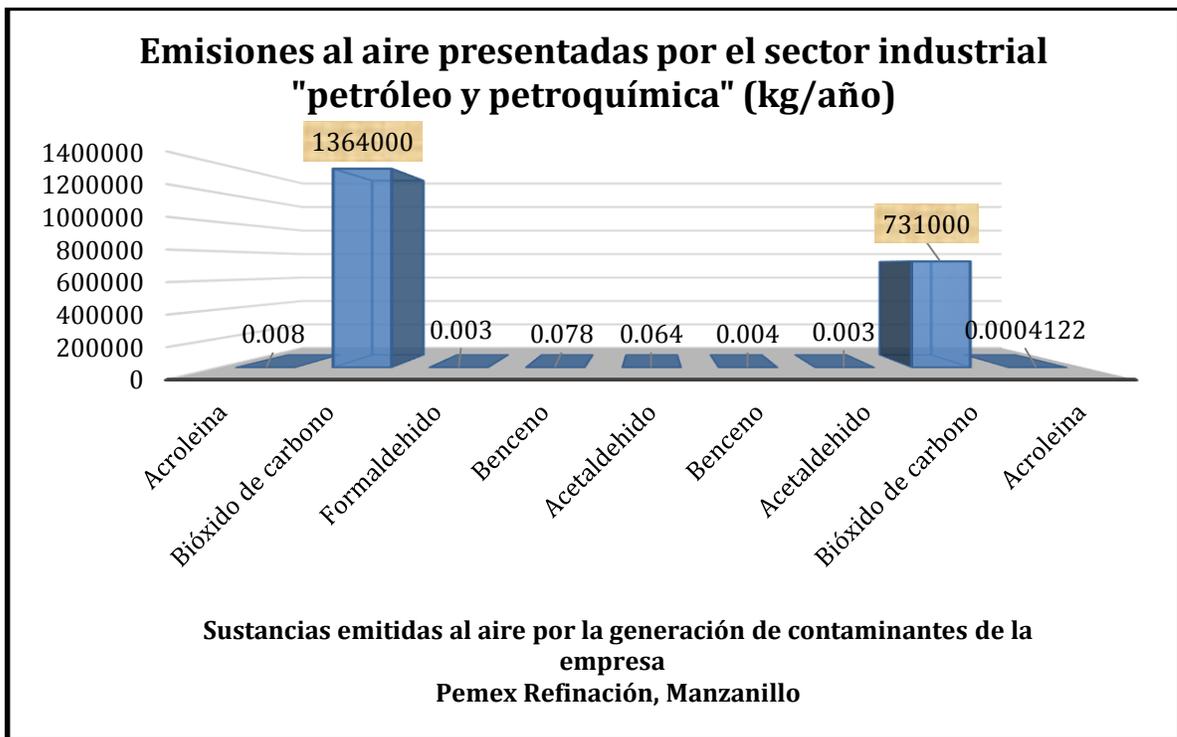
**GRÁFICA PI20. Emisiones y transferencias totales por el sector industrial tratamiento de residuos peligrosos.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

Al efecto del análisis del sector industrial petróleo y petroquímica, se obtuvieron datos de las dos grandes empresas de jurisdicción federal establecidas en Colima, Energía occidente de México S. de R.L. de C.V. y Pemex Refinación, ya como es de todos conocido por ser una gran industria mexicana, Pemex realiza la función estratégica de comercializar los productos petrolíferos y petroquímicos, es una empresa ubicada en el municipio de Manzanillo y se dedica al manejo especializado de petróleo y derivados que permiten la operación de buques con 200 metros de eslora y la descarga de 50,000 toneladas de producto, disponiendo de un área total de 27,933.29 m<sup>2</sup>. La operación de esta terminal se utiliza para la recepción, almacenaje y abastecimiento de combustible en la localidad, así mismo cuenta con una dependencia en el municipio de Colima que se dedica al almacenamiento y reparto, la contaminación que Pemex emite al ambiente está clasificada y analizada según la información proporcionada por SEMARNAT (ver gráfica PI21 y PI22). Por medio del establecimiento de Colima se generó en el 2011: 9.982 toneladas de Bióxido de carbono, 0.004 kg de Acroleina, 0.002 kg de Formaldehído y 0.03 kg de Acetaldehído emitidas directamente al Aire, 3.2559E-05 kg de Cianuro inorg/org, 3.7194E-06 kg de Arsénico, 0.002 kg de Plomo (compuestos), 8.5845E-05 kg de Níquel (compuestos), 3.2558E-06 kg de Mercurio (comp), 0.00016279 kg de Cromo (comp), y 0.00016279 kg de Cadmio como emisiones al Agua. Por otro lado también generó 7 kg. anuales de transferencia de Mercurio (compuesto) como disposición final.

Teóricamente los datos registrados por PEMEX apuntan a que el establecimiento ubicado en el municipio de Manzanillo emite sólo contaminantes al aire, los cuales se identifican de la siguiente manera: 0.008 kg de Acroleina, 13,000.64 kg de Bióxido de carbono, 0.003 kg de Formaldehído, 0.078 kg de Benceno y 0.064 kg de Acetaldehído transmitidas al aire por la terminal de almacenamiento y reparto satélite, así mismo: 0.004 kg de Benceno, 0.003 kg de Acetaldehído, 731 kg de Bióxido de carbono y 0.0004122 kg de Acroleina expulsadas al aire por la terminal de almacenamiento marítima.



**GRÁFICA PI21. Emisiones totales por el sector industrial petróleo y petroquímica de la empresa Pemex Refinación.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012

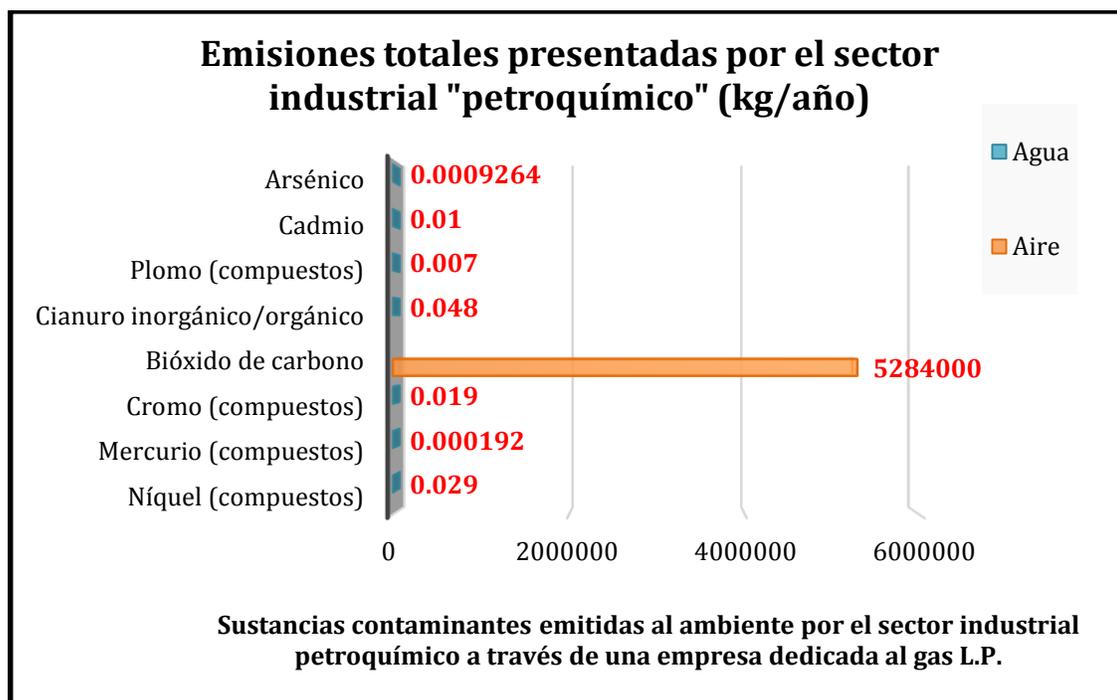


**GRÁFICA PI22. Emisiones al aire presentadas por el sector industrial petróleo y petroquímica de la empresa Pemex Refinación.** FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

Como se puede observar en las gráficas anteriores (ver gráfica PI21 y PI22), los niveles de emisión de GEI son muy visibles sobre todo por los kilogramos emitidos por el

dióxido de carbono, pues de manera conjunta los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos por esta empresa proyecta una cantidad total de 24.353 toneladas al año, cuestión que denota que las afectaciones que Colima tiene por esta compañía puede estar generando repercusiones al impacto ambiental.

Finalmente respecto a las empresas de jurisdicción federal, nos encontramos con una que es clasificada en el sector petroquímico, una empresa distribuidora de gas ubicada físicamente en el municipio de Manzanillo, de acuerdo a los reportes localizados de esta empresa reportados ante la SEMARNAT, se puede considerar que también es una empresa generadora de contaminantes a pesar de que en su última Manifestación de Impacto Ambiental reporta que la mayoría de sus impactos presentan valor de importancia irrelevante y medida de mitigación y/o prevención pues supuestamente no genera impacto severos o críticos. Sus índices de contaminación son: 0.029 kg de Níquel (compuestos), 0.000192 kg de Mercurio (compuestos), 0.019 kg de Cromo (compuestos), 0.048 kg de Cianuro inorgánico/orgánico, 0.007 kg de Plomo (compuestos), 0.01 de Cadmio y 0.0009264 kg de Arsénico como emisión al agua, y 5,000.284 kg de Bióxido de carbono emitidas directamente al aire (Véase gráfica PI23), además no presenta niveles de transmisión de contaminantes.



**GRÁFICA PI23. Emisiones totales presentadas por el sector industrial petroquímico.**  
 FUENTE: Elaborado con base en datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Calidad del Aire y RETC. Julio 2012.

## ANÁLISIS/CONCLUSIÓN

---

Con base en la información obtenida y en el análisis de sus indicadores, podemos considerar como los más críticos los siguientes:

- GEI, principalmente hidrofluorocarbonos, dióxido de carbono y plomo compuesto, materiales que son referidos como los potencialmente de mayor impacto, así mismo según el RETC solo 3 tipos de sustancias transfieren contaminantes: el Cadmio con 0.081 ton., el Mercurio (compuestos) con 0.098 ton. y el Plomo (compuestos) con 10.271 ton., no dejando fuera otras 19 sustancias que aunque registradas con indicadores muy bajos, no se tiene suficiente evidencia tácita por una tercería que haga válida estos registros (es importante considerar la opción de la implementación de la figura de un perito ambiental).

En el reporte de emisiones y transferencias de sustancias emitidas por el Estado de Colima, los elementos mencionados cobran mayor relevancia cuando de cada una de las 19 sustancias reportadas, nos encontramos que el generador clave de ellas es la industria manufacturera, industria que se ha identificado sobre todo en los municipios de Tecomán, Manzanillo, Colima y Villa de Álvarez. Es así que en Colima existen sobre todo 5 sustancias con los niveles más altos de emisión, en primer lugar en grado de toneladas se encuentra el bióxido de carbono, le sigue el óxido nitroso, el bióxido de nitrógeno, el plomo y el benceno, de manera específica los 3 elementos más altos son el Bióxido de carbono con 6, 671,961.63 ton., seguido del Óxido nitroso con 98,641.77 ton., y el Bióxido de nitrógeno con 15,840.5 ton.

Abordando la información anterior, definitivamente un programa de prevención de la contaminación en Colima, debería detallar un estudio de las operaciones de una industria con la finalidad de minimizar todo tipo de residuos, incluyendo:

- Reducir el riesgo de responsabilidad civil.
- Disminuir los costos de operación.
- Mejorar la motivación y participación del trabajador.
- Realzar la imagen de responsabilidad social de la empresa en la comunidad.
- Proteger la salud pública y el medio ambiente.

Siguiendo con la misma idea, las regiones donde se identificó los mayores afluentes industriales de GEI, así como vertederos contaminantes sin control son en los municipios de: Manzanillo, Tecomán y Cuauhtémoc. Lugares en los que existe industria de registros federales y locales, de los cuales se pudo obtener información de sus emisiones y vertederos industriales a través de sus COA's.

En este sentido, es sustancial señalar que el municipio con mayores emisiones de CO<sub>2</sub>e es Tecomán, esto por la presencia de la industria cementera, seguido del municipio de Manzanillo por la producción de hierro principalmente, después el municipio de Cuauhtémoc con las emisiones derivadas de la producción de hierro, subsecuente por Ixtlahuacán, municipio que se distingue por la producción de cal. En cuanto a COVDM el municipio de Cuauhtémoc es el que más emisiones tiene debido a la producción de azúcar.

Es importante mencionar que existen empresas significativas que presentan sus informes con indicadores poco consistentes y contradictorios, ya que en casos como emisión de mercurio se presenta información relacionada con una microempresa orientada más a servicios que a la industria, lo cual nos lleva a considerar que en indicadores críticos los informes no son confiables, pudiendo representar potencialmente un riesgo social que debe ser regulado por tercerías especializadas a medir y concertar la información de las COA's.

Con respecto a las prácticas de agroindustria, se encontró un gran riesgo en todo el sistema de producción cañera a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la quema del más del 80% de los plantíos, el transporte en vehículo pesado viejo, el proceso industrial en los ingenios con grandes cantidades de CO<sub>2</sub> y procesos industriales que generan vertederos de aceites y grasas en zonas poblacionales cercanas. Lo anterior nos lleva a recomendar un importante estudio para la reconversión de este proceso en industria limpia. Cabe mencionar aunado a este problema en la investigación, que muchos de los cultivos tradicionales de la zona de Tecmán se estaban reconvirtiendo en zonas cañeras para la producción de biogás derivado de este cultivo.

En referencia a Manzanillo, es necesario definir políticas públicas que generen una estrategia de interacción entre la industria del sector turístico y las demandas sociales y comerciales de la población, con el fin de evitar impactos ambientales que afecten directamente la viabilidad de la región, así como la salud derivado de sus grandes emisiones de GEI (problemas respiratorios y de cáncer como los más importantes) , principalmente por emisiones de gases tóxicos derivados de la planta generadora de luz y la planta pelletizadora ubicadas dentro de la zona habitacional de este municipio.

Aludiendo a la producción de cemento, esta es la subcategoría que más contribuye a las emisiones de CO<sub>2</sub>e (80.3%) por el sector de procesos industriales y uso de productos, seguido de la producción de hierro con el 16.8%, y la producción de cal con el 2%.

Se concluye que la contaminación en la atmósfera por las sustancias registradas ante la SEMARNAT es originada por algunos metales y sus derivados, estos metales presentan valores suficientemente altos de presión de vapor y, por lo tanto, pueden existir como gases en la atmósfera. También pueden encontrarse en forma de aerosol metales contaminantes, el plomo, producido por los aditivos añadidos a las gasolinas que utilizan los motores de los automóviles, ya que es uno de los más característicos. Otros metales como cromo, cadmio, hierro, zinc, etc., también han sido determinados así como diferentes aniones: cloruros, bromuros, nitratos, etc.

En la contaminación del Agua por algunas de las sustancias reportadas en nuestro Estado se dice que las aguas procedentes de las industrias como la minera, la de recubrimientos metálicos y las fundidoras contaminan el agua con diversos metales, como las sales de plomo, de zinc, de mercurio, de plata, del níquel, de cadmio y de arsénico, las cuales son muy tóxicas para la flora y la fauna terrestres y acuáticas, que al ser ingeridos por el hombre en el agua y alimentos contaminados provocan ceguera, amnesia, raquitismo, miastenia o hasta la muerte en algunos casos.

En este contexto, los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos producidos por la lluvia ácida.

Dentro de las emisiones y transferencias realizadas durante el 2011 por las empresas de jurisdicción federal ante esta institución por medio de las Cédulas de Operación Anual (COA's), se tienen identificadas 13 empresas divididas conforme al sector: Cemento y Cal, Generación de energía eléctrica, Química, Metalúrgica (incluye la siderúrgica), Alimenticio y/o de consumo humano, Bebidas y tabaco, Tratamiento de residuos peligrosos, Petróleo y petroquímica, identificando con los datos específicos que más adelante se señalan que los grupos predominantes en la generación de contaminantes atmosféricos son, la industria del petróleo y petroquímica y la del cemento y cal.

En esta acepción se tienen identificadas 2 grandes empresas, reconocidas por la mayoría de la población colimense, una ubicada en Tecomán, la cual produce aproximadamente 1,865,008 toneladas anuales de cemento y la otra en el municipio de Ixtlahuacán, la cual produce aproximadamente 27,363 toneladas de cal al año. La primera tiene reportados para el 2011 emisiones únicamente al aire, registrando las siguientes sustancias contaminantes: Benceno (5,685.2 kg), Bióxido de carbono (977,497 ton), Bióxido de nitrógeno (1,623,000 kg), Mercurio (72.2 kg), Plomo (compuestos) (166.2 kg), Cadmio (3.1 kg), Dioxinas (0.000,037 g), Cromo (compuestos) (43.8 kg) y Arsénico (7.4 kg). La otra gran empresa anualmente registra: al aire emite 12,041.37 de toneladas de Bióxido de carbono, así mismo emite las siguientes sustancias al suelo: Mercurio (compuestos) (0.001 kg), Níquel (compuestos) (0.133 kg), Plomo (compuestos) (0.133 kg), Bióxido de carbono (12,041.37 ton) Cianuro inorgánico/orgánico (0.031 kg), Arsénico (0.003 kg), Cadmio (0.067 kg) y Cromo (compuestos) (0.334 kg).

La Comisión Federal de Electricidad, Central Termoeléctrica Manzanillo es considerada como una empresa gran emisora de contaminantes al aire, abordando particularmente que según los datos proporcionados por la SEMARNAT esta produce un total de 14.217500 ton. de bióxido de nitrógeno y 5,444,531.98 ton. de bióxido de carbono

Es importante aludir que otro riesgo ambiental se deriva de las emisiones generadas por el sector industrial químico, de esta manera hacemos referencia a que estadísticamente Colima tiene una gran empresa procesadora de productos derivados del limón que genera gran cantidad de bióxido de carbono, esta empresa se ubica en el municipio de Tecomán y emite las siguientes sustancias: Bióxido de carbono (5,184,000 kg), Cianuro inorg/org (0.000054999 kg), Arsénico (0.0000016499 kg), Cadmio (0.00027499 kg), Cromo (comp) (0.000054999 kg), Mercurio (comp) (0.0000055 kg), Níquel (comp) (0.00054999 kg), Plomo (comp) (0.00054999 kg).

Una de las grandes representantes del sector minero-metalúrgico se encuentra ubicada en los municipio de Minatitlán y Manzanillo, la cual propaga contaminantes al ambiente en general, es decir al aire, agua y suelo, registrando ante la SEMARNAT los siguientes contaminantes: 76.17 kg/año de Cadmio (compuesto) al suelo, 256.88 kg/año de Clorodifluorometano (HCFC-22) al aire, 37,574,000.534 kg/año de Bióxido de carbono al aire, 38.007 y 80.708 de kg/año de Níquel (compuesto) al aire y al agua respectivamente y 8,858.172 de kg/año de Plomo (compuesto) al suelo.

Otra gran empresa dedicada a la exploración y extracción de hierro y gran contaminadora, cuenta con dos minas a cielo abierto: Aquila, en el estado de Michoacán y Cerro Náhuatl en Cuauhtémoc, Colima, así como una mina subterránea en el municipio de Pihuamo, Jalisco. Una planta peletizadora en el poblado de Alzada, en Cuauhtémoc y una estación de Transferencia en Tecomán, esta empresa al igual que la anterior reporta sustancias que indican que es una industria gran emisora de gases de efecto invernadero,

pues aporta altos niveles de dióxido de carbono (141,015 toneladas anuales por parte de la Planta Peletizadora), así mismo acorde a los datos obtenidos registra los siguientes contaminantes: 0.65 kg. de Fenol emitido al agua, 0.049 kg. de Cianuro inorg/org emitido al agua, 141,015,000 kg. de bióxido de carbono emitidas al agua y 0.022 kg de Cianuro inorg/org, 0.003 kg de Cromo, 0.023 kg. de Níquel emitidas al suelo por la Estación de Transferencia Tecomán. Otro factor importante es que registra transferencias de contaminantes, inventariando 44.5 kg anuales de Plomo (Mina Cerro Náhuatl) como reciclaje, 5.5 kg de Mercurio (Planta Peletizadora) como dispersión final, y 129.5 kg de Plomo (Planta Peletizadora) y 657.65 kg de Plomo (Estación de Transferencia Tecomán) como reciclaje.

De acuerdo con el sector industrial de tratamiento de residuos peligrosos, una de las empresas de jurisdicción federal a cual investigamos es una empresa recicladora cuyo establecimiento se encuentra ubicado en el municipio de Tecomán y que se encarga directamente del tratamiento y transferencia de contaminantes, sus niveles de transferencia anuales son: 85.5 kg de Mercurio (compuestos) como disposición final, 8,800 kg. de Plomo (compuestos) como reciclado, 330 kg de Plomo (compuestos) como disposición final y 309 kg. de Plomo (compuestos) como otro tipo de transferencia, reflejando de alguna forma la falta de misión ambiental.

Por el sector industrial petróleo y petroquímica de la empresa Pemex Refinación, se puede observar que los niveles de emisión de GEI son muy visibles sobre todo por los kilogramos emitidos por el dióxido de carbono, pues de manera conjunta los niveles de CO<sub>2</sub> emitidos por esta empresa proyecta una cantidad total de 24.353 toneladas al año, cuestión que denota que las afectaciones que Colima tiene por esta compañía puede estar generando repercusiones al impacto ambiental.

Es así que, para realmente conseguir un contexto objetivo de este proyecto, el programa de prevención de la contaminación en la industria se puede lograr a través de dos métodos de minimización de residuos en la fuente: cambios en el producto y cambios en los procesos de producción. Los cambios en el producto incluyen modificaciones en la composición del producto para reducir el volumen y la toxicidad de los residuos durante el ciclo de vida del producto. Los cambios en el proceso incluyen diversas modificaciones del producto para minimizar la cantidad de residuos que se generan en la producción.

La prevención de la contaminación implica el uso de materiales, procesos o prácticas que mitiguen la generación de contaminantes o residuos en la fuente, es decir, en la misma industria. Al evitar los residuos, las empresas eliminan los problemas de su tratamiento y disposición, lo que les ahorra dinero y les permite concentrarse en sus objetivos principales de brindar bienes o servicios. La prevención de la contaminación incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos, energía, agua y otros recursos, así como estrategias para proteger los recursos naturales a través de su conservación o uso más eficiente.

# CAMBIO DE COVERTURA Y USO DEL SUELO EN EL ESTADO DE COLIMA

Dr. Herguin Benjamín Cuevas Arellano

**Colaboradora: MCS. Tania Román Guzmán**

## I. Introducción

El conocimiento y manejo sustentable del patrimonio forestal del Estado de Colima constituye uno de los principales objetivos del Sector Ambiental de los tres niveles de gobierno, lo cual se traduce en un fortalecimiento de los programas estratégicos por la conservación y protección del bosque y el agua. Por ello, las acciones de mitigación y adaptación se deben orientar hacia la conservación de la biomasa forestal existente a través del control de la tasa de deforestación, la reducción de los factores de riesgo, las medidas de regeneración natural y el cumplimiento de la Legislación y Normatividad Ambiental vigente.

Sin embargo en la actualidad no se cuenta con un estudio o diagnóstico del estado de los recursos forestales, que relacione los aspectos ambientales, económicos y sociales de una manera integral, que permita orientar de manera efectiva los programas federales, estatales y municipales en el Estado, esto se convierte en una limitante para la aplicación efectiva de los recursos disponibles a través de los programas institucionales existentes. Dando como resultado que en la mayoría de los casos, los criterios que los dirigen son las demandas y competencias, teniendo como consecuencia que su orientación y aplicación incida sobre procesos, y no en problemáticas concretas, que muchas veces son parte de un problema mayor. Actualmente con los cambios en la política pública y en la legislación, queda claro que los tres niveles de gobierno deben trabajar de manera coordinada, y con conocimiento claro de que es lo que se requiere hacer y en dónde, de ahí que se hará necesaria también la generación de espacios de trabajo con un enfoque interdisciplinario e intersectorial, donde el intercambio de información y la creación de una visión conjunta sea primordial para el adecuado desarrollo de alternativas apropiadas para permitir la adaptación paulatina a las condiciones cambiantes del ecosistema.

Localmente existen las condiciones para ello y se han identificado circunstancias donde se trabaja de manera entusiasta en diversos foros de concurrencia (Comisión Intersecretarial, Consejos para el Desarrollo Rural Sustentable, Comisiones de Cuenca, entre otros), no obstante hacen falta elementos técnicos para orientar las acciones y la toma de decisiones de manera más precisa, para incidir sobre los procesos clave para la conservación de los recursos naturales, como principal estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático que permitirá el mantenimiento de las actividades socioeconómicas en el estado, con un enfoque desarrollo sustentable.

Esta propuesta pretende ser un instrumento de apoyo en este sentido, con el objetivo de enfocar geográficamente las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático a apartar de un diagnóstico de la situación actual de las zonas forestales del estado de Colima, con base en la detección de los cambios de uso del suelo y la identificación de los

procesos que se desarrollan a partir de estos cambios, en particular la deforestación, incluyendo en el análisis diversos elementos, tales como el área geomorfológica donde han ocurrido los procesos más relevantes, los niveles de calidad y fragilidad ecológica del territorio, la erosión potencial y demás factores que nos ayuden a explicar las causas de estos cambios como: la ubicación y tamaño de las localidades, la presencia de caminos, la ubicación de zonas con programas de manejo forestal autorizados ya sea para autoconsumo o comercial, los avisos para relimpia de acahuales, la ubicación de obras de conservación de suelos e infraestructura hidráulica utilizadas en las actividades agropecuarias (bordos), además de áreas reforestadas, el historial de ilícitos ambientales, de sanidad forestal e incendios.

El alcance en un primer nivel de análisis, es identificar aquellas áreas que se consideran prioritarias en materia de conservación, manejo y restauración de bosques<sup>12</sup>, dada la dinámica de cambio de uso de suelo, así como por la presencia de algunos factores de deterioro (incendios, plagas o enfermedades). Así mismo se pretende seguir desarrollando con más elementos de análisis, un segundo nivel, donde se deberán incorporar aspectos del sector productivo y la dinámica sociodemográfica que ha prevalecido en la entidad, debido a que son las actividades humanas las que presionan en mayor o menor medida a los sistemas naturales. Para ello se necesitará de la colaboración y análisis de los otros componentes del PEACC Colima para revisar las zonas que se proponen como prioritarias para concretar las acciones que se requieren y poder definir un plan de trabajo integral a seguir. Cabe mencionar que también se tomarán en cuenta todos aquellos estudios, diagnósticos o levantamientos de información que se tengan disponibles para enriquecer la propuesta (ej. planes rectores de conservación y desarrollo por microcuencas). Se pretende que esta sea una estrategia dinámica, retroalimentarle, que permita ir construyendo las condiciones para avanzar en forma gradual en la solución de los conflictos del uso del territorio, en especial de las zonas forestales.

## II. II. OBJETIVOS

---

### 2.1. Objetivo General

---

- ✓ Dirigir las acciones sectoriales para incidir en la aplicación de los recursos de diversas instancias tanto Federales como Estatales y Municipales, en materia forestal generando sinergias que lleven a acciones concurrentes para lograr la conservación del territorios y un desarrollo forestal sustentable.

### 2.2. Objetivos específicos

---

- ✓ Definir la zonificación de los terrenos forestales y de aptitud preferentemente forestal para su categorización en conservación, restauración y producción.
- ✓ Definir las líneas prioritarias de acción para frenar el deterioro y mejorar el manejo de las zonas boscosas.

---

<sup>12</sup> En un inicio se mencionan los tipos de vegetación predominantes. Cuando se habla de bosques o zonas forestales nos referimos a todos los tipos de vegetación naturales donde predominan elementos arbóreos (selvas, encinares, pinares, manglares, mesófilo de montaña, palmares no cultivados, de galería). Cuando se habla de la deforestación es pérdida de cobertura vegetal natural (bosques y otros tipos de vegetación natural).

### III. METAS

- ✓ Contar con un documento que se la base para la elaboración de un programa operativo concurrente y permanente, para lograr la conservación, manejo y restauración de las zonas forestales del estado de Colima a mediano y largo plazo.

### IV. METODOLOGÍA

#### 4.1 Primera fase.

La estrategia metodológica utilizada para la realización de este primer nivel de análisis consiste en una sobre posición cartográfica de diferentes capas de información tanto de elaboración propia como proporcionada por instancias oficiales (Cuadro 1) para realizar la identificación de áreas prioritarias para el desarrollo de acciones de mitigación y adaptación enfocadas a la conservación, y restauración del territorio.

**Tabla CUS1. Fuentes de información.**

Tema	Fuente
Cambio de uso del suelo	Elaboración propia.
Cobertura vegetal	Inventario Nacional Forestal 2000 con verificación en campo en el 2001 por Herguin B. Cuevas.
Deforestación	Elaboración propia.
Zonas de recarga (Acuíferos)	CNA.
Población	Censo por localidades de 1995 (INEGI) georeferenciado por la Universidad Autónoma de Chapingo para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima.
Índice de calidad ecológica	El mapa fue elaborado a nivel estatal por la Universidad Autónoma de Chapingo para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima.
Índice de Fragilidad ecológica	El mapa fue elaborado a nivel estatal por la Universidad Autónoma de Chapingo para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima.
Erosión potencial hídrica	El mapa fue elaborado a nivel estatal por la Universidad Autónoma de Chapingo para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima.
Microcuencas	Vectores proporcionados por FIRCO Colima.
Vías de comunicación Modelo digital de elevación Centros de población	Generados por la Universidad Autónoma de Chapingo para el Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio del Estado de Colima.

La información anterior se analizó utilizando como herramienta un Sistema de Información Geográfica, con plataforma ArcView 3.1, se empleó la técnica de sobreposición aritmética de los mapas temáticos anteriores, con el fin de identificar las áreas críticas, con lo que se tuvo como resultado:

- a) La identificación de las tendencias de pérdida de bosques.
- b) La identificación de las zonas, que por sus características naturales, la cantidad y calidad de sus recursos pueden ser consideradas como de mayor afectación.

c) Identificación de factores socioeconómicos que inciden directamente en el proceso de deterioro encontrado.

d) Identificación de zonas potencialmente vulnerables a un proceso de deterioro ecológico en el corto plazo, y por ende, de atención prioritaria.

#### 4.2 Segunda fase.

---

Para la planificación de una estrategia integral, es necesaria la integración y análisis de información de los demás componentes del PEACC Colima, para definir con mayor precisión estas zonas críticas con más elementos de análisis, una estrategia integral. Entre la información necesaria y las fuentes probables se enlistan a continuación las más relevantes a considerar:

##### **SEMARNAT**

- ✓ Aprovechamientos forestales (maderables y no maderables, comerciales y de autoconsumo) y sus evaluaciones de impacto ambiental.
- ✓ Relimpia de acahuales.
- ✓ Cambio de utilización de terrenos forestales
- ✓ Sanidad Forestal
- ✓ Proyectos aprobados en materia de impacto ambiental en zonas forestales.

##### **CONAFOR**

- ✓ Historial de incendios e infraestructura de control.
- ✓ Obras de conservación de suelos.
- ✓ Reforestaciones.
- ✓ Zonas semilleras.
- ✓ Proyectos de investigación.

##### **PROFEPA**

- ✓ Historial de ilícitos en materia forestal y de cambio de uso del suelo.

##### **CNA**

- ✓ Ubicación e historial de afloros de manantiales y pozos estratégicos relacionados a zonas forestales.
- ✓ Calidad del agua de aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Nivel de Asolve en infraestructura hidráulica.

##### **SAGARPA**

- ✓ Caracterización de sistemas de producción
- ✓ Productores con Procampo
- ✓ Proyectos de cultivos nuevos

## V. ANTECEDENTES

---

### 5.1 Situación de los bosques en México.

---

En México, según las fuentes de información oficial, el 69% del país está cubierto por vegetación natural y existen aún 42.7 millones de hectáreas de áreas arboladas, de las cuales 26.2 corresponden a bosques, 15.2 a selvas y el 1.3 a otras asociaciones forestales como manglares y palmares. Se estima que el 80% de las regiones forestales son de propiedad social, esto es, que están bajo el régimen ejidal y comunidades agrarias.

Desde la perspectiva de la biodiversidad, los ecosistemas forestales del país son un recurso biológico de enorme valor, ya que en ellos habitan más del 10% de las especies de plantas y animales del planeta, entre los que existe un alto porcentaje de endemismos (Styles, 1993 citado por Merino y Segura, 2002). La diversidad biológica está vinculada a la diversidad étnica y cultural. Se estima que actualmente se aprovechan alrededor de 9 millones de hectáreas con programas de manejo forestal autorizados, además de contar con diversos productos no maderables de importancia medicinal, alimenticia y económica. A pesar de ello, persisten altos niveles de deforestación, degradación y tala clandestina de los recursos forestales, especialmente en zonas de alta densidad demográfica.

La deforestación y degradación de los bosques han sido continuas en los últimos 40 años, y es uno de los problemas más graves de las zonas rurales. Existe una tasa de deforestación anual de 0.43 %, ocurriendo el cambio principalmente en selvas, pastizales naturales y vegetación hidrófila (Velázquez *et al*, 2002). Las causas principales de deforestación son, en términos generales, el cambio de uso del suelo con fines agropecuarios y los incendios, sin embargo pueden incidir factores indirectos tales como políticas públicas y el comportamiento de mercados.

El deterioro de los recursos forestales y la subutilización del potencial productivo; la falta de infraestructura de caminos, la obsolescencia de la planta industrial y la ausencia de financiamientos se conjugan en la limitada capacidad de competitividad de la producción forestal mexicana, en relación con los mercados internacionales. Se considera que es necesario cambiar el enfoque de aprovechamiento convencional, que está referido a su producción maderable e integrar los demás recursos asociados, para permitir un tránsito hacia el manejo sustentable de los ecosistemas forestales, donde se conjugue el aprovechamiento de la madera y los demás recursos presentes, como los no maderables, la leña para uso doméstico, agua, suelo, fauna silvestre, entre otros.

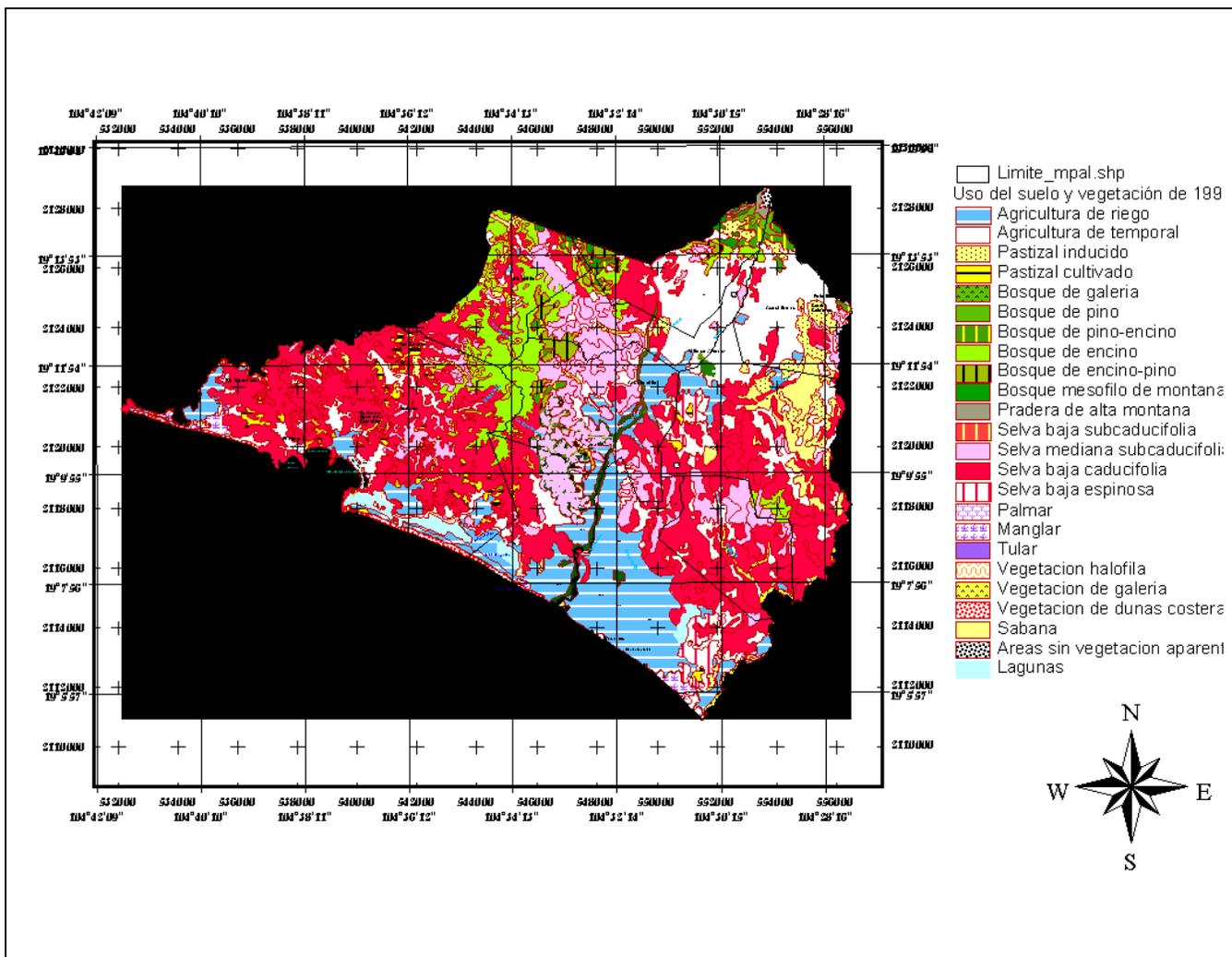
## VI. SITUACIÓN DE LOS BOSQUES EN COLIMA

---

### 6.1 Generalidades sobre los tipos de coberturas y uso del territorio en el Estado.

---

El Estado de Colima tiene una superficie total de 5,636.80 km<sup>2</sup> (según estimación del Instituto de Geografía de la UNAM) y presenta 13 grandes tipos de vegetación natural cubre una extensión de 2,991.94 km<sup>2</sup>, además de zonas agrícolas, pastizales cultivados, asentamientos humanos, sin vegetación aparente y cuerpos de agua, que abarcan un amplio gradiente altitudinal que va de 0 a los 3,820 msnm (Figura 1 y Cuadro 2):



**Tabla CUS2. Superficie, tipo de cobertura y uso del suelo para el Estado de Colima en 1976 y 2000.**

Tipos de cobertura	Clave	1976 Superficie (km <sup>2</sup> )	2000 Superficie (km <sup>2</sup> )
Praderas naturales de alta montaña (sabana)*	Vw	7.54	8.78
Bosques de pino*	P	19.60	17.65
Mezclas distintas de bosques de pino-encino	PQ	132.31	120.03
Bosques de encino	Q	397.42	365.29
Bosque mesófilo de montaña*	M	24.43	23.34
Selva mediana subcaducifolia y caducifolia	Mcs	665.11	596.15
Selva baja caducifolia y subcaducifolia	Bcs	2252.13	1724.11
Vegetación de galería*	VG	91.62	33.00
Vegetación hipsófila y gipsófila*	VHY	57.77	39.66
Popal tular*	PT	2.23	12.63
Palmares nativos*	Pa	2.18	1.89
Dunas costeras*	Vu	27.16	14.74
Manglares*	Ma	48.46	34.67
Pastizal cultivado e inducido	C+I	245.83	519.00
Área sin vegetación aparente	DV	4.04	9.56
Cuerpo de agua continental	Ac	80.73	76.09

Tipos de cobertura	Clave	1976 Superficie (km <sup>2</sup> )	2000 Superficie (km <sup>2</sup> )
Asentamiento humano	Ah	13.79	92.66
Agricultura de riego, temporal con cultivos anuales, permanentes y semipermanentes.	R+T A+TP	1557.05	1937.19
<b>Total superficie con cobertura vegetal natural</b>		3,727.96	2,991.94

Nota: Los tipos marcados con un \* se consideraron en el Cuadro 3 en la categoría de otros.

Fuente: Elaboración propia.

Para cada uno de los tipos de cobertura, se tienen características generales, pero hasta el momento no se cuenta con información detallada de las especies que los componen en la entidad, ni el estado de conservación de cada uno de ellos.

Existen tipos de vegetación cuya diversidad biológica y/o nivel de endemismos es reconocida tanto a nivel nacional como internacional, tal es el caso de las selvas bajas y medianas, los bosques mesófilos de montaña, las dunas costeras, los manglares, los encinares y las praderas de altas montañas, estas últimas ubicadas en la parte alta del Volcán de Colima.

## 6.2 Procesos del cambio de cobertura y uso del suelo en Colima.

Los estudios sobre los procesos de cambio en la cobertura y uso del suelo se encuentran en el centro de la atención de la investigación ambiental actual. La mayor parte de los cambios ocurridos en ecosistemas terrestres se deben a: a) conversión de la cobertura del terreno, b) degradación del terreno y c) intensificación en el uso del terreno (Lambin, 1997). Estos procesos, usualmente englobados en lo que se conoce como deforestación o degradación forestal, se asocian a impactos ecológicos importantes en prácticamente todas las escalas. Localmente inducen la pérdida y degradación de suelos, cambios en el microclima y pérdida en la diversidad de especies; regionalmente afectan el funcionamiento de cuencas hidrográficas y de asentamientos humanos; a nivel global, coadyuvan a las emisiones de gases de efecto invernadero que dan por resultado el problema del cambio climático global.

Una forma de evaluación de los cambios en el uso del suelo es a partir de la medición de los cambios en la cobertura vegetal y no vegetal del mismo. Tradicionalmente, la medición de cambios de cobertura vegetal y uso del suelo se realiza sobre datos generados mediante percepción remota (usualmente con insumos como fotografías aéreas e imágenes de satélite o cartografía temática de cobertura). En forma pragmática, el concepto de cobertura describe los objetos que se distribuyen sobre un territorio determinado. Uso del suelo, en cambio, se refiere al resultado de las actividades socioeconómicas que se desarrollan (o desarrollaron) sobre una cobertura (Anderson et al., 1976), Estas actividades se relacionan con la apropiación de recursos naturales para la generación de bienes y servicios.

El caso más claro de cambio en el uso del terreno es la deforestación en las regiones tropicales. Se ha estimado que la conversión en la cobertura forestal tropical ha alcanzado un promedio de 15.5 millones de hectáreas por año para el período de 1981-1990, lo cual se traduce en una tasa anual de deforestación de 0.8%. Aproximadamente 50% del cambio ocurre en Latinoamérica (FAO, 1995).

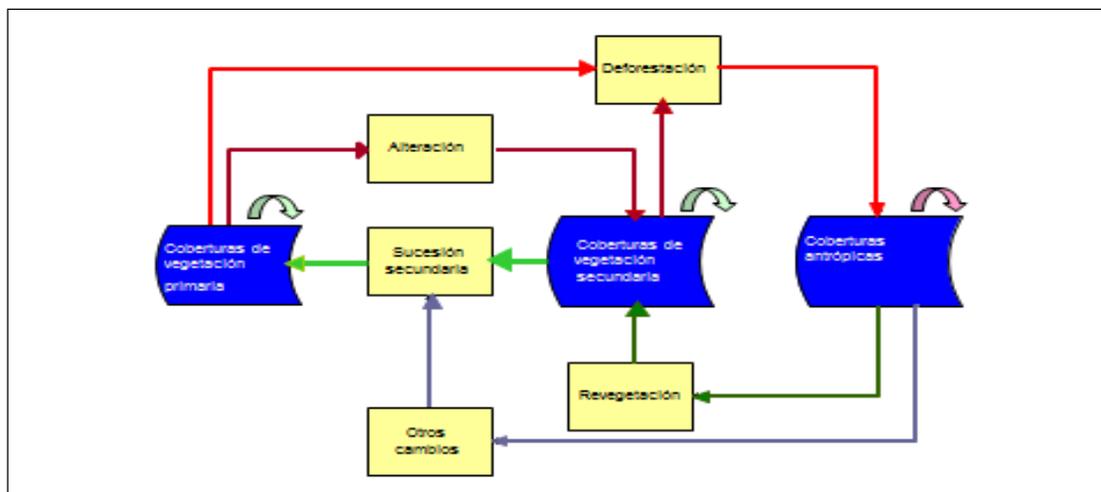
El proceso de degradación del terreno implica una declinación en la condición natural del recurso base. Una síntesis de la investigación global acerca de la degradación del terreno inducida por el ser humano estima que el 69.5% de las tierras se encuentran afectadas por varias formas de degradación del terreno (Lambin, 1997). Asimismo, la transformación humana de los habitats naturales es la mayor causa de pérdida de diversidad biológica (Lee et al., 1995).

Entender el impacto que ocasiona el cambio de uso y cobertura del terreno, significa estudiar factores ambientales y socioeconómicos que afectan su uso. Por lo tanto, estudiar la magnitud, dinámica y causalidad de los procesos de cambio de cobertura y uso del suelo es una tarea prioritaria.

Para realizar esta tarea en el territorio de Colima, se reclasificaron todos los patrones de cambio de cobertura y uso del suelo detectados durante el periodo de estudio utilizando las siguientes definiciones para cada uno de los procesos (Cuadro CUS3) y para el establecimiento de la dinámica de los mismos en el estado de Colima (Figura CUS2)

**Tabla CUS3. Definición y criterios para identificar cada uno de los procesos de cambio de uso de suelo.**

PROCESOS DE CAMBIOS DE USO DE SUELO: DEFINICIONES	
	<b>Deforestación:</b> Transformación de la cobertura de vegetación primaria o secundaria de 1980 por una cobertura predominantemente antropogénica en el 2001 (e.g., cultivos, urbana).
	<b>Alteración:</b> Cambios en la estructura y composición de la cobertura de vegetación original primaria (1980), sin que esta sea sustituida por una cobertura predominantemente antropogénica, los cuales pueden ser promovidos por eventos naturales (e.g., huracanes, fuego) o antropogénicos (e.g., tala, incendios).
	<b>Sucesión Secundaria:</b> Estadios transitorios de retorno de la vegetación secundaria a la primaria, tanto naturales como inducidos por el hombre (e.g., no uso, abandono, favorecimiento de especies útiles).
	<b>Revegetación:</b> Cambio de una cobertura predominantemente antropogénica hacia coberturas de vegetación secundaria, lo cual puede ocurrir por abandono (e.g. Algún uso agrícola) de un uso, o por acciones humanas que buscan recuperar la dinámica original de la vegetación (e.g. reforestación).
	<b>Otros cambios:</b> Cambios que en la interpretación sugieren la recuperación de la cubierta vegetal a partir de cuerpos de agua o usos de suelo urbanos.
	<b>Permanencia:</b> Condición de no cambio como cubierta antrópica entre 1980 y el 2001.
	<b>Permanencia:</b> Condición de no cambio como cubierta vegetal primaria o secundaria entre 1980 y el 2001.



**Figura CUS 2. Modelo de dinámica de procesos de cambio de uso de suelo.**

Al hacer la reclasificación de las coberturas y usos del suelo, desde el nivel de comunidad al nivel de formación, los cambios entre categorías pudieron ser relacionados con el proceso ecológico correspondiente y definiendo la dinámica de los mismos (Cuadro CUS4).

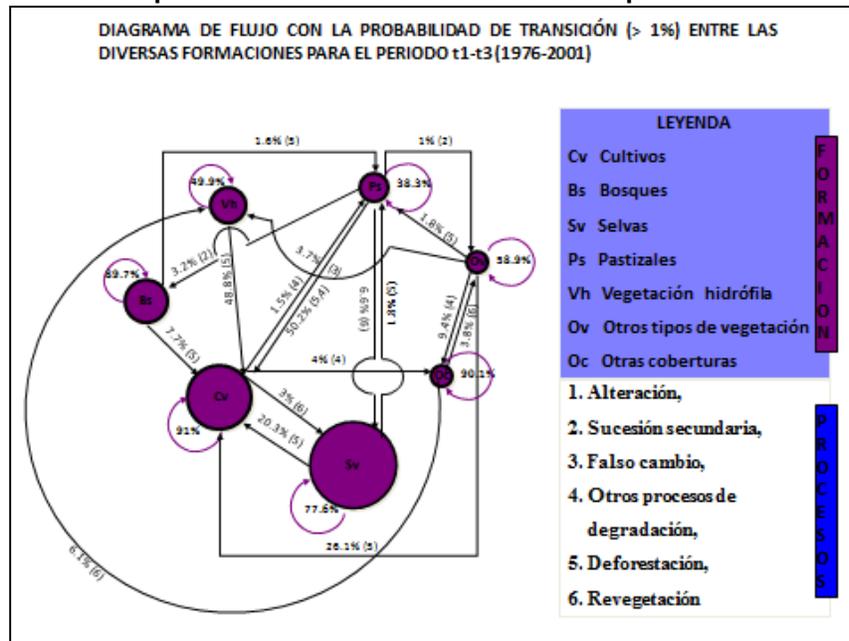
**Tabla CUS 4. Reclasificación de las coberturas y usos del suelo y los procesos ecológicos.**

DEFINICION DE PROCESOS	PROCESOS	Total
	?	4.43
Abandono de actividades agrícolas (sucesión secundaria y revegetación)	A-ABAA	27.34
Atenuación de las actividades Agrícolas	A-ATAA	74.96
Expansión de Agricultura No tecnificada Sobre areas ganaderas	A-EFA-AG-NT	1.02
Expansión de Agricultura Tecnificada Sobre areas ganaderas	A-EFA-AG-T	15.85
Expansión de la frontera Agrícola Sobre otros tipo de vegetación no forestales o silvícolas	A-EFA-OTV-NFS	32.28
<b>Tecnificación de la agricultura (areas no forestales o silvícolas)</b>	<b>A-TA-NFS</b>	<b>94.07</b>
Deforestación por Agricultura No Tecnificada	D-EFA-AA-NT	281.19
Deforestación por Agricultura Tecnificada	D-EFA-AA-T	135.29
Deforestación por Actividades Pecuarias	D-EFA-AP	217.36
Deforestación por expansion de las zonas urbanas	D-EZU	9.29
Deforestación por otras actividades	D-OA	16.88
Expansión de las zonas urbanas sobre areas no forestales o silvícolas	EZU-NFS	54.70
Falsos Cambios	FC	7.57
Abandono de actividades ganaderas (sucesion secundaria o revegetación)	G-AAG	31.43
<b>Intensificación y expansión de la actividad ganaderas en áreas no forestales o silvícolas</b>	<b>G-IEAG-NFS</b>	<b>130.55</b>
Otros cambios (Alteración)	OC-A	2.72
Otros cambios (Revegetación)	OC-R	1.45
	Total general	1138.36

Al igual que para el nivel de comunidad, las selvas experimentaron el mayor cambio con 446.11 km<sup>2</sup>, aproximadamente el 53% del cambio total del mismo periodo (835.38 km<sup>2</sup>). Para el análisis a nivel de formaciones, el área total de cambio calculada cambia, pues ésta se redujo de 1 138.36 km<sup>2</sup> a 835.38 km<sup>2</sup> debido al reagrupamiento de las comunidades en las categorías de formación quedando algunos cambios entre comunidades pertenecientes a la misma formación, fuera del cálculo dada su inclusión en la misma formación.

Como ya se mencionó, la formación Selvas es la que experimento el mayor cambio, seguido por la formación Cultivos. Finalmente, el proceso de cambio más importante en los 25 años es la deforestación, la cual ocupó el 58.31% del cambio total en el estado, seguido por la expansión de las tierras de Cultivo (Figura CUS3).

**Figura CUS3. Diagrama de flujo de la probabilidad de transición entre los diferentes usos de suelo y la dinámica de procesos de cambio de uso de suelo para Colima.**



Sin embargo, el análisis espacial del proceso de deforestación arroja más información a la luz de la regionalización geomorfológica. En este sentido, al comparar la matriz de cambio en las unidades geomorfológicas con la correspondiente para la deforestación se observó que el patrón es el mismo para los municipios costeros y los del norte en los que, tanto la deforestación como el cambio de cobertura y uso del suelo, se presentaron principalmente en las planicies y en las laderas (Figura CUS4).

Mientras que para los municipios restantes (los centrales) la situación es un tanto diferente, pues si bien para Minatitlán y Villa de Álvarez la mayor deforestación se presentó en las laderas, y para Coquimatlan e Ixtlahuacan en los lomeríos, para Colima, el proceso se presentó con igual magnitud en los lomeríos, laderas y planicies.

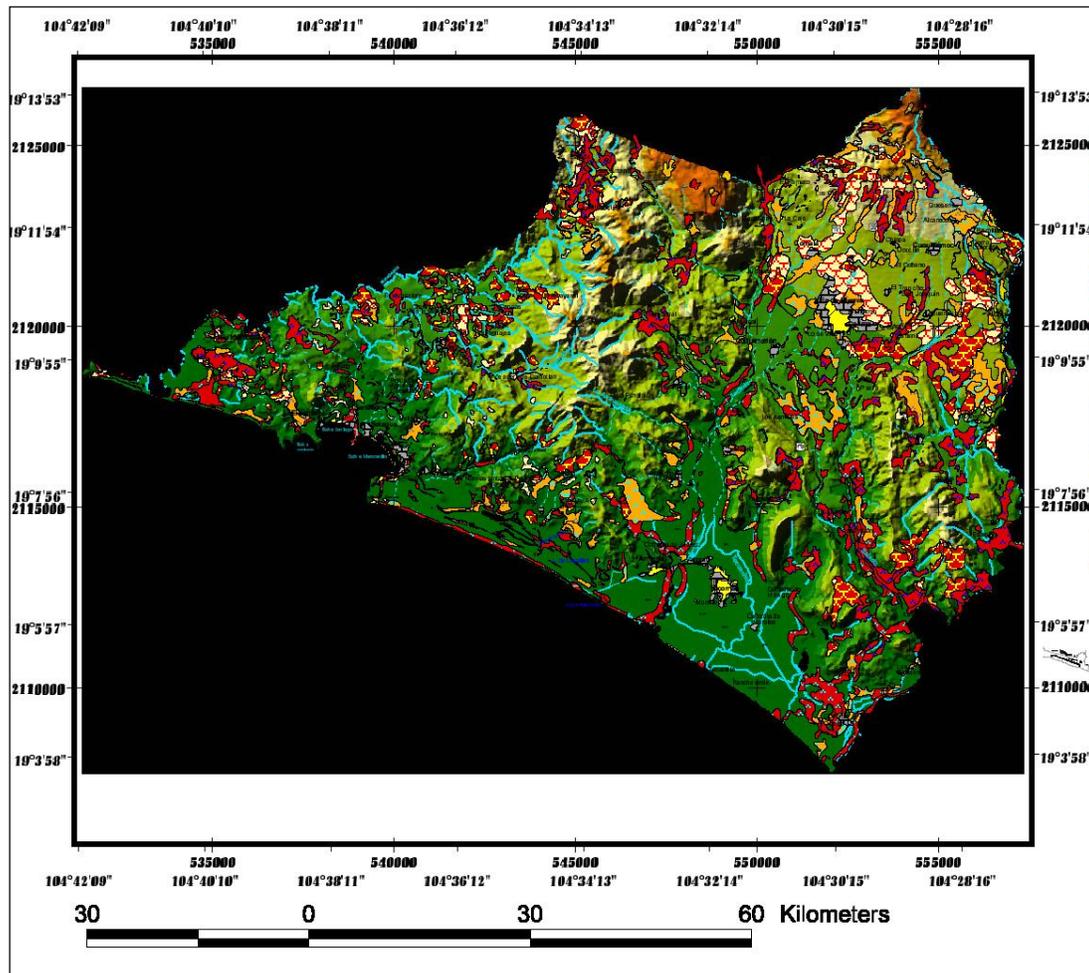
**Derivado del análisis de la dinámica y los procesos de cambio de uso del suelo en el territorio de Colima, se han definido las siguientes estrategias de mitigación y de adaptación ante el cambio climático:**

➤ **Mitigación**

Restaurar y conservar los bosques y coberturas vegetales naturales como áreas de captura de carbono.

➤ Adaptación

Disminuir la deforestación y detener la expansión de la frontera agrícola a través de la intensificación de las áreas actualmente destinadas a cultivos.



**LEYENDA**

-  Abandono de actividades agrícolas (sucesión secundaria y revegetación)
-  Atenuación de las actividades Agrícolas
-  Expansión de Agricultura No tecnificada Sobre areas ganaderas
-  Expansión de Agricultura Tecnificada Sobre areas ganaderas
-  Expansión de la frontera Agrícola Sobre otros tipo de vegetación no forestales o silvícolas
-  Tecnificación de la agricultura (areas no forestales o silvícolas)
-  Deforestación por Agricultura No Tecnificada
-  Deforestación por Agricultura Tecnificada
-  Deforestación por Actividades Pecuarias
-  Deforestación por expansion de las zonas urbanas
-  Deforestación por otras actividades
-  Expansión de las zonas urbanas sobre areas no forestales o silvícolas
-  Falsos Cambios
-  Abandono de actividades ganaderas (sucesion secundaria o revegetación)
-  Intensificación y expansión de la actividad ganaderas en áreas no forestales o silvícolas
-  Otros cambios (Alteración)
-  Otros cambios (Revegetación)

Figura CUS4. Procesos del cambio de cobertura y del uso del suelo (colima) 1976-2000.

### 6.2.1 Deforestación y degradación de las coberturas vegetales en Colima.

---

El Estado ha sufrido importantes cambios en los últimos años, el cálculo global de los cambios en los tipos de cobertura (cambio de uso del suelo, Figura 2) arroja como resultado un total de 1,397.49 km<sup>2</sup>, que equivalen al 24.79% de la superficie del estado de Colima (Cuadro 5, Figuras 5 y 6).

Las coberturas que se incrementaron en superficie fueron principalmente la agricultura de temporal con cultivos permanentes y semipermanentes (TP), la agricultura de riego (R), los pastizales inducidos (I) y cultivados (C) y los asentamientos humanos (Ah), las que disminuyeron en mayor medida fueron las selvas bajas (Bcs) y medianas (Mcs).

Sin embargo la tasa de cambio anual (% de pérdida de área con respecto a su área total), fue mayor en la vegetación de galería (VG), las dunas costeras (Vu) y la vegetación halófila y gipsófila (VHY).

Cabe mencionar que también los cuerpos de agua naturales se han visto disminuidos paulatinamente favoreciendo en algunos casos el incremento de vegetación hidrófila (ej. Popal-Tular), que poco a poco irán ganando terreno al espejo de agua, al seguir las condiciones que normalmente afectan a los sistemas acuáticos del estado: Asolve, relleno para uso urbano, contaminación, aprovechamiento de agua para riego y disminución de los aportes naturales.

Los colores morados de la figura CUS5 (no implica deforestación) y rojos (deforestación) indican los cambios de uso del suelo sufridos en 25 años, el color blanco son todas aquellas zonas que cambiaron hace más de ese lapso del tiempo y lo verde es lo que permanece sin cambio, que básicamente corresponde a las zonas montañosas del estado.

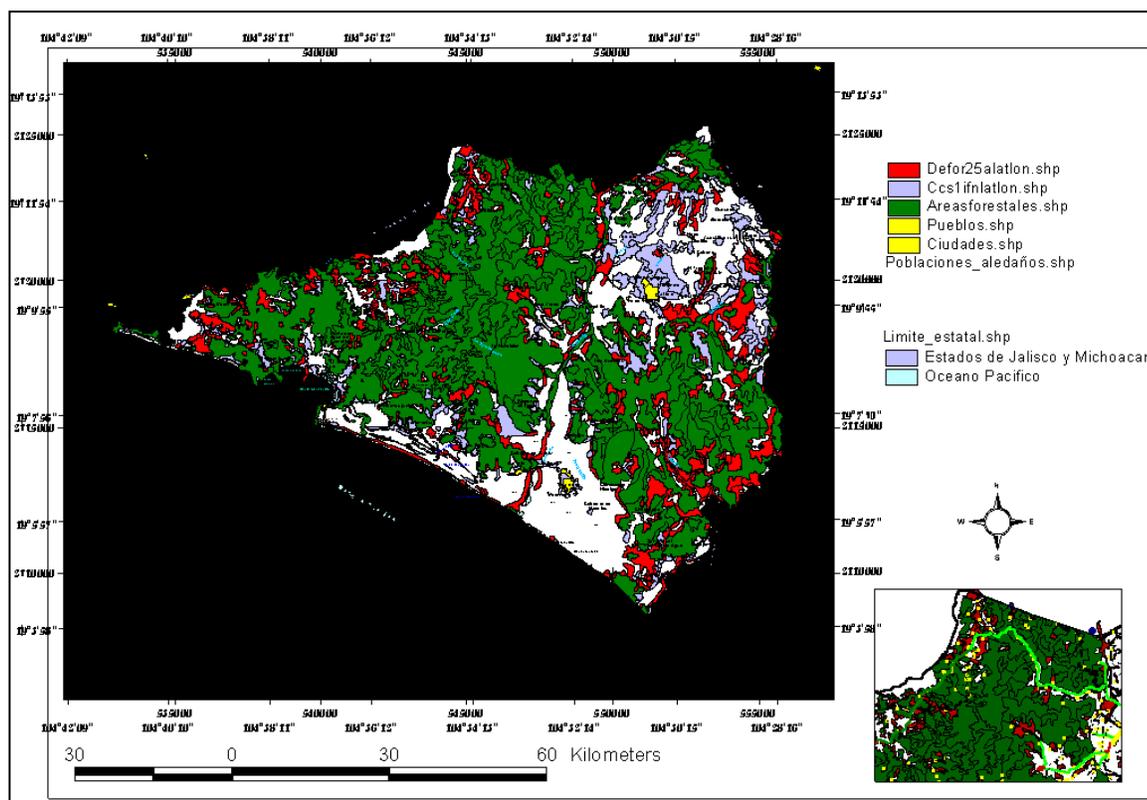
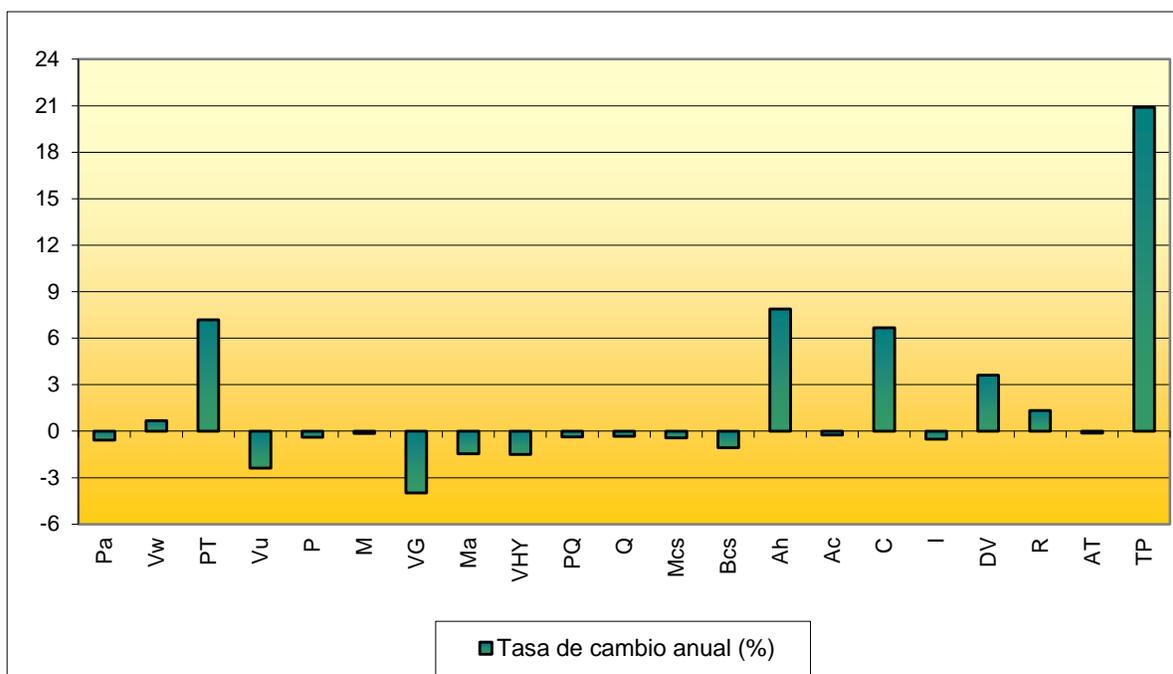


Figura CUS5. Superficie deforestada y áreas conservadas en 25 años en el estado de Colima

Tabla CUS5. Porcentaje de superficie estatal por tipo de cobertura y su tasa de cambio anual estimada para el período de 1976-2000.

Tipo de cobertura	1976 (%)	2000 (%)	Tasa de cambio anual (%)
PQ	2.35	2.13	-0.38
Q	7.06	6.49	-0.33
Mcs	11.81	10.60	-0.43
Bcs	40.01	30.64	-1.06
Ah	0.24	1.65	7.89
Ac	1.43	1.35	-0.24
C+I	4.37	9.22	6.68 y -0.52
DV	0.07	0.17	3.62
R+AT+TP	27.66	34.43	1.33, -0.12, 20.89
Otros (M, Ma, P, Pa, VG, VHY, Vu, Vw)	4.99	3.31	-0.15, -1.45, -0.40, -0.58, -3.99, -1.50, -2.39, 0.67

Fuente: Elaboración propia.



**Figura CUS6. Tasa de cambio anual (expresada en porcentaje) obtenida por tipo de cobertura para el período 1976-2000.**

Con la modificación o pérdida de cobertura vegetal natural (Figura CUS6), se disminuyen las posibilidades de captación de carbono y por ende cambia el balance de gases en la atmósfera. Al mismo tiempo se pierde la capacidad de regular el clima local y la residencia de los ecosistemas. Algunos de los servicios ambientales estratégicos que se ven afectados por la deforestación están el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos (ej. producción de agua, captura de carbono), la conservación de la productividad de los suelos y la biodiversidad, ya que constituyen el hábitat de una gran cantidad de especies que son o que pueden ser aprovechadas con algún fin (ej. control biológico, alimento, medicinas) en beneficio de las poblaciones humanas. De ahí que en este sentido, la conservación de la vegetación natural y prevención de la deforestación sean las estrategias de mitigación y adaptación que se consideran para Colima ya que existen las condiciones para estructurar una estrategia integral e interinstitucional.

### 6.3 Indicadores ambientales en el Estado

#### 6.3.1 Índice de Calidad Ambiental (ICA)

En la búsqueda de herramientas que nos den una visión de la situación ambiental del estado de Colima y con el fin de establecer políticas territoriales del sector, la Universidad de Chapingo elaboró como parte del Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado, un índice de calidad ambiental (ICA) y de fragilidad ecológica (IFE), que complementa el análisis sobre cobertura vegetal que se acaba de describir.

El **ICA** nos da una idea de la situación actual en la que se encuentran los recursos naturales basándose en parámetros de deterioro como: Erosión de los suelos, contaminación y sobreexplotación de las aguas superficiales y subterráneas, áreas que han perdido algunos de sus atributos biológicos, han tenido cambio de uso del suelo o sustitución de la cobertura vegetal original. Con la información generada a través de este indicador, se identifican elementos de deterioro que modifican los procesos ecológicos naturales (INE, 2000).

En Colima el **ICA** (Figuras CUS7 y CUS8) presenta valores bajos en el 47.80% del territorio, medios en el 33.07%, muy bajo en el 9.74% (principalmente en las laderas del Volcán de Colima), alto en el 7.25% y el resto es considerado como muy alto.

Esto nos indica que en casi la mitad de la entidad predominan sistemas naturales deteriorados (bajos) y en procesos paulatinos de deterioro (medios) y muy pocos sitios se han visto poco afectados (altos y muy altos). Las causas de deterioro se atribuyen en su mayoría de los casos a las actividades humanas.

No obstante no fue posible calcular la presión de la población y de las actividades productivas puesto que se requiere de mayor información y tiempo.

Sin embargo, esto puede irse construyendo con información de gabinete y campo para las zonas prioritarias que se definirán más adelante.

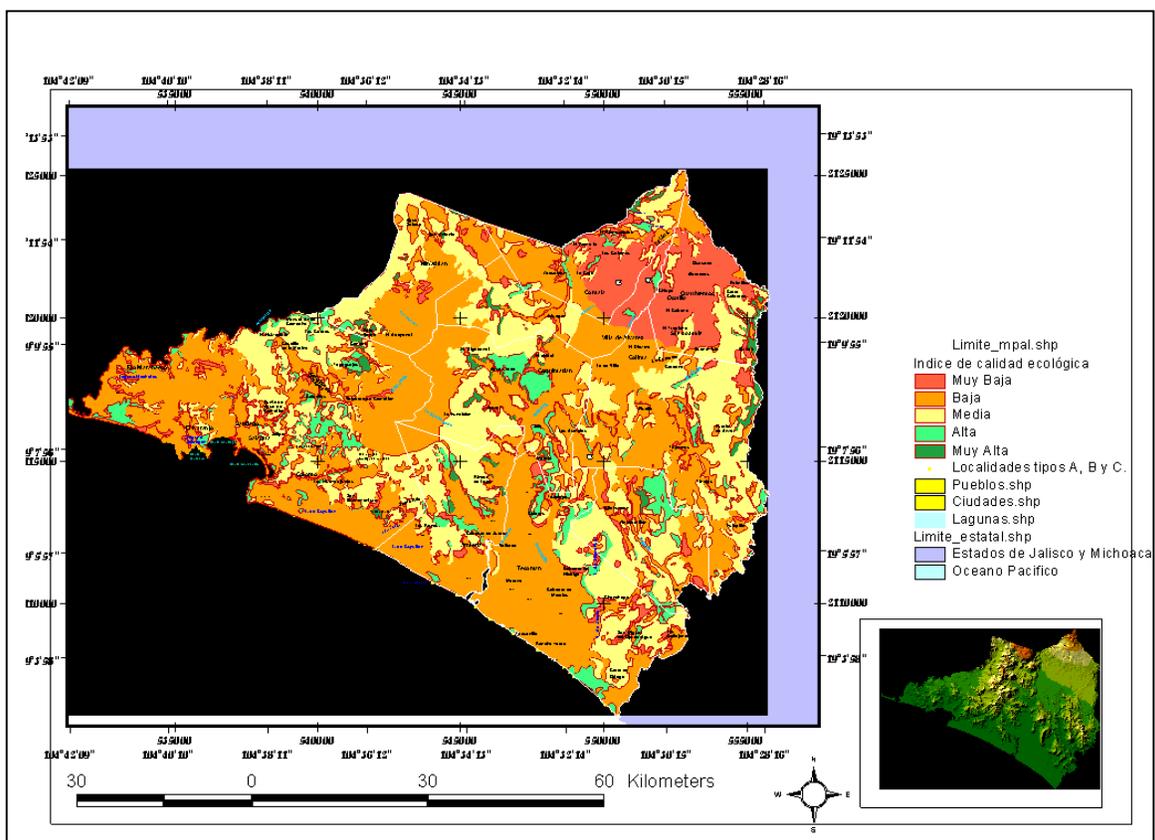
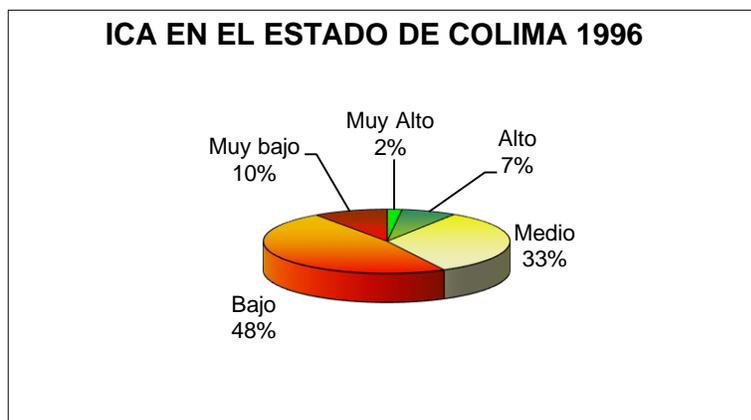


Figura CUS8. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Calidad Ambiental.



Los colores en la figura se muestran de manera análoga a un semáforo vial. Los verdes indican que las condiciones del sistema ambiental están bien, el amarillo que ya empieza a tener problemas el sistema ambiental (precaución), y los naranjas y rojos son indicadores de que algo anda mal y que es necesario un cambio de estrategia en las actividades productivas.

### 6.3.2 Índice de fragilidad Ecológica (IFE)

*El IFE es entendido como la capacidad que tienen los ecosistemas naturales para enfrentar agentes externos de presión, tanto naturales como humanos, basados en su capacidad de autoregeneración. Este índice considera elementos como: pendiente, erodabilidad, escurrimientos, inestabilidad del relieve, estructura y capacidad de regeneración de la vegetación y susceptibilidad de cambio de suelos. En donde existe una mayor fragilidad, menor será su capacidad de soportar impactos negativos, de ahí que se considere que no existen en el país sitios con muy baja fragilidad (INE, 2000).*

En la entidad bajo análisis se tiene que el IFE (Figura 9 y 10) se encuentra de la siguiente manera: El 45.76% del territorio tiene una fragilidad media, 28.40% muy alta, 23.71% alta y 2.12% baja.

Siendo en términos generales, la porción Oeste y Norte del estado las de mayor fragilidad o bien son las más "sensibles a los cambios y/o presiones", al contrario de la porción Este, donde se presentan en su mayoría valores de fragilidad medios, que nos indican una mayor capacidad para "absorber" los impactos.

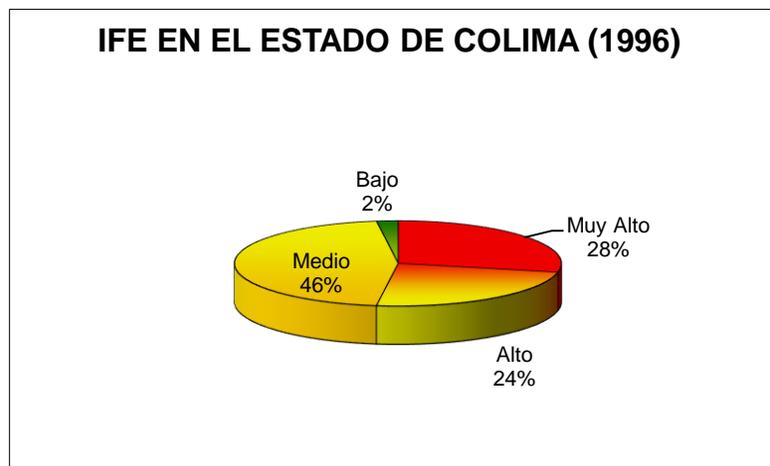
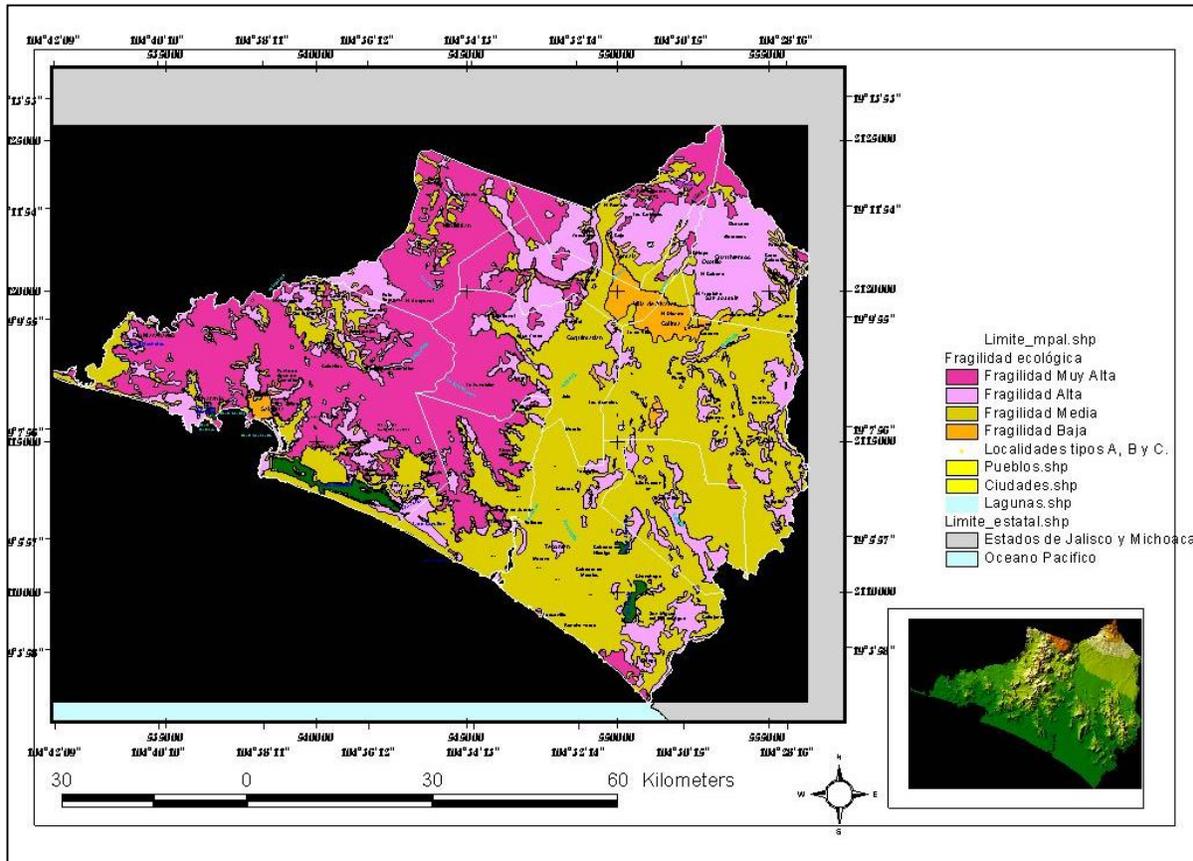
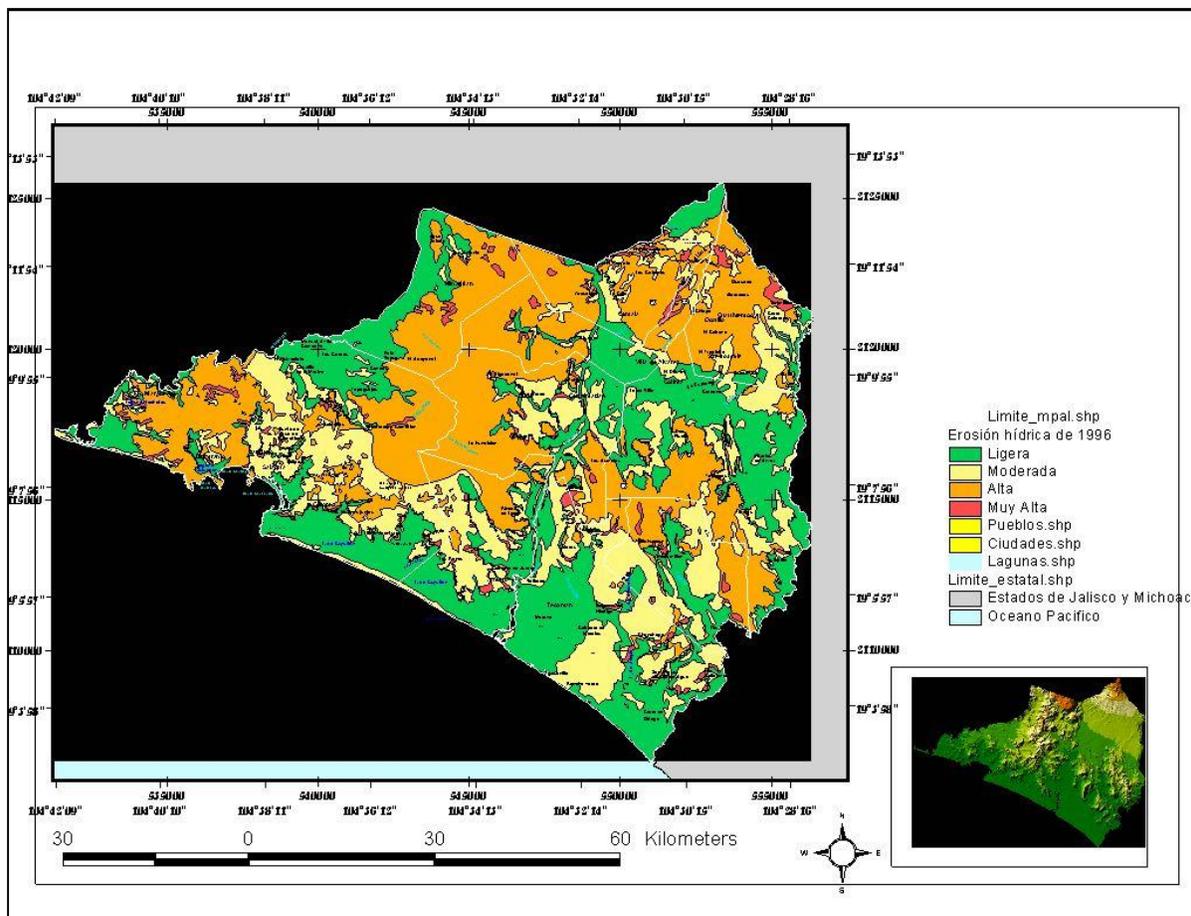


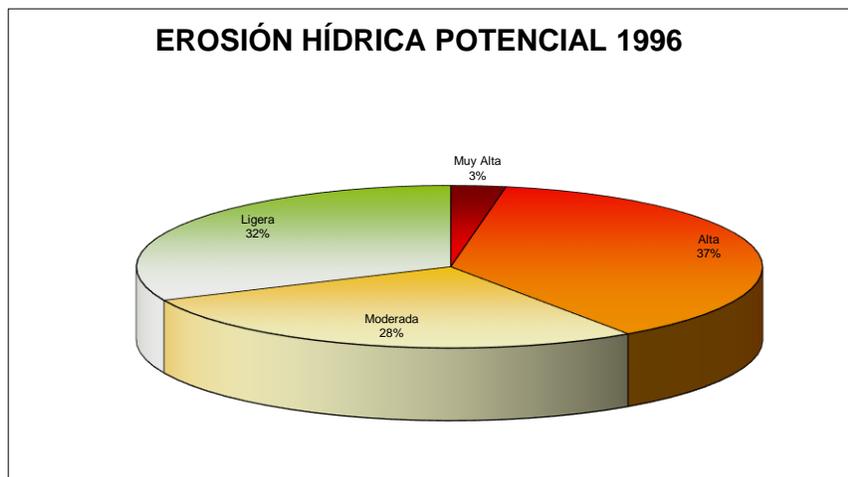
Figura CUS10. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Fragilidad Ecológica.

Continuando con la analogía del semáforo, en este caso tenemos que es más fácil ante una cierta actividad, que los sitios con un IFE bajo soporten mejor los impactos negativos que los que tienen valores altos y muy altos. De ahí que conforme el sitio se vuelva más rojo (un IFE más alto) se tendrá que tener un mayor cuidado con las actividades que ahí se desarrollen.

### 6.3.3 Erosión potencial hídrica

Un elemento que se analizó por separado es la erosión potencial hídrica (Figuras 11 y 12), por estar directamente relacionado con la pérdida de cobertura vegetal, los tipos de suelo y escorrentía. En este sentido se observa que en el 40.42% del estado existen valores muy altos y altos de erosión potencial, 31.72% de erosión ligera y 27.72% de moderada. Los valores altos se ubican en las zonas con fuertes pendientes (montañas) y en estas zonas se deberá tener especial cuidado con los cambios de cobertura vegetal, en especial si presentan una fragilidad ecológica alta como son las faldas del Volcán de Colima.





**Figura CUS12. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Erosión Potencial Hídrica.**

Por todo lo anterior se considera que para emitir políticas territoriales se deberán contemplar todos estos criterios que se están presentando como elementos de juicio para la toma de decisiones. Esto es que si se cuenta con un ICA bajo, un IFE alto y una erosión hídrica potencial alta se deberán tomar medidas urgentes puesto que se evidencia un deterioro importante del ambiente y este es fácilmente erosionable y con dificultades para su recuperación.

#### 6.4 Los bosques en Colima.

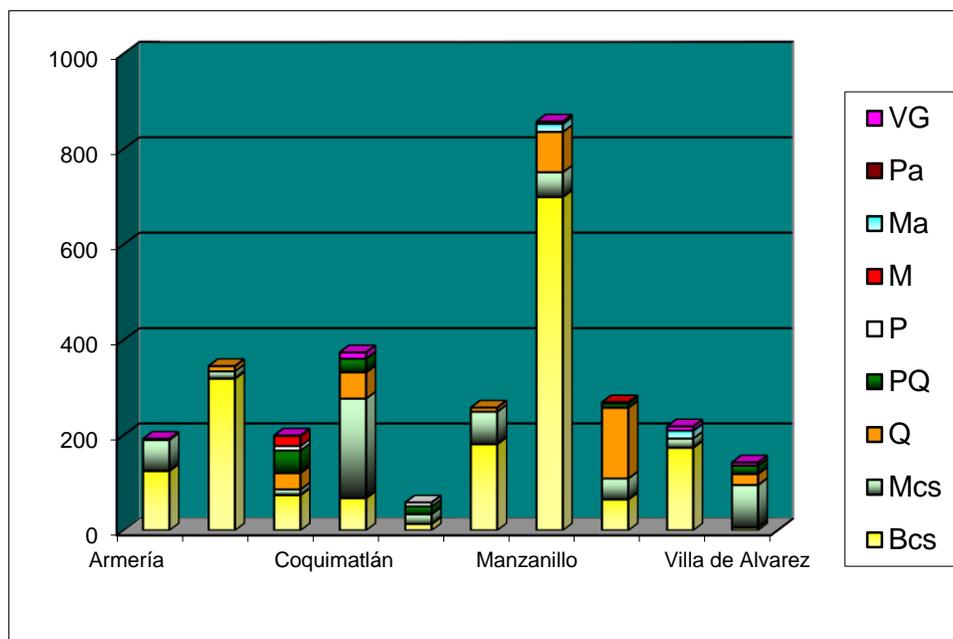
Se calcula que en 1976 la superficie forestal en el estado de Colima era de 3,633.26 km<sup>2</sup> y en el 2000 quedaban alrededor de 2,916.12 km<sup>2</sup>, perdiendo en este período de tiempo 717.13 km<sup>2</sup> de bosques (manglares, palmares, selvas bajas y medianas, los bosques de galería, mesófilo de montaña, encino, pino, pino-encino), además de otros 95.71 km<sup>2</sup> de otros tipos de vegetación (Cuadro 6). Esos 812.84 km<sup>2</sup> se traducen en una tasa promedio de deforestación anual de 0.58% de la superficie total del estado, valor por encima del promedio nacional (0.43%) y que equivalen a perder 3,269 ha de algún tipo de vegetación natural cada año.

##### 6.4.1 Superficie forestal actual por municipio.

La superficie forestal que existía en el 2000 corresponde al 51.73% de la superficie estatal, distribuyéndose en los municipios de la siguiente manera (cuadro 6 y figura 13):

**Tabla CUS6. Superficie forestal al 2000 por municipio**

Municipio	Sup. Forestal (Km <sup>2</sup> )	% Sup. Forestal del estado	% Sup. Forestal Municipal
Armería	192.43	6.60	47.19
Colima	345.32	11.84	46.94
Comala	199.40	6.84	63.84
Coquimatlán	374.14	12.83	70.21
Cuahtémoc	58.59	2.01	14.41
Ixtlahuacán	258.08	8.85	62.65
Manzanillo	857.55	29.41	64.15
Minatitlán	266.22	9.23	65.25
Tecomán	218.55	7.49	27.73
Villa de Álvarez	142.83	4.90	48.91

**Figura CUS13. Superficie municipal en el 2000, por tipo de bosque en el estado de Colima**

La superficie forestal, se encuentra distribuida de forma muy heterogénea en los municipios (Figura CUS13). Manzanillo, comprende más de la cuarta parte de los bosques del estado (en su mayoría selvas bajas), Coquimatlán y Colima suman otra cuarta parte, mientras que el resto tiene una aportación menor al 10% cada uno, que en algunos casos como Cuahtémoc y Villa de Álvarez contribuyen con menos del 6% respectivamente de la superficie forestal en el estado. Ahora bien si se analiza el porcentaje de superficie forestal con respecto a la municipal se observa que la mayoría, con excepción de Cuahtémoc y Tecomán tienen valores cercanos al 50%. En Coquimatlán se observa la mayor cantidad

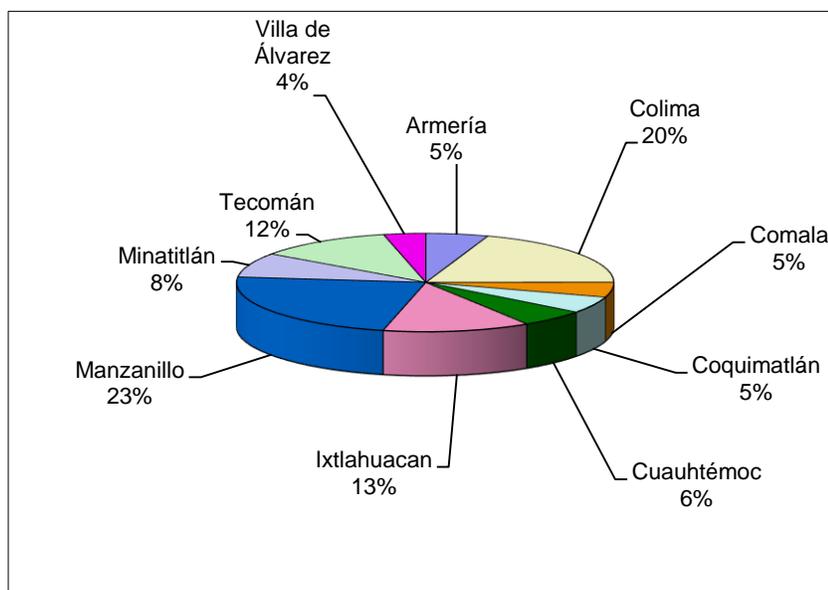
de bosque en proporción a su tamaño, seguido por Minatitlán, Manzanillo, Comala e Ixtlahuacán.

En cuanto a la importancia de los municipios por las superficies que contienen por tipo de bosque se señala lo siguiente (Cuadro CUS6):

- Tecomán y Manzanillo tienen el 97% de los manglares en el estado de Colima.
- Manzanillo tiene el 100% de los palmares nativos.
- **Manzanillo, Colima, Ixtlahuacán, Tecomán, y Armería** tienen el 86.89% de las selvas bajas.
- **Coquimatlán, Villa de Álvarez, Ixtlahuacán y Armería** contienen las mayores superficies de selva mediana (72.58%).
- **Minatitlán, Manzanillo y Coquimatlán** tienen el 78.86% de los bosques de encino.
- Comala tiene el 90.06% de los bosques mesófilos de montaña.
- **Comala, Coquimatlán, Villa de Álvarez y Cuauhtémoc** presentan el 78.02% de los bosques de pino-encino.
- Comala y Cuauhtémoc tienen el 100% de los bosques de pino.
- **Coquimatlán, Villa de Álvarez, Armería y Tecomán** presentan el 90.54% de los bosques de galería.

#### 6.4.2 Superficie deforestada por municipio

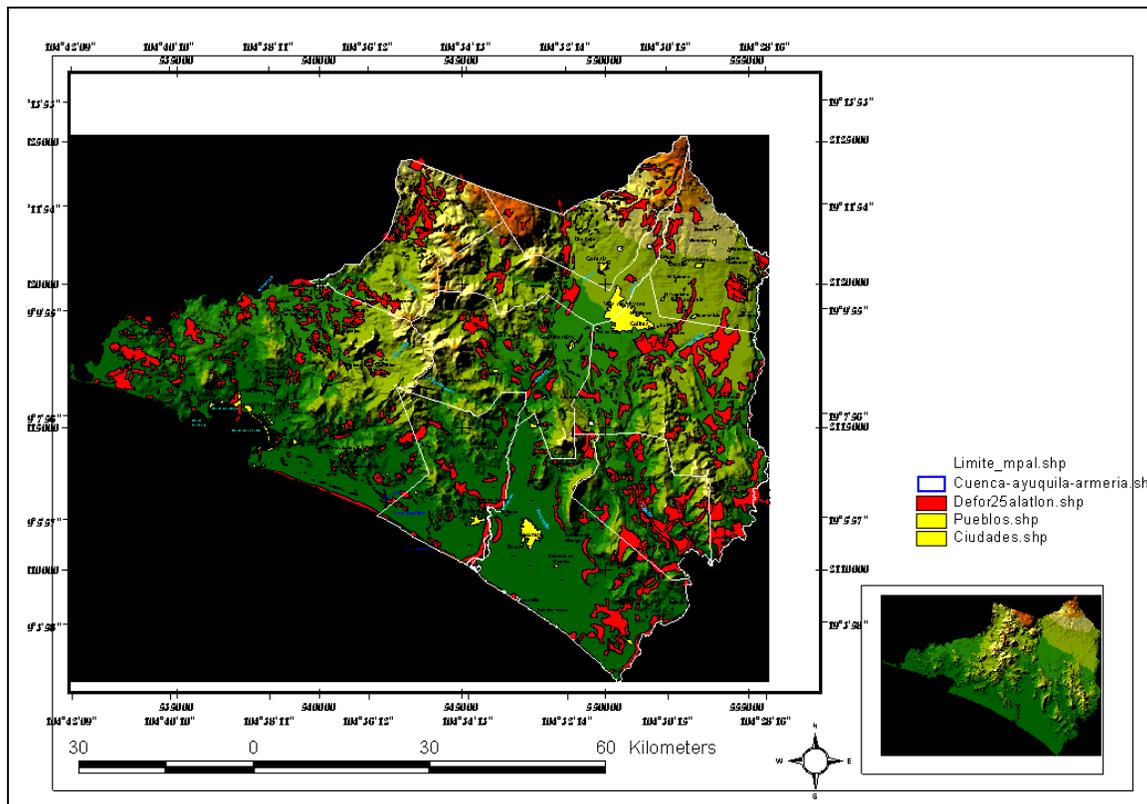
Como se puede observar en la Figura CUS14, el 66% de la deforestación ocurrió principalmente en los municipios de Manzanillo, Colima, Ixtlahuacán y Tecomán.



**Figura CUS14. Porcentaje que corresponde a cada municipio del total de área deforestada en 25 años (1976-2000)**

Los municipios de Tecomán y Cuauhtémoc debido a su historial de actividades humanas, tienen en la actualidad un bajo porcentaje de bosque, 27.73% y 14.41% de su territorio respectivamente. Esta pérdida en su mayoría se debió a procesos de cambio de

uso del suelo y deforestación de hace más de 25 años (Figura CUS15), lo que nos llevaría a un análisis más profundo<sup>13</sup>, pero que por el momento podemos asumir, que para el caso de Tecomán, la actividad agrícola fue una de las principales causas (Cuevas, 2003 señala “un impulso significativo al Valle de Tecomán en el período comprendido entre 1949-1955 con la construcción del canal Miguel Alemán del Distrito de Riego 053, la apertura de pozos, caminos y posibilidades de créditos para la agricultura, concentrando en ese tiempo el 49.8% de las erogaciones estatales encaminados a obra pública”). Para el caso de Cuauhtémoc el historial de actividad pecuaria y agrícola desde la época de las haciendas pudo haber sido el principal motor para explicar el cambio de uso del suelo.

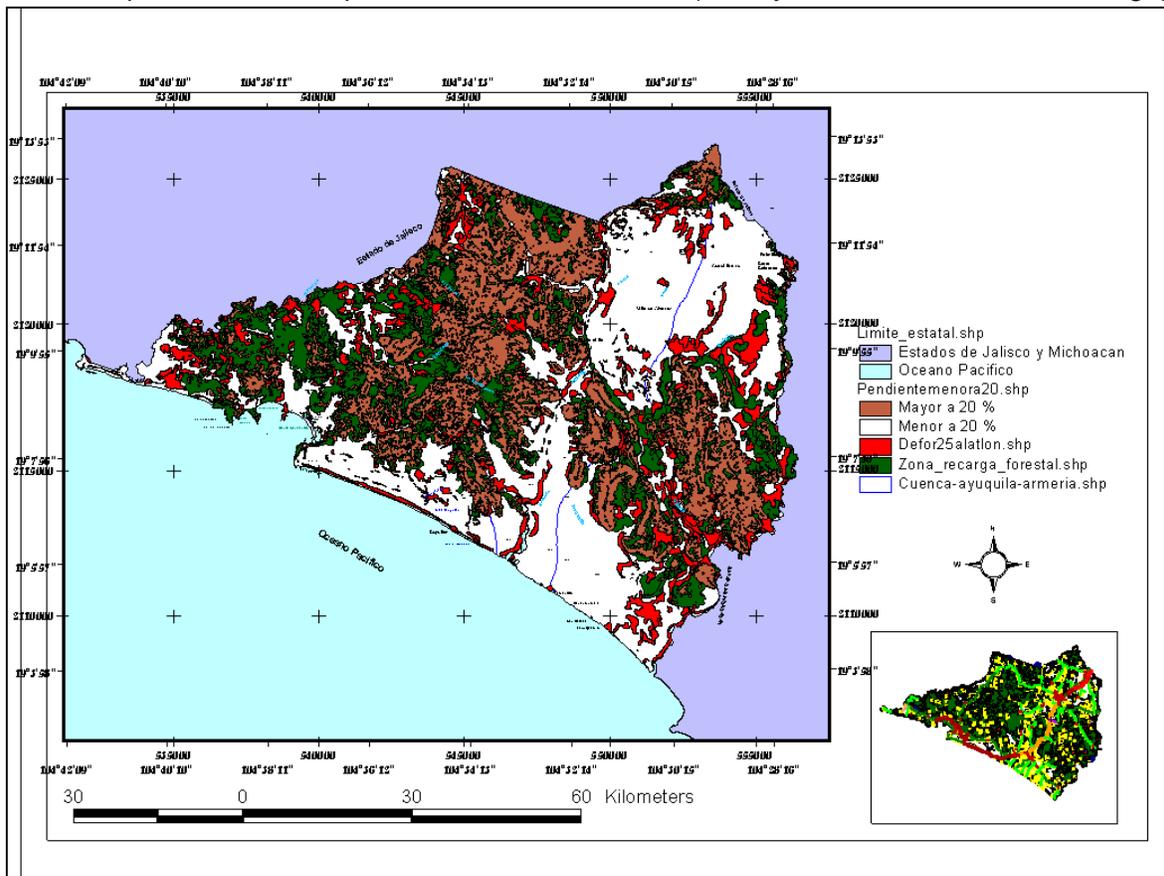


**Figura CUS15. Zonas deforestadas en un periodo de 25 años (1976-2000) en Colima, sobre el modelo de elevación.**

La topografía también ha jugado un papel relevante para este proceso de deforestación, como se puede observar en la figura 15, en los grandes valles (Colima, Tecomán), que corresponden a las zonas de infiltración hacia los acuíferos, han sido históricamente los que presentan una mayor presencia humana y una fuerte vocación agrícola, de ahí que su apertura se remonta a un periodo anterior al que aquí se contempla (zonas blancas). En los últimos 25 años los cambios de uso del suelo (zonas moradas y rojas) se han dado principalmente en las zonas planas y de laderas, como efecto de la expansión de la frontera agropecuaria y en menor porcentaje a los asentamientos humanos.

<sup>13</sup> El escribir sobre la historia ambiental de los municipios del estado también pudiera ser un buen tema de investigación por parte de alguna institución académica.

La superficie forestal que existe en la actualidad (la mayoría en las zonas de recarga),



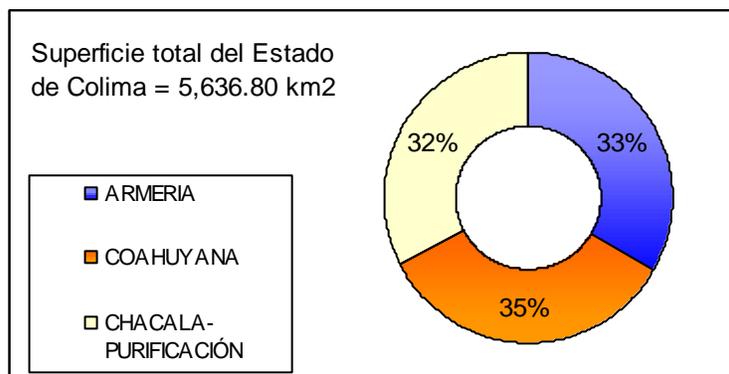
## VII. ÁREAS PRIORITARIAS

El objetivo central es definir áreas prioritarias de atención conjunta para la conservación y manejo de las zonas forestales, tanto por el sector ambiental como por el productivo y de desarrollo social (entre otros), en el marco de las nuevas legislaciones. Para ello estas áreas prioritarias se definirán en varias unidades territoriales de estudio (subcuencas, microcuencas), con el fin de que su delimitación sea útil para la mayor parte de las instancias involucradas y facilite el análisis de la información en diversos niveles, de manera que puedan ser aterrizadas con mayor precisión cada una de las líneas de acción que se propongan. Lo ideal sería llegar a la escala del predio, sin embargo hasta el momento no se cuenta con la información a ese detalle.

### 7.1 Nivel Subcuenca

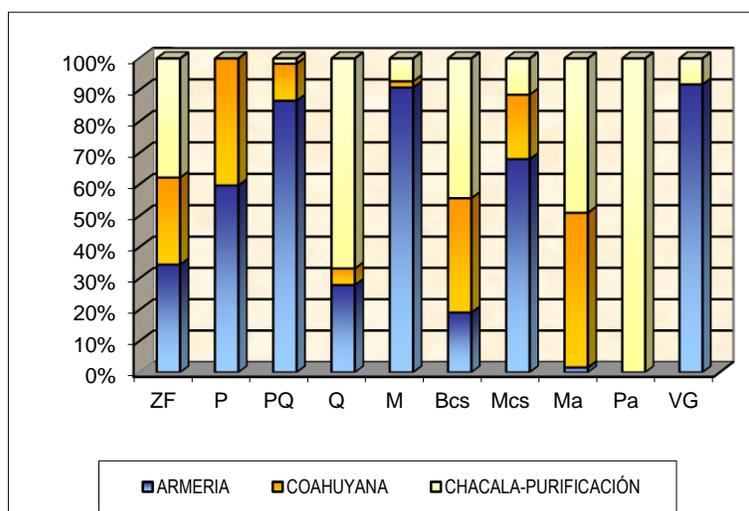
En el estado de Colima existen tres subcuencas (SC) que de E a O se denominan: Chacala-Purificación, Armería y Coahuayana, las cuales dividen en casi tres partes iguales al estado de Colima y corresponden a la parte baja de cuencas compartidas con los estados vecinos de Jalisco y Michoacán (Figura CUS17). Cada una de ellas presenta un mosaico distinto de las zonas forestales (Figura CUS18) y de los procesos de cambio de uso del

suelo y deforestación (Figura CUS19), así como de los valores de calidad ambiental, fragilidad ecológica y erosión hídrica potencial.



**Figura CUS17. Porcentaje que abarca cada una de las subcuencas del Estado de Colima.**

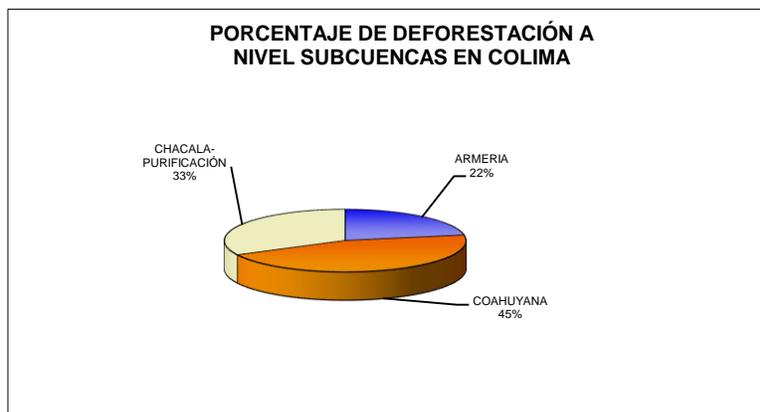
La subcuenca que presenta (hasta el 2000) mayor superficie de bosque es la Chacala-Purificación, seguida de Armería y por último la del Coahuayana, teniendo el aproximadamente el 38, 34 y 28 por ciento de la superficie total forestal (2,916.12 km<sup>2</sup>) respectivamente.



**Figura CUS18. Porcentaje que corresponde a cada subcuenca por tipo de bosque (2000).**

En cuanto a la cantidad por tipo de bosque existe una distribución diferenciada entre las subcuencas, destacando para la subcuenca del Armería las superficies de vegetación de galería, mesófilo de montaña, bosque de pino-encino, selvas medianas y bosques de pino, ya que se encuentra más del 50% de la superficie total de cada uno de estos tipos de vegetación, en el interior de esta subcuenca. Por su parte la subcuenca Chacala-Purificación se destaca al contener el 100% de los palmares nativos y más del 50% de los encinares, manglares y selvas bajas. La del Coahuayana destaca por presentar el complemento de casi todos los manglares y los bosques de pino.

En relación a la deforestación tenemos que este proceso es mayor en la SC. Coahuayana, seguido por la SC. Chacala-Purificación y por último la SC. Armería (Figura 19). En general el 62% de esa deforestación (1976-2000) se debió a procesos de cambio de utilización de terrenos forestales a agricultura, 34% estuvieron asociados a las actividades pecuarias, 1.4% a urbanización y el resto a otras actividades tales como a la minería. Cabe destacar que en la SC Chacala-Purificación, el porcentaje de deforestación por urbanización es mayor, así como el de la minería. El porcentaje de superficie deforestada por actividades agrícolas y ganaderas es muy similar (44%), mientras que en las SC Armería y Coahuayana se denota un claro predominio de las actividades agrícolas como la causa de deforestación (Cuadro CUS7).



**Figura CUS19. Porcentaje de deforestación que corresponde a cada subcuenca (1976-2000).**

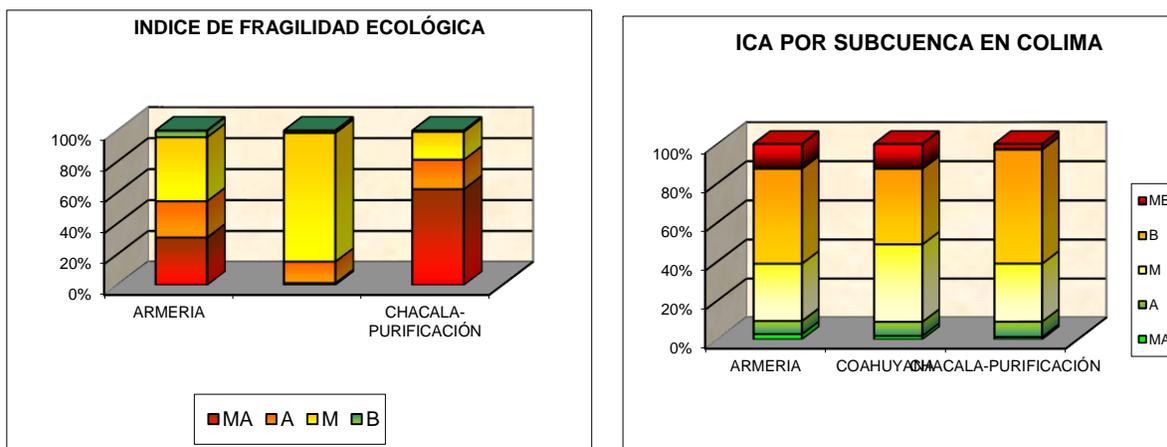
**Tabla CUS 7. Superficies deforestadas por cada subcuenca y los principales procesos que intervinieron en el período 1976-2000.**

Subcuenca	Sup.Def <sup>14</sup> (km2)	% debido a actividades agrícolas	% debido a actividades pecuarias	% debido a urbanización	Otros
Armería	178.91	76.24	22.82	0.93	0.00
Coahuayana	365.32	67.93	31.81	0.21	0.05
Chacala- Purificación	262.62	44.22	44.74	3.40	7.63

**Figura CUS20. Porcentaje de la superficie que abarca cada categoría del ICA e IFE por cada subcuenca**

<sup>14</sup> Existe una diferencia de 5.99 km<sup>2</sup> respecto a los 812.84 km<sup>2</sup> que se habían mencionado, debido a que la superficie del estado que delimitan las subcuencas es diferente de la del Inventario Nacional Forestal del 2000 (modificado por Cuevas, 2003). De ahí que se manejen en su mayor parte porcentajes para definir tendencias.

**Figura CUS20. Porcentaje de la superficie que abarca cada categoría del ICA e IFE por cada subcuenca**



En cuanto al IFE e ICA estos tienen un comportamiento interesante para cada subcuenca, teniendo que el IFE que predomina en la SC del Coahuayana es el medio, de ahí que a pesar de que es la que presenta un proceso más fuerte de deforestación, mantenga un ICA predominante entre medio y bajo. Por su parte en la SC Chacala-Purificación predomina un IFE muy alto, de ahí que los valores del ICA son predominantemente bajos. En la SC del Armería casi la mitad de los valores del IFE son medios y bajos y en la otra porción están entre valores altos y muy altos, esto se debe a que se ubica en un área de confluencia de dos zonas con características ecológicas distintas, por lo que el comportamiento a los impactos será diferente en ambos lados de la cuenca, siendo más frágil la parte Este de la subcuenca (Figura CUS20).

Las tres subcuencas son importantes para el estado, sin embargo la del Armería reviste especial importancia por ser la principal fuente abastecedora de agua para uso agrícola y urbano en la entidad. Dada la heterogeneidad natural que se muestra en cada una de ellas y con el fin de conservar las zonas forestales, principalmente en las zonas de recarga (Figura 16) se requiere desarrollar una estrategia "a la medida" que proporcione alternativas productivas para disminuir la presión por cambio de uso del suelo en cada una de ellas.

## 7.2 Nivel Microcuencas

Con el fin de definir con mayor precisión las zonas prioritarias dentro del estado y en cada subcuenca, en esta primera fase se utilizaron los límites de las microcuencas definidas por FIRCO dentro del Programa Estatal de Microcuencas, a reserva de contar en un futuro con el catastro del estado, para aterrizar la información a nivel de comunidad agraria o predio.

En el Estado se han definido un total de 84 microcuencas, donde cabe mencionar que se utilizaron criterios estructurales geográficos más que hidrológicos para su definición, por lo que no son enteramente compatibles con los límites de cada una de las subcuencas (que si fueron definidas por criterios hidrológicos superficiales), sin embargo permiten a las instituciones involucradas, acotar con mayor precisión los procesos de cambio de uso del

suelo y definir localidades blanco para los recorridos de campo y visitas de promoción de programas estratégicos para disminuir la presión sobre las masas forestales.

En un primer nivel de priorización general se han seleccionado 37 microcuencas de acuerdo al porcentaje de superficie total que ha sido deforestado, observándose una importante heterogeneidad en los otros indicadores utilizados para este ejercicio, para su ilustración las agrupamos en el cuadro CUS8 y en la figura CUS21.

**Tabla CUS 8. Primer nivel de priorización de microcuencas con base en su porcentaje de superficie deforestada, y los porcentajes de superficies predominantes por cada uno de los índices manejados (ICA, IFE, Eph).**

% Deforestación	% sup. CUS	No. Loc	Den.Pob. 95	% ICA que predomina	% IFE que predomina	% Eph que predomina
<b>Aquellas localidades con &gt;55% de su superficie deforestada</b> Las Tunas	56.65	1	4.75	Bajo	Medio	Alta
<b>Menos 40%</b>						
Astilleros	67.15	29	8.01	Medio	Medio	Moderada-Ligera
Avila Camacho	34.46	1	11.19	Medio	Alto	Ligera
Las Conchas	37.61	6	12.25	Bajo	Medio	Ligera-alta
Ixtlahuacán	35.75	6	57.85	Medio	Medio	Moderada
Puerta de Anzar	48.50	7	9.21	Medio	Medio	Ligera
San Miguel	37.20	5	6.24	Medio	Medio	Moderada-ligera
Emiliano Zapata	44.92	20	13.62	Bajo	Muy alto	Ligera-Alta
<b>Menos de 30%</b>						
Zinacamilán	38.09	12	10.87	Medio	Medio	Moderada-Ligera
Veladero de los Otates	42.91	2	12.26	Medio	Muy alto	Moderada
Don Tomás	34.36	4	9.82	Bajo	Muy alto	Alta
Minatitlán	39.71	15	57.52	Medio-Bajo	Muy alto	Ligera-Alta
Cerro de Ortega	36.75	28	63.09	Bajo	Medio	Ligera
Agua Salada	35.96	6	16.21	Medio-Bajo	Muy alto	Ligera
Arrayanal	25.67	2	13.49	Bajo	Muy alto-alto	Alta-Ligera
<b>Entre 20 y 25%</b>						
Juluapan	46.56	14	*	Bajo	Medio	Ligera
Fernández	46.37	7	20.47	Medio	Medio-Alto	Moderada
Agua de la Virgen	22.46	8	4.40	Bajo-Medio	Medio	Alta-Moderada
El Trapiche	38.15	13	64.82	Muy bajo	Alto	Alta
Paraíso	22.24	28	4.16	Bajo	Medio	Ligera
Río Marabasco	27.81	5	9.86	Bajo	Muy Alto	Alta
Piscila	32.30	11	25.11	Bajo-Medio	Medio	Ligera
Cedros	23.72	5	21.52	Medio	M-A-MA	Ligera
<b>Menos 20 y más 15%</b>						
Trapichillos	62.94	5	4.16	Medio-Muy alto	Alto	Ligera
Estapilla	20.29	1	8.03	Medio	Medio	Ligera-Moderada
Algodonal	22.30	4	8.74	Bajo-Medio	Alto-MA-	Alta
Callejones	28.07	10	4.87	Medio	Medio	Moderada-ligera
El Hervidero	23.35	1	*	Medio	Medio-Alto	Ligera
Jala	19.87	20	15.01	Bajo	Medio	Ligera-Moderada
Tinajas	18.24	3	7.18	Medio-Bajo	Medio	Ligera
Cuyutlán	24.82	10	8.63	Bajo	Medio	Ligera
Canoas	23.12	5	8.84	Medio-Bajo	Medio-Alto	Ligera
Las Trancas	17.23	5	4.07	Bajo	Muy alto	Alta
La Yerbabuena	26.89	5	7.79	Medio	Medio	Ligera
Venustiano Carranza	30.31	15	29.25	Medio	Muy alto	Moderada
Cofradía de Juárez	21.90	35	148.7	Bajo	Muy alto	Ligera-Moderada
Los Asmoles	33.49	25	7	Bajo-Medio	Medio	Ligera

% Deforestación	% sup. CUS	No. Loc	Den.Pob. 95	% ICA que predomina	% IFE que predomina	% Eph que predomina
			13.81		Medio	

% Sup.CUS= Porcentaje de la superficie de la microcuenca que sufrió un cambio de uso del suelo de 1976-2000, No. Loc = Número de localidades; Den.Pob.= Densidad poblacional según el censo de 1995.

\* No se tiene el dato disponible.

Nota: Cuando los valores de porcentaje son muy similares se indican las dos o más categorías, en orden descendente. Ejemplo: M-A-MA = Medio, alto, muy alto.

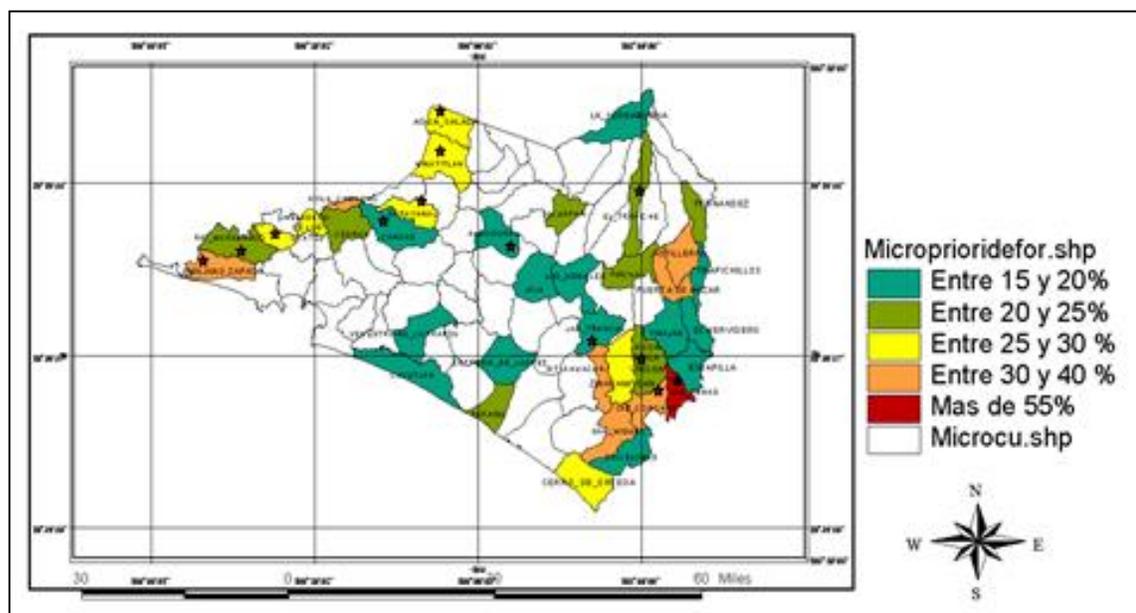


Figura CUS21. Priorización de microcuencas para el estado de Colima.

Los criterios utilizados para la seleccionar estas 37 microcuencas fueron:

- a) *Porcentaje de superficie deforestada en un periodo de 25 años (1976-2000).* Se consideró necesario colocar los valores correspondientes de cambio de uso del suelo, con el fin de precisar si el proceso de CUS fue en su mayoría deforestación, o bien si existe una mayor dinámica en aquellas coberturas que tienen que ver con las zonas agrícolas y urbanas.
- b) *Número de localidades y densidad de población* como indicadores presión.
- c) *Los índices de calidad ambiental y fragilidad ecológica* se cruzaron para evidenciar, si la deforestación está teniendo como resultado un ICA bajo, y si tiene alguna relación con su fragilidad ecológica. Por otro lado la Eph nos habla de un potencial proceso de erosión hídrica que podríamos tener en cada una de las zonas deforestadas.

De las microcuencas enlistadas con anterioridad se seleccionaron trece, teniendo como criterios la conjunción de los siguientes indicadores:

- a) Aquellas con un mayor porcentaje de su superficie deforestada,
- b) Un ICA bajo, un IFE muy alto y alto, y una Eph alta.

Cuando se conjuntan estos indicadores, estamos hablando de procesos de deforestación que están teniendo como resultando una disminución en la calidad ambiental, que está siendo favorecido por ser sistemas con alta fragilidad, y que pueden o no tener una erosión hídrica potencial alta. Todas aquellas microcuencas con ICA bajos nos hablan de que sus condiciones ambientales en general no son buenas y presumiblemente están en franco deterioro, aquellas con un valor medio están en vías de un deterioro más severo y la velocidad con que esto pueda ocurrir se ve acelerada cuando se tiene un valor muy alto o alto de fragilidad ecológica. Teniendo en cuenta lo anterior se indican las siguientes trece microcuencas como las más prioritarias para su atención y análisis más detallado (Cuadro CUS 9).

**Tabla CUS 9. Trece microcuencas prioritarias con base en su % de deforestación y sus valores bajos de ICA y altos de IFE y/o Eph.**

Microcuenca	Municipio	Posibles localidades asociadas al proceso de deforestación Por su cercanía e influencia
La Tuna	Colima	Las Tunas
Emiliano Zapata	Manzanillo	Los Acida, El Astillero, El Centinela uno y dos, La Ciénega, El Coyul, Crucero Aeropuerto, El Chavarín, Escondido Rancho de López, El Guayabo, José Cárdenas, La Laguna, Ojo de Agua, La Palma, La papayera, Rancho de la Y, Los Rebajes, La Viga II, La Viga, Los Vishis.
Las Conchas	Ixtlahuacán	El Capire, Las Conchas, Los Chivos, El Galaje, Higueras de Santa Rosa y El Huilanche.
Don Tomás	Manzanillo	Colomitos, Don Tomás, Huiscolotila, Los Parajes.
El Arrayanal	Minatitlán	El Arrayanal y Paticajo.
Minatitlán	Minatitlán	Los Andrade, Benito Juárez de Peña Colorada, El Bonete, Campamento No. 1 (Consortio), La Coconal, Francisco Contreras, La Joya de Afuera, Minatitlán, Peñitas, Las Pesadas, Los Potros, Rancho Buenos Aires, El Rebaje, Unidad Lechera (Chelfi Campamento 2), El Valuarte.
Agua Salada	Minatitlán	Agua Salada, Las Agujas, La Loma, El Rincón, San Antonio, La Tuna.
El Trapiche	Cuauhtémoc	Aguinaldo (El Remolino), Chiapa, Gabriel de la Mora, Montitlán, Ocotillo, Rancho Viejo, Salida a San Joaquín, El Trapiche, Vivero Roberto Martínez.
Río Marabasco	Manzanillo	Crucero Río Marabasco, El Charco, Las Parotas, Rancho Alegre, Río Marabasco.
Agua de la Virgen	Ixtlahuacán	Agua de la Virgen, Las Anonas, El Camichín (26 de Julio), El Guamúchil, La Tabquera, La Tepamera, La Tunita (La Tuna).
Algodonal	Coquimatlán	Agua Mucha (El Pochotón), Agua Zarca, El Algodonal, San Antonio.
Canoas	Manzanillo	Camichín, Canoas, La Hacienda del Cacao, Palo Blanco, Puertecito de Lajas y Tepehuajes.
Las Trancas	Ixtlahuacán	Cuastecomate, Jiliotupa, Rancho Quintero, El Tepehuaje Gordo y Las Trancas.

### 7.2.1. Priorización por tipo de Bosque en el nivel microcuenca.

Las trece microcuencas señaladas en el cuadro 10 son para incidir, de manera estratégica, sobre el proceso de deforestación. Ahora bien si lo que también se requiere es conocer cuales microcuencas se tienen que manejar adecuadamente para conservar la mayor superficie de los diferentes tipos de cobertura forestal entonces se tiene lo siguiente:

**Tabla CUS10. Microcuencas prioritarias para la conservación de la mayor superficie de los diferentes tipos de bosques en Colima.**

<b>Sistemas boreales</b>		
100% P	76.50% PQ	88.22% Q
La Yerbabuena y Quesería	<b>Algodonal</b> , La Sidra, Lagunitas, Quesería, El Espinito, La Yerbabuena, El Mixcoate.	<b>Minatitlán, Canoas, Arrayanal, Agua Salada, Agua de la Virgen</b> , Agua Fría, San José de Lumber, La Sidra, El Mixcoate, Lagunitas, Las Juntas de Arriba, Ranchitos, La Fundación y La Playa.

<b>Sistemas Tropicales</b>		
100% M	83.22% Mcs	63.23% Bcs
La Yerbabuena, Agua Salada, Lagunitas, Colima y Zacualpan.	Rincón de López, Pueblo Juárez, Agua Dulce, El Chical, <b>Algodonal, Agua de la Virgen</b> , El Mixcoate, Tecolapa, Ranchitos, El Espinito, <b>Zinacamitlán, Jala</b> , La Fundación, Madrid, <b>Canoas</b> , La Atravezada, <b>Fernández</b> , Camotlán de Miraflores.	Alcozahue, Las Juntas de Arriba, Camotlán de Miraflores, Santiago, San José de Lumber, <b>Río Marabasco</b> , Las Guázimas, <b>Las Trancas</b> , Salagua, <b>Tinajas</b> , Chandiablo, La Central, <b>Los Asmoles</b> , <b>Venustiano Carranza, San Miguel</b> , Coalatilla, <b>Estapilla, Piscila</b> , Zacualpan, Tepames, Cedros, Chanchopa, Armería, Tecolapa, <b>El Hervidero</b> .

<b>Sistemas Costeros y sistemas continentales relacionados a cursos de agua.</b>		
100% Pa	100% Ma	95.61% VG
La Central Santiago	<b>Cerro de Ortega, Cuyutlán</b> , La Culebra, Manzanillo, La Central, San Buenaventura, <b>Paraíso, Emiliano Zapata</b> , Santiago, <b>Venustiano Carranza</b> , Salagua.	<b>Jala</b> , Madrid, Agua Dulce, El Chical, <b>Cofradía de Juárez, Juluapan, Canoas</b> .

Lo anterior indica que para conservar el total de la superficie de los bosques de pino, los esfuerzos deberán enfocarse en solo dos microcuencas: La Yerbabuena y Quesería. De estas, La Yerbabuena requiere una atención más urgente puesto que los nombres que están resaltados en negritas indican prioridad porque presentan diferentes grados de deforestación (más del 15% de su superficie), además de que también es importante esta microcuenca para la conservación del bosque mesófilo de montaña. Cabe señalar que se enlistaron cada una de las microcuencas en orden descendente respecto a la superficie que presentan de cada tipo de bosque.

Para el caso del bosque de galería (VG) que es el de mayor tasa de cambio en el período de estudio, se tiene que analizar la problemática de siete microcuencas, donde más de la mitad tienen problemas de deforestación importantes y que en su mayoría se ubican dentro de la subcuenca Armería. De estas la más importante es Jala.

En cuanto a los bosques de encino (Q) estos están sufriendo problemas de deforestación en aquellas microcuencas con mayor superficie de este tipo de vegetación de ahí que es necesario atenderlas.

Las selvas bajas y medianas requieren de una estrategia menos focalizada al terreno, debido a su amplia distribución, de ahí que se requiere trabajar conjuntamente en los procesos productivos agropecuarios que están incidiendo en el cambio de uso del suelo, de manera de hacer más eficientes y rentables las zonas ya abiertas y ofrecer alternativas para desincentivar el cambio de uso.

## VIII. MARCO LEGAL

---

El marco legal en el que se fundamenta esta propuesta es el siguiente:

En el artículo 27 de la Constitución Política indica que se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas, y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para disponer la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

En la Ley General del Equilibrio Ecológico y de Protección al Ambiente (LGEEPA) en materia de la conservación y aprovechamiento sustentable del suelo y el agua, se indican como criterios que se deberán considerar para mantener la integridad y el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico: la protección de los suelos y áreas boscosas (incluidas las selvas), el mantenimiento de caudales básicos de las corrientes de agua y la capacidad de recarga de los acuíferos. Asimismo se deberá contemplar la ordenación forestal por cuencas hidrográficas (Arts. 88 y 98).

La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) señala que los instrumentos de la política nacional en materia forestal son:

1. La Planeación del Desarrollo Forestal.
2. El Sistema Nacional de Información Forestal.
3. El Inventario Nacional Forestal y de Suelos.
4. La Zonificación Forestal.
5. El Registro Forestal Nacional.
6. Las NOM en materia forestal.
7. Sistema Nacional de Gestión Forestal.

La SEMARNAT y la CONAFOR, conjuntamente con los gobiernos estatales y de los municipios, promoverán la integración de los Consejos Forestales Estatales, que son órganos de carácter consultivo, asesoramiento y concertación en materias de planeación, supervisión, evaluación de las políticas y aprovechamiento, conservación y restauración de los recursos forestales. En ellos podrán participar representantes de los tres niveles de gobierno, ejidos, comunidades indígenas, pequeños propietarios, prestadores de servicios técnicos forestales, industriales, entre otros. Su operación interna deberá responder a las necesidades, demandas, costumbres e intereses de cada territorio (Art. 157 LGDFS).

Los programas que elaboren los gobiernos en las Entidades Federativas, con visión de corto, mediano y largo alcance, indicarán los objetivos, estrategias y las líneas de acción prioritarias, tomando en cuenta los criterios e instrumentos de la política nacional forestal y en congruencia con el Programa Nacional de Desarrollo, los programas sectoriales y los correspondientes a la materia, además de la coordinación entre las instituciones locales. Estos programas atenderán la geografía de las cuencas, subcuencas y microcuencas, considerando particularmente la situación que guardan los ecosistemas forestales y los suelos. De manera más específica, los programas de restauración e instrumentos económicos que se requieran serán incorporados en el Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural (Art. 126 LGDFS) y para ello se deberá establecer la vinculación con los Consejos para el Desarrollo Rural Sustentable, en los ámbitos previstos en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (Art. 157 LGDFS). A partir de un reconocimiento explícito de las características propias de cada región: demografía, economía, sociedad, recursos naturales, vinculaciones con el entorno, etc., se procurará mejorar las relaciones intersectoriales, tanto al interior de las cadenas productivas, como en la interacción entre las diversas ramas de la estructura social y productiva en el medio rural; permitiendo la inducción y compromiso integral que propicie un ordenamiento espacial más eficaz de la población y más racional de la actividad económica; todo esto con la finalidad de lograr un desarrollo regional equilibrado.

A partir de este enfoque territorial con base en los fundamentos legales citados, se propone utilizar a la microcuenca, subcuenca y cuenca como los espacios para un enfoque de atención integral, lo cual habrá de tener un impacto positivo en la mitigación y adaptación del territorio al cambio climático y que se traducirá en un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en mejores servicios ambientales.

## RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

MCS. Patricia Ruiz

En el presente documento, el término residuos urbanos (RSU) hace referencia a los residuos domésticos y asimilables de recolección pública ordinaria realizada los por las direcciones de servicios públicos de los municipios. De acuerdo con los últimos datos disponibles<sup>15</sup> la generación de RSU en Colima en el año 2011 fue de cerca de 252, 284 toneladas.

### Generación

En el Estado de Colima se depositan en promedio **691.19 toneladas al día** en los sitios de disposición final existentes en su jurisdicción. El municipio de Manzanillo genera y deposita más residuos en relleno propio. El Relleno Metropolitano recibe los residuos de Colima, Cómala, Coquimatlán, Villa de Álvarez el resto en tiraderos a cielo abierto.

**Tabla RSU 1. Residuos generados en los municipios del Estado de Colima.**

MUNICIPIO	POBLACIÓN (hab)	RESIDUOS DEPOSITADOS (ton/día)
Armería	28 695	30.00
Colima	146 904	153.37
Comala	20 888	14.40
Coquimatlán	19 385	16.53
Cuauhtémoc	27 107	32.00
Ixtlahuacán	5 300	6.50
Manzanillo	161 420	180.00
Minatitlán	8 174	8.00
Tecomán	112 726	139.00
Villa de Álvarez	119 956	90.99
Otros*		20.40
<b>ESTADO</b>		<b>691.19</b>

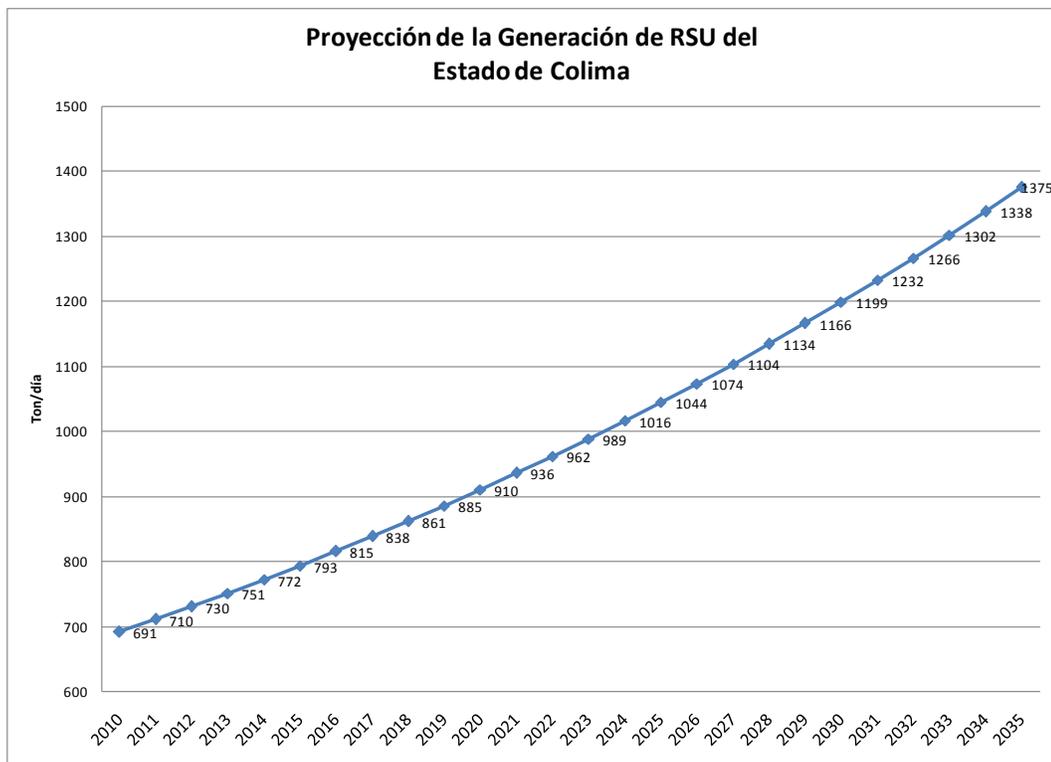
\* Particulares que depositan en el Relleno Sanitario Metropolitano.

Los municipios de Colima han evitado la existencia de tiraderos clandestinos, y el servicio de limpia llega a casi la totalidad de la población, lo que conlleva a que los SDF reciban los residuos que se generan en el Estado.

<sup>15</sup> Programa para la prevención y gestión integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Periodico Oficial "El Estado de Colima", 2012.

Si la cifra del total de residuos se divide entre la de población estatal: 650 555 habitantes, el promedio es **1.06 kg/hab**, que es la generación per cápita (GPC). Este indicador es muy importante porque lo utiliza el gobierno federal para calcular la generación de residuos por entidad federativa. Es un valor cercano al promedio nacional: 0.98 kg/hab.

Con los datos de las proyecciones de la población estatal para el año 2035 y los de toneladas de residuos generados por día se estimaron los residuos que se generarán a largo plazo. A los valores obtenidos se les aplicó una tasa de generación de residuos de 1% anual. Es la que en el ámbito nacional se aplica en los casos de poblaciones urbanas y turísticas.



## Composición

Con la información indagada en cada municipio respecto de la composición de los residuos que se vierten en los SDF por medio del servicio de limpia se obtuvieron los datos siguientes.

**Tabla RSU2. Residuos sólidos urbanos en el Estado de Colima.**

TIPO DE RESIDUO	PORCENTAJE
Residuos orgánicos	47.28
Plástico reciclable	15.48
Metal	1.56

Residuos de construcción	0.52
Vidrio	2.87
Textiles	3.33
Papel y cartón	8.71
Hule	0.49
Otros residuos inorgánicos (valorización térmica)	2.66
Sanitarios	9.21
Inertes	5.37
Otros	0.98
Total aproximado	98.46

### Aportación Estatal

---

La gestión de RSU afecta al potencial de **calentamiento global** y, en consecuencia, al cambio climático. Los gases con efecto invernadero más relevantes en el ámbito de la gestión de RSU son el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y, en mucha menor medida, el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). El potencial de calentamiento global de estos gases cuando se considera un horizonte temporal de 100 años se recoge en el cuadro RSU3. De esta forma, todas las emisiones de GEI pueden expresarse en una misma unidad: kilogramo de CO<sub>2</sub> equivalente (kg CO<sub>2</sub>eq).

#### **Tabla RUS3. Gases con efecto invernadero generados en la gestión de RSU y potencial del calentamiento global**

Gases con efecto invernadero generados en la gestión de RSU y potencial del calentamiento global

Gases con efecto invernadero	Potencial de calentamiento global (100 años) Kg de CO <sub>2</sub> eq
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	25
Óxido Nitroso (N <sub>2</sub> O)	298

*Fuente: IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Working Group I Report "The Physical Science Basis" (tabla 2.14)*

En relación con las operaciones de gestión de RSU, se identifican las emisiones directas, es decir las generadas por las actividades del sector de gestión de RSU y que, por tanto, el propio sector puede controlar. Por ejemplo:

- Las emisiones de metano en un vertedero <sup>16</sup> debido a la descomposición de la materia orgánica biodegradable depositada.
- Las emisiones de la quema a cielo abierto de RSU en un SDF

En la metodología utilizada para el cálculo parte del inventario de emisiones de GEI en el año base 2005 y las emisiones a 2010.

El parámetro importante en referencia a los residuos sólidos es la masa de los desechos sólidos por tipo de tratamiento. El dato de actividad para la incineración e incineración a cielo abierto es la cantidad de residuos sólidos municipales en peso humedad incinerada o quemada por tipo. La población es la variable que permite calcular las emisiones asociadas a la disposición final de residuos en el futuro, dado que la generación per cápita y la composición de los residuos se mantiene constante para todos los casos.

Dentro del inventario integrado para este proyecto la categoría de RSU incluyen tres fuentes de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, en donde las emisiones de CH<sub>4</sub> provienen de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica que forma parte de los residuos sólidos tanto si su disposición es controlada como si no lo es, así como las emisiones generadas durante los procesos de tratamiento y disposición de aguas de desecho, tanto de carácter municipal como industrial. No se consideraron las aplicaciones de residuos para generación energética, pues no se tiene registro de este tipo de instalaciones en la entidad.

Dentro de los resultados la principal fuente de emisión en la categoría de desechos son las emisiones por quema a cielo abierto de residuos sólidos, las cuales generan en total 414 Gg de CO<sub>2</sub> al año, el municipio en el cual se generan las mayores emisiones es Manzanillo (Cuadro RSU4).

---

<sup>16</sup> Los RSU contienen materia orgánica biogénica como restos de comida, papel, madera o residuos de jardinería. Cuando se deposita materia orgánica biogénica en un vertedero controlado, los microorganismos presentes empiezan a descomponerla consumiendo el carbono que contiene. Bajo las condiciones anaeróbicas que prevalecen en un vertedero controlado, el resultado de esta biodegradación es la producción de un gas (biogás) que contiene metano y CO<sub>2</sub> a partes iguales y trazas de otros gases como sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S)

Tabla RSU4. Emisiones por quema a cielo abierto de residuos sólidos

MUNICIPIO	Emisiones de CH <sub>4</sub> por tratamiento de aguas residuales (Gg/año)	Emisiones de N <sub>2</sub> O por tratamiento de aguas residuales (Gg/año)	Emisiones de CH <sub>4</sub> por disposición de residuos sólidos	Emisiones quema de residuos a cielo abierto CO <sub>2</sub> Gg/año	Emisiones totales de CO <sub>2</sub> e
Armería	0.1183	0.0009	0.242	4	11.8
Colima	0.1053	0.0046	1.257	125	155.0
Cómala	0.1324	0.0007	0.185	3	9.8
Coquimatlán	0.0235	0.0006	0.165	2	6.1
Cauhtémoc	0.5750	0.0009	0.243	5	22.4
Ixtlahuacán	0.0312	0.0002	0.045	0	1.6
Manzanillo	0.5806	0.0048	1.310	135	176.2
Minatitlán	0.0000	0.0003	0.071	0.4	1.9
Tecomán	0.0000	0.0034	0.933	69	89.6
Villa de Álvarez	2.3688	0.0035	0.951	71	141.8
<b>Total Estatal</b>	<b>3.9350</b>	<b>0.0199</b>	<b>5.402</b>	<b>414</b>	<b>616.2</b>

En términos de CO<sub>2</sub>e se observa que en los municipios con áreas urbanas de importancia los residuos sólidos representan la mayor fuente de emisiones, como se observa en la siguiente figura, esto constituye una ventaja en términos de potencial de reducción de emisiones, pues existen numerosas alternativas para aumentar la recolección y disposición adecuada así como de separación de los residuos orgánicos

Dado que el inventario de emisiones de GEI para el estado de Colima presentado es con año base 2005, se realizó una proyección del mismo por sector para 2010, considerando el crecimiento de la población y vivienda a 2010.

DESECHOS	Armería	Colima	Cómala	Coquimatlán	Cauhtémoc	Ixtlahuacán	Manzanillo	Minatitlán	Tecomán	Villa de Álvarez	Estatal
	11.8	155	9.8	6.1	22.4	1.6	176.2	1.9	89.6	141.8	616.2
											780.48

## LOS RETOS DE COLIMA EN MATERIA DE PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA SU CONTRIBUCIÓN EN LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

---

El objetivo principal del marco legal en materia de generación y gestión de residuos es la protección del medio ambiente y de la salud humana. De esta forma, el sector ha reducido en la mayor parte sus externalidades ambientales<sup>17</sup> y lo seguirá haciendo.

De la revisión de la Ley de Residuos Sólidos del Estado de Colima (LRS) se percibe intención de atender el tema del consumo y producción sustentable. Sin embargo, en diferentes partes del texto legal se regula sin articulación clara, ya que frente a las acciones de manejo directo de los residuos sólidos, que se denota como objetivo principal de la ley, quedan en segundo plano.

Al respecto se debe mejorar la ley para aportar un marco de atribuciones claras y de instrumentos de planeación y gestión suficientes, con el objetivo de incidir en la conducta de los productores y de sus asociaciones, así como de los consumidores. Para ello es necesario fortalecer los temas siguientes:

- Acción coordinada de los gobiernos estatal y municipal con organizaciones no gubernamentales (ONGs) así como con grupos de productores y consumidores.
- Promoción de asociaciones de consumidores.
- Inversión en desarrollo y fortalecimiento de tecnologías ambientales. Para minimizar la generación de residuos en la fuente.
- Educación ambiental. Para aumentar la conciencia, educar e informar a grupos involucrados y al público en general.

En la LRS se abordan estos temas de manera tangencial. Por ello se debe fortalecer este marco, mediante disposiciones de obligaciones claras y sanciones en casos de infracción, para lograr que se cumplan los objetivos de concientizar a la población acerca de mejores actitudes de consumo –sustentable–, inversión en tecnología y creación de mercados verdes e incentivos económicos viables para lograr el cambio en la producción y minimizar la generación de residuos.

Pero el sector de RSU puede ir más allá del cumplimiento legal y plantearse el objetivo adicional de aportar más **valor** a la sociedad en términos **socioeconómicos** (valor económico añadido y ocupación), a través de sus efectos multiplicadores de la economía inducidos por la inversión y, especialmente, los estratégicos a más largo plazo:

- Creación de **tejido industrial** tecnológico propio con capacidad de exportación en el ámbito del tratamiento de residuos. Menor dependencia tecnológica del exterior y creación de **empleo** adicional.

---

<sup>17</sup> Costos soportados por terceros como consecuencia de una gestión insuficiente de los RM

- Internacionalización de las empresas del sector de RSU y efecto de arrastre de **PyMEs** tecnológicas.

- **Contribuir en la reducción** de las **dependencias** de la economía mexicana en materias primas, energía primaria y reducción de los gases de efecto invernadero, favoreciendo la competitividad de otros sectores de actividad. Esta aportación es particularmente relevante en un contexto de alta volatilidad del precio de los combustibles fósiles importados.

La LRS contiene dos definiciones novedosas, quizá fallidas: a) conjunción de residuos de manejo especial y urbano, previstos en la LGPGIR; b) generadores de alto volumen, contrastados con microgeneradores. Sin embargo, pese a tal notoriedad, se detectan algunas inconsistencias –y tal vez inconstitucionalidades– que impiden que la regulación sea suficientemente fuerte para lograr su cabal cumplimiento:

- Pese a la nueva clasificación de generadores de residuos, no se establece una regulación específica de otras clasificaciones que derivan de la LGPGIR (grandes y medianos generadores).
- La definición de residuos de manejo especial no clarifica y da continuidad a la ambigüedad a la aportada en la LGPGIR, lo cual ocasiona incertidumbre jurídica a quienes están obligados por este ordenamiento, al no saber si son o no responsables, y en qué medida, de sus residuos.
- Al enlistar los desechos de manejo especial, en la ley estatal se excede lo dispuesto en el artículo 19 de la LGPGIR, por lo cual se puede generar un problema de inconstitucionalidad.
- El agrupamiento de residuos de manejo especial y sólidos urbanos equipara su regulación. Sin embargo sus características son distintas. En cierto grado podrían requerir sanciones específicas u obligaciones diferenciadas a quienes los generan o manejan, lo cual no está previsto en la normatividad.
- Otro punto de inconstitucionalidad en relación con la equiparación de los residuos en la expresión residuos sólidos consiste en que la LRS margina la atribución de competencias asignada en la LGPGIR, ya que los de manejo especial competen al gobierno estatal, en tanto que los urbanos son de jurisdicción municipal. Para respetar las competencias atribuidas en la ley general y evitar usurpación de funciones se requiere una regulación mejor elaborada.
- Un tema central en la LRS es el de sistemas de recolección. Declara necesidad de separación previa a la recolección y la modalidad de operación en las estaciones de transferencia y en los rellenos sanitarios. Pero se percibe falta de integralidad con respecto a autorizaciones para acopio, almacenamiento, transporte, recolección, reúso, reciclaje, coprocesamiento, tratamiento y disposición final.

En artículos aislados se les trata someramente. Adicionalmente no se alude a si se autoriza a particulares la prestación de estas actividades. Así mismo se debe fortalecer la regulación acerca de inversión en desarrollo de tecnologías ambientales para reusar, reciclar, tratar y disponer los residuos.

Para afrontar este reto, es preciso desarrollar un sector de gestión de RSU innovador, más eficiente y competitivo, más diversificado y diferenciado, con planteamientos tecnológicos propios adaptados a los mercados objetivo, que sean una alternativa sólida.

Impulsar una aglomeración tipos clúster de administraciones públicas, empresas, universidades y agentes socioeconómicos expertos y experimentados en gestión de residuos, que pueden ejercer un liderazgo claro en áreas geográficas (mercados). Incluso, si el sector de la gestión de RSU se potencia adecuadamente, podría llegar a ser un **referente nacional**, con grandes oportunidades.

En definitiva, se trata de obtener un mayor **beneficio** para la **economía** en su conjunto de las inversiones en gestión de RSU que todavía deben hacerse en México. Esto es especialmente importante en la situación actual de crisis económico-financiera y de falta de empleo estable.

## **ESTRATEGIAS, PROGRAMAS, ACCIONES Y METAS PARA LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR RESIDUOS SOLIDOS URBANOS**

---

El Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, publicado en julio de 2012, se identifica la siguiente política estatal en esta materia:

*“La Política Ambiental Estatal en materia de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial busca transformar el manejo tradicional a una gestión integral de los residuos, con cobertura en todos los municipios del Estado, maximizando el aprovechamiento material o energético de los mismos, disminuyendo el envío a sitios de disposición final, reduciendo el uso de recursos naturales vírgenes en la región, bajo criterios de autosuficiencia económica, mínimo impacto al ambiente, participación activa de la sociedad y optimización en uso de tecnologías e infraestructura, siempre acorde a las necesidades de crecimiento del Estado de Colima.”*

Este programa determina cuatro líneas estratégicas, que incluyen una serie de acciones, metas e indicadores, que permitirán el desarrollo de la infraestructura propuesta en este programa y de las acciones adicionales necesarias para su instauración. Las líneas estratégicas del programa son las siguientes:

- **Línea Estratégica de Regionalidad (R)**
- **Línea Estratégica de Transformación (T)**
- **Línea del Máximo Aprovechamiento de los Residuos (A)**
- **Línea Estratégica de Fortalecimiento Institucional (F)**

Sin duda este Programa es innovador y ambicioso y tiene como principal objetivo el cumplimiento de los objetivos legales de la gestión de RSU, considerando realizar esfuerzos económicos adicionales. Las inversiones se concentrarían en tecnologías óptimas para el tipo de residuos, fundamentalmente:

- Manejo de RSU por regiones operativas, Las administraciones públicas

competentes se limitan a cumplir estrictamente los objetivos legales de la gestión de RM, sin realizar esfuerzos económicos adicionales. Las inversiones se concentrarían en tecnologías clásicas, fundamentalmente:

- Incremento tendencial de la recolección selectiva, con un esfuerzo algo mayor en el caso del plástico reciclable, papel y cartón.
- Digestión anaeróbica de la fracción orgánica con una recuperación de materiales reciclables y compostaje
- Rechazos al sitio de disposición final

Un escenario avanzado para la mitigación del cambio climático el actual debe considerar inversiones necesarias para aumentar considerablemente las posibilidades de reciclado y de valorización material y energética, mediante la implantación de las tecnologías actuales más eficientes y de las que se encuentran en fase de desarrollo, teniendo en cuenta el objetivo de maximizar la mitigación de las emisiones de GEI en toda la economía y de crear el mayor **valor socioeconómico y empleo estable**.

Este escenario implica impulsar un programa de **inversiones** para crear empleo y valor agregado mediante el desarrollo e implantación de soluciones avanzadas tales como:

- Un alto nivel de recolección selectiva y reciclado, con atención especial a la fracción orgánica
- Digestión anaerobia de la materia orgánica procedente de recogida selectiva para generar energía eléctrica
- Producción de combustibles sólidos recuperados<sup>18</sup> (CSR) a partir de rechazos de plantas de tratamiento mecánico o valorización para aumentar de forma notable la eficiencia de la valorización energética (co-combustión directa en hornos industriales cementeros, gasificación, etc.)
- Incineración de combustible derivado de residuos<sup>19</sup> (CDR) para minimizar el vertido de RSU. Sólo se depositan en sitio de disposición final los residuos inertes o de baja reactividad procedentes del rechazo de plantas de tratamiento.

Por lo anterior, se concluye que se debe considerar y fortalecer el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial publicado complementando cada una de las líneas estratégicas ya planteados y proponer acciones y metas para la mitigación del cambio climático.

## **R. Línea estratégica de regionalidad**

### **R1. Fortalecimiento del marco jurídico**

#### **Meta**

Reforma del marco jurídico estatal para permitir la gestión integral de los residuos sólidos urbanos considerando los aspectos de cambio climático Revisión y adecuación del

---

<sup>18</sup> Combustible sólido producido a partir de residuos no peligrosos, sometido a especificaciones y control de calidad.

<sup>19</sup> Combustible sólido derivado de residuos sin requerimientos de calidad específicos.

marco jurídico estatal, de conformidad con lo expresado en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, y la ley General de Cambio Climático para evitar: a) Incertidumbre jurídica, b) problemas de inconstitucionalidad entre las legislaciones estatal y federal y promover acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático .

## **R2. Regionalización operativa para la gestión integral de residuos**

### **Metas**

Mediante los Organismos Regionales Operativos de Residuos integrar unos criterios bajos en carbono en la gestión de los RSU y RME que se generan en el Estado.

Homologación cualitativa de servicios, infraestructura, derechos y obligaciones en la gestión integral de residuos en cada una de las Regiones Operativas para mejorar la recolección selectiva.

### **Acción 1**

Generación de instrumentos jurídicos para dictar y normar estrategias, acciones y recursos en la gestión de los residuos sólidos e infraestructura afín. Los objetivos son brindar un excelente servicio de limpia y recolección de residuos en cada municipio así como optimización de su manejo, aprovechamiento y disposición final, en todo el Estado.

## **T. Línea estratégica de transformación**

### **T1. Separación de RSU en fuente**

El establecimiento de la recolección selectiva de los residuos es el primer paso para lograr una transformación del manejo tradicional a una gestión integral de los residuos. Para ello es imprescindible que toda la población, inicie separación de las fracciones orgánica e inorgánica. Cuando los habitantes se hayan acostumbrado a este tipo de separación se podrá implantar una separación más específica, que aportaría mayor eficacia en la valorización de los residuos. La aplicación de esta separación debe ser simultánea en todo el Estado.

### **Metas**

Renovación de todos los vehículos de recolección de cada región que hayan cumplido más de siete años de servicio.

Capacitación de todo el personal del servicio de limpia y recolección de las regiones operativas en manejo de los residuos separados en fuente.

Implantación del programa de separación de las fracciones orgánica e inorgánica.

Fomento en los diferentes sectores de la sociedad la participación en las prácticas de buen manejo al evitar mezclar los residuos desde su origen.

Evaluación de costo-beneficio de la aplicación del tratamiento mecánico-biológico de la fracción orgánica en municipios con generación menos de 10 toneladas.

### **T2. Sitios de disposición final**

**Metas**

Saneamiento y clausura de sitios de disposición final, en uso o abandonados, que no cumplan la normatividad ambiental e impliquen fuentes de contaminación del entorno.

Todos los rellenos sanitarios del Estado de Colima deben:

- ✓ Cumplir la NOM–083–SEMARNAT–2003.
- ✓ Contar con el certificado de cumplimiento de la NOM–083–SEMARNAT–2003, emitido por una UV acreditada ante la EMA
- ✓ Contar con un manual y programa operativo que coadyuve a la disposición de residuos no aprovechables.

Realizar un estudio del potencial de mitigación de las emisiones de GEI considerando el escenario de saneamiento y compararlo con las correspondientes a la situación actual, representada por las soluciones de gestión de RM en funcionamiento en 2005, último año del que se dispone de estadísticas.

### **T3. Comunicación y educación en materia de gestión integral de residuos sólidos y cambio climático**

**Metas**

Disposición de un programa de difusión y comunicación para informar y orientar a la población respecto de la gestión integral de los residuos y de su participación y como esto contribuye a la reducción del calentamiento global.

#### **A. Línea de máximo aprovechamiento de residuos**

La aplicación de las líneas estratégicas de regionalidad y de transformación permite cumplir la política ambiental en materia de residuos sólidos y de manejo especial, principalmente en lo relacionado con organización del sistema actual de limpia que se brinda a la población en materia de residuos.

Sin embargo esto no implica que su aplicación permita reducción cuantitativa de residuos que se disponen en el relleno sanitario, mucho menos cumplir con la reducción de los Gases Efecto Invernadero.

Para lograr lo anterior, es indispensable fortalecer las acciones que propicien aprovechamiento máximo de los materiales de los residuos y procurar autosuficiencia financiera del sistema en su conjunto.

Esta línea estratégica se centra primordialmente en fomento y desarrollo de la industria formal de reciclaje, no solamente en lo relacionado con recuperación y venta de residuos separados. Se procura incorporar el desarrollo de empresas que utilicen estos materiales y los conviertan en bienes de producción o servicios con valor agregado superior a la venta solamente de residuos.

#### **A1. Aprovechamiento de residuos**

**Meta**

Maximización del aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial que se generen en el Estado mediante fomento de su valorización, tratamiento y reciclaje.

Implementar tecnología para aprovechamiento de residuos orgánicos generados en las actividades siguientes: agropecuaria, hostelera, plantas de tratamiento de aguas (lodos), residuos orgánicos domésticos, poda, procesamiento de alimentos, de abasto, entre otras.

Fomentar la construcción de tres plantas de digestión anaerobia, distribuidas en las regiones para la generación de energía eléctrica.

La viabilidad económica de una gestión de RSU más avanzada y sostenible, si se quiere evitar un incremento excesivo de la tasa de residuos, depende fundamentalmente de que las entidades lo-cales puedan progresar en tres direcciones:

- Implantar servicios e infraestructuras más baratas y eficientes que los actuales para la recuperación de recursos de los residuos
- Potenciar el valor financiero para la sociedad generado mediante la recuperación de recursos para la economía y lograr que este valor se reparta de forma equitativa entre las entidades locales y los sectores privados involucrados.
- Convertir en ingresos financieros la contribución del sector a la mitigación de GEI<sup>20</sup>.

#### **F. Línea estratégica de fortalecimiento institucional**

Las acciones y la instauración de las líneas estratégicas requieren de un gobierno cuya estructura organizativa, sus instrumentos de política y de administración sean acordes y estén alineados con lo propuesto en el Programa Estatal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos urbanos y de Manejo Especial y el presente Programa Estatal de Cambio Climático.

Por ello se incluye una línea estratégica destinada a fortalecimiento institucional, en la cual se asegura que la responsabilidad del gobierno establecida en la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos se cumpla; es decir, garantiza el derecho a la salud de la población mexicana. Así mismo que el gobierno estatal o el municipal cuenten con instituciones organizadas y personal capacitado, para coordinar sus acciones y fortalecer sus actividades.

#### **Metas**

Programa de capacitación de funcionarios estatales y municipales en temas de adaptación, mitigación y vulnerabilidad ante el cambio climático.

Profesionalización del servicio de limpia y recolección de cada región.

Suficiencia de recursos financieros necesarios para instaurar el Programa

Disponibilidad de un plan de manejo de residuos ocasionados por desastres naturales.

---

<sup>20</sup> Téngase en cuenta que el sector de los residuos no puede monetizar este valor para la sociedad, puesto que no forma parte del ámbito de la Ley que regula el comercio de derechos de emisión de GEI.

# VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLIMA

Dr. Víctor Orlando Magaña Rueda<sup>1</sup>

**Colaboradores:** Emmanuel Zúñiga, Nuria Vargas, Marni Pazos, Clemente López, Carolina Neri, Luis Galván, Christian Domínguez, Baldemar Méndez y Jimena Cuevas

## 1. El riesgo ante un clima cambiante

---

### 1.1 El peligro, la vulnerabilidad y el riesgo

---

El problema del cambio climático debe ser analizado desde la perspectiva del riesgo. Si se trata de establecer cómo afectará, se puede por ejemplo analizar la dinámica de los desastres recientes, relacionados con condiciones adversas de temperatura o precipitación. En cualquier caso, la explicación de los desastres relacionados a un fenómeno natural debe pasar del paradigma naturalista, a un análisis de riesgo en el que se considere la amenaza y la vulnerabilidad (INECC 2012). En el caso del cambio climático, la reducción de la magnitud del peligro se logrará mediante la mitigación de gases de efecto invernadero (GEI), mientras que la adaptación requerirá de la reducción de la vulnerabilidad. En conjunto, mitigación y adaptación, son formas de reducción de riesgo ante cambio climático.

El reto de la mitigación es un problema global que requiere la participación de cada uno de los habitantes de este planeta, pero en forma diferenciada, considerando su responsabilidad en la emisión de GEI. Por otro lado, la adaptación es un problema regional o local, y es por ello que el diseño de estrategias en este sentido requiere analizar y entender los factores que hacen vulnerables a los socioecosistemas bajo un clima cambiante. Establecer estrategias de adaptación a partir de un análisis de la vulnerabilidad constituye un análisis del riesgo de “abajo hacia arriba”. En dicha aproximación, los factores de la vulnerabilidad son los elementos en que se trabaja para construir adaptación, tal y como ha sido propuesto por Roger Pielke Sr. (2012). El proceso de diagnóstico e identificación de sectores, regiones o grupos sociales en condición de riesgo ante fenómenos meteorológicos y climáticos extremos ofrece la oportunidad de actuar en forma preventiva, reduciendo las posibilidades de desastres. Las autoridades, principalmente en el campo de la Protección Civil, intentan trabajar con esta filosofía desde hace ya varios años, pues reconocen que los costos de la prevención son significativamente menores a los de la respuesta y recuperación del desastre. Una buena gestión de riesgo ante cambio climático a través de la reducción de vulnerabilidad se traducirá en seguridad de las personas y en mejores condiciones para el desarrollo.

La gestión de riesgo climático debe comenzar por entender las condiciones que constituyen el peligro y que cambian como resultado de la variabilidad natural del clima o por factores antrópicos. No se trata sólo de estadísticas de los rangos o valores extremos de temperatura o precipitación, sino que requiere analizar las situaciones que llevan a condiciones críticas. Un mejor entendimiento del peligro permite utilizar los avances en materia de pronóstico climático para saber qué probabilidades de que se presente la condición de peligro o amenaza meteorológica crítica. El valor umbral crítico del peligro dependerá de la vulnerabilidad del sistema analizado y por ello, la cuantificación de este contexto de vulnerabilidad es fundamental si se desea actuar de forma preventiva. El saber

qué hacer ante un pronóstico de sequía por ejemplo, implica contar con sistemas de alerta temprana, pero también el realizar medidas estructurales que reduzcan la vulnerabilidad. Saber qué combinación de medidas es la más eficiente frente a la variabilidad y el cambio climático es parte del reto del diagnóstico de la vulnerabilidad.

La aproximación tradicional al estudio de los potenciales impactos por cambio climático es la de hacer proyecciones regionales del clima usando como base los resultados de los modelos del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Sin embargo, los escenarios de cambio climático son erróneamente utilizados como pronósticos del impacto que ocurrirá en el largo y muy largo plazo. Los modelos del clima distan de ser capaces de hacer pronósticos útiles a más de un año, principalmente en relación con el ciclo hidrológico, por lo que pensar que pueden entregar esta información en plazos de décadas es equivocado. Es así que una aproximación “de arriba hacia abajo” en la construcción de escenarios de impacto por cambio climático es menos usada y cede espacio a una en la que se parta de un entendimiento de la vulnerabilidad. Bajo tal aproximación, conocida como de “abajo hacia arriba”, es más adecuado centrar los esfuerzos en estimar la historia reciente de la vulnerabilidad y proyectarla a futuro, de forma que la probabilidad de desastre se obtenga a partir de estimaciones de riesgo (INE, 2013), y no de las predicciones climáticas a plazos de décadas (Rial et. al., 2004). La identificación de los factores de vulnerabilidad permite también identificar acciones de adaptación y estimar su impacto como medidas de reducción de riesgo ante cambio climático.

Gran parte del esfuerzo de un Programa Estatal de Cambio Climático, como en el estado de Colima, es construir un modelo de riesgo ante los fenómenos meteorológicos y climáticos con los que se asocian los mayores desastres, por ejemplo, huracanes, sequías, tormentas intensas, ondas de calor o heladas, y ver cuáles son los factores que hacen a la región y su gente vulnerable ante ellos. Como todo modelo, el de vulnerabilidad y el de riesgo son sólo una aproximación de la realidad, pero tiene que someterse a evaluación, para analizar en qué medida explican la frecuencia y magnitud de los desastres recientes. En este sentido, muchas de las acciones de vulnerabilidad que se pueden sugerir, son de tipo correctivo, y consideran esencialmente un clima cambiante como el peligro. Se puede sin embargo, también pensar en medidas prospectivas frente a elementos del cambio climático, cuyas proyecciones sean más ciertas, como puede ser el aumento del nivel del mar. Muchas de las acciones de adaptación de tipo correctivo tendrán beneficios con el clima actual, aun y si los escenarios de cambio climático generados por los modelos no resultan ciertos.

## 1.2 Historia reciente de los desastres en Colima

Colima ha experimentado diversos tipos de desastres relacionados con fenómenos naturales como son los sismos, los ciclones tropicales, o las erupciones volcánicas. Sin embargo, son los de tipo meteorológico y climático, los que constituyen las amenazas naturales más frecuentes. Los costos de los desastres van a la alza, principalmente en décadas recientes (INE, 2010), y sólo algunos esfuerzos en materia de gestión de riesgo parecen visualizarse, a pesar de la creación de instituciones, por ejemplo en materia de Protección Civil, cuyo fin es la prevención. Los avances en las ciencias atmosféricas debieran ser aprovechados para mejorar nuestra capacidad de gestión de riesgo. Sin embargo, se sigue recurriendo al paradigma naturalista para justificar el desastre, mal llamado natural.

De acuerdo a instituciones como el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2011), la política en materia de reducción de desastres consiste en tres pasos fundamentales:

- 1) Conocer los peligros y amenazas a que estamos expuestos, estudiando y conociendo los fenómenos naturales correspondientes, y buscando establecer: dónde, cuándo y cómo nos afectan.
- 2) Identificar y establecer a nivel nacional, estatal, municipal y comunitario, las características y los niveles actuales de riesgo, entendido el riesgo como el producto del peligro (agente perturbador), por la exposición (sistema afectable) y por la vulnerabilidad (propensión a ser afectado).
- 3) Basado en los pasos anteriores, diseñar acciones y programas para mitigar y reducir estos riesgos antes de la ocurrencia de los fenómenos, a través del reforzamiento y adecuación de la infraestructura (medidas estructurales) y preparando a la población para que sepa qué hacer antes, durante y después de una contingencia (medidas no estructurales).

Históricamente, las mayores afectaciones en el estado de Colima por fenómenos hidrometeorológicos están relacionadas con ciclones tropicales (Tabla V1). Por ejemplo, en octubre de 1959, el llamado “Huracán de Manzanillo” causó pérdidas por más de 1,000 millones de pesos con más de 1,500 muertos y varios poblados de Colima y Jalisco arrasados, entre ellos Manzanillo y Minatitlán (Jáuregui 2003). En septiembre de 1968, el huracán Naomi afectó los estados de Colima y Jalisco causando más de 10 muertos y 50,000 damnificados. La historia de los desastres por fenómenos de origen hidrometeorológico en años recientes en la costa occidente de México y en particular en el estado de Colima sugieren que es el costo económico el que ha crecido mayormente al igual que el número de afectados. Gracias a la puesta en marcha del Sistema de Alerta Temprana ante Ciclones Tropicales (SIAT-CT) en el año 2000, el número de muertos en relación al paso de huracanes se redujo significativamente en todo el país. Pero falta aún mucho por hacer para contar con una política de prevención, que incluya medidas estructurales ante ciclones tropicales, además de las medidas coyunturales como el SIAT-CT (Magaña, 2014).

Los eventos extremos en el tiempo meteorológico tienen consecuencias en las sociedades y regiones vulnerables. Por ejemplo, en el estado de Colima, tras el paso del huracán Winifred en 1992, se contabilizaron 3000 damnificados (CENAPRED, 2001). La agricultura también fue afectada, pues 2000 hectáreas de plantaciones de plátano resultaron afectadas (SIACON, 2014). En 1999, el huracán Greg generó inundaciones en diversas zonas de Manzanillo y se presentaron algunos deslizamientos en las montañas. Sin embargo, la zona más afectada fue el Fraccionamiento del Valle de las Garzas, con inundaciones en los seis Barrios. El nivel del agua en las habitaciones alcanzó una altura de alrededor de un metro. El fraccionamiento quedó aislado del resto del puerto y sólo fue posible sacar a las personas con lanchas de la Armada de México. El sistema de drenaje y la planta de tratamiento se inundaron disipando las aguas negras a toda la zona. La inundación fue tal que posteriormente, en los trabajos de recuperación se encontró gran cantidad de peces en los tanques de clarificación de la planta de tratamiento de aguas negras. La Laguna del Valle de las Garzas subió más de un metro su nivel, formando una fuerte avenida que inundó el boulevard costero. Se formaron flujos de agua importantes quedando incomunicados 10 ejidos con pérdidas agrícolas y ganaderas; 5000 viviendas quedaron afectadas en todo el municipio. Los impactos económicos fueron cuantiosos y los problemas de los afectados no terminaron con el desalojo del agua, pues para muchas

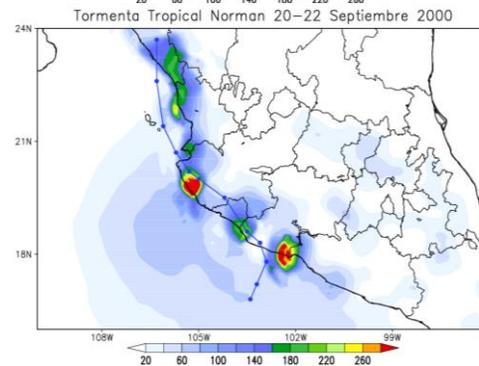
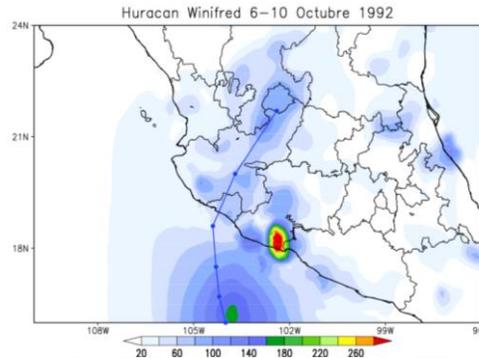
familias las consecuencias del evento tardaron meses y años para volver a las “condiciones normales” (Patiño-Barragán et al, 2009). Otro ejemplo de desastre se tiene en 2006, cuando el huracán Lane resultó en afectaciones para alrededor de 200 personas, 42 viviendas y 14 escuelas dañadas. Hubo 1,577 hectáreas de cultivo perdidas y 1,103 km de caminos afectados. Los costos y los tiempos de recuperación están asociados a la vulnerabilidad de la sociedad y gobierno, tanto física, como económica y social.

Las inundaciones, combinadas con una alta humedad atmosférica, generan condiciones propicias para el desarrollo del mosquito *Aedes aegypti*, mosquito que transmite el dengue (Guzmán 2014). Después del huracán Lane, se registraron 927 casos de dengue clásico y 178 de dengue hemorrágico en Colima. Tecomán fue el municipio con la mayor cantidad de casos, con alrededor de 382 reportes de dengue clásico y 69 de dengue hemorrágico (CENAPRED, 2007). A pesar de las campañas de fumigación y “descacharrización” impulsadas por el Gobierno Federal, el número de afectados por dengue ha alcanzado nuevos máximos en Colima, como en 2009 y en 2013, tendencia que se observa también en otras partes del país. Los retos para controlar la propagación de este mal son mayores y requieren grandes esfuerzos cuando se presentan condiciones de alta humedad atmosférica prolongadas y lluvias intensas o continuas.

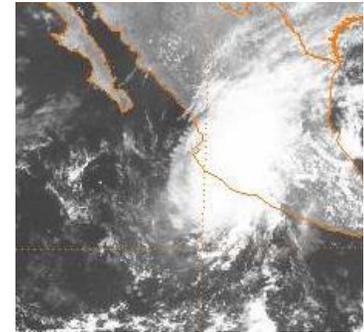
**Tabla V1 Ciclones tropicales que han ocasionado afectaciones en el estado de Colima entre 1992 y 2011 (fuente: Wikipedia)**

<b>Fenómeno</b>	<b>Periodo</b>	<b>Daños costa Pacífico y Occidente</b>
Huracán Winifred	6 – 10 Octubre 1992	3 muertos, pérdida de servicios agua y electricidad, daños extensos en agricultura 5 millones de dólares (1992) en pérdidas
Tormenta Tropical Norman	20 – 22 Septiembre 2000	9 muertos, inundaciones daños económicos 13.3 millones de dólares (2000)

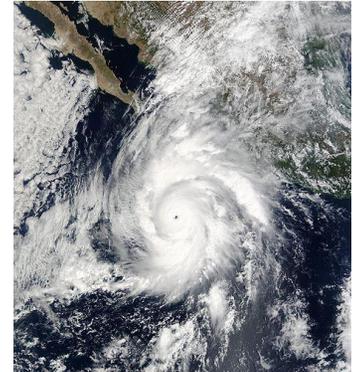
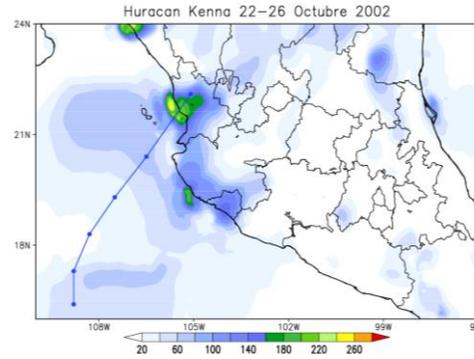
**Trayectoria y llluvias**



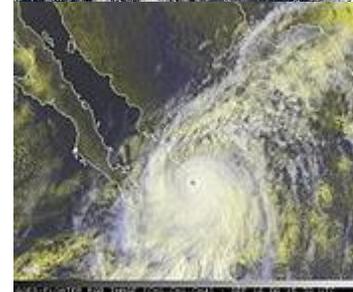
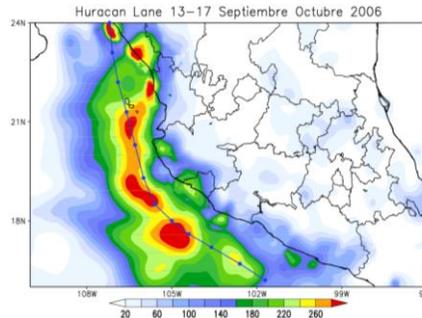
**Imagen de Satélite**



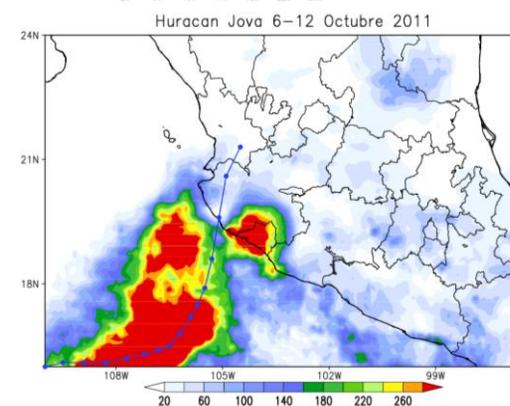
Huracán Kenna  
 22 – 26  
 Octubre  
 2002  
 4 muertos,  
 101 millones de  
 dólares (2002) en  
 pérdidas económicas



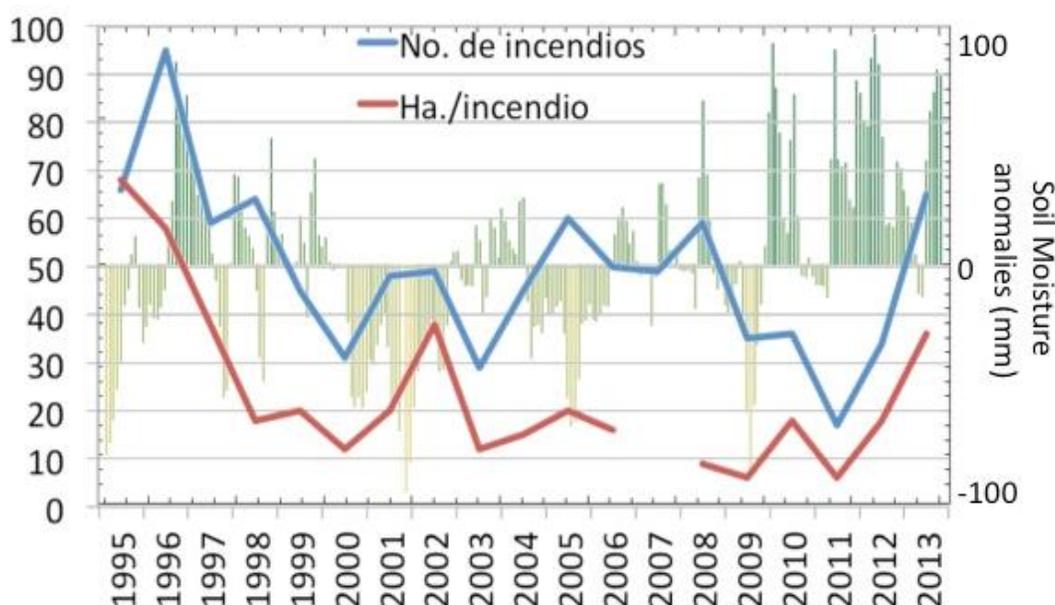
Huracán Lane  
 13 – 17  
 Septiembre  
 2006  
 4 muertos,  
 203 millones de  
 dólares (2006) en  
 pérdidas económicas,  
 cientos de miles de  
 afectados  
 Daños en  
 carreteras y servicio  
 de agua potable



Huracán Jova  
 6-12  
 Octubre  
 2011  
 9 muertos,  
 204 millones de  
 dólares (2011) en  
 pérdidas económicas.  
 Daños en las vías de  
 comunicación en  
 Manzanillo



En las décadas recientes, Colima ha padecido los efectos de lluvias torrenciales pero también de sequías, que en ocasiones se traducen en incendios forestales. El número y severidad de éstos parece verse incrementado cuando las condiciones de humedad del suelo son anómalamente bajas, ya sea por falta de lluvias o temperaturas anómalamente elevadas. Este último factor podría volverse más frecuente bajo condiciones de cambio climático, lo que generaría un aumento del peligro y por tanto de riesgo de incendios forestales. Sin embargo, aun con anomalías negativas de humedad del suelo y estrés hídrico en la vegetación, la actividad de incendios forestales puede no ser grande. Por ejemplo, en Colima, a mediados de los noventa, la disminución de la intensidad del uso del fuego en la agricultura resultó en una disminución en la actividad de incendios forestales aún bajo condiciones de estrés hídrico (Fig. V1). Esto muestra con claridad que la actividad de incendios forestales no depende solamente de la condición climática, sino también del contexto de vulnerabilidad existente. Galindo et al (2009) mostraron con claridad que en Colima existe una correlación entre las actividades de pastoreo extensivo, medida en cabezas de ganado bovino y la incidencia de incendios forestales, por municipio. Es por ello incorrecto afirmar que ante temperaturas más elevadas o déficit de lluvia, el número de incendios aumentará casi automáticamente, pues se caería al paradigma naturalista. Es necesario por tanto, hacer referencia al contexto en que la anomalía climática o un fenómeno meteorológico extremo se presenta, para poder pensar en un potencial desastre.



**Figura V1. Número de incendios forestales por año (línea azul), promedio de hectáreas afectadas por incendio (línea roja) y estimación de anomalía de humedad del suelo (mm) sobre el estado de Colima. (Datos de incendios: CONAFOR y de humedad del suelo: IRI).**

Existen otros peligros naturales relacionados al clima que hasta ahora han generado desastres menos conocidos (Tabla V 2), pero que en el futuro pueden convertirse en factor de riesgo para la población de Colima. Entre estos peligros adicionales se pueden citar los relacionados con los aumentos de la temperatura máxima (ondas de calor), de la humedad atmosférica (condición para la propagación de dengue), y del nivel del mar (mareas de tormenta con mayor velocidad).

**Tabla V2. Peligros climáticos emergentes bajo cambio climático y potenciales impactos en un contexto de vulnerabilidad creciente.**

<b>PELIGRO</b>	<b>TENDENCIA</b>	<b>IMPACTO POTENCIAL</b>
Temperatura máxima	Aumento	Ondas de calor y afectaciones a la salud de la población
Nivel del mar	Aumento	Afectaciones a poblaciones costeras, principalmente al ocurrir marea de tormenta por ciclón tropical
Temperatura mínima	Aumento	Disminución de confort y mayor demanda de energía para climatización
Humedad del aire	Aumento	Condiciones de disminución en el confort y posibilidad de menor evaporación del agua en superficie favoreciendo ciertas enfermedades o plagas
Eventos extremos de lluvia	Aumento	Mayor riesgo en materia de Protección Civil

Las ondas de calor más prolongadas o intensas también se comienzan a constituir en un peligro climático para la salud entre los habitantes de ciertas regiones del estado de Colima (González, 2010). El aumento del nivel del mar comienza a afectar poblaciones costeras, pero su efecto más preocupante podría encontrarse en mareas de tormenta intensificadas cuando se presenten ciclones tropicales frente a las costas del estado. Los acuíferos costeros también podrían presentar salinización de continuar la elevación del nivel del mar. Algunas relaciones clima-sector o clima-región requieren ser exploradas con mayor detalle antes de recurrir al cambio climático como factor de desastre futuro.

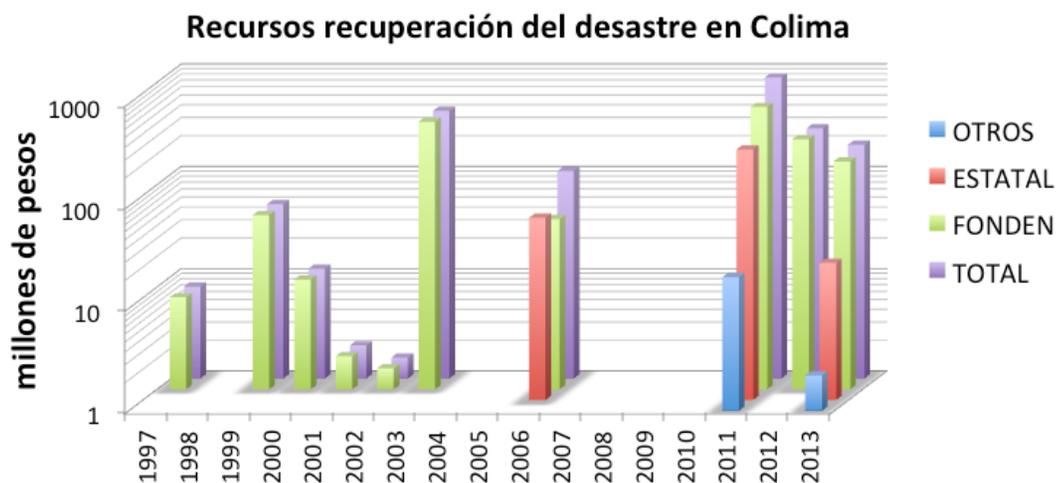
El modelo de desarrollo del país, y en particular de los asentamientos humanos, pocas veces toma en cuenta las características de los peligros naturales. En el caso de Colima, los ciclones tropicales podrían considerarse como uno de los mayores peligros meteorológicos, que resultan en riesgos más importantes, pues la vulnerabilidad, especialmente en el aspecto exposición, se incrementa continuamente. Por ello, un estudio de vulnerabilidad ante cambio climático debe ser diseñado reconociendo los factores que la generan, y diseñando medidas que respondan a su reducción. Analizar el riesgo cuando peligro y vulnerabilidad cambia, debe llevar a propuestas de adaptación prospectiva. Sin embargo, mucho del trabajo de gestión de riesgo ante cambio climático será de tipo correctivo.

La historia reciente de los desastres en Colima provee información sobre los tipos de peligros que generan mayor riesgo al estado, pero al mismo tiempo lleva a identificar los factores que generan un contexto de vulnerabilidad para la materialización del riesgo en desastre. El manejo del territorio es y será clave para entender muchos de los impactos que tiene el clima sobre diversos sectores y regiones vulnerables. Sin embargo, no es común que el aprovechamiento del mismo se gestione bajo consideraciones de riesgo climático. El modelo de desarrollo regional y nacional ha resultado así en condiciones de vulnerabilidad física, económica y social, que en conjunto con las amenazas naturales genera riesgo, muchas veces crítico. Medir los impactos negativos bajo un clima cambiante a través de muertos, afectados o daños económicos y ambientales es una forma de identificar los niveles de riesgo que pueden considerarse intolerables. Cualquiera que sea la medida del impacto refleja en buena medida las capacidades desarrolladas para gestionarlo a favor de sociedad, sectores o regiones.

### 1.3 Costos económicos del desastre

En el año 2000 el huracán Norman produjo daños en Colima por 16,199 millones de pesos (CENAPRED, 2001). El Fondo Nacional de Desastres Naturales (FONDEN) le otorgó 8,665 millones de pesos a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), y 3,180 millones de pesos a la Comisión Nacional del Agua (CNA) para la recuperación de Colima, añadiéndosele a estas cifras recursos estatales por 4,354 millones de pesos (CENAPRED, 2001b). En 2005, 60 incendios forestales provocaron daños por 1.2 millones de pesos (CENAPRED, 2006). En 2007 y 2008, los incendios forestales provocaron daños por cerca de un millón de pesos (CENAPRED, 2008 y 2009). En 2009 los daños provocados por 35 incendios forestales ascendieron a 0.2 millones de pesos (CENAPRED, 2010). En 2010, los daños provocados por 36 incendios forestales ascendieron a 0.64 millones de pesos (CENAPRED, 2011).

El año 2006 es un caso ejemplo en el que ocurrieron diversos desastres de origen meteorológico significativos. El huracán Lane provocó daños por 162.4 millones de pesos. Los daños en vivienda fueron por 680 mil pesos. En la red carretera estatal de Colima se estimó en poco más de 29 millones de pesos el impacto, mientras que los daños en caminos rurales fueron del orden de 62 millones de pesos. En ese año, los daños en el sector agropecuario fueron de alrededor de 55.7 millones de pesos. Los deterioros a la infraestructura hidráulica fueron de poco más de 12 millones de pesos. En 2006, el sector de carreteras estatales-municipales recibió 92 millones de pesos para reparación de los daños y en 2011, el gasto fue de 410 millones 154 mil pesos (CENAPRED, 2012). Los daños en vivienda en 2011 fueron de 6 millones 812,670 mil pesos mientras que, para casos de dengue se invirtieron 18.4 millones de pesos, de los cuales 4.8 millones fueron recursos federales y el resto fue aportado por el estado (CENAPRED, 2007). En el mismo 2006, los incendios forestales provocaron daños por 0.8 millones de pesos (CENAPRED, 2007). Los costos en la infraestructura hidráulica en 2011 ascendieron a 112 millones 796 mil pesos. El sector de carreteras estatales-municipales recibió en 2011 alrededor de 410 millones 154 mil pesos para reconstrucción (CENAPRED, 2012), lo que muestra el crecimiento en los costos del desastre (Fig. V2).



**Figura V2. Total de recursos empleados en la recuperación de desastres (barra morada) en Colima, la parte proveniente del FONDEN (barra verde), de fondos estatales (barra roja) y de otras fuentes, como los Apoyos Parciales Inmediatos (barra azul). La escala es logarítmica lo que demuestra un crecimiento en órdenes de magnitud de los gastos para recuperación.**

Los costos de recuperación otorgados por FONDEN a Colima no compensan las pérdidas monetarias estimadas por el impacto de fenómenos naturales (Tabla V1). Es por ello que resulta fundamental transitar de la respuesta al desastre a su prevención, ya que se estima que ello paga al menos al 6 X 1 (EIRD 2011) con respecto del costo del desastre. La tendencia de los costos de FONDEN muestra un crecimiento exponencial, mientras que FOPREDEN crece en mucho menor proporción (WB-SEGOB, 2012). Por ejemplo, entre 2004 y 2011 se asignaron FONDEN 148,137.0 mdp y a FOPREDEN solamente 1,712.1 mdp. Dicha situación también se observa en el caso del estado de Colima (Fig. V3).

No sólo las lluvias intensas son causa de desastres y de apoyos de FONDEN. En 2013, la Secretaría de Gobernación declaró zona de emergencia por la sequía a los municipios de Coquimatlán, Armería, Tecomán y Manzanillo, pues afectó a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas que no cuentan con seguro contras estas catástrofes, ya sea público o privado (DOF: 19/03/2013). La declaratoria de desastre natural, expedida a solicitud de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación permitió usar recursos del Fondo de Apoyo Rural para Contingencias Climatológicas.



**Figura V3. Recursos destinados (millones de pesos) a la prevención de desastres en el Estado de Colima (barra azul), considerando los recursos federales (barras rojas), y la aportación complementaria.**

**Tabla V3 Apoyos recibidos por Colima del FOPREDEN (Fuente: SEGOB).**

Año	Proyecto
2005	Infraestructura de sistemas para prevenir y eficientar la respuesta ante emergencias para el sistema de protección civil de colima
2006	Módulos para prevención y atención de emergencias en las unidades municipales y equipamiento para el sistema de protección civil de Colima
2012	Atlas de Peligros y Riesgos para el Estado de Colima

#### 1.4 La gestión de riesgo ante un clima cambiante

---

Aunque se trabaja desde varios ámbitos en la prevención de desastres, las acciones frente al desastre tienen un carácter más reactivo que preventivo. Los programas de acción frente a peligros hidrometeorológicos en Colima corresponden esencialmente a la versión estatal o municipal de los programas federales, como sucede en gran parte de México (e.g., SIAT-CT (SEGOB, 2012)). Por ello, el presente análisis presenta una visión de gestión de riesgo para la implementación de acciones de adaptación ante cambio climático en Colima, considerando los peligros y la vulnerabilidad. Desde la perspectiva del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), muchas de las políticas y medidas de adaptación y mitigación del cambio climático tendrían mejores oportunidades de éxito si se diseñan e instrumentan en los niveles estatal o local, pues en general se tendrá un mayor grado de apropiación de las acciones.

Definir estrategias de reducción de riesgo en un clima cambiante implica un entendimiento de los factores que hacen vulnerable a una región, sector o grupo social. La vulnerabilidad da una idea de la sensibilidad de éstos de ser afectados y debe analizarse como una condición sistémica, multifactorial, multisectorial, multitemporal y multiescalar, como factor dinámico. El peligro es la probabilidad de ocurrencia de una condición de tiempo o clima que, cuando se manifiesta en forma de amenaza, puede generar efectos negativos en un sistema vulnerable. Generalmente, al peligro se le estima con información meteorológica y climática histórica, y se representa en términos de probabilidades (eg, de ciclón tropical, de sequía). A la vulnerabilidad rara vez se le cuantifica por lo que generalmente queda descrita cualitativamente. Aún más, cuando se le intenta cuantificar, rara vez se evalúa la calidad del modelo de vulnerabilidad seguido.

Un sistema estará en riesgo ante un peligro cada vez que éste se manifieste como amenaza. El riesgo puede alcanzar valores críticos y materializarse en impactos o desastres (INECC 2013). Los valores del peligro varían de una región a otra al igual que la vulnerabilidad, y ambos cambian en el tiempo aunque en escalas que pueden ser contrastantes. El peligro está cambiando en el tiempo, en lo que se conoce como cambio climático. Los valores medios, la variabilidad y la actividad de eventos extremos cambian en contextos dinámicos de vulnerabilidad. Para el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2007; IPCC, 2012) la vulnerabilidad es el grado al cual un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos. Pero la vulnerabilidad será distinta a la actual para cuando el peligro de cambio climático alcance niveles críticos. Podrá ser mayor o menor que la actual, dependiendo de las acciones que se pongan en marcha.

La gestión de riesgo tiene como fin identificar y corregir las causas que lo generan. Con el cambio climático, el peligro meteorológico está aumentando, y dado el crecimiento de la vulnerabilidad, la condición de riesgo está alcanzando niveles críticos con mayor frecuencia. La comunidad internacional plantea diversas estrategias para reducir la posibilidad de daños por cambio climático. Una de ellas es la reducción de la vulnerabilidad, es decir la adaptación al cambio climático. Sin embargo, no ha sido fácil establecer las características y causas de la vulnerabilidad y más complicado aún ha sido, establecer metas de reducción de ésta, pues gran parte de los estudios desarrollados hasta ahora son de tipo cualitativo.

Los Programas Estatales de Acción Climática deben ser estrategias de Gestión Integral de Riesgo de Desastre (GIRD) a nivel regional. La adaptación, en el contexto de GIRD, puede incluir políticas públicas, medidas estructurales (obras u ordenamientos territoriales),

programas de cultura ambiental, o sistemas de alertamiento temprano, entre otras. El reconocimiento de la construcción social de la vulnerabilidad y del riesgo elimina el enfoque naturalista que deja las causas del impacto en los fenómenos naturales únicamente (Torrico Canaviri, 2008). En el caso de escenarios de impacto que parten de los escenarios de cambio climático regionalizados, tienen una buena dosis de enfoque naturalista, por ello, el PEACC-Colima se basa en mayor medida en el diagnóstico de factores de vulnerabilidad con una aproximación “de abajo hacia arriba” (Pielke, 2012; IPCC 2012). Se reconoce además que una adaptación robusta al cambio climático no se consigue en uno o dos años, sino que requiere de un trabajo continuo, con evaluación de resultados y rendición de cuentas siempre en un marco de GIRD. El estimar el impacto que cada una de las medidas de adaptación propuestas puede tener en la reducción de riesgo debe ser parte del proceso que defina las acciones a priorizar e impulsar, considerando no sólo costos/beneficio, sino criterios adicionales como equidad, aceptación o plazos.

## 2. El Clima de Colima

### 2.1 Las condiciones medias y el ciclo anual del clima regional

El primer paso para caracterizar el riesgo de una región ante clima cambiante es definir el peligro. En el presente caso, se parte del análisis del clima regional y sus variaciones, identificando los fenómenos que como amenaza, están más relacionados al desastre. La forma tradicional de describir el clima se refiere a condiciones medias anuales en un marco de clasificaciones climáticas (Fig. V4), hoy casi en desuso ya que no consideran su esencia dinámica. Es por ello, que para hablar de clima se deben describir las condiciones medias, pero también la variabilidad y las condiciones extremas. Éstas últimas son en realidad las que generan riesgo. Por ejemplo, los ciclones tropicales y las lluvias intensas son el mayor peligro que enfrenta Colima.

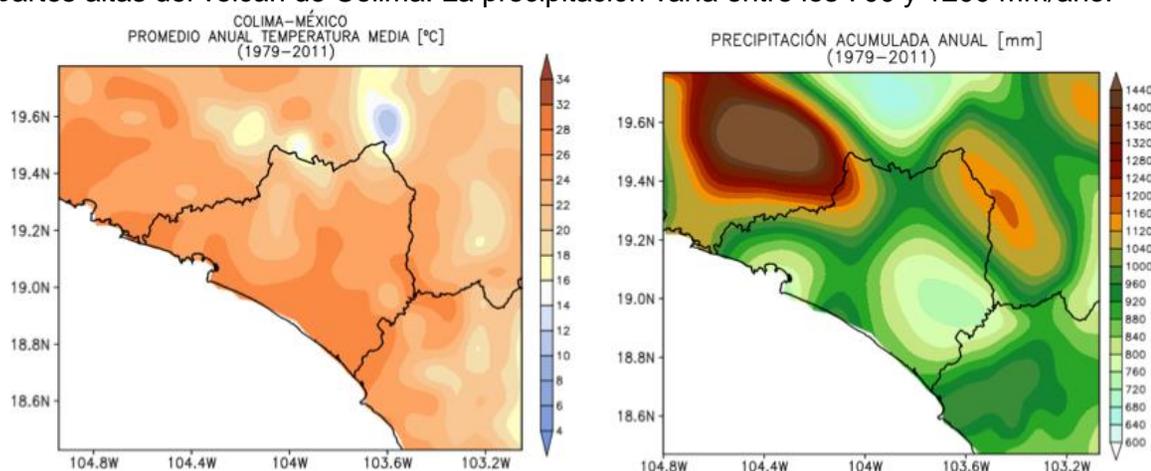


**Figura V4. Clasificación de climas en Colima de acuerdo a INEGI. Referido al total de la superficie estatal. FUENTE: Elaborado con base en INEGI. Carta de Climas 1:1000000.**

Como en la mayor parte de México, el clima del estado de Colima es de tipo monzónico, con un ciclo anual bien definido, es decir, una temporada seca y otra lluviosa. La estacionalidad del clima se refleja también en las temperaturas, con los valores más elevados de temperatura máxima o mínima durante los meses de primavera y verano. Los contrastes temporales en la

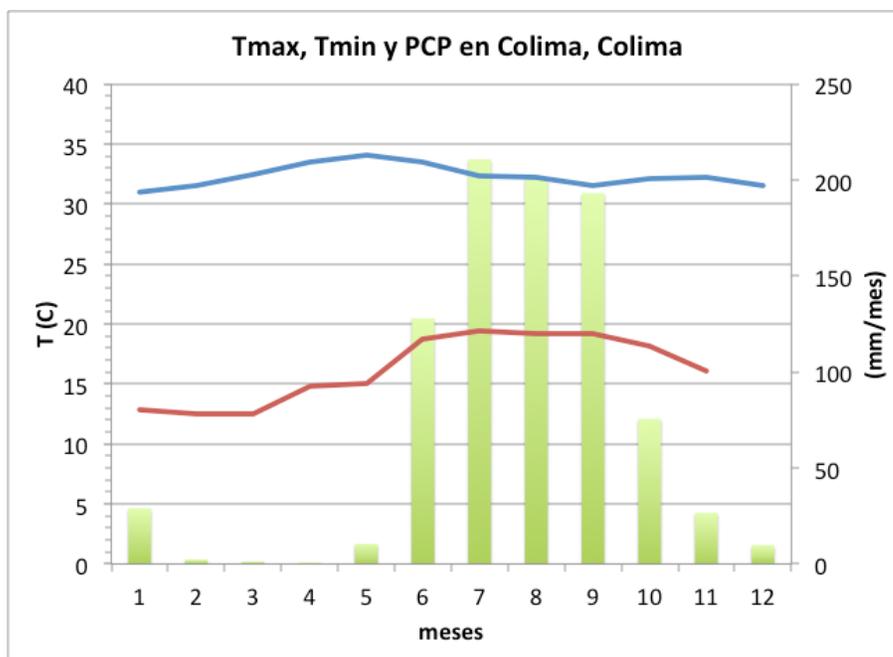
temperatura son en generales menores que los contrastes espaciales. Hacia las montañas las temperaturas disminuyen, siendo menores hacia la región del Nevado de Colima.

El clima de Colima, descrito en términos de temperatura media anual y precipitación acumulada (Fig. V5), muestra la influencia que ejerce la orografía y la cercanía al mar. La temperatura media anual varía entre los 24°C, cerca de la costa del Pacífico, y los 14°C, hacia las partes altas del volcán de Colima. La precipitación varía entre los 700 y 1200 mm/año.



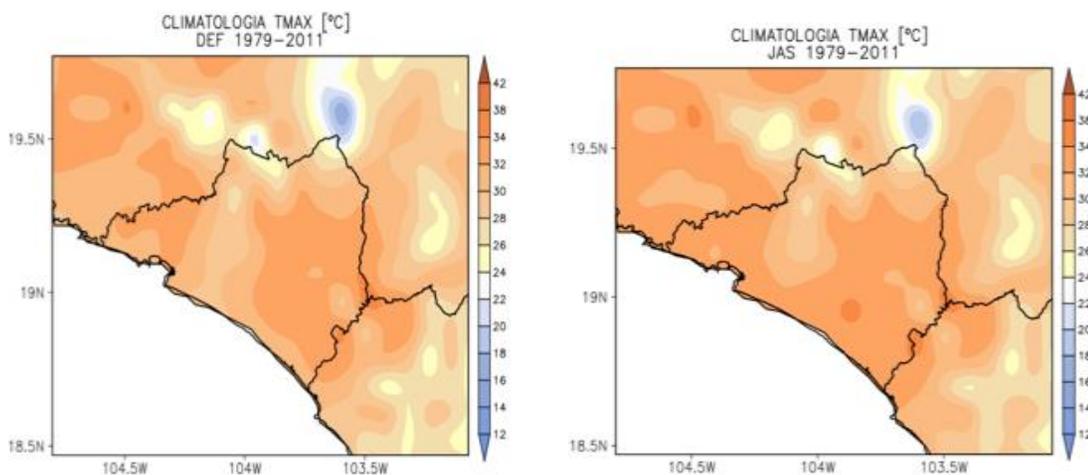
**Figura V5. Promedio anual de temperatura (°C) y precipitación acumulada anual (mm) en el estado de Colima.**

En general, es más conveniente hacer referencia los valores de temperatura máxima y mínima para hablar de procesos de cambio, ya que sus tendencias son de mayor relevancia para los socioecosistemas que la temperatura media. Regionalmente, las temperaturas medias máximas son mayores en las partes bajas del estado y durante los meses de verano. Los valores promedio más elevados de temperatura máxima en el estado pueden ser cercanos a los 35°C, pero en días particulares pueden llegar a los 40°C, lo que se considera una amenaza para la salud de la población. En la ciudad de Colima, los valores máximos de temperatura máxima ocurren en mayo, previo al inicio de la temporada de lluvias de verano (Fig. V6). Las mínimas ocurren en el verano, ya que el incremento en la humedad retiene radiación saliente de onda larga durante la noche.



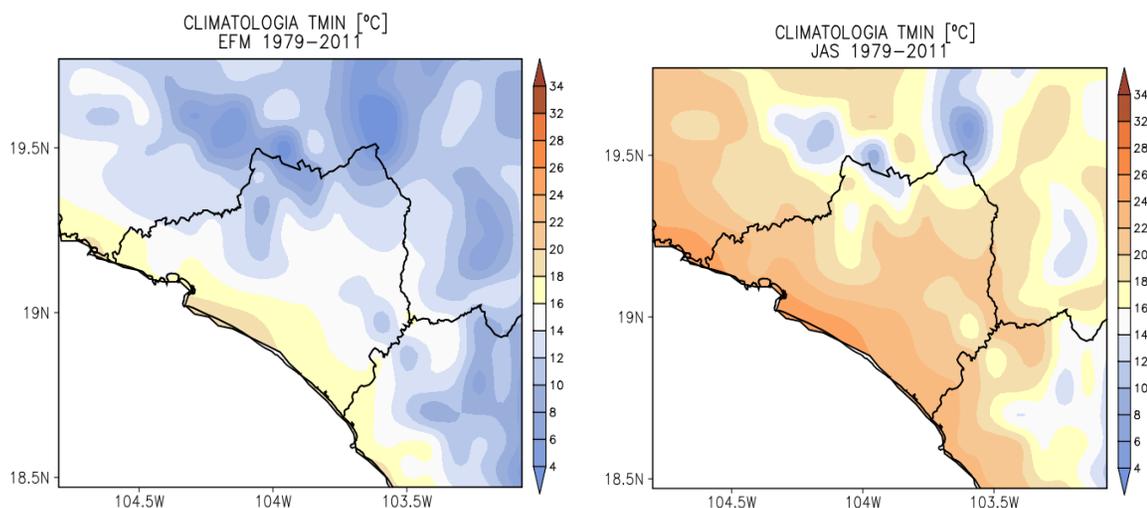
**Figura V6. Ciclo anual de la temperatura (°C) máxima (línea azul), mínima (línea roja) y precipitación (mm), con valores medios mensuales para la ciudad de Colima, Colima (datos: SMN).**

Las temperaturas máximas no presentan grandes contrastes estacionales (Fig. 7), como se observa para el caso de la ciudad de Colima.



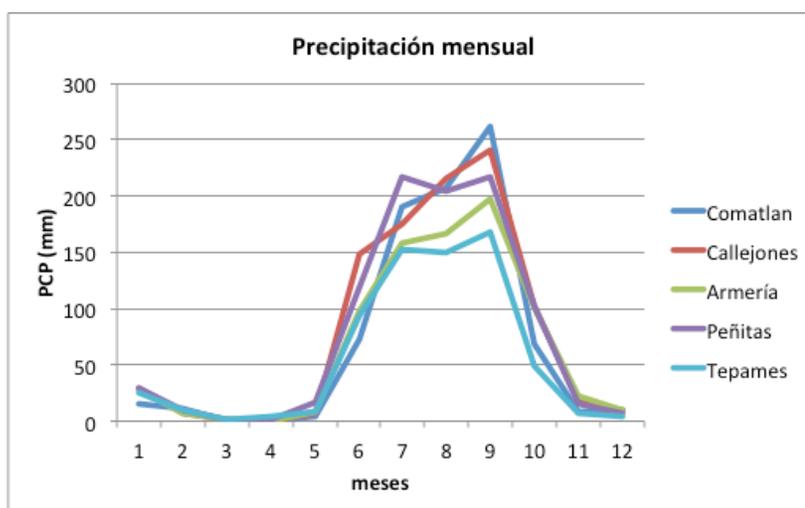
**Figura V7. Climatología de la temperatura máxima en el estado de Colima. a) para los meses de invierno (DEF) y b) para los meses de verano (JAS).**

Las temperaturas mínimas por otro lado, si exhiben un contraste estacional, entre invierno y verano, sobre todo en zonas relativamente alejadas del mar. En los meses de enero, febrero y marzo se tiene la condición más fría en el estado con valores alrededor de 18°C cerca de la costa y menores de 10°C en las partes altas de las montañas (Fig. V8). En los meses de verano por el contrario, las temperaturas mínimas promedio son de alrededor de 20 a 22°C, con valores mayores cerca de la costa. La influencia de la humedad atmosférica en el verano es clave para reducir la amplitud del ciclo diario.



**Figura V8. Climatología de la temperatura mínima en el estado de Colima. a) para los meses (EFM) y para los meses de verano (JAS).**

El ciclo anual de la precipitación muestra señales de canícula en la mayor parte del estado (Fig. V9). La canícula corresponde al mínimo relativo de precipitación de verano entre julio y agosto (Magaña et. al. 1999) y cobra importancia para algunas actividades agrícolas y para la dinámica de los ecosistemas (Pereyra et. al. 1994). En años con canícula intensa, la disminución en las lluvias de medio verano puede ser significativa, principalmente en años con condiciones El Niño.

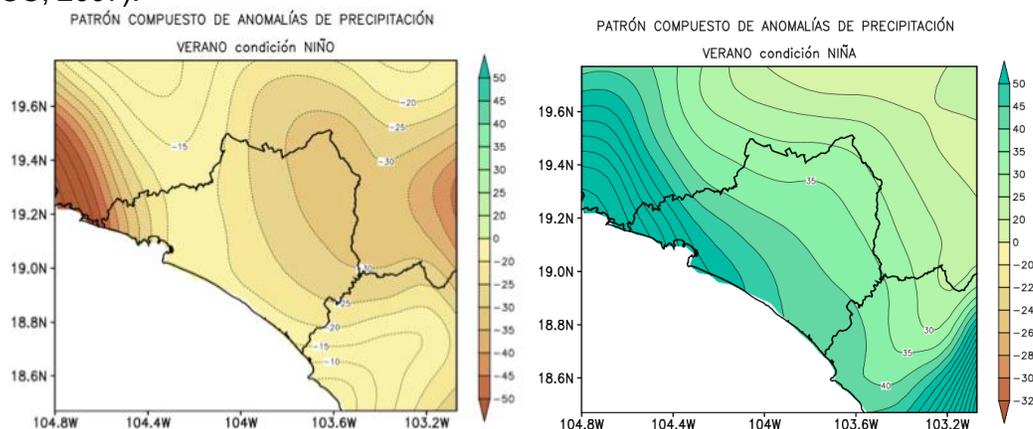


**Figura V9. Precipitación acumulada mensual promedio (mm) en diversas estaciones climatológicas del estado de Colima.**

## 2.2 La variabilidad climática

El principal efecto modulador del clima en el estado está relacionado con el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur (ENOS), y puede explicar un alto porcentaje (hasta 30%) de la variabilidad en las lluvias de verano en la región (Fig. V10). Por ejemplo, la precipitación puede tener grandes variaciones por efecto de El Niño o La Niña (Magaña 1999). Aún más, en ciertos meses, el paso cercano de un ciclón tropical puede traducirse en un mes con precipitación

acumulada anómalamente alta. Por ello, cualquier proyección de las lluvias o del ciclo hidrológico debe contemplar el efecto El Niño o los ciclones tropicales tienen en el clima de Colima. Sin embargo, ninguno de estos fenómenos es simulado adecuadamente por los modelos existentes hasta ahora, sobre todo los efectos a escala regional o a muy largo plazo (IPCC, 2007).



**Figura V10. Anomalía promedio de precipitación (mm) para los meses de verano (JJAS) bajo condiciones a) El Niño y b) La Niña.**

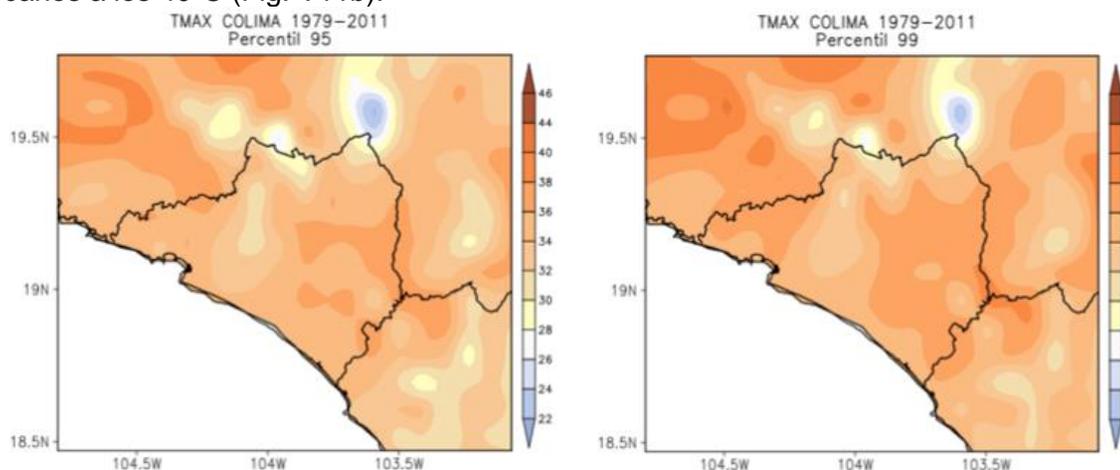
Existen adicionalmente, formas de variabilidad del clima de mucha más baja frecuencia, con periodos decadales que modulan el ciclo hidrológico (Méndez y Magaña, 2010). Entre éstas formas de variabilidad climática natural de largo periodo están las producidas por la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, por sus siglas en inglés). Son pocos los estudios que relacionan la PDO con formas del clima de Colima (Pavía et. al. 2009), pero es probable que la combinación de la fase negativa del PDO y la fase positiva de la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) extienda la señal de sequía hacia el occidente de México, incluyendo el estado de Colima.

La amplitud de la variabilidad del clima de baja y muy baja frecuencia se debe considerar con respecto a las señales de cambios esperados en los valores medios esperados por cambio climático. Esta es una de las principales razones por las que el uso de escenarios climáticos para estimar impactos en diversos sectores o regiones genera gran incertidumbre, y por lo cual una aproximación basada en la vulnerabilidad se considera más adecuada.

### 2.3 Los eventos meteorológicos extremos

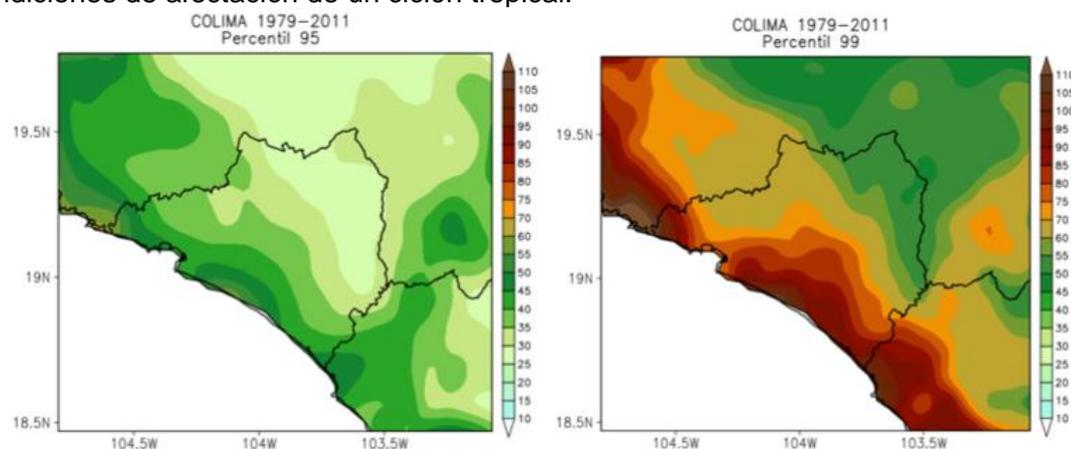
La mayor parte de los peligros meteorológicos se asocian con condiciones meteorológicas extremas. El nombre extremo surge de los valores de una distribución estadística de la información de los datos atmosféricos. Si un parámetro como la temperatura tiene una distribución estadística normal la mayor parte de registros está en un rango central, es decir, donde los valores ocurren con mayor frecuencia (alrededor de la media), mientras que los valores extremos (altos o bajos) se haya hacia las orillas de la distribución con baja probabilidad de ocurrir. Los fenómenos meteorológicos extremos se pueden definir de acuerdo con su distribución estadística, dándose cuando tienen una baja probabilidad de ocurrir, por ejemplo menor al 5%. El valor del 5% es hasta cierto punto arbitrario y puede definirse otro. En el estado de Colima por ejemplo, las lluvias verdaderamente intensas, como las de los huracanes, tienen probabilidad de ocurrir menor al 5%.

En el caso de la temperatura, los valores extremos de temperatura máxima son los que se pueden considerar de peligro. Si se considera el percentil 95% de la temperatura máxima, estos corresponden en gran parte del estado a aquellos mayores a los 38°C, principalmente hacia la zona sureste del estado, en las partes bajas (Fig. V11a). Si se considera el percentil 99% como condición extrema (probabilidad de ocurrir de sólo el 1%), los valores pueden ser cercanos a los 40°C (Fig. V11b).



**Figura V11. Condiciones extremas de temperatura máxima (°C) en Colima, determinadas por el percentil a) 95% y b) 99%.**

En el caso de la precipitación, las lluvias intensas pueden estar asociadas a tormentas aisladas o a sistemas organizados como los ciclones tropicales. Un análisis de los valores extremos de la lluvia muestra con claridad la importancia de los huracanes en las condiciones de lluvia. Los valores más altos del percentil 95% de la precipitación diaria ocurren hacia la costa del estado (Fig. V12a), con más de 50 mm/día. Cuando se considera el percentil 99%, las lluvias hacia las zonas costeras alcanzan valores cercanos a los 100mm/día (Fig. V12b), lo que puede producir inundaciones. Tales valores se alcanzan principalmente bajo condiciones de afectación de un ciclón tropical.

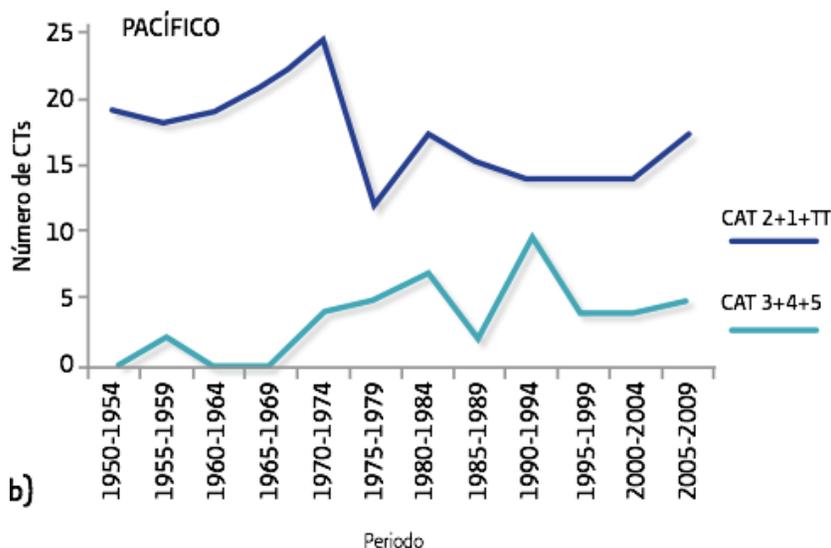


**Figura V12. Condiciones extremas de precipitación diaria (mm/día) en Colima, determinadas por el percentil a) 95% y b) 99%.**

## 2.4 Los ciclones tropicales y el clima de Colima

Los ciclones tropicales constituyen un elemento esencial en la temporada de lluvias de verano en México, generando lluvia y recursos hídricos, pero también peligros. Por ejemplo, en el Océano Pacífico del este, los ciclones tropicales contribuyen con el 20-60% de la lluvia total en algunos lugares de la costa (Englehart y Douglas 2001; 2002). Sin embargo, los vientos, mareas de tormenta y precipitaciones asociadas generan riesgo. Paradójicamente, puede haber años en que la actividad de ciclones tropicales en el Pacífico no necesariamente significa un año de lluvias abundantes. Esto dependerá también de la trayectoria que sigan los ciclones tropicales, pues si pasan alejados del lugar de interés pueden no solo no dejar lluvia, sino incluso remover humedad de la parte continental y crear una condición deficitaria de las lluvias (Domínguez 2012).

Con base en estimaciones y observaciones instrumentales, la actividad de ciclones tropicales en el Pacífico del este muestra algunos cambios en la actividad de sistemas de baja y alta intensidad. Siguiendo la escala Saffir-Simpson (S-S) es posible ver una tendencia a incremento en la actividad de ciclones tropicales intensos, debido a que con mayor frecuencia, los ciclones menos fuertes alcanzan categorías 3, 4 y 5 (Fig.V 13).



**Figura V13. Actividad quinquenal de ciclones tropicales en el Pacífico del este entre 1959 y 2009, de acuerdo a la Categoría (CAT) dad por la escala Saffir-Simpson (Domínguez, 2012).**

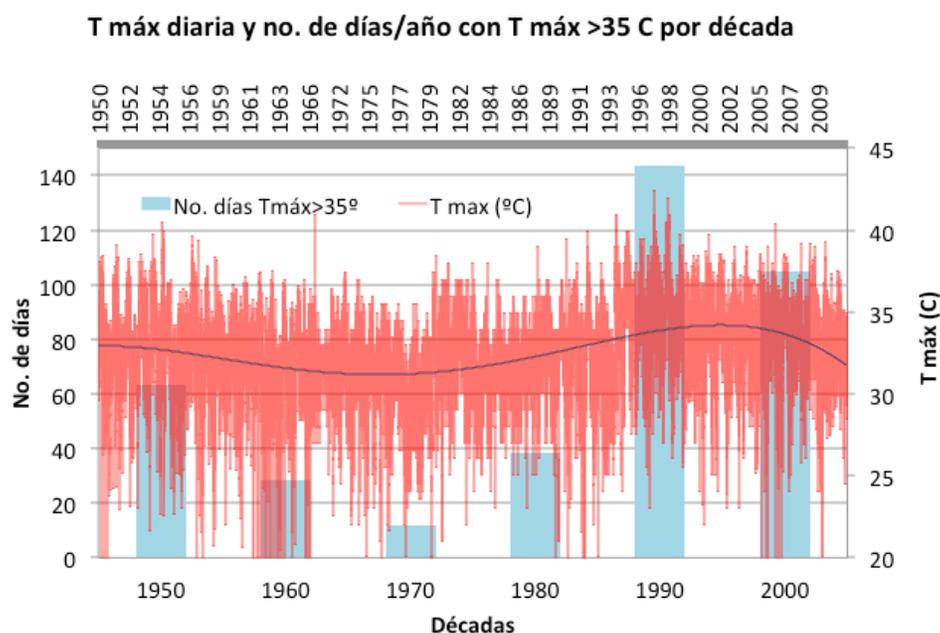
La intensidad de los ciclones tropicales del Pacífico del este está relacionada con la temperatura de superficie del mar, pero también con otros factores dinámicos (Webster, 1994). Aunque conocemos las condiciones necesarias para la formación de estos sistemas ciclónicos, no está claro cuáles son suficientes y por lo mismo es complicado proyectar la actividad ciclónica a largo plazo y con ello, el ciclo hidrológico. El conocimiento incompleto de la dinámica de los procesos atmosféricos es una de las principales causas de incertidumbre en los escenarios de cambio climático. La mayoría de los estudios sobre cambio climático y ciclones tropicales sólo estiman cambios potenciales en su intensidad, y en algunos casos en su frecuencia, pero rara vez consideran las trayectorias que pueden seguir, por lo que los escenarios regionales para lugares como Colima tienen un alto grado de incertidumbre.

Los daños más grandes que ocasionan los ciclones tropicales provienen de las inundaciones en las áreas costeras, deslizamientos en las montañas y las mareas de tormenta.

De acuerdo a Jáuregui (2003), en el periodo 1951-2000 pocos huracanes entraron directamente por las costas de Colima. Sin embargo, los sistemas que llegan por Jalisco o Michoacán también impactan a Colima mediante lluvias o marea de tormenta. Los impactos de los ciclones tropicales están en buena medida relacionados con la vulnerabilidad. Por ello, se han diseñado estrategias de prevención para evitar muertes por estos eventos extremos. El Sistema de Alerta Temprana ante Ciclones Tropicales (SIAT-CT) se desarrolló como estrategia de prevención coyuntural frente a estos fenómenos. En sus primeros años funcionó adecuadamente, pero bajo algunas modificaciones perdió eficacia en años recientes (Magaña 2014).

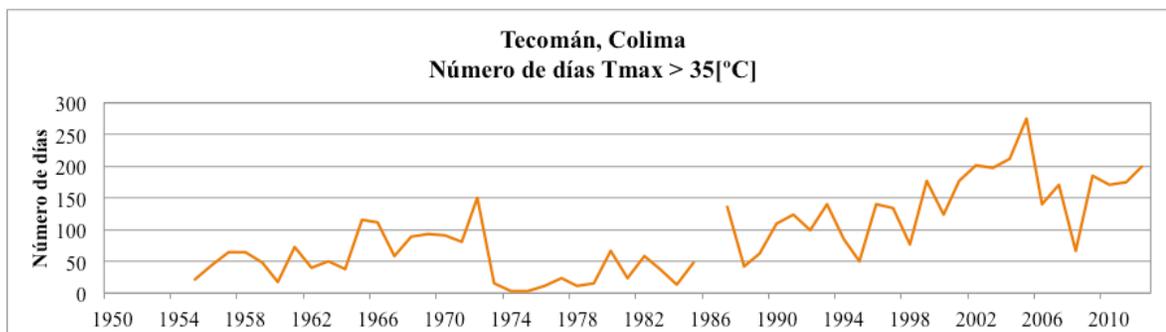
## 2.5 Variaciones de baja frecuencia y tendencias del Clima en Colima

Ya sean lluvias, temperaturas, vientos o humedad, cualquier condición fuera del rango considerado normal incrementa el riesgo, incluso a valores intolerables. Para detectar tendencias en condiciones climáticas es posible analizar datos de estaciones o de análisis directamente. Por ejemplo, es posible detectar la tendencia al calentamiento analizando la actividad (frecuencia) de días calurosos en décadas recientes o calculando la tendencia en la serie de temperatura. La temperatura máxima en la ciudad de Colima fluctúa en un rango entre 20 y 43°C, pero además de las fluctuaciones diarias, existen oscilaciones de baja frecuencia. Las décadas de los 50 y 60 fueron relativamente calurosas mientras que las de los 70 y 80 fueron menos calurosas. A partir de los años 90 las temperaturas máximas se incrementan nuevamente declinando hacia los años más recientes (2012 y 2013). Dicho comportamiento muestra más como una oscilación de baja frecuencia que una tendencia. Sin embargo, el número de días por década en que en un año promedio se rebasan los 35°C de temperatura máxima diaria, se observa una tendencia en décadas recientes a más episodios cálidos (Fig. V14).



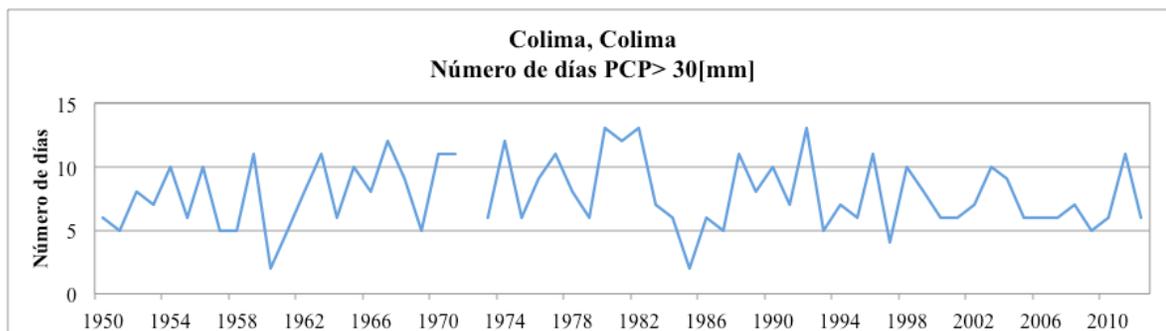
**Figura V14. Temperatura máxima diaria (°C) entre 1950 y 2011, en Colima, Colima (línea roja) y su versión suavizada (línea púrpura). Número de días en un año promedio por década, en que se rebasan los 35°C (barras azules).**

Aunque se encuentra una tendencia en la actividad de ondas de calor, la causa de ésta no es obvia, pues puede ser el calentamiento global, puede tratarse de variaciones naturales o del efecto de Isla de Calor. En cualquier caso, el peligro está aumentando en las décadas recientes en la ciudad de Colima y en otras ciudades del estado. Un proceso de incremento en la frecuencia de días calurosos ( $T_{max} > 35^{\circ}\text{C}$ ) también parece estar ocurriendo en otras ciudades del estado, como por ejemplo en Tecomán, principalmente desde la década de los noventa (Fig. V15). El número de días cálidos parece haberse duplicado en años recientes, lo que comienza a convertirse en un peligro para la salud, principalmente en relación con la ocurrencia de ondas de calor.



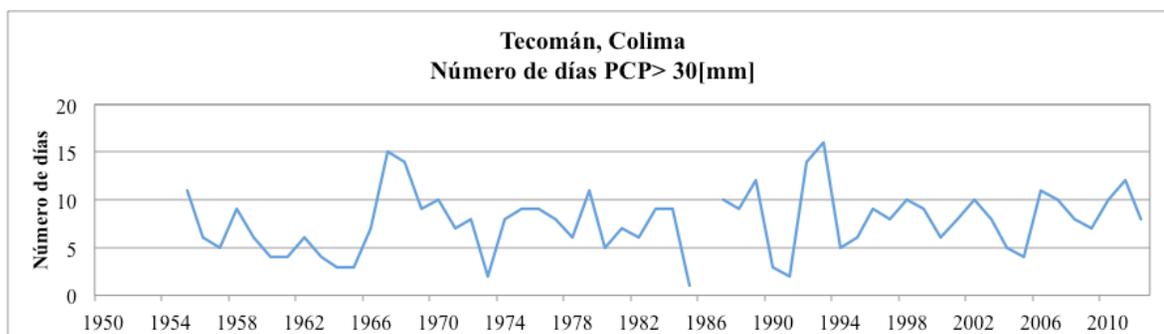
**Figura V15. Número de días por año en que la temperatura máxima en Tecomán, Colima rebasa los  $35^{\circ}\text{C}$ .**

En cuanto a la actividad de eventos de precipitación intensa, la ciudad de Colima no parece mostrar una tendencia clara a un mayor número de tormentas fuertes, sino una variación de baja frecuencia (Fig. V16), pero de poca amplitud.



**Figura V16. Número de días en que la precipitación es igual o mayor a  $30\text{mm}/\text{día}$  en la ciudad e Colima entre 1950 y 2011.**

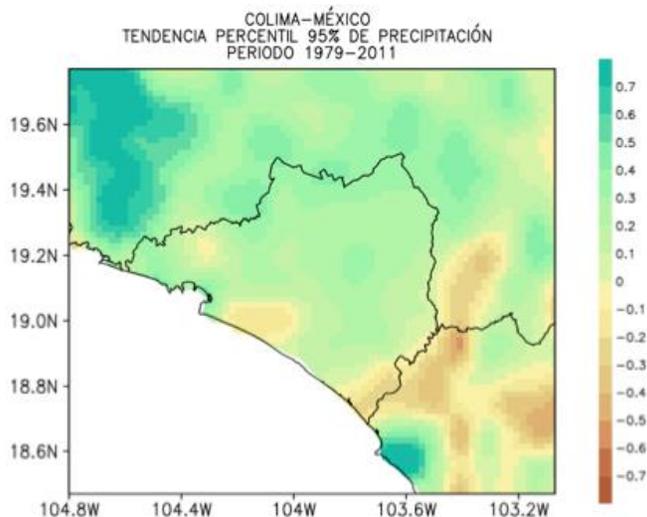
Sin embargo, en Tecomán sí parece existir una ligera tendencia a un mayor número de eventos de precipitación intensa ( $\text{pcp} > 30\text{ mm}/\text{día}$ ) (Fig V17). Entre mediados del siglo XX y los años recientes el número de aguaceros pasa de alrededor de 5 a cerca de 10 eventos en promedio. Es claro sin embargo, que existe gran variabilidad interanual en la actividad de precipitaciones intensas.



**Figura V17. Número de días en que la precipitación es igual o mayor a 30mm/día en la ciudad e Colima entre 1955 y 2011.**

Para analizar en su conjunto el estado de Colima, es necesario recurrir a bases de datos con estructura de puntos de malla. Los datos de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) adolecen en ocasiones de errores como: falta de información en ciertos periodos, valores extremos fuera de rangos esperados, repetición de datos en días consecutivos. Por ello, es conveniente recurrir a campos de análisis en matrices, que combinan estimaciones con datos puntuales de estación para generar un campo en puntos de malla.

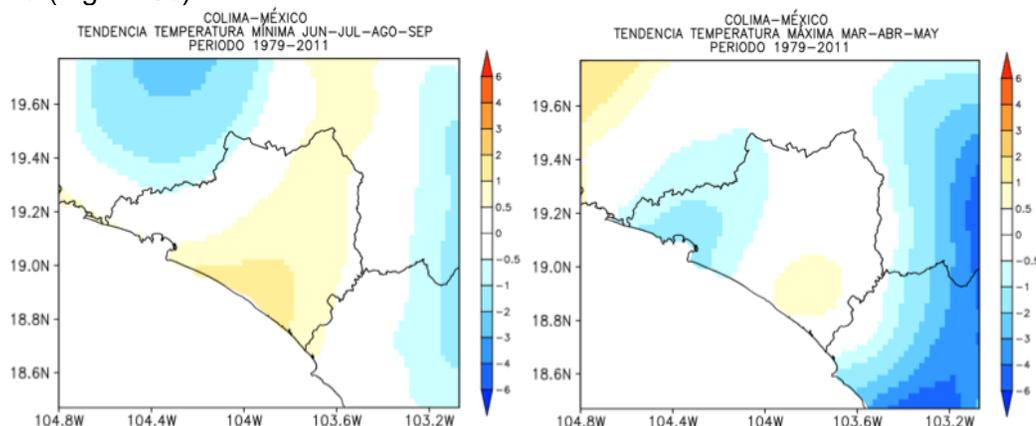
Un análisis espacial de lluvias intensas para el estado de Colima, a partir de la tendencia del percentil 95% de la precipitación diaria indica que en la mayor parte del estado hay una ligera tendencia a que las lluvias fuertes sean de mayor intensidad (Fig. V18). Dicha condición podría aumentar el riesgo de inundación por efecto de mayores escurrimientos durante tormentas.



**Figura V18. Tendencia del percentil 95% de la precipitación diaria en el estado de Colima entre 1979 y 2011.**

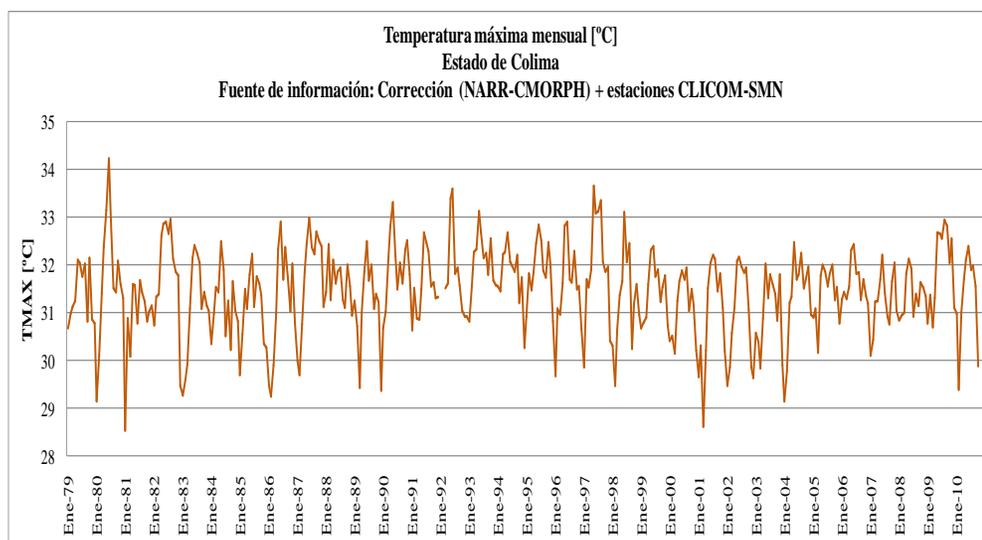
La temperatura en Colima muestra tendencias positivas en las tres décadas más recientes (entre 1979 y 2011). Dichas tendencias al calentamiento no siempre son uniformes espacialmente. Los meses con valores más elevados de temperatura máxima en Colima son los de primavera (MAM) y en décadas recientes muestran una ligera tendencia a la alza en la parte este del estado y ligeramente a la baja en el lado oeste (Fig. V19a). Las tendencias para este periodo reciente parecen estar en cierta medida moduladas por la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Pavía et al 2009), por lo que pudiera haber variaciones en el signo o magnitud si se consideran plazos de análisis mayores. La temperatura mínima es mayor en los meses

de verano debido al incremento en el campo de humedad atmosférica. Entre JJAS, las temperaturas mínimas parecen incrementarse ligeramente en la mayor parte del estado de Colima (Fig. V19b).



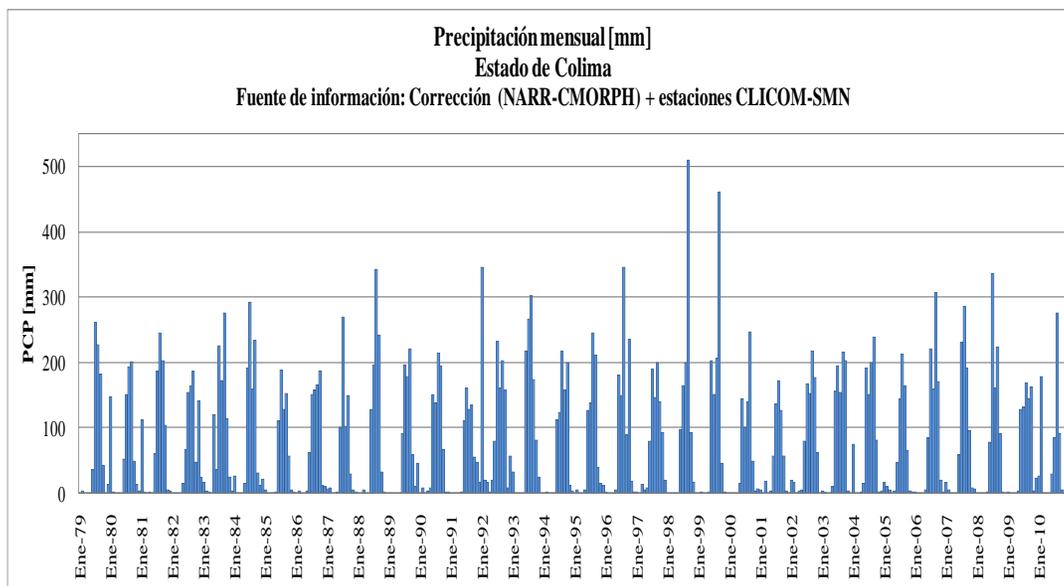
**Figura V19.** Tendencia de a) la temperatura máxima en Mar-Abr-May y de b) la temperatura mínima en Jun-Jul-Ago-Sep. El  $\square$  °C para el periodo 1979-2011.

El análisis de la temperatura máxima en el estado de Colima muestra que existen oscilaciones de baja frecuencia sin una tendencia marcada (Fig.V20). Las variaciones de bajo periodo de este parámetro parecen estar moduladas por la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), como lo sugieren Pavía et al (2009).



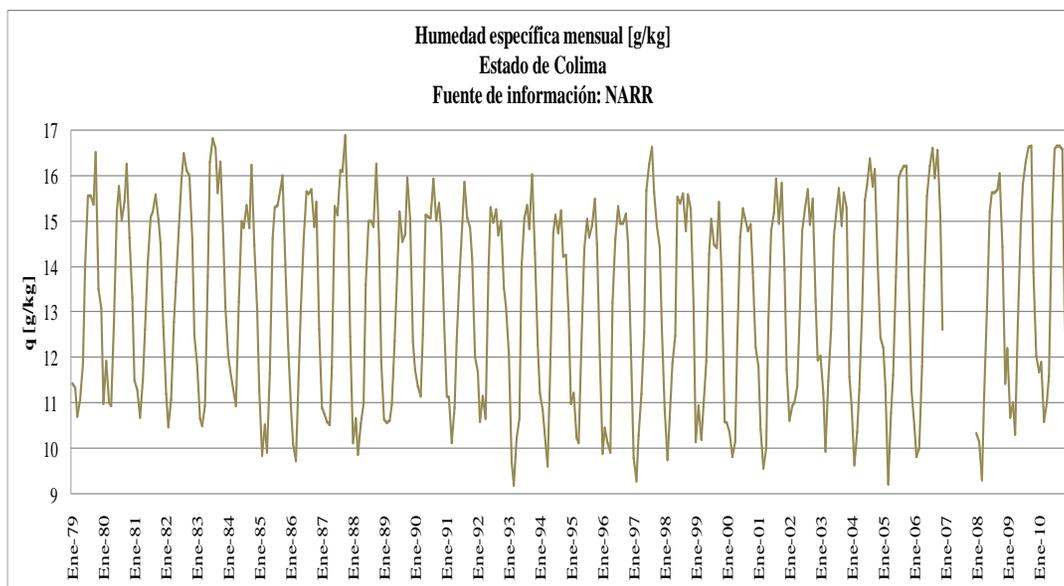
**Figura V20.** Comportamiento de la temperatura máxima promedio mensual y espacial sobre el estado de Colima entre 1979 y 2011. El recuadro muestra el índice de la PDO.

La precipitación acumulada mensual también exhibe variaciones de baja frecuencia pero sin mostrar una tendencia marcada (Fig.V21). Sobresalen como años particularmente lluviosos 1998 y 1999 en que las condiciones La Niña influyen para alcanzar niveles récord de lluvia en ciertos meses, con más de 500 mm/mes.



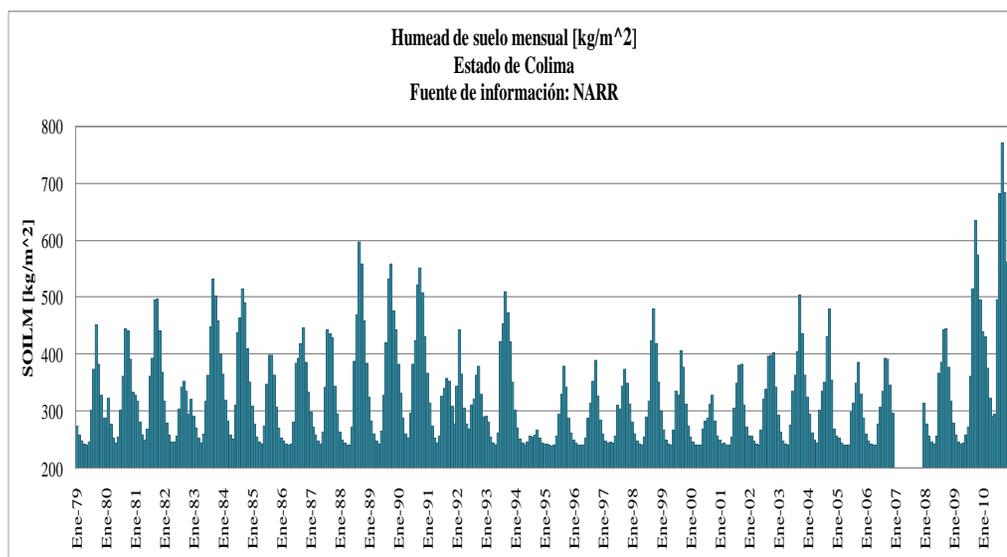
**Figura V21. Comportamiento de la precipitación acumulada mensual y (promedio espacial) sobre el estado de Colima entre 1979 y 2011.**

Una de las variables climáticas de especial importancia, pero pocas veces considerada, es la humedad atmosférica cerca de la superficie. La humedad puede determinar condiciones de confort humano y animal, así como condiciones para el desarrollo de ciertos tipos de vegetación. En el estado de Colima, la humedad específica del aire también muestra variaciones de baja frecuencia con un periodo menos húmedo entre los 80 y 90, pero con algunos de los periodos más húmedos en años recientes (Fig. V22). Como en los casos anteriores, la amplitud de las oscilaciones de baja frecuencia en el periodo 1979-2011 parece ser más clara que cualquier tendencia de largo plazo.



**Figura V22. Comportamiento de la humedad específica (g/kg) promedio mensual y espacial sobre el estado de Colima entre 1979 y 2011**

Uno de los elementos de importancia para la condición de la agricultura y los ecosistemas es la humedad del suelo, ya que está directamente relacionada con la salud de la vegetación. Mediante estimaciones, se observa que ésta presenta variaciones de muy largo periodo, con valores bajos en los ochenta y noventa, pero una marcada tendencia al incremento en años recientes. En particular, los años 2009 y 2010 exhiben los valores más elevados en el periodo de análisis (Fig. V23).



**Figura V 23. Comportamiento de la humedad del suelo (kg/m<sup>2</sup>) promedio mensual y espacial sobre el estado de Colima entre 1979 y 2010.**

## 2.6 El reto de proyectar el clima regional

En estudios de cambio climático ha sido práctica común recurrir a reducciones de escala de las salidas de modelos de clima para darle una interpretación regional a las proyecciones de cambios en las condiciones de gran escala (Magaña et al 2012). La mayoría de las veces se recurre a métodos estadísticos para interpretar las salidas de los modelos aunque en ocasiones se pueden utilizar modelos dinámicos para proyectar el clima con alta resolución espacial con la esperanza de que se capturen los fenómenos de mesoescala que determinan el clima a nivel regional. Dichas aproximaciones han sido cuestionadas por las limitaciones que los modelos de baja y alta resolución tienen en capturar muchos de los fenómenos que son clave para determinar el clima (Pielke et al 2012).

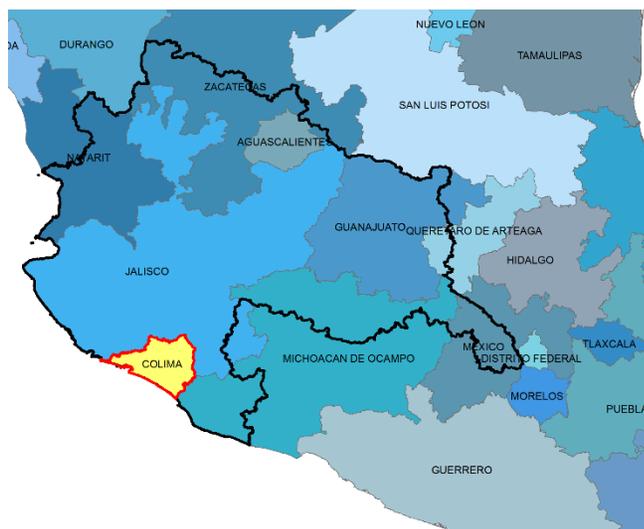
Sólo para ciertas variables se tiene cierto nivel de confianza de la dirección de cambio para las próximas décadas. La temperatura es quizá la más referida, pues tendencias y proyecciones tienden a coincidir. Lo mismo puede decirse del nivel del mar. Pero la clave para analizar posibles impactos del cambio climático está en el ciclo hidrológico, y es en los cambios que se pueden esperar en la precipitación en el largo plazo donde se tiene la mayor incertidumbre. Baste pensar en la incapacidad para pronosticar en forma útil la actividad de ciclones tropicales (número, intensidad, trayectorias). Lo mismo se puede decir sobre la actividad ENSO, o sobre oscilaciones de mayor periodo. Por lo anterior, es tal la incertidumbre en los escenarios sobre lluvia que lo más adecuado es diseñar estrategias de adaptación frente a un clima cambiante.

Finalmente, vale la pena mencionar que el clima de Colima exhibe ciertas tendencias en la precipitación, por ejemplo en el s. XX, que van en dirección opuesta a lo que la mayoría de

los modelos climáticos sugiere (ver por ejemplo IPCC 2007). Parte de estas tendencias podría estar relacionada con forzantes del clima regional no considerados en la mayoría de los escenarios presentados hasta ahora.

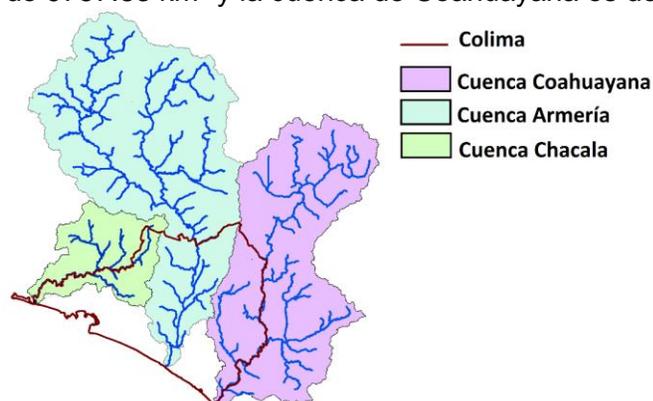
## 2.7 Características hidrográficas del estado de Colima y sus cuencas

Colima se encuentra dentro de la Región Hidrológica Administrativa (RHA) VIII, Lerma-Santiago Pacífico (Fig. V24). El estado se encuentra comprendido dentro de las regiones hidrológicas 15 y 16, denominadas costa de Jalisco y Armería-Coahuayana, respectivamente. La mayor parte de los recursos hídricos de estas regiones son resultado de altos niveles de infiltración y escurrimiento que provienen de las zonas de alta montaña en el sur de Jalisco.



**Figura V24. Localización del estado de Colima en la RHA VIII.**

Los tres ríos más importantes que descargan en el estado de Colima son: río Chacala, que limita con el estado de Jalisco, el río Armería y el río Coahuayana, que sirve de límite con el estado de Michoacán (Fig. V25). Las cuencas de estos tres ríos cubren gran parte del estado de Colima. La cuenca del río Chacala tiene una superficie de 2138.74 km<sup>2</sup>, la cuenca del río Armería posee un área de 9757.83 km<sup>2</sup> y la cuenca de Coahuayana es de 7615.12 km<sup>2</sup>.



**Figura V25. Cuencas y ríos en el estado de Colima.**

Los principales acuíferos subterráneos del estado se localizan a lo largo de la costa, donde los ríos Armería, Salado, Coahuayana, Cihuatlán y otros de menor caudal han acumulado sedimentos deltaicos permeables que reciben buenas recargas debido a la precipitación

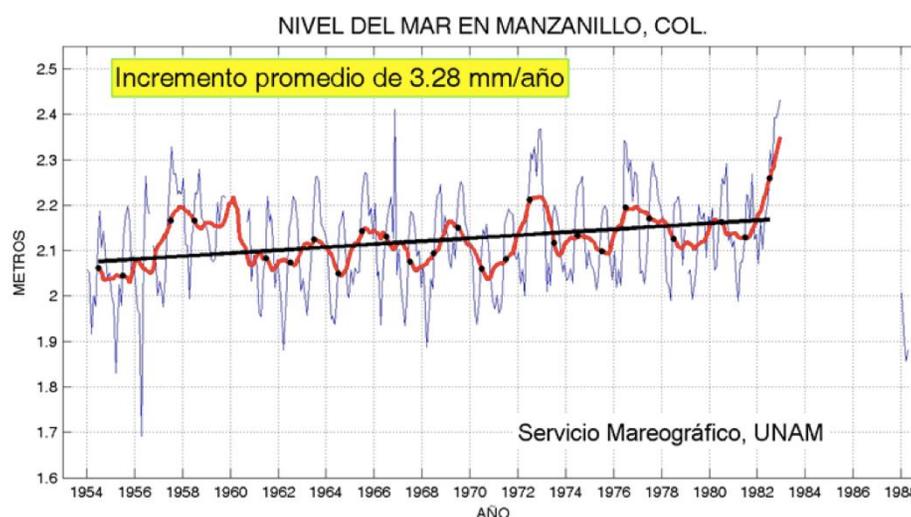
abundante y a sus propios escurrimientos. En los Valles de Colima y Tecomán se tienen condiciones adecuadas de explotación de aguas subterráneas, aunque debido a la cercanía de éste último con el mar se corre el riesgo de una intrusión salina. En la porción correspondiente a la Región Hidrológica Costa de Jalisco, se tienen mantos acuíferos de espesor reducido que aunados a otros factores (la gran sensibilidad de los niveles de agua al bombeo y la proximidad del litoral), tienen restricciones para su explotación. En general la extracción es inferior a la recarga de los acuíferos.

El único almacenamiento superficial en uso dentro del estado es la laguna de Amela, la cual cuenta con una capacidad útil de 26.009 millones de m<sup>3</sup>, que irrigan una superficie de 5,557 hectáreas. El mayor beneficio se obtiene de la presa Basilio Vadillo, localizada en el municipio de Ejutla, Jalisco que cuenta con una capacidad de 116.587 millones de m<sup>3</sup> que irrigan 12,860 has. Dicha presa, junto con la corriente del río Armería, han generado una serie de derivadores de la Unidad Peñitas y otras, que forman los diferentes distritos de riego localizados en la parte central del estado.

## 2.8 Nivel del mar

La elevación del nivel del mar un peligro importante en el contexto del cambio climático (Grinsted, et al., 2009). Los factores que contribuyen a dicho proceso son la expansión térmica y la fusión del hielo por el proceso de calentamiento global. Las estimaciones del siglo XX muestran que el nivel medio mundial del mar se elevó a una tasa de unos 1.7 mm/año (IPCC, 2007). Las proyecciones presentadas por el IPCC (2007) sugieren incrementos de nivel del mar de 18cm a 59cm hacia finales del siglo XXI.

Las mediciones del Servicio Mareográfico Nacional indican que en el caso de Manzanillo, Colima, el ascenso del nivel del mar se ha dado a una tasa de poco más de 3 mm/año durante la segunda mitad del s. XX (Fig. V26). Las variaciones interanuales e interdecadales son pronunciadas y están relacionadas con fenómenos como ENSO (Vázquez-Botello, 2008).



**Figura V26. Variaciones y tendencia en el nivel medio del mar en el Puerto de Manzanillo, Colima. (Fuente: Servicio Mareográfico Nacional).**

El incremento del nivel del mar aumenta la profundidad de la columna de agua, disminuyendo la fricción del fondo, induciendo un oleaje con mayor energía que se presenta

en la línea de costa. Por ejemplo: si se elevara 1 m el nivel del mar sobre una plataforma de 10 m de ancho y 10 m de profundidad, una ola aumenta su altura un 3%. Aún más, la velocidad de fase de la onda se incrementa y sus efectos por tanto pueden ser mayores en regiones costeras. Esta situación se vuelve particularmente importante en el caso de la marea de tormenta provocada por ciclones tropicales.

Se estima que la contribución total del derretimiento de los glaciares, los casquetes polares y los mantos de hielo al incremento del nivel del mar para el periodo de 1993 a 2003 fue de  $1,2 \pm 0,4$  mm/año. Para el Ártico, la extensión promedio anual del hielo marino ha disminuido  $2.7 \pm 0.6\%$  por decenio, mientras que la extensión del hielo marino de verano ha disminuido  $7.4 \pm 2.4\%$  por decenio. La extensión del hielo marino antártico no muestra tendencias significativas. El derretimiento de los glaciares y de los casquetes polares adicionó  $0,77 \pm 0,22$  mm año<sup>-1</sup> a la elevación del nivel del mar entre 1991 y 2004 (IPCC, 2007).

### 3. Vulnerabilidad ante un clima cambiante

---

#### 3.1 Metodología

---

Son diversas las formas en que se ha tratado de advertir sobre los riesgos que implica el cambio climático. La más común es a través de escenarios de impactos, contruidos a partir de escenarios climáticos, con un supuesto implícito de que la vulnerabilidad futura será casi igual que la presente, en una especie de enfoque naturalista del desastre. Dicha aproximación se denomina “de arriba hacia abajo”, y se sustenta en la versión regionalizada de los escenarios de cambio climático globales. Los modelos del clima tienen habilidad para simular aproximadamente las tendencias de la temperatura a nivel global e incluso subcontinental (IPCC 2007), pero las simulaciones a nivel regional distan mucho de ser pronósticos (Pielke Sr. 2011). Las tendencias recientes del clima en México indican un patrón de calentamiento en la mayor parte del territorio, similar al encontrado en algunos escenarios regionales de cambio climático (eg, Magaña et al 2012), pero hay forzantes regionales del clima que requieren consideración especial para poder hablar de proyecciones o pronósticos a escalas de décadas (Pielke Sr. et al 2011). Por ejemplo, para proyectar el clima futuro a nivel regional es necesario incluir el cambio en el uso de suelo, porque pueden alterar el clima local e incluso regionalmente (McPherson, 2007). Un escenario del clima futuro más apropiado para usar la aproximación de arriba hacia abajo, deberá considerar la suma de la tendencia que resulta del forzante radiativo, de los forzantes regionales y los procesos de variabilidad natural del clima de muy baja frecuencia, que los modelos no tienen en la actualidad. El sólo considerar los escenarios presentados por el IPCC (2007) podría llevar a que la proyección a escala regional apunte en dirección contraria a la tendencia del clima y a una propuesta inapropiada de adaptación.

Existe sin embargo otra forma de construir escenarios de impactos del cambio climático más adecuado. Cuando la condición de riesgo se construye a partir de las condiciones de vulnerabilidad, sus antecedentes y su proyección a futuro, se establece un esquema de aproximación para la construcción de escenarios los potenciales impactos de un clima cambiante, llamada de “abajo hacia arriba”, que constituye una forma más apropiada para proponer medidas de adaptación.

La estimación de los potenciales impactos del cambio climático y una adecuada propuesta de adaptación deben sustentarse en el entendimiento de la vulnerabilidad. Su proyección a dos o tres décadas, con las incertidumbres inherentes a cualquier visión del futuro, constituye

la base sobre la cual se estima cómo un clima diferente al actual podría afectarnos. Mientras que los escenarios climáticos al estilo IPCC sólo proveen información sobre las probabilidades de cambio en el peligro, la estimación de la vulnerabilidad futura se relaciona con lo que se haga o deje de hacer (eg, adaptación) para reducir la magnitud y frecuencia de los desastres. Bajo la óptica de “abajo hacia arriba”, la construcción de escenarios de cambio climático a escalas regionales o locales cede el espacio a los diagnósticos y proyecciones de la vulnerabilidad en un marco de gestión integral de riesgo de desastre (GIRD).

No existe una metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad presente o futura que, en conjunto con proyecciones del clima, permita estimar el riesgo ante un clima cambiante. Sin embargo, la aproximación al problema de establecer la vulnerabilidad debe transitar por tres preguntas básicas que son: vulnerable ¿a qué?, ¿quién o qué es vulnerable? y ¿por qué es vulnerable?

Vulnerable ¿a qué? La respuesta condiciona a reconocer la dinámica de los factores de peligro que existen en el entorno y su relación geoespacial con la población o el sector, permitiendo estimar el nivel de exposición, con base en la proximidad al sitio donde se presente el evento o a las zonas afectables.

¿Quién o qué es vulnerable? lleva a analizar las condiciones de sensibilidad de individuos regiones o sectores, a partir de la caracterización del objeto de análisis, así como las relaciones que guarda con el peligro.

¿Por qué es vulnerable? es la clave en el diagnóstico de la vulnerabilidad, pues implica el análisis de los factores que hacen a los sistemas afectables, reconociendo sus capacidades de adaptación.

Con base en los razonamientos y consideraciones anteriores es posible construir una propuesta de flujo de acción para la cuantificación de la vulnerabilidad que permita, en combinación con escenarios de peligro, estimar los cambios en el riesgo (INECC 2012). Los elementos considerados podrían seguir las etapas: Diagnóstico, Modelo Conceptual y Validación. Dicha aproximación ha sido descrita en el documento “Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático

(ver: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012\\_estudio\\_cc\\_vyagef3.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef3.pdf))

### 3.2 Datos, indicadores e índices para la cuantificación de la vulnerabilidad

---

Un aspecto esencial para la selección de los indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad es comprender las causas del por qué una región, sector o grupo social es vulnerable a un cierto peligro. En principio, habría un gran número de indicadores que reflejen la vulnerabilidad, pero se recomienda contar con una batería de indicadores relacionada con aspectos físicos, económicos y sociales. Para el caso de vulnerabilidad ante cambio climático, es conveniente que el indicador describa aspectos del sistema modificables para que de esta manera, se abra la posibilidad a propuestas de adaptación, es decir de reducción de vulnerabilidad. Por otro lado, el indicador debe ser suficientemente sensible para reflejar cambios en el objeto de estudio. La falta de una “receta precisa” para la elección de los indicadores de vulnerabilidad estimula la creatividad, basándose en el conocimiento del sistema y en un deseo de entender sus procesos y relaciones con el clima.

Una vez que se elija las causas de la vulnerabilidad, es decir que se elabore un modelo conceptual, habrá que trabajar en la búsqueda de datos con los cuales construir indicadores. Con frecuencia es necesario recurrir a *proxis* para inferir el comportamiento del factor de vulnerabilidad y del sistema mismo. Como factores de vulnerabilidad se puede considerar el

estado físico del sitio o región, uso, vocación, grado de antropización, biodiversidad, actividades productivas y relaciones espacio-temporales con los fenómenos naturales considerados peligro. Desde el ámbito socioeconómico, se tienen que analizar, entre otras cosas, la densidad de población y su distribución, la dinámica demográfica, el ingreso de la población, su condición social, nivel de escolaridad y acceso a servicios.

Se recomienda que las fuentes de datos crudos que permiten la construcción de indicadores sean las agencias de gobierno u organismos oficiales internacionales. Los censos de población, los censos económicos, y el seguimiento que las secretarías de estado dan al comportamiento de una rama de la actividad económica, son fuentes de datos crudos a partir de los cuales se pueden construir indicadores. Algunas publicaciones periódicas (eg. Estadísticas del Agua en México de CONAGUA, Censos de Población y Vivienda, Datos SIACON) recopilan periódicamente el comportamiento de un grupos social o sector y presentan indicadores que con frecuencia sirven para representar aspectos de la vulnerabilidad en forma dinámica.

### 3.3 Zonas costeras: Vulnerabilidad y riesgo por ciclones tropicales

Las costas del estado de Colima, por su ubicación geográfica, están expuestas impacto de ciclones tropicales. Entre 1981 y 2012, 59 ciclones tropicales afectaron las costas de Colima, considerando, no sólo los casos en que el sistema tocó tierra, sino también aquellos en los que su trayectoria estuvo al menos a 200 km de la costa, que es el tamaño promedio del radio de bandas nubosas, lo que genera afectaciones por vientos, marea de tormenta o lluvias intensas sobre el estado.

**Tabla V4. Ciclones tropicales con ojo del huracán hasta 200 km de distancia, que afectaron las costas de Colima.**

AÑO	FECHA	NOMBRE	CATEGORÍA	DISTANCIA (km)	PRECIPITACIÓN (mm)
1981	28 – AGO	IRWIN	TT	50	83
	29 – OCT	OTIS	1	100	82
1982	5 – 6 OCT	ROSA	DT	100	45
1983	27 – MAY	ADOLPH	TT	60	102
	3 – SEP	KIKO	4	200	118
	9 – SEP	LORENA	3	100	35
	16 – OCT	TICO	1	150	18
1984	6 – AGO	ISELLE	1	175	18
	17 – AGO	JULIO	TT	200	
	22 – SEP	ODILE	2	100	48
1985	6 – SEP	ANDRES	TT	200	11.5
1986	26 – MAY	AGATHA	1	200	0
	16 – AGO	HOWARD	DT	180	140.5
	21 – AGO	NEWTON	1	125	39.5
1987	25 – AGO	EUGENE	2	40	165
	7 – AGO	IRWIN	TT	152	31
1989	25 – JUL	FLOSSIE	TT	175	48.4
	17 – AGO	ISMAEL	2	200	82

	21 – SEP	PRISCILLA	DT	80	127.5
1990	22 – JUN	DOUGLAS	TT	30	115
	25 – SEP	LOWELL	DT	160	57
1991	25 – JUN	DELORES	1	1.6	96
	17 – SEP	IGNACIO	TT	80	14.5
1992	4 – JUN	AGATHA	TT	170	0
	4 – OCT	VIRGIL	2	0	100
	9 – OCT	WINIFRED	2	0	100
1993	7 – JUL	CALVIN	2	0	154.5
	22 – AGO	IRWIN	TT	40	181
1996	24 – JUN	ALMA	2	150	60
	30 – JUL	BORIS	TT	0	152
	2 – OCT	HERNAN	1	0	252
1997	12 – OCT	TT OLAF	DT	0	120
	10 – OCT	PAULINE	4	110	74
1998	14 – SEP	JAVIER	TT	90	180
1999	6 – SEP	GREG	DT	40	279.5
	9 – SEP	IRWIN	TT	120	37.9
2000	14 – AGO	ILEANA	TT	105	54
	21 – SEP	TT NORMAN	TT	15	110
2001	11 – SEP	IVO	TT	200	52
	4 – OCT	TT LORENA	DT	200	60
2002	10 – JUN	TT BORIS	TT	120	44
	26 – SEP	TT JULIO	TT	20	225.7
2003	24 – JUN	BLANCA	DT	125	128.5
	7 – OCT	OLAF	TT	0	243
2005	5 – JUL	DORA	TT	30	56
2006	31 – AGO	JOHN	3	75	57
	15 – SEP	LANE	TT	115	147
	15 – OCT	NORMAN	DT	30	94
2007	1 – SEP	HENRIETTE	TT	75	65.2
	19 – SEP	KIKO	TT	200	4.5
2008	7 – JUL	DT 5	DT	95	330
	12 – OCT	ODILE	TT	70	102
2009	23 – JUN	ANDRES	1	60	52
2010	6 – AGO	ESTELLE	TT	180	31
2011	21 – JUN	BEATRIZ	1	15	61.5
	1 – SEP	DT 8	DT	0	62.8
	24 – SEP	HILARY	4	185	23
	12 – OCT	JOVA	2	50	360
2012	26 – MAY	BUD	2	80	

*DT: depresión tropical, TT: tormenta tropical, y 1 al 5, la categoría Saffir Simpson del huracán. La columna de precipitación muestra el valor más alto reportado en la zona.*

Los vientos, la precipitación y la marea de tormenta tienen impactos que han llevado a riesgo y daños cuantificados en pérdidas económicas y humanas. Tomando en cuenta los daños potenciales descritos, para conocer la vulnerabilidad de una zona, se analizaron los factores que representan una mayor vulnerabilidad ante el peligro de un ciclón tropical. De estos factores se definieron tres tipos de vulnerabilidad: física, social y económica. En el caso de la vulnerabilidad social, se considera la densidad de población para determinar la exposición de las personas ante una posible amenaza.

Para estudiar la vulnerabilidad física de la zona costera se han considerado las características de la costa: pendiente, condición de zonas de manglar y arrecifes de coral. También se incorporan características de las viviendas (tipo de materiales con los cuales están construidas). La vulnerabilidad económica ha sido expresada en función del número de bienes expuestos, como hoteles, instalaciones de suministros de energía y puertos, que en caso de ser dañados por un ciclón tropical, podrían derivar en importantes costos para el estado y la sociedad.

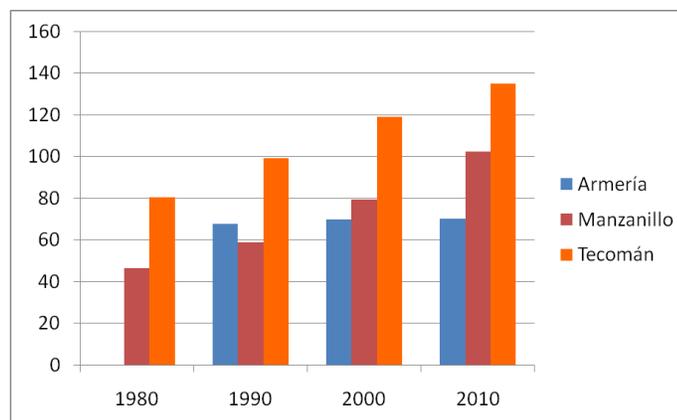
El desarrollo de vulnerabilidad ante ciclones tropicales se ha hecho para tres municipios que se encuentran en la costa de Colima: Manzanillo, Armería y Tecomán (Fig. V27).



**Figura V27. Municipios en la costa del Estado de Colima: Manzanillo, Armería y Tecomán (imagen tomada de INEGI)**

#### *a) Vulnerabilidad social*

Entre 1980 y el 2010, el incremento en la densidad de población en los municipios costeros fueron de 31 % para Armería, 68 % para Tecomán, y 120 % en Manzanillo (Fig. V28). Debido al turismo, existe una población flotante. Según datos de la secretaría de turismo del estado, el número de personas hospedadas en 1999 fue de 512 524 personas, y en 2011 fue de 1 513 300 personas, un aumento del 200%, lo cual representa un mayor número de personas expuestas.



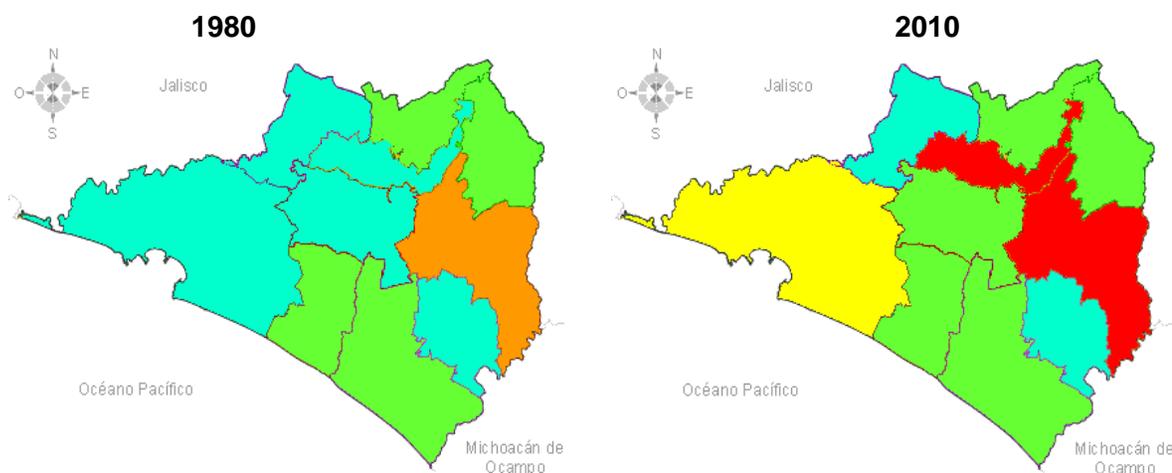
**Figura V28. Gráfica de incremento en densidad de población (hab/km<sup>2</sup>) para los municipios de Armería, Manzanillo y Tecomán, con base en la información de los censos de población y vivienda del INEGI, de 1980 y 2010.**

Con los datos anteriores y la densidad de población en municipios costeros de la República Mexicana, se construyeron indicadores, donde el número 1 se refiere a la situación más vulnerable (mayor exposición) y el 0.2 al menos vulnerable:

**Tabla V5: Indicadores de vulnerabilidad para densidad de población**

Densidad de Población (hab/km <sup>2</sup> )	Indicadores
Más de 200	1
De 150 a 200	0.8
De 100 a 150	0.6
De 50 a 100	0.4
De 0 a 50	0.2

La exposición ha aumentado significativamente entre 1980 y 2010, al tenerse un rápido crecimiento demográfico y un aumento en el número de población flotante (turismo), sobre todo en el Municipio de Manzanillo y en la capital, Colima (Fig. V29).



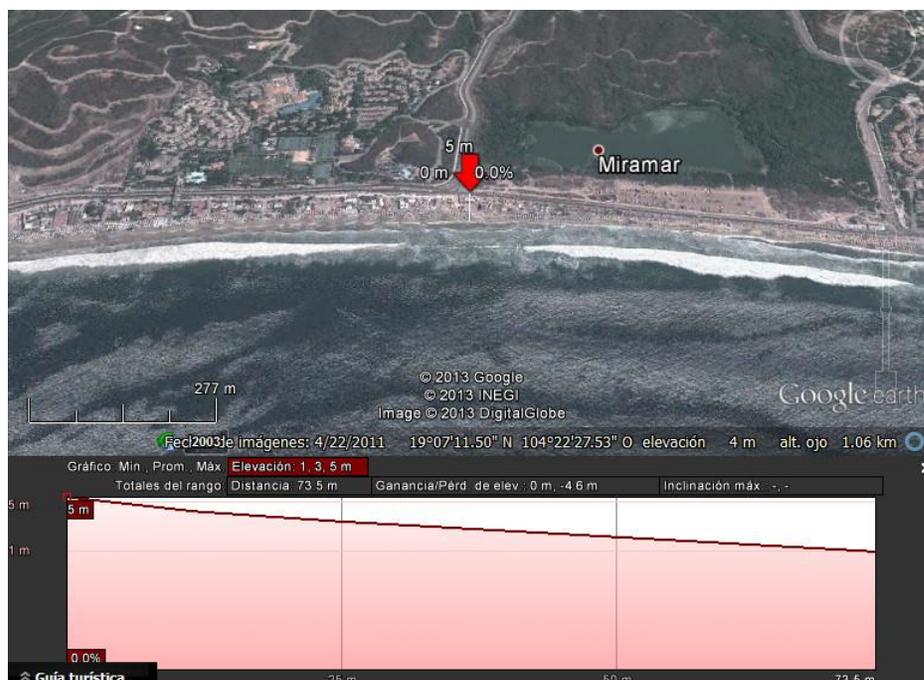
**Figura V29. Niveles de vulnerabilidad por densidad de población en el Estado de Colima, en 1980 (izq.) y 2010 (der).**

Los municipios de Armería y Tecomán han mantenido el factor de vulnerabilidad por densidad de población sin grandes variaciones en las tres décadas recientes, la cual, se considera de media a baja. El municipio de Manzanillo, por otra parte, cambió de vulnerabilidad baja, a una vulnerabilidad media, por el factor exposición de población.

*b) Vulnerabilidad física.*

Los manglares y el coral son barreras naturales para disminuir el efecto de la marea de tormenta. Colima cuenta con zonas con este tipo de ecosistemas, por ejemplo, los arrecifes de coral de La Boquita, en la Bahía de Santiago. Pero como ha sucedido en otras partes del país, durante la segunda mitad del s. XX manglares y corales se vieron afectados por las actividades humanas. Por ejemplo, el manglar en la Laguna de Cuyutlán tenía una extensión aproximada de 30 km<sup>2</sup> en 1979, pero se redujo a menos de la mitad en hacia el año 2000 (Silva-Bátiz, 2009). El deterioro de estos ecosistemas reduce el servicio de regulación que proveían y con ello aumenta la vulnerabilidad ante vientos y marea de tormenta de los ciclones tropicales, principalmente en los asentamientos humanos costeros (ver por ejemplo: La Jornada, martes 16 de septiembre de 2014).

Un factor que influye en la vulnerabilidad física es la elevación de los asentamientos costeros sobre el nivel del mar. Este factor es de relevancia porque entre más plano sea el terreno, el efecto de la marea de tormenta puede ser de mayor importancia, principalmente si se considera un aumento en la elevación del nivel del mar. En las costas de Colima se encuentran zonas cercanas a áreas urbanas con elevaciones menores a 5m sobre el nivel del mar (Fig. V30).



**Figura V30. Imagen de satélite de la Bahía de Santiago en Manzanillo. El cuadro inferior, muestra la elevación desde el punto indicado por la flecha, hacia la playa. (Fuente: Google Earth)**

Tomando en cuenta cada los factores de vulnerabilidad física, se generó un indicador de la vulnerabilidad de la siguiente forma.

**Tabla V6. Indicadores de vulnerabilidad para vulnerabilidad física, tomando en cuenta la presencia de manglares, arrecifes de coral y pendiente mayor a 5 m cerca de la playa.**

CARACTERÍSTICA	INDICADOR
No tiene barreras naturales Perfil de elevación bajo	1
Tiene arrecife de coral o manglar Perfil de elevación bajo	0.75
Tiene arrecife de coral y manglar. Perfil de elevación bajo	0.5
Tiene arrecife de coral o manglar Perfil de elevación alto.	0.25

De estos indicadores, se obtiene que la costa de Colima, tendrá una vulnerabilidad física entre 0.1 y 1. Los municipios de Armería y Tecomán son más vulnerables a los efectos de la marea de tormenta (Fig. V31, que el Municipio de Manzanillo, si solamente se consideran factores físicos. Sin embargo, hay mayor población en Manzanillo y la infraestructura es de mucho mayor importancia que la existente en los otros municipios costeros del estado.



**Figura V31. Municipios costeros de Colima, con indicadores de vulnerabilidad física.**

### c) Vulnerabilidad económica.

El municipio de Manzanillo tiene una fuerte vocación turística, pero también ha desarrollado infraestructura importante en el sector energía, y se espera que en los años por venir, se invierta más en actividades portuarias, con lo que la exposición a fenómenos meteorológicos extremos, como los ciclones tropicales aumentará. Los hoteles en playa, las instalaciones portuarias, y de servicios de suministro de energía (Petróleos Mexicanos y Comisión Federal de Electricidad), son los factores que se han considerado para estudiar la vulnerabilidad económica.

El puerto de Manzanillo, es uno de la más importantes de la República Mexicana y genera más de 22 mil millones de pesos de ingresos al Gobierno Federal a través de aduanas, lo que posiciona a Manzanillo en el segundo lugar nacional de ingresos fiscales. Además, el Puerto de Manzanillo es un punto de transbordo, para países de Centro y Sudamérica, así como para la costa oeste de Estados Unidos y Canadá. En el 2011, los contenedores operados por el Puerto de Manzanillo, representaron el 61% de la operación de todo el Pacífico y el 42% de las operaciones a nivel nacional. En Manzanillo se encuentran también, centros de distribución de PEMEX y una planta termoeléctrica. En cuanto a las instalaciones turísticas, esta parte de Colima tiene al menos 29 hoteles en la playa.

Una aproximación para determinar indicadores de vulnerabilidad económica por bienes expuestos, se relaciona con las potenciales pérdidas económicas al existir la posibilidad de daños a la infraestructura. Adicionalmente, los daños en las carreteras costeras que se tienen luego del paso de un huracán constituyen un factor de potencial daño económico que podría incrementarse de continuar la tendencia a una mayor frecuencia de ciclones tropicales en el rango de los considerados muy intensos.

**Tabla 7. Indicadores de vulnerabilidad económica por bienes expuestos.**

CARACTERÍSTICA	Indicador
Tiene instalaciones de PEMEX y CFE y actividades portuarias y hoteles en playa.	1
Tiene instalaciones de PEMEX o CFE y actividades portuarias y hoteles en playa	0.5
No tiene instalaciones de PEMEX, CFE o actividades portuarias	0.1

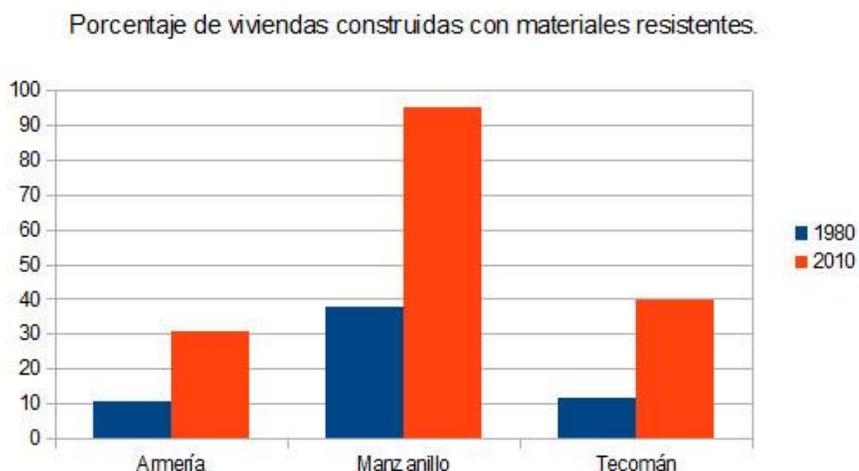
El municipio de Manzanillo tiene la mayor cantidad de bienes expuestos, lo que sugiere que su vulnerabilidad económica es mayor que la de los otros municipios costeros (Fig. V32).



**Figura V32. Municipios costeros de Colima, con indicadores de vulnerabilidad económica por bienes expuestos.**

#### d) Vulnerabilidad económica por tipo de vivienda.

Por otro lado, la vulnerabilidad económica, también se encuentra en función de la resistencia de los materiales con los que se construyen las viviendas. Datos del INEGI, indican que en las zonas costeras se construye tanto con materiales considerados resistentes (tabique, ladrillo, block, piedra, cemento y losa de concreto), como con materiales poco resistentes (embarro, madera, lámina de cartón, adobe, teja, carrizo, bambú o palma). En años recientes el número de viviendas con materiales considerados resistentes ha aumentado en todos los Municipios costeros de Colima, pero son más frecuentes en Manzanillo el 95%, que en Tecomán el 40% y Armería, el 30% (Fig. V33).

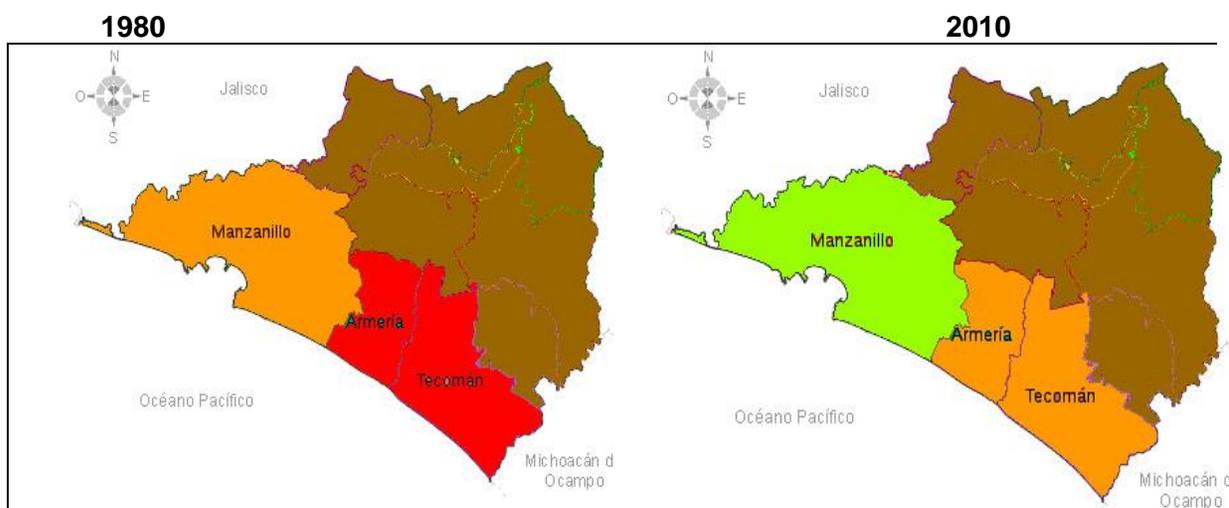


**Figura V33. Porcentajes de viviendas construidas con materiales resistentes para 1980 (barras azules), y para 2010 (barras naranja).**

La comparación entre las condiciones de las viviendas en 1980 y 2010 indica que al contarse con un mayor porcentaje de viviendas que pueden ser consideradas resistentes a los efectos de marea de tormenta y vientos, la vulnerabilidad económica por este factor ha disminuido (Fig. V34). Siguen siendo vulnerables los municipios de Tecmán y Armería, principalmente cuando los factores de vulnerabilidad de sus viviendas se combinan con factores de vulnerabilidad física. Es claro que la condición de la vivienda depende en mayor medida de la condición económica de las personas que la habitan. Por ello, parte de la estrategia de apoyos a familias de escasos recursos se encaminan a mejoras en la condición de la vivienda.

**Tabla 8. Indicadores de vulnerabilidad económica, en función del porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes.**

%	Indicador
0-24	1
25-49	0.75
50-74	0.5
75-99	0.25
100	0



**Figura V34. Niveles de vulnerabilidad en los municipios costeros de Colima, en relación con materiales de construcción de viviendas en 1980 y 2010.**

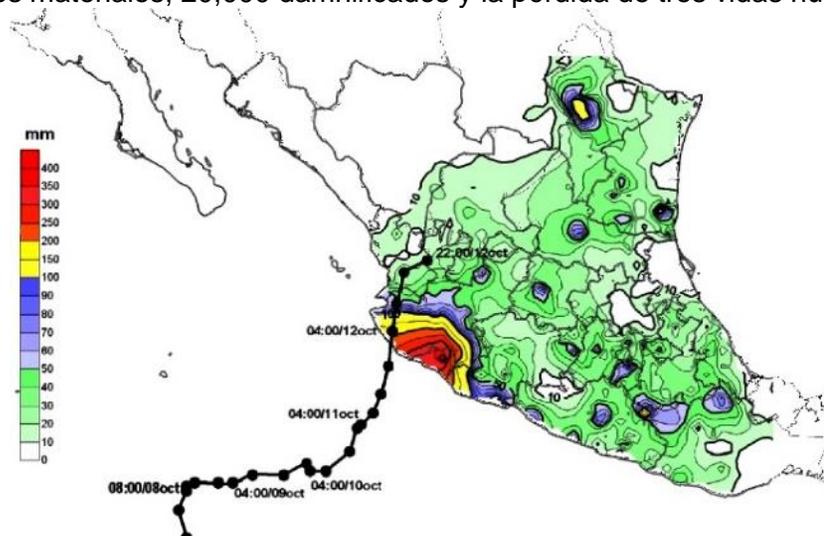
Una medida de la vulnerabilidad ante ciclones tropicales en los municipios costeros, resulta de la combinación de los factores físicos, sociales y económicos, como los analizados aquí. El peso que se dé a cada uno de ellos cuando se combinen para obtener un índice de vulnerabilidad, depende del interés particular que se tenga. Así por ejemplo, el sector de la Protección Civil estará más interesado en la vida de las personas y su seguridad, que en la misma resistencia de infraestructura. En tal caso se daría mayor importancia a los factores relacionados con densidad de población, ubicación del asentamiento (sobre el nivel del mar) y características de la vivienda, que al valor de la infraestructura de PEMEX, por ejemplo. Así, los municipios de Armería y Tecoman requerirán de mayores acciones de adaptación que el de Manzanillo. Sin embargo, cuando de se trate de reducir riesgo de pérdidas de infraestructura, Manzanillo tendrá prioridad, pues en el caso de las instituciones encargadas del aseguramiento o la recuperación del desastre, los factores de vulnerabilidad económica son los que pueden adquirir mayor peso en el índice de vulnerabilidad.

Las zonas de menor riesgo están ligadas también a los factores que involucran la vulnerabilidad física. La presencia de arrecifes de coral y manglares, depende de su conservación. Desafortunadamente, todos estos ecosistemas, se encuentran en riesgo por la falta de programas de protección. De manera que las regiones que presentan menor vulnerabilidad podrían aumentarla, al desaparecer estas barreras naturales.

Como en cualquier análisis de riesgo, se debe considerar si los efectos de marea de tormenta o vientos (peligro) varían de municipio en municipio o de lugar en lugar, para así determinar el nivel de riesgo que han enfrentado, enfrentan y enfrentarán. Por lo general, el peligro por marea de tormenta o vientos intensos en la zona costera de Colima es relativamente uniforme, por lo que los contrastes de riesgo estarán dados esencialmente por los contrastes en la vulnerabilidad. Un análisis más detallado de las diferencias en el oleaje y los vientos por factores locales, deberá ser realizado si se desea definir acciones puntuales de adaptación ante cambio climático, por ejemplo, para la Bahía de Manzanillo.

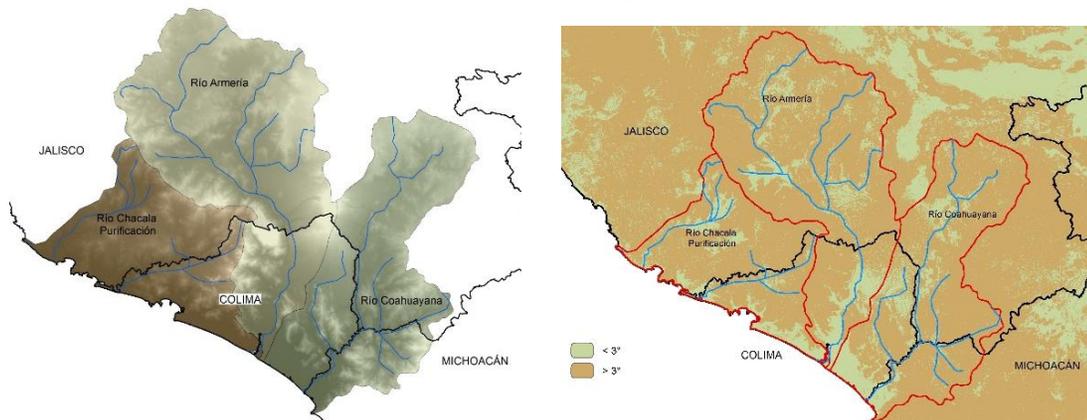
### 3.4 Vulnerabilidad ante lluvias intensas

Uno de los aspectos de peligro meteorológico es la ocurrencia de lluvias intensas que generalmente ocurren por la presencia de ciclones tropicales. Durante el paso del huracán Jova (08 - 14 de octubre de 2011) por las costas del Pacífico mexicano, se registraron precipitaciones superiores a los 300 mm entre los días 11 y 12 de septiembre en el estado de Colima (Fig. V35). Este huracán afectó los municipios de Colima, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán, Villa de Álvarez y Armería. De acuerdo a diversas fuentes (e.g., DesInventar v6) los impactos causados por las lluvias incluyeron 5,700 viviendas, cuantiosos daños materiales, 20,000 damnificados y la pérdida de tres vidas humanas.



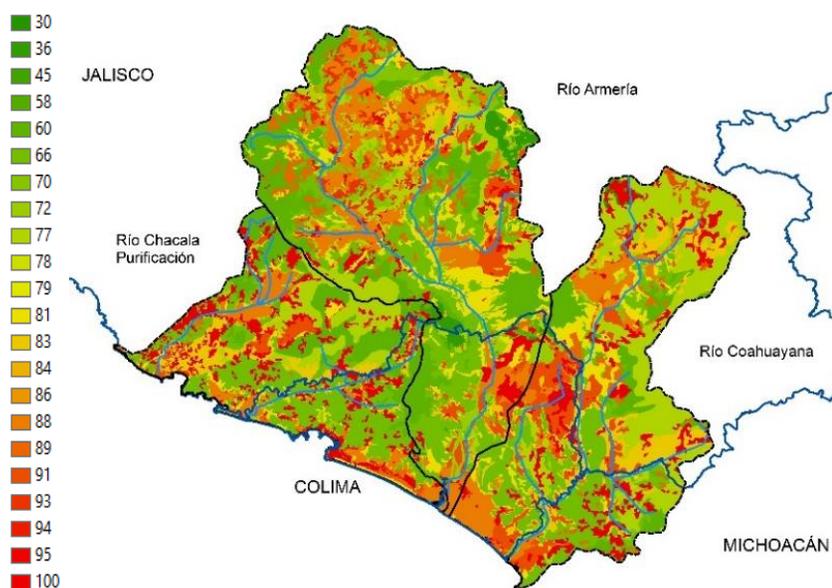
**Figura V35. Trayectoria del huracán Jova e intensidad de lluvia registrada durante los días 8 al 12 de octubre de 2011.**

Las cuencas Armería (9,865.56 km<sup>2</sup>), Chacalaca – Purificación (5,217.64 km<sup>2</sup>) y Coahuayana (7,737.99 km<sup>2</sup>), representan aporte de escurrimientos significativos por su extensión. Su altura va de los -7 msnm hasta los 4000 msnm, en su parte más alta (cuenca Armería). Esto implica, pendientes superiores a los 3°, con menor capacidad de los suelos para infiltrar, posibilitando mayores escurrimientos (Fig. V36).



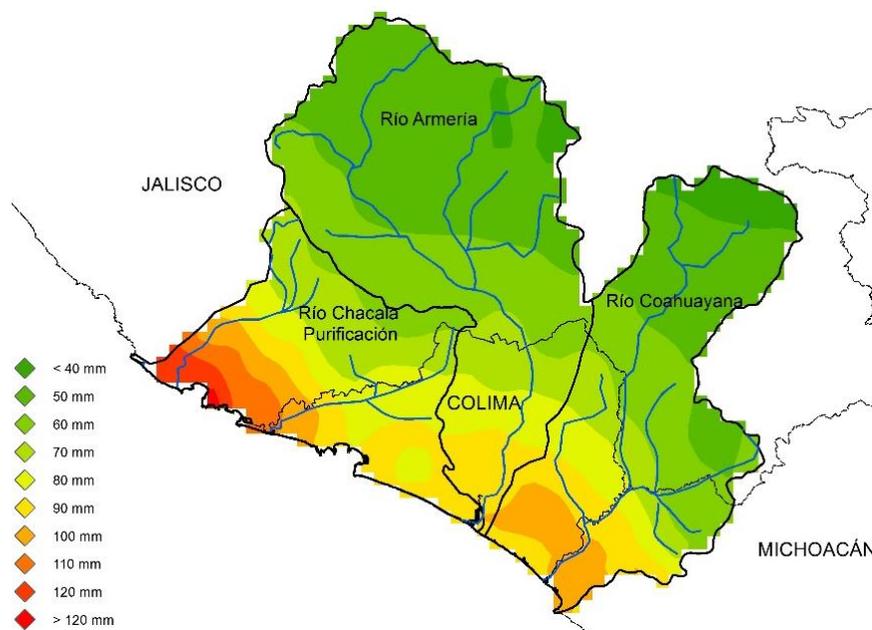
**Figura V36. Delimitación de hidrográfica de las cuencas Armería, Chacalaca – Purisima y Coahuayana (izq.) y mapa de pendientes < 3° y > 3°, según la delimitación hidrográfica de las cuencas (der.).**

Para determinar la capacidad de infiltración de los suelos en las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, se empleó la metodología del número de curva (NC) del Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos. Esta metodología, permite establecer la relación entre la precipitación e infiltración de los suelos y obtener la lámina de escurrimiento. Los valores del número de curva van de 0 a 100, se considera el valor cero como máxima infiltración y 100 como nula infiltración. El resultado de aplicar la metodología, generó valores de 30 a 100 en las cuencas de analizadas. La distribución de valores de NC más altos, se ubican en las cabeceras de las cuencas y en áreas cercanas a los cauces, lo cual se traduce en mayor aportación de escurrimientos hacia zonas bajas. Las cuencas Armería y Coahuayana cuentan con aproximadamente 35 – 40 % de su área cubierta por valores de NC superiores a 70, mientras que la cuenca Chacala – Purificación muestra NC con valores entre 30 – 100 con una distribución aleatoria (Fig. V37).



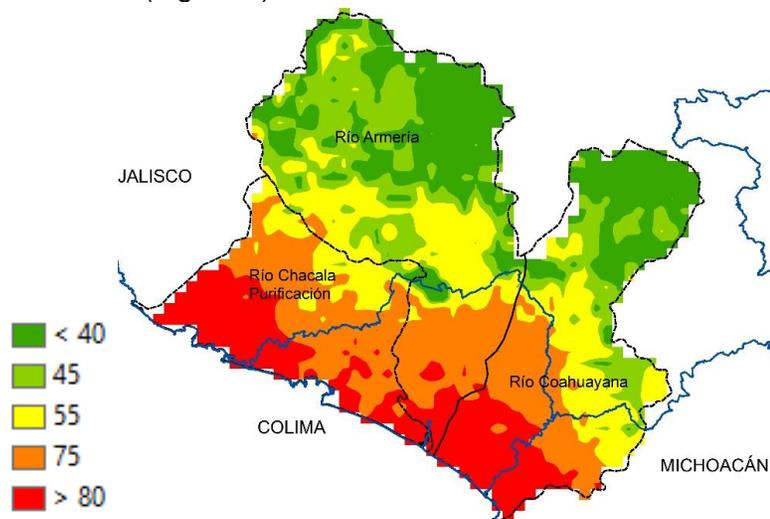
**Figura V37. Distribución de valores de NC (SCS) obtenidos para las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana.**

Considerando el percentil 99% de la precipitación diaria, existen zonas donde las lluvias intensas pueden ser de más de 90 mm/día, principalmente en la zona costera del estado. Las menores intensidades de lluvia se ubican al centro y norte de las cuencas. En la cuenca Chacala – Purificación se tienen intensidades mayores a 80 mm en 60 % de su extensión, mientras que intensidades menores a 70 mm de precipitación, como valor extremo, ocurren en aproximadamente el 60% del área centro norte de las cuencas Armería y Coahuayana (Fig. V38).



**Figura V38. Distribución espacial de la lluvia en las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, de acuerdo al percentil 99% de la precipitación diaria.**

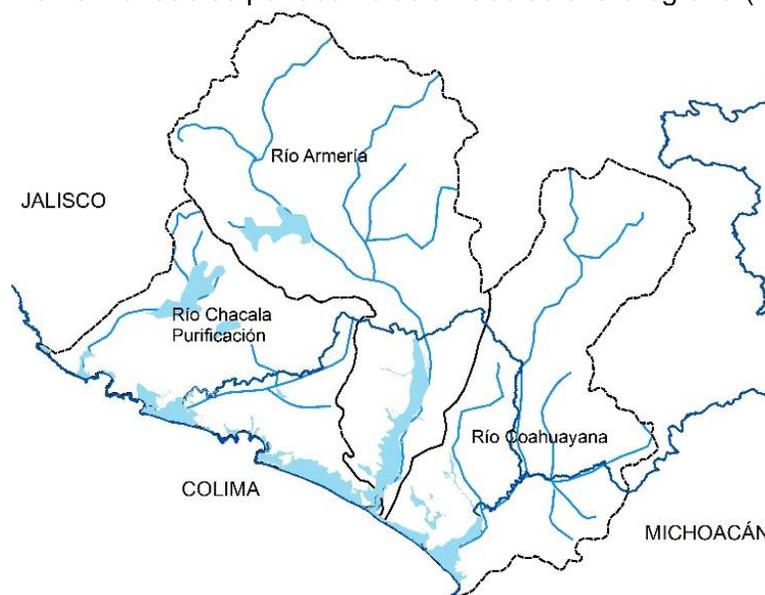
Para estimar el riesgo por lluvias intensas en el estado de Colima, se utilizó de referente espacial las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, usando valores de NC estimados y la lluvia correspondiente al percentil 99%. Se aplicó la metodología propuesta por el *Soil Conservation Service* (SCS), ahora *Natural Resources Conservation Service* (NRCS) (Aparicio, 1994). La aplicación de este modelo empírico permitió obtener los valores de escurrimiento de las cuencas (Fig. V39).



**Figura V39. Distribución de valores de escurrimiento obtenidos para las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, de acuerdo al método de escurrimientos del SCS-NRCS.**

El riesgo estimado por escurrimientos para las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, mostró niveles máximos en zonas costeras, y valores intermedios al centro de

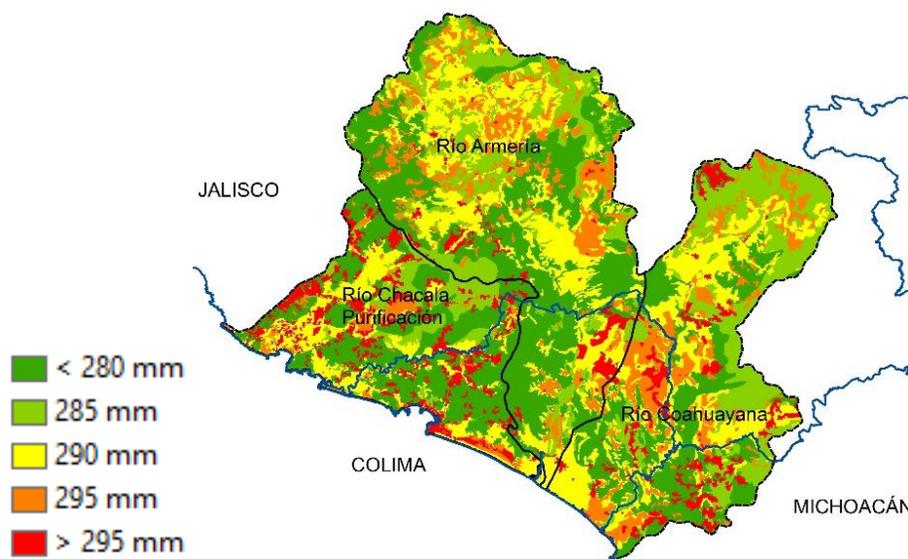
las cuencas, en las zonas con pendientes  $< 3^\circ$ . La mayor intensidad de escurrimientos se ubica en zonas potencialmente inundables por acumulación debido a la orografía (Fig. V40)



**Figura V40. Zonas potencialmente inundables por acumulación de escurrimientos y presencia de cuerpos de agua.**

De acuerdo a los resultados, el riesgo de inundación por lluvias intensas en el estado de Colima está representado por la vulnerabilidad de las cuencas relacionada con el tipo de suelos, las pendientes y la orografía, así como por el uso de suelo. El riesgo es mayor en las zonas costeras principalmente, debido a los valores de precipitación bajo condiciones de tiempo severo, como por ejemplo durante el paso de ciclones tropicales.

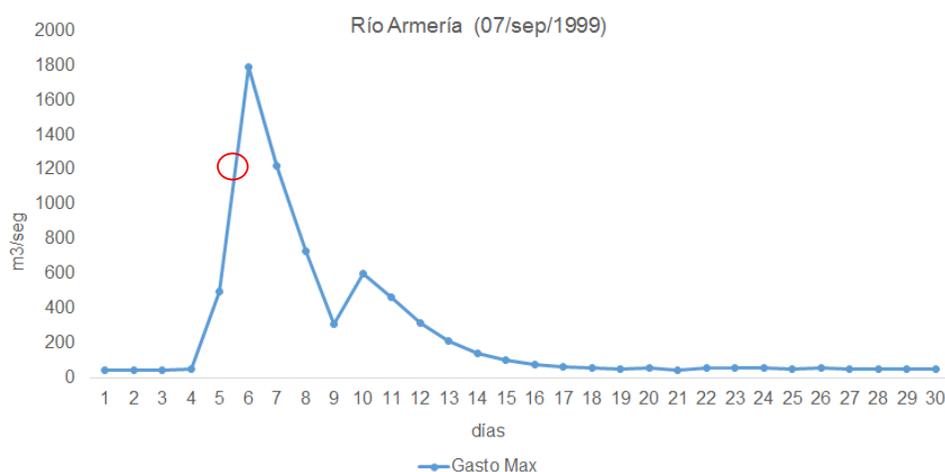
Por ejemplo, considérese el riesgo obtenido para el estado de Colima, bajo las condiciones de lluvia del huracán Jova (300 mm durante los días 11 y 12 de octubre de 2011). Los valores indican elevados niveles de escurrimiento en todo el estado y las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana. Estos valores responden directamente al NC e intensidad de lluvia empleados para calcular la lámina de escurrimiento (SCS-NRCS) (Aparicio, 1994). De acuerdo a información de DesInventar v6, los municipios más afectados por Jova fueron: Colima, Coquimatlán, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán, Villa de Álvarez y Armería. Estos municipios obtuvieron valores de escurrimiento mayor a 290 mm, con excepción Minatitlán y la parte occidental de Colima.



**Figura V41. Riesgo hidrológico por escurrimiento, de acuerdo al NC y lámina de lluvia de 300 mm.**

El método del número de curva NC, muestra una disminución en la capacidad de infiltración de los suelos para lluvias superiores a 100 mm, (Fig. V41), de acuerdo a esto, durante los días 11 y 12 de octubre la lluvia registrada en el estado de Colima superó éste umbral. Por ejemplo el día 11 de octubre en Coquimatlán se registraron 374.4 mm en 24 horas, por lo cual prácticamente todo el estado fue afectado.

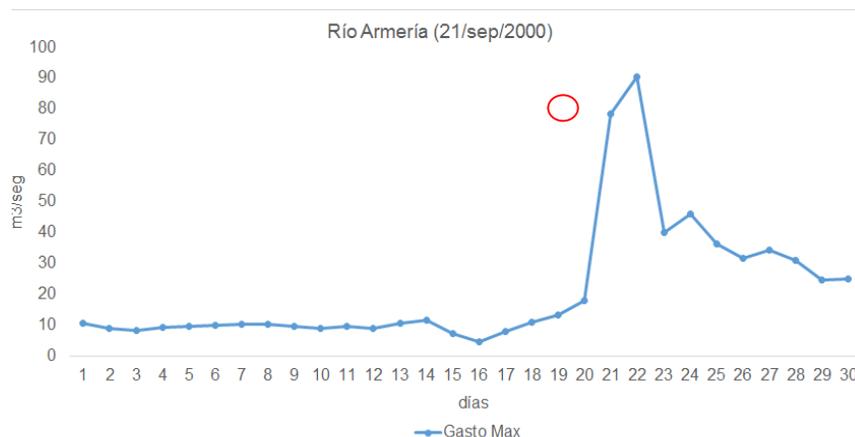
Una de las regiones susceptibles de inundaciones es Armería. La distribución de gastos máximos para el mes de septiembre de 1999 y 2000 muestra el comportamiento del río Armería durante los eventos de inundación ocurridos en el municipio. Durante el evento de 1999, el gasto máximo alcanzado se presentó previo al desastre ocurrido, posibilitando la saturación del sistema (suelos) debido a intensidad de la lluvia registrada (Fig. V42). Este evento tuvo como elemento detonador la presencia de la tormenta tropical Greg.



**Figura V42. Registro de gastos máximos durante el mes de septiembre 1999, para el Río Armería, Colima. El círculo denota el día de la inundación.**

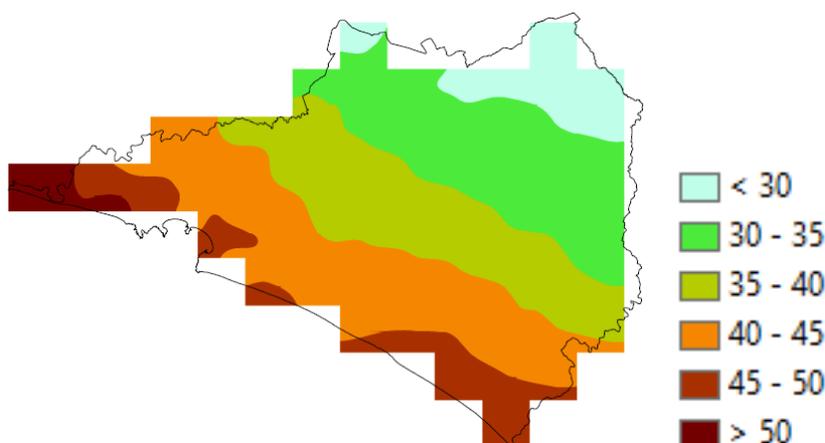
El desastre de inundación ocurrido en septiembre 2000, tuvo como antecedentes 16 días de gasto máximo por arriba de 10 m³/seg, que se incrementaron a 25 m³/seg, alcanzando un

máximo de 78 m<sup>3</sup>/seg el día del desbordamiento del Río Armería (Fig. V43). Estos máximos fueron causados por la tormenta tropical Norman.



**Figura V43. Registro de gastos máximos durante el mes de septiembre en año con inundación en el municipio de Armería, Colima. El círculo denota el día de la inundación.**

Es común que zonas donde el percentil 95% es más alto están “más acostumbrados” a precipitaciones intensas que zonas donde este valor es menor. La zona con mayor valor del percentil 95%, está localizada hacia la costa del Pacífico. Los valores del percentil 95% pueden ser agrupados en rangos que se pueden denominar bajos (< 30 mm/día), medios (entre 30 y 40 mm/día) y altos (> 40 mm/día), quedando contenidos en tres niveles (0.33, 0.66 y 0.99) (Fig. V44).



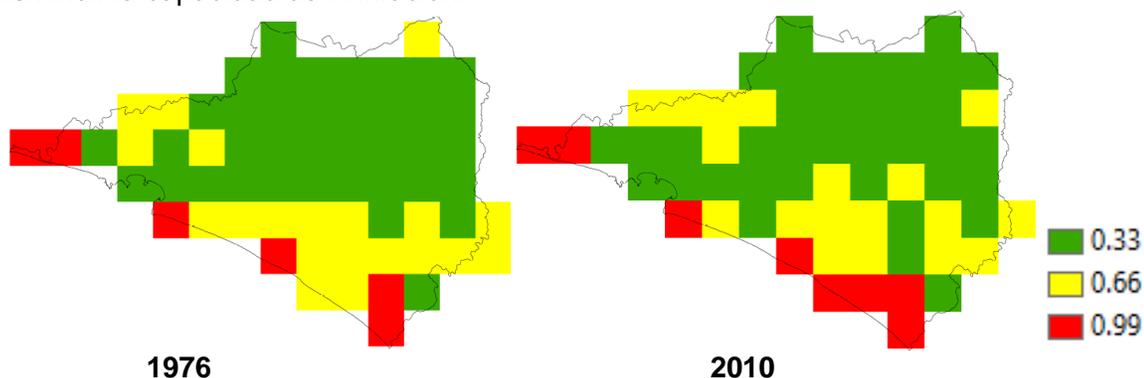
**Figura V44. Distribución espacial del percentil 95% de la precipitación.**

Sin embargo, los escurrimientos dependerán del uso de suelo y de los cambios que éste experimente en el tiempo. La deforestación, y consecuente desaparición de ecosistemas de bosques y selvas, se da fundamentalmente a partir de la década de los treinta, cuando se pusieron en marcha las políticas agrarias más significativas de la posrevolución y se aceleró el crecimiento demográfico. Durante la década de 1980 la tasa de deforestación en México fue de 1.29%, equivalente a 668,000 hectáreas al año, de las cuales 167,000 están en bosques templados y 501,000 en selvas. Para las selvas tropicales en México, recientemente se han estimado tasas de 2.0% (Maser, 1996). En Colima, se han dado importantes cambios en el uso de suelo, principalmente relacionados con transformaciones de bosques en zonas para agricultura y ganadería. La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) reporta que de 315,659

hectáreas con vocación forestal en la entidad, un 12.10% corresponde a áreas degradadas (ver por ejemplo, [http://www.conafor.gob.mx/regiones\\_conafor/zona8.htm#colima](http://www.conafor.gob.mx/regiones_conafor/zona8.htm#colima)).

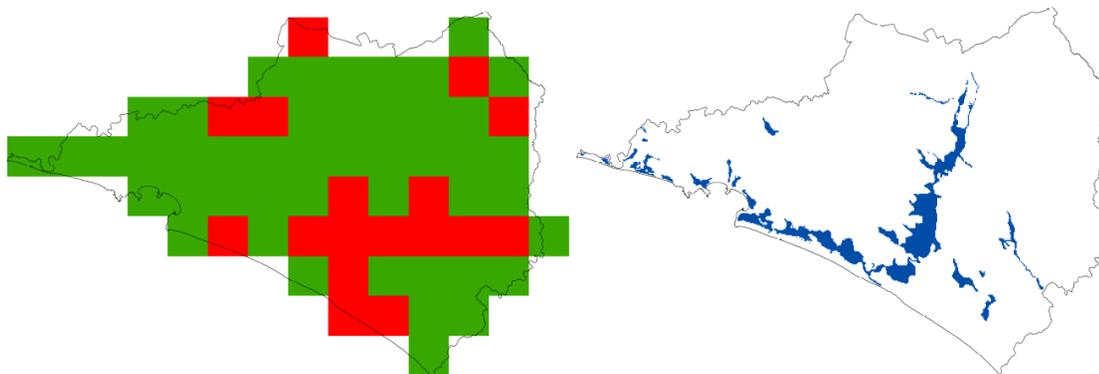
A partir de los valores de precipitación con el umbral percentil 95%, se puede estimar la lámina de escurrimiento para el estado de Colima para dos periodos en que hubo importantes cambios en el uso de suelo del estado: 1976 y 2010. El modelo SCS permite analizar cómo cambian los escurrimientos por efecto del cambio en el uso de suelo. Como primer paso, se considera una lluvia hipotética de 70 mm para todo el estado. La distribución de escurrimientos, según el tipo y uso de suelo (previamente calculados con el método del NC), permite encontrar dónde los escurrimientos son mayores. Así, se pueden identificar zonas en donde sólo una pequeña parte de los 70 mm/día de lluvia hipotética escurren y algunas regiones en donde prácticamente el total de esta lluvia escurre. Es posible encontrar regiones en donde el valor del escurrimiento aumenta entre 1976 y 2010 por efecto del cambio en el uso de suelo, por ejemplo en la región sureste. El cambio de uso de suelo puede producir un incremento en la vulnerabilidad ante lluvias intensas y un incremento en el riesgo de inundaciones.

Para estimar el riesgo hidrológico ( $Riesgo = Amenaza * Vulnerabilidad$ ) se usaron valores clasificados de amenaza (precipitación 70 mm/día) y la vulnerabilidad (lámina de escurrimiento considerando el uso de suelo). El resultado obtenido muestra un incremento en las zonas potencialmente afectables ante lluvias intensas (Fig. V45), considerando los cambios en la capacidad de infiltración de los suelos. La configuración de las zonas afectables corresponden a escurrimiento únicamente. El incremento de escurrimientos incrementados para la misma cantidad de lluvia, bajo dos condiciones de uso de suelo (1976 y 2010) muestra que el riesgo aumenta hacia las zonas sur (Municipios de Armería y Tecomán), sureste y centro del estado, al disminuir la capacidad de infiltración.



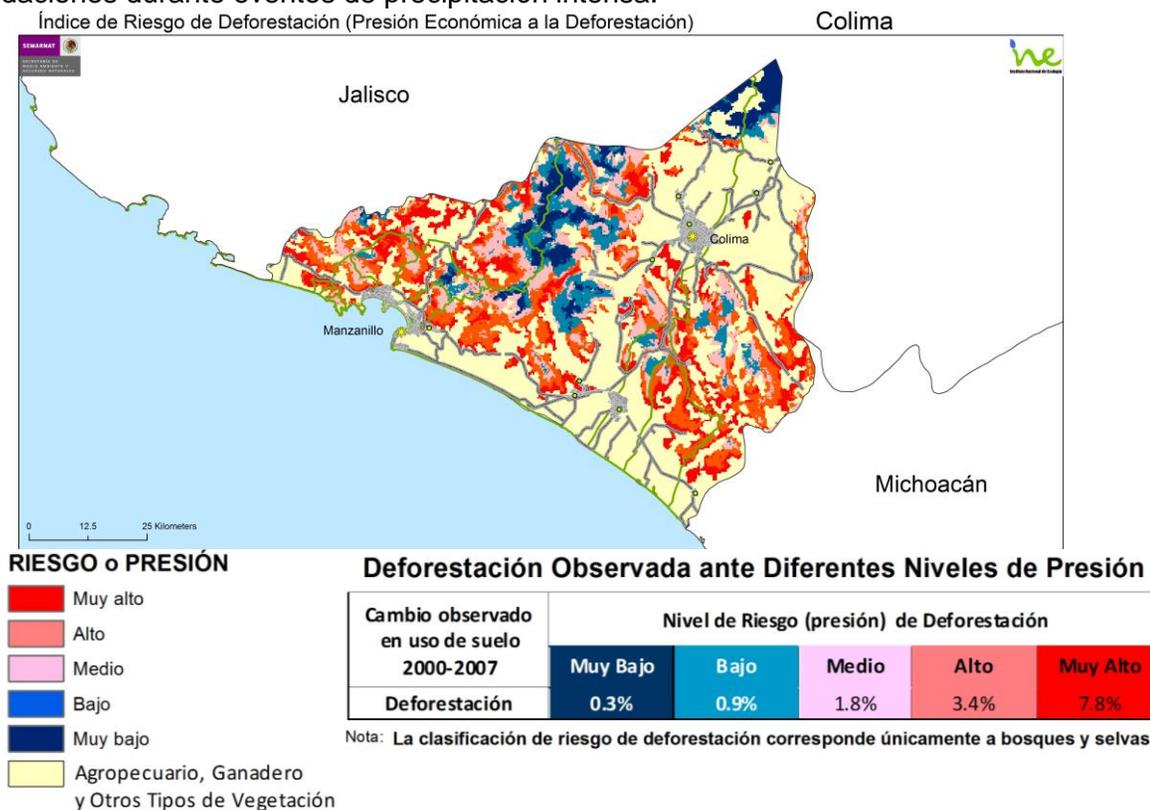
**Figura V45. Estimación del riesgo de inundación por efecto del incremento en escurrimientos debido al cambio de uso de suelo entre 1976 y 2010. La escala de la derecha denota niveles de riesgo por terciles, siendo verde el nivel bajo, amarillo el medio y rojo el alto.**

El riesgo es más relevante en zonas que son inundables por sus características topográficas. Sin embargo, el reconocer los factores que aumentan la vulnerabilidad y el riesgo ante lluvias intensas permite también pensar en estrategias de adaptación, y las zonas que deben considerarse prioritarias para la acción. Así, al considerar las regiones en donde el riesgo de inundación aumentó por cambio en el uso de suelo, y comparando con las zonas potencialmente inundables, se tiene que la costa del Pacífico, zona centro y algunas zonas al norte y oriente (Fig. V46), podrían verse afectadas con inundaciones más frecuentes o intensas por aumento de la vulnerabilidad, y en algunos casos, por incrementos en la intensidad de lluvias intensas, como es el caso de Tecomán, donde el número de eventos de precipitación diaria mayor a 30 mm parece estar aumentando en décadas recientes.



**Figura V46. Mapa de incremento de riesgo entre 1976 y 2010 (puntos rojos) y zonas inundables (puntos azules).**

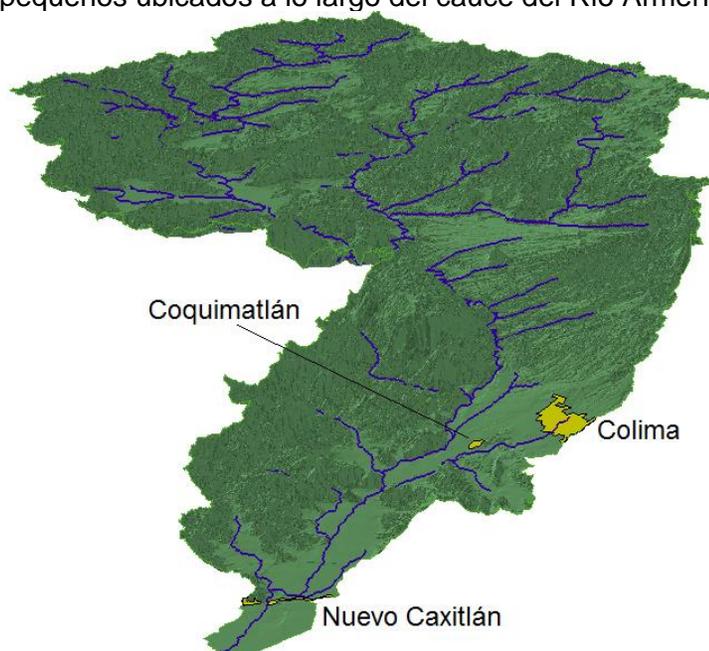
La presión por efecto de la deforestación parece haber disminuido en años recientes, pero la presión por cambios en el uso de suelo, principalmente en relación con factores económicos continúa (Fig. V47), lo que puede provocar un incremento en la vulnerabilidad y aumentos en el riesgo de inundación. Se observa que alrededor de los centros urbanos (por ejemplo al sur de la Ciudad de Colima o al noreste de Manzanillo, la presión de deforestación es alta y con ello se puede esperar un aumento en los niveles de escurrimiento que podrían generar inundaciones durante eventos de precipitación intensa.



**Figura V47. Índice de Riesgo de Deforestación (INE IRDef 2.0.1, con base en la cartografía de uso de suelo y vegetación de S4 de INEGI (Noviembre 2011)).**

En particular, la ubicación de la ciudad de Colima, como parte de la cuenca del Río Armería (Fig. V48), la hace vulnerable a precipitaciones intensas e inundaciones, como las ocurridas

durante el paso del huracán Jova en 2011. El desarrollo urbano en nuevas localidades como Coquimatlán a Nuevo Caxitlán deben considerar el efecto que podría tener en su seguridad la deforestación en las partes altas de la cuenca o al sur de la ciudad de Colima. Lo mismo puede decirse de poblados pequeños ubicados a lo largo del cauce del Río Armería.



**Figura V48. Vista de la cuenca del río Armería y localización de los centros urbanos.**

### 3.5 La vulnerabilidad de la Agricultura

#### a) Caracterización de la vulnerabilidad en el sector agrícola en el estado de Colima

La superficie promedio sembrada en Colima en años recientes es de alrededor de 158,368 ha (INEGI 2011)<sup>21</sup>. De ésta, la superficie dedicada a los cultivos perenes en la modalidad de riego representan el 48.3%, mientras que la modalidad de temporal abarca el 25.8%. Colima ocupa los primeros lugares a nivel nacional en la producción de frutales. En menor proporción se encuentran los cultivos de temporal de primavera-verano con 17.4%, los de otoño-invierno de riego con 4.9% y finalmente los de primavera-verano de riego con 3.6%.

Las mayores superficies dedicadas a la agricultura de temporal se localizan al oriente-norte (principalmente por la ubicación de los suelos de mayor fertilidad y las pendientes adecuadas). Los principales cultivos son el maíz, arroz, sorgo y pastos. Por otra parte, la agricultura de riego se localiza al sur, cercana a la costa, donde el abastecimiento de agua es abundante, y se extiende hacia el norte a lo largo del Río Armería. Tecomán es la zona más importante donde se realiza esta actividad.

**Tabla V9. Cultivos principales en Colima (fuente SAGARPA).**

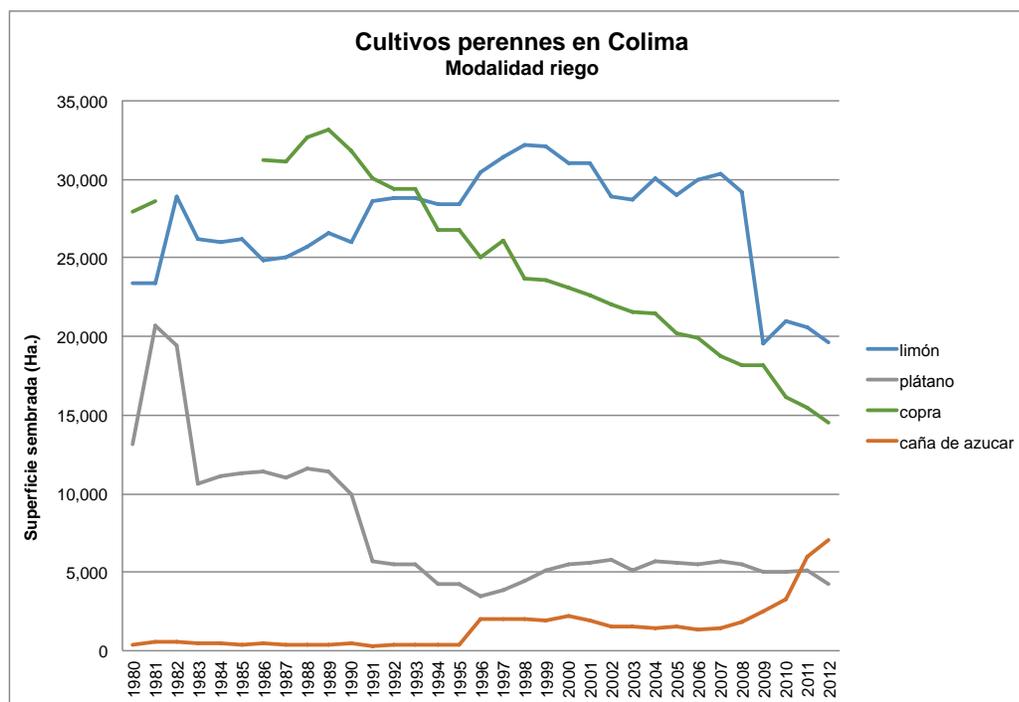
RIEGO	Volumen de producción (miles de toneladas)			Lugar Nal. 2007
	2008 <sup>a</sup>	2009 <sup>*</sup>	Var. Anual %	
Maíz Grano	8.8	11.5	30.7	26°

<sup>21</sup> <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/movil/mexicocifras/mexicoCifras.aspx?em=06002&i=e>

Sorgo Forrajero	17.8	18.3	2.8	12°
Melón	46.8	50.1	7.1	6°
Sandía	51.6	52.6	1.9	4°
Chile Verde	14.7	15.8	7.5	14°
<b>TEMPORAL</b>				
Maíz Grano	30.2	33.7	11.6	25°
Maíz Forrajero	58.1	80.4	38.4	9°
Sorgo Grano	3.3	4.6	39.4	18°
<b>PERENNES</b>				
Limón	658.6	644.6	-2.1	1°
Mango	66.4	67.0	0.9	10°
Caña Azúcar	748.1	750.5	0.3	14°
Papaya	42.9	46.8	9.1	6°
Plátano	159.5	150.1	-5.9	4°

Estimaciones DGEAP con datos SIAP <sup>a</sup> Cifras preliminares SIAP.

Los cultivos perenes que ocupan una mayor superficie en la modalidad de riego son el limón, el plátano, la copra y la caña de azúcar (Fig.V49). La producción del limón predomina sobre los otros cultivos, debido al valor que adquirió a partir de 1994 (Fig.V50), esto se reflejó en la superficie dedicada a la copra y al plátano, las cuales han disminuido significativamente. En el 2009, la producción del limón se vio afectada por la plaga conocida como dragón amarillo. Es un poco claro si tal condición se relacionó con un factor climático.



**Figura V49. Superficie sembrada de cultivos perennes en modalidad de riego. Fuente: SIACON, 2013.**

Los requerimientos climáticos del limón se consideran óptimos por debajo de los 30°C, razón por la cual, entre finales de los ochenta y la primera década del s. XXI las condiciones para mayores rendimientos parecen haber sido favorables. Es poco claro sin embargo, cómo los valores extremos de temperatura máxima (por encima de 30°C) pueden imponer límites a

la productividad del limón, si es en forma directa o través de mecanismos indirectos que favorecen la aparición de plagas, como en 2009 con la presencia del dragón amarillo (Fig.V51).

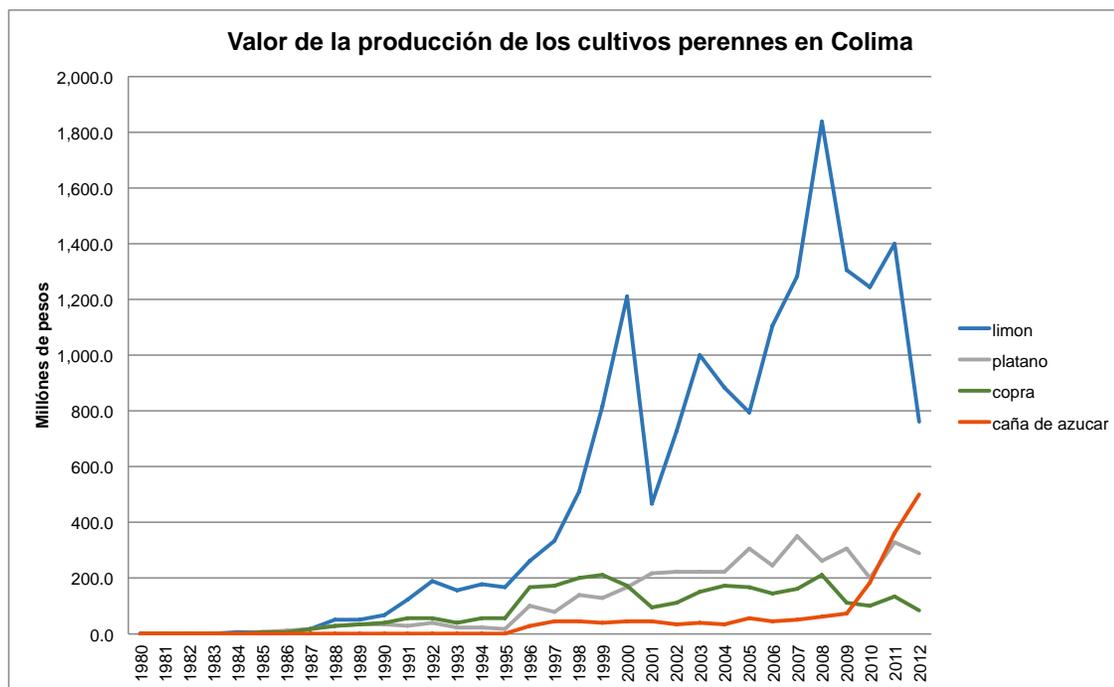


Figura V50. Valor de la producción de los cultivos perennes. Fuente: SIACON, 2013.

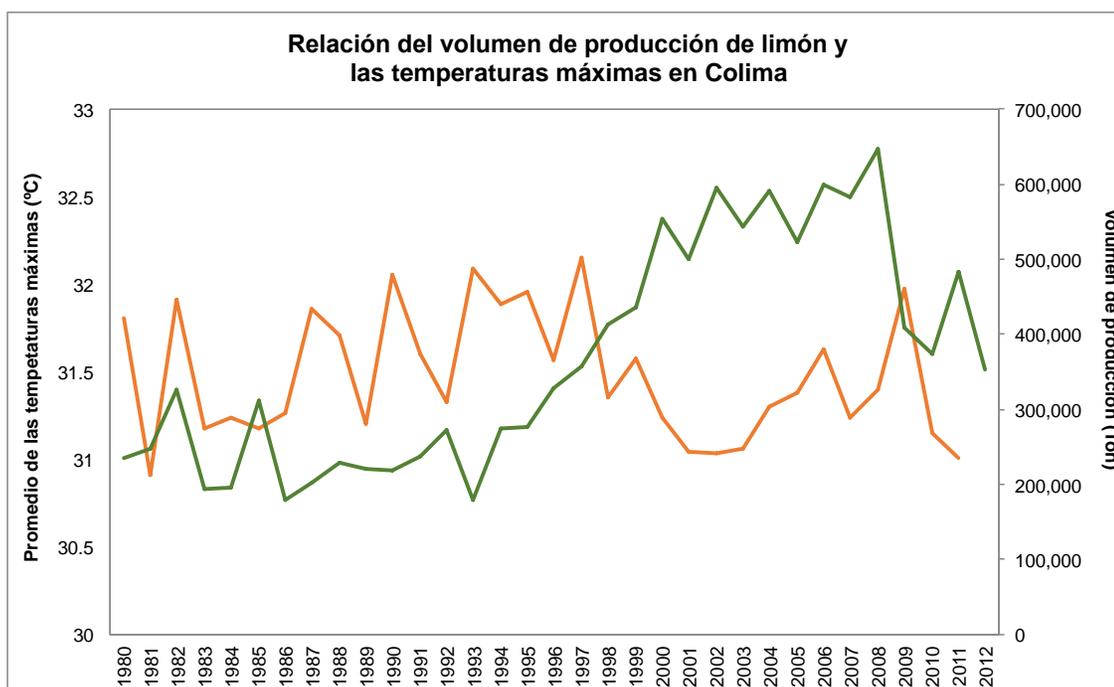
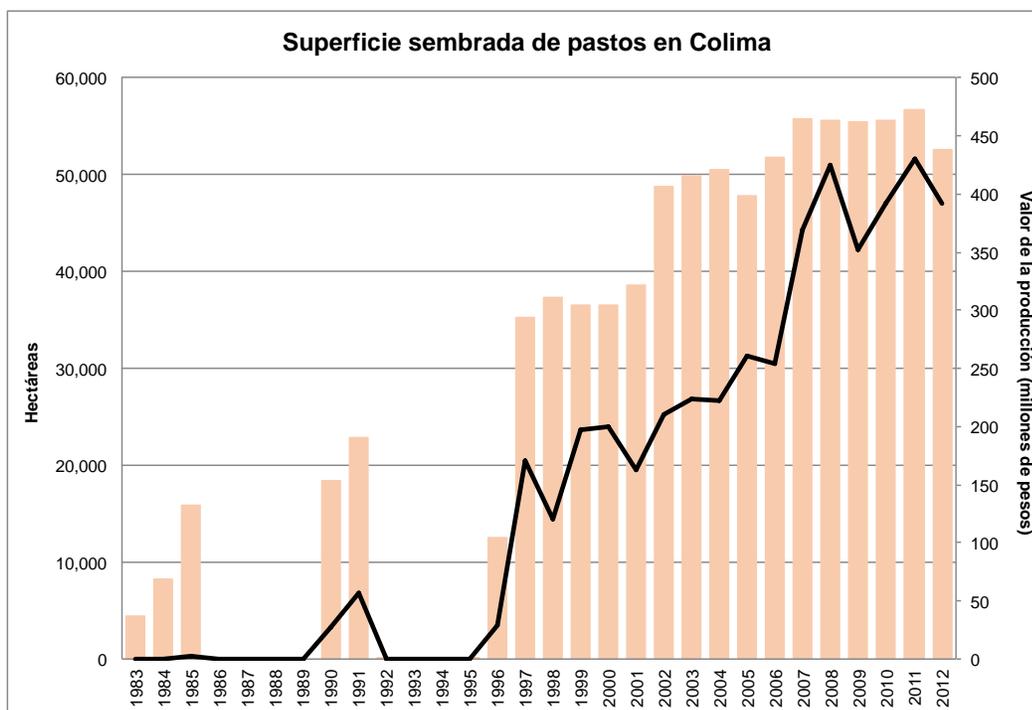


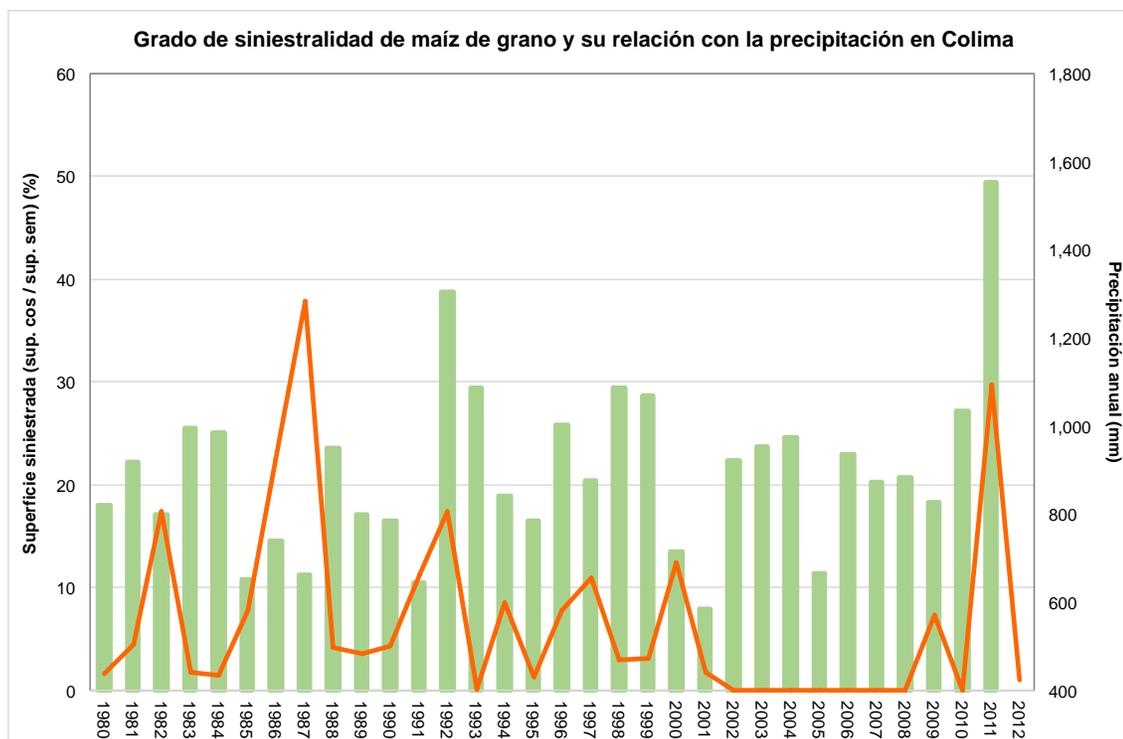
Figura V51. Relación del volumen de producción del limón (línea verde) y las temperaturas máximas (línea anaranjada). Fuente: SIACON, 2013 y NARR, 2013.

En contraste con los cultivos perennes de riego, en la modalidad de temporal, la superficie sembrada dedicada a los pastos ha aumentado considerablemente desde 1996 (Fig. V52).



**Figura V52. Superficie sembrada de pastos (barras rosa) y el valor de su producción (línea negra). Fuente: SIACON, 2013.**

Por otra parte, la producción de temporal, por ejemplo de maíz grano, se caracteriza por su relación directa con la precipitación. Ante un déficit de lluvias (por ejemplo en 1986 y 1987) o exceso de lluvia (por ejemplo en 1992 y 2012) se presentan las mayores pérdidas (Fig. V52). Sin embargo, es necesario examinar el contexto en que se presentan anomalías climáticas es determinante para el éxito o el fracaso de la actividad agrícola de temporal (INECC 2013). La producción de cultivos también se ve afectada por aspectos como los apoyos gubernamentales, la condición económica nacional, las tendencias de la fertilidad de los suelos, la edad de los campesinos, y otros elementos que han disminuido la vulnerabilidad del sector frente a condiciones climáticas adversas.



**Figura V53. Grado de siniestralidad del maíz grano (línea anaranjada) y su relación con la precipitación (barras verdes). Fuente: SIACON, 2013 y NARR, 2013.**

El sector agricultura de temporal y de riego se ha visto inmerso en tratados y cambios a nivel nacional e internacional (eg. TLC) que han hecho que el valor de la producción se concentre en algunos cultivos (eg. limón), lo que ha disminuido actividad en otros cultivos, principalmente de temporal. Adicionalmente, hay un cambio en las componentes que contribuyen al PIB estatal, con un cambio del sector primario al terciario. Actualmente el primario contribuye al 4%, el secundario con 21% y el terciario 47%. Aunque la tendencia en México es que la agricultura ocupe un menor papel en cuanto al producto interno bruto (menos del 4%) y a los ingresos en general del país, sigue siendo una de las actividades principales de México al emplear a aproximadamente 10% de la población, por la obvia razón de que la producción de alimentos es fundamental para cualquier nación.

**Tabla V10. Información histórica de los sectores productivos.**

	Población total ocupada en sector primario	Población total ocupada en sector secundario	Población total ocupada en sector terciario
1970	47.80%	15.90%	36.40%
1980	37.10%	20.70%	42.20%
1990	24.70%	22%	53.20%
2000	17.40%	20.70%	62.00%
2010	13.36%	18.30%	67.89%

A pesar de la dinámica de la actividad agrícola en el estado de Colima y de las afectaciones experimentadas por variabilidad natural del clima, el estado aumentó los rendimientos agrícolas por encima del promedio nacional en los cultivos de maíz, coco y plátano. Del año

1991 al 1999, hubo unos incrementos importantes en algunas producciones agrícolas, por encima de los avances a nivel nacional. Esto indica que existe una gran importancia de la actividad agrícola tomando como base la superficie destinada para la siembra por lo que aprovechar los avances en materia científica para una gestión del riesgo climático en el sector podría representar avances adicionales, aun en un entorno de clima cambiante.

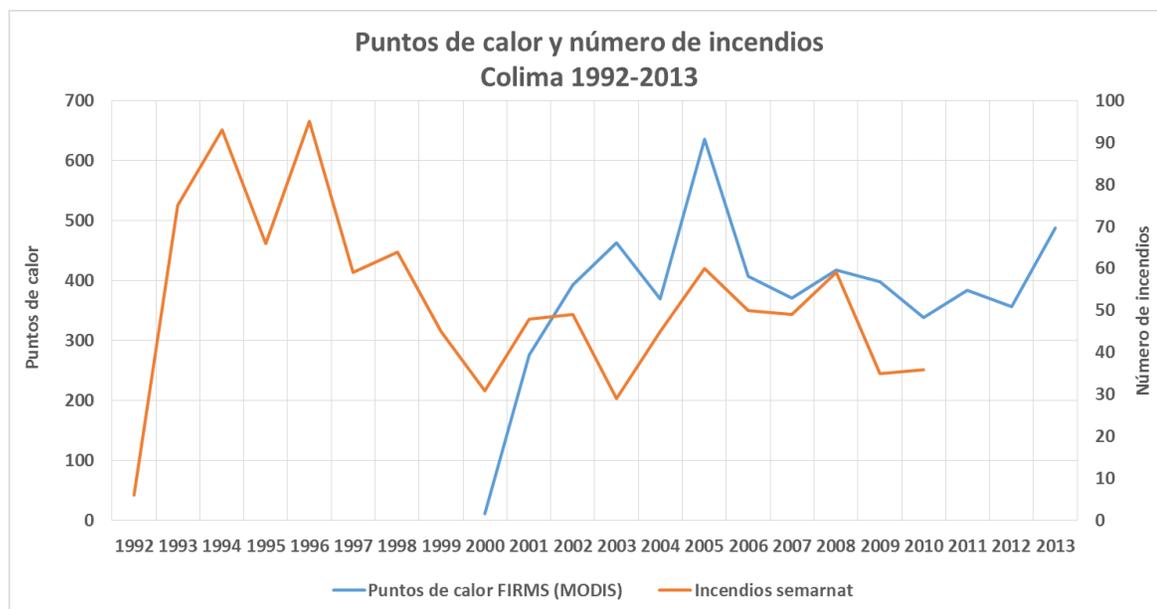
### 3.5 Bosques e incendios forestales

Aproximadamente el 52% de Colima cuenta con superficie boscosa y el resto del territorio dedicado principalmente a la agricultura, ganadería y áreas de urbanización (Palacio-Prieto et al., 2000). Cerca de la mitad del territorio de Colima corresponde a bosque tropical caducifolio. Desafortunadamente, Colima, tiene una tasa de deforestación muy elevada, pues entre 1981 y 1992 hubo una reducción del 25% de la superficie boscosa de su territorio (Flores y Gerez, 1994) y de acuerdo con Palacio-Prieto et al. (2000), el 42.6% de la superficie de este estado se encuentra ocupado por terrenos dedicados a la agricultura y asentamientos humanos (Padilla-Velarde et al 2006).

Una de las mayores amenazas para los bosques son los incendios forestales. Se ha encontrado que entre las principales causas de un incremento reciente en el número de incendios forestales y la magnitud de sus afectaciones están el cambio climático y los cambios en el uso del suelo (Westering et al 2006). En la mayor parte de México, pero en particular en el estado de Colima, la causa principal para la generación de incendios forestales son las quemas agropecuarias, y en ocasiones, los descuidos de personas que van al bosque (Jardel Peláez, et al 2004). Aunque han disminuido los incendios forestales en Colima, siguen siendo un problema ambiental, principalmente cuando se presentan condiciones de sequía y estrés hídrico en la vegetación natural.

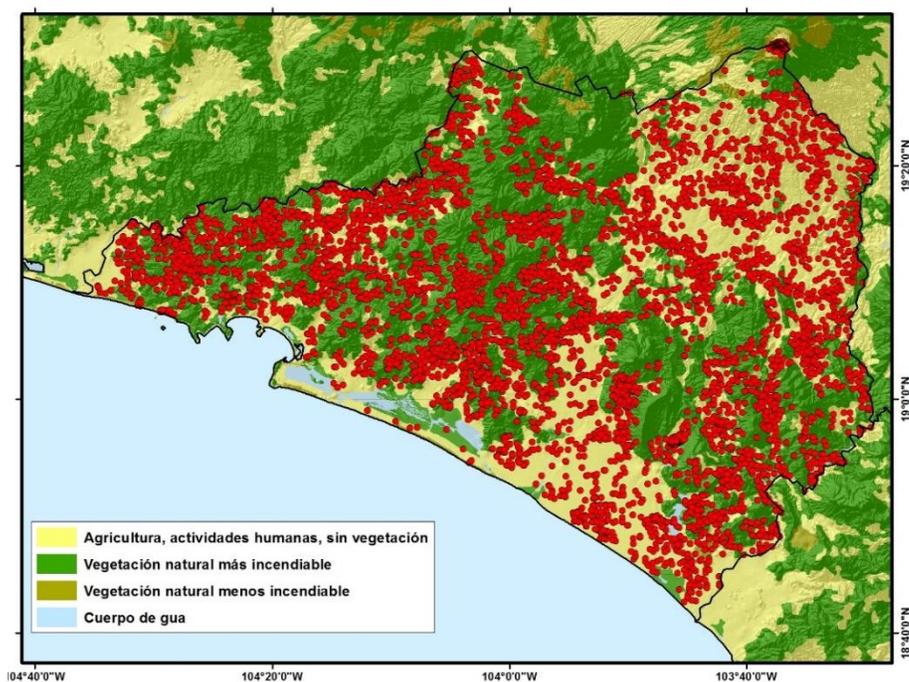
En 2005, ocurrieron 60 incendios forestales que afectaron 1,199.5 hectáreas de las cuales, 176 hectáreas fueron de pastizal, 14 de arbolado adulto, 11 de renuevo y 998.5 de arbustos y matorrales (Cenapred, 2006). En 2006, los incendios forestales afectaron 812.5 hectáreas en total de las cuales 145 fueron de pastizal, 81 de arbolado adulto, 70 de renuevo y 579.5 hectáreas de arbustos y matorrales (CENAPRED, 2007). En 2007, 49 incendios forestales afectaron 552 hectáreas en total de las cuales 46.4 fueron de pastizal, 0.5 de arbolado adulto, 5.0 de renuevo y 451 hectáreas de arbustos y matorrales (CENAPRED, 2008). En 2008, 59 incendios forestales afectaron 540 hectáreas en total de las cuales 77.5 fueron de pastizal, 50 de renuevo y 412 hectáreas de arbustos y matorrales (CENAPRED, 2009). En 2009, 35 incendios forestales afectaron 213 hectáreas en total de las cuales 1 fue de renuevo y 213 hectáreas de arbustos y matorrales (CENAPRED, 2010). Hoy es claro que la condición climática de sequía, calor y estrés hídrico en la vegetación no es totalmente responsable de la ocurrencia de incendios forestales, sino que estos se presentan en buena medida como resultado de prácticas agrícolas relacionadas con la roza, timba y quema, y actividades ganaderas (Galindo et al 2009).

Una práctica común en el monitoreo de incendios forestales es la detección de puntos de calor a través de imágenes de satélite (ver <http://www.ospo.noaa.gov/Products/land/hms.html>). En Colima alrededor del 60% de puntos de calor corresponde a quemas en el sector agropecuario. Existe una buena correlación entre la actividad de incendios detectada por el Sistema MODIS y los reportes de incendios forestales dados por SEMARNAT (Fig. V54).



**Figura V54. Puntos de calor FIRMS (modis) y número de incendios reportados (SEMARNAT) para el estado de Colima entre 1992 y 2013.**

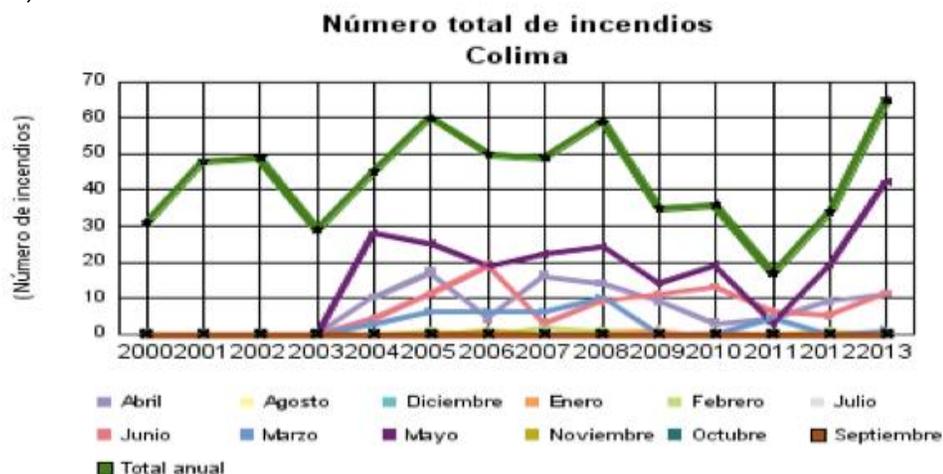
El tipo de vegetación natural que mayor cantidad de puntos de calor registra en estado de Colima es la selva caducifolia (Fig.V55), seguida de la selva subcaducifolia y el bosque de encino. Adicionalmente, se tiene que la mayoría de los incendios, por ejemplo en la Sierra de Manantlán, se presentan en terrenos de propiedad privada, que en aquellos de propiedad comunal (Jardel Peláez *et al* 2004).



**Figura V55. Puntos de calor acumulados del periodo 2001-2013 en el estado de Colima**

Los incendios forestales en Colima ocurren principalmente en la temporada seca cálida, es decir entre los meses de febrero y junio (Fig. V56), en gran medida provocados durante la preparación de tierras de cultivo. Aunque el número de incendios disminuyó en los primeros

años del siglo XXI, en años recientes ha mostrado tendencia a aumentar nuevamente (ver Fig.V1).



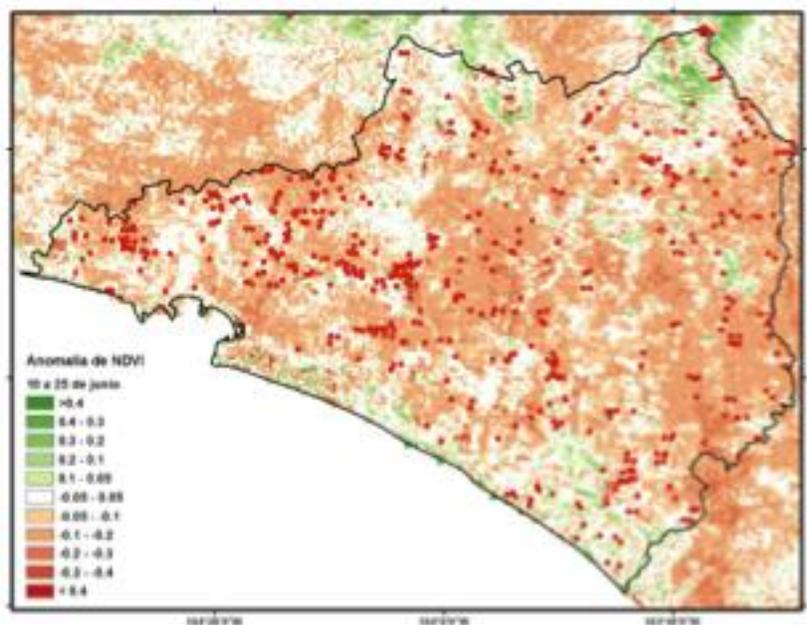
**Figura V56. Número de incendios forestales en Colima entre el 2000 y el 2013 como función del mes.**

En términos del impacto de los incendios forestales, se advierte una disminución en las hectáreas afectadas por este desastre (Fig. V57), lo que demuestra una mayor capacidad de respuesta para controlar el siniestro, a pesar de que el número de incendios se ha incrementado. En los años recientes el impacto, en términos de hectáreas afectadas por incendio aumento al tenerse 310 has incendiadas en 2012 y 2387 hectáreas en 2013 (según reportes de CONAFOR).



**Figura V57. Total de hectáreas afectadas por incendio forestal entre el 2000 y el 2011**

En el 2013 el número de incendios estuvo significativamente por arriba de la media histórica en el estado de Colima al tenerse anomalías de temperatura, principalmente en febrero y marzo, con déficit de humedad de suelo que llevó a estrés hídrico en la vegetación hacia los inicios de la temporada de lluvia (Fig. V58).



**Figura V58. Anomalía NDVI del 10 al 25 de junio (colores) y acumulado de puntos de calor para el 2013.**

Aunque se ha avanzado en control de incendios forestales, los datos recientes indican que es necesario actuar en materia de prevención, ya que aun con la capacidad alcanzada en materia de control de incendios, lo que inhibe la expansión de estos siniestros a grandes superficies, es aun necesario trabajar para prevenir su ocurrencia. En un contexto de calentamiento global, las condiciones de estrés hídrico en la vegetación que llevan a condiciones propicias de incendios forestales podrían aumentar de incrementarse por ejemplo, los periodos con temperaturas máximas elevadas o periodos prolongados de déficit de lluvia. Por tanto, los incendios forestales bajo cambio climático involucra, un aumento en el peligro, al ir a la alza las temperaturas máximas con prácticas que generan vulnerabilidad en ante dicho peligro, aun cuando se cuenta con estrategias y capacidades para hacer frente a este fenómeno.

Es necesario reconocer adicionalmente, que las condiciones climáticas podrían influir en la salud de la vegetación al favorecer la aparición de plagas que deje en condición vulnerable a ciertas variedades de árboles. Sin embargo, será necesario establecer relaciones plagas – clima para determinar en qué medida, este proceso indirectamente genera vulnerabilidad en los ecosistemas.

### 3.7 Clima y salud en Colima

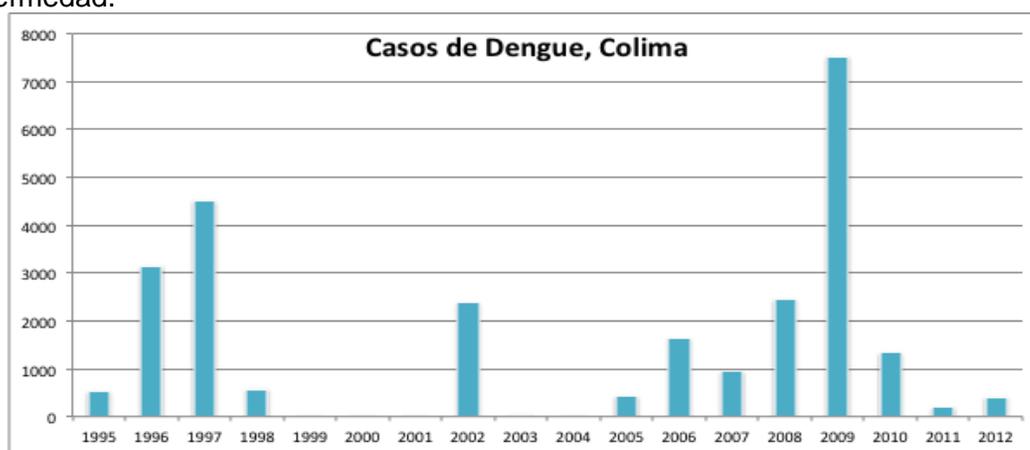
#### Dengue en Colima

El dengue es una enfermedad viral aguda transmitida por el mosquito hembra de la especie *Aedes aegypti*. El virus vive en las glándulas salivales de los moscos y es transmitido con la picadura. En ciertos años, durante la temporada de lluvias las condiciones de lluvia, de humedad en suelo y en la temperatura y humedad del aire, así como prácticas de almacenamiento o acumulación de agua favorecen la propagación del mosquito (*Aedes aegypti*) del dengue, debido a que las hembras, que transmiten el virus, logran una mayor sobrevivencia y una mejor proliferación. Los estados con mayor riesgo de padecer dengue son

Veracruz, Nayarit, Jalisco, Colima, Chiapas y Tabasco, mismos que presentan una gran incidencia de la enfermedad. La sintomatología de la enfermedad es parecida a la gripe: fiebre alta; dolor de cabeza, espalda y coyunturas; náuseas y vomito; malestar en los ojos y erupciones en la piel. El dengue hemorrágico se da cuando hay una segunda infección con otra cepa del virus, de tal manera que cuando alguien presenta otro contagio es más probable que desarrolle dicho mal.

De acuerdo a los datos nacionales, entre 1995 y 2012, la ocurrencia de dengue en México ha ido en aumento. En estados con temperaturas elevadas y alta humedad del aire se registran numerosos casos de dengue (eg. Veracruz, Guerrero, Tamaulipas y Chiapas). Generalmente, la enfermedad es más leve en niños menores, que en los infantes mayores y adultos. La población más afectada por el virus es la gente en edad productiva, entre los 15-44 años principalmente.

En México, en el 2008 se reportaron 35 mil 603 casos y en 2009 fueron 52 mil 534, con una mayor incidencia en los meses de septiembre, octubre y noviembre, y una disminución en diciembre. Los análisis para el Estado de Colima (SINAVE, 2012), indican que entre 1995 a 2012 los enfermos han aumentado, siendo el mayor número registrado en 2009, cuando los reportes de esta enfermedad rebasaron los 7000 casos (Fig. V59). En ocasiones, el dengue clásico deriva en dengue hemorrágico e incluso en la muerte de personas por esta enfermedad.

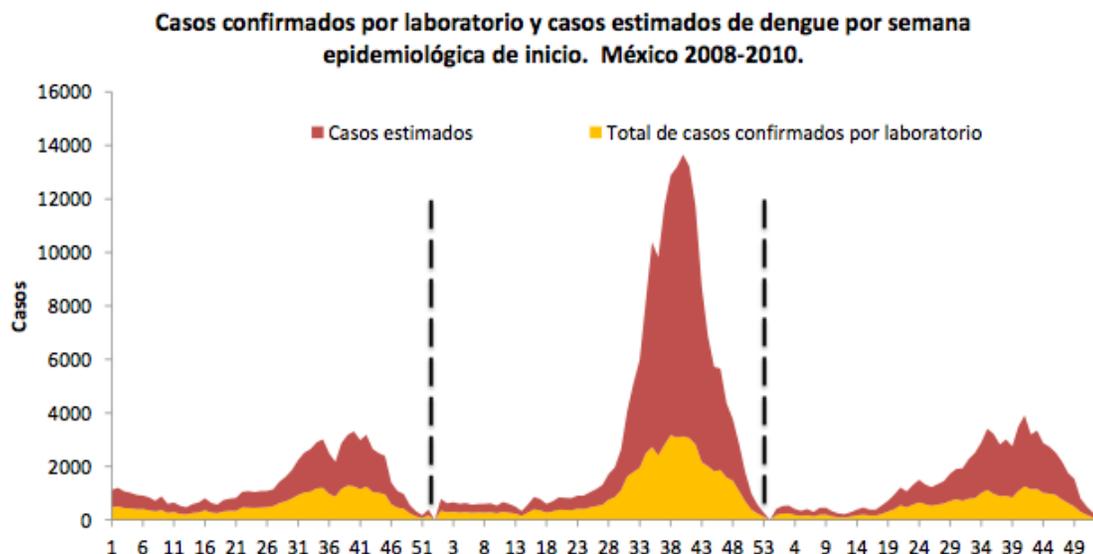


**Figura V59. Casos de dengue por año en el estado de Colima con base en información de SINAVE hasta 2012.**

El aumento de este mal se debe a un problema multifactorial ocasionado probablemente por una fumigación inadecuada o por cambios de clima que permiten la mayor reproducción del mosquito *Aedes aegypti* incluso en la zona norte del país. Las condiciones ambientales y la limitada experiencia en manejo de casos de dengue en la zona pudieron haber contribuido a un control tardío de la enfermedad.

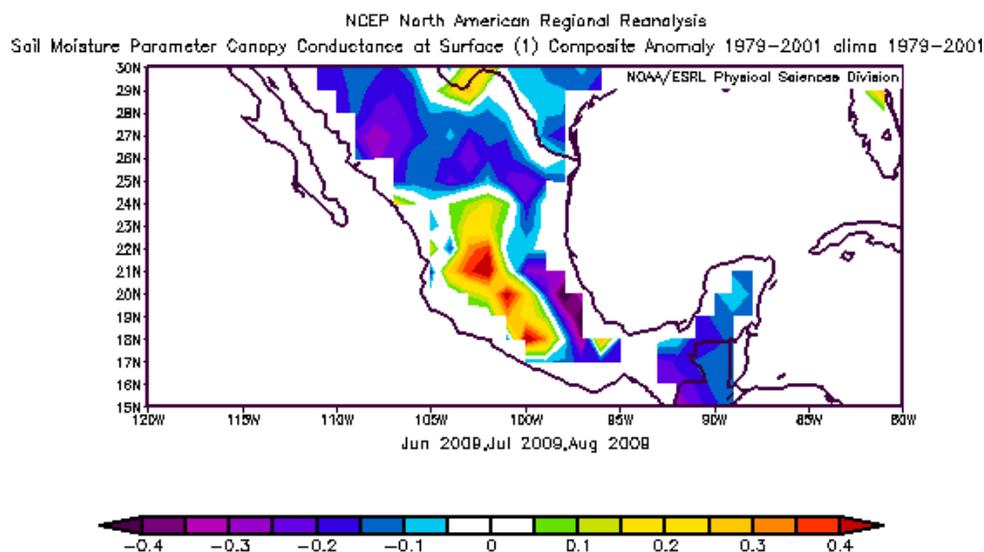
Para llevar a cabo un diagnóstico de la relación clima-dengue se cuenta con información a nivel municipal por semana epidemiológica, del sistema de salud de la Comisión Federal para la Prevención de Riesgos Sanitarios (COFEPRIS). Se trata de datos sobre casos no siempre confirmados, pero que brindan una buena idea de los episodios de dengue regionalmente. De manera general se encuentra que el municipio más afectado por dengue en años recientes es Manzanillo, seguido de Tecomán. En orden de importancia, le siguen los municipios de Colima y Armería. Además de ser un año récord en número de casos de dengue en Colima, el 2009 es también un caso de estudio interesante, ya que se presentan condiciones climáticas

anómalas, que permiten analizar procesos climáticos que pudieran favorecer la aparición del vector que propaga el dengue.



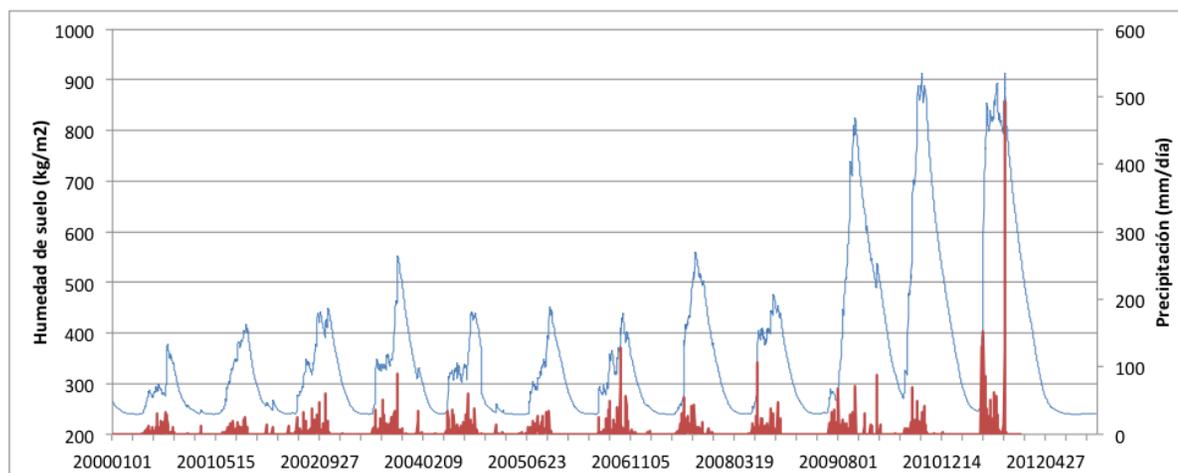
**Figura V60. Casos de dengue por semana epidemiológica entre 2008 y 2010 en el estado de Colima. Fuente: Monografía del dengue, 2012. SINAVE.**

El verano de 2009 correspondió a condiciones El Niño, con anomalías positivas en la temperatura de superficie del mar que se extendieron hasta el Pacífico mexicano. Esta condición favoreció temperatura atmosférica anómalamente alta cerca de superficie y mayor humedad en los estados del occidente de México, particularmente en Colima y Jalisco. Las condiciones de lluvia en esta zona del país llevaron a condiciones de humedad del suelo acumulada que en combinación con altos niveles de humedad atmosférica parece haber favorecido la existencia de encharcamientos prolongados por suficiente tiempo como para permitir el ciclo reproductivo del mosquito *Aedes Aegypti*.



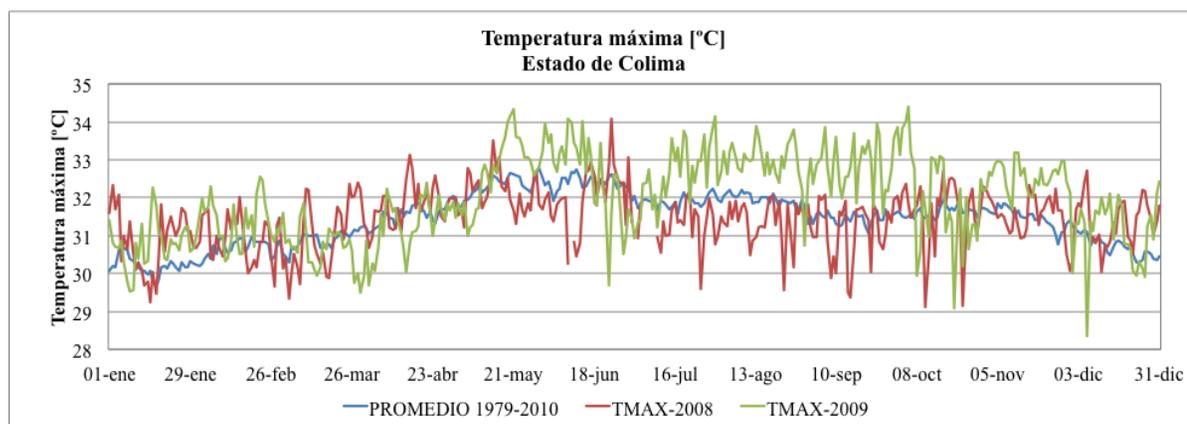
**Figura V61. Anomalías de humedad del suelo durante el verano de 2009.**

Cuando se compara la condición de humedad del suelo antes y después del 2009 con años anteriores se observa un incremento significativo en gran parte del occidente de México (Fig. V62). Aun cuando las lluvias no fueron significativamente altas, la humedad del suelo y la humedad del aire fueron anómalas como para suponer que algunos cuerpos de agua superficiales cerca de o en las ciudades pudieron permanecer por varios días, permitiendo la propagación del mosquito.



**Figura V62. Precipitación diaria y humedad del suelo en el occidente de México entre 2000 y 2012.**

Para el estado de Colima, las condiciones fueron similares a las del occidente del país, con valores de temperatura de superficie (Fig. V63), de humedad específica del aire (Fig. V64) y humedad del suelo (Fig. V65) por encima de lo normal.



**Fig. V63. Temperatura máxima diaria para el Estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).**

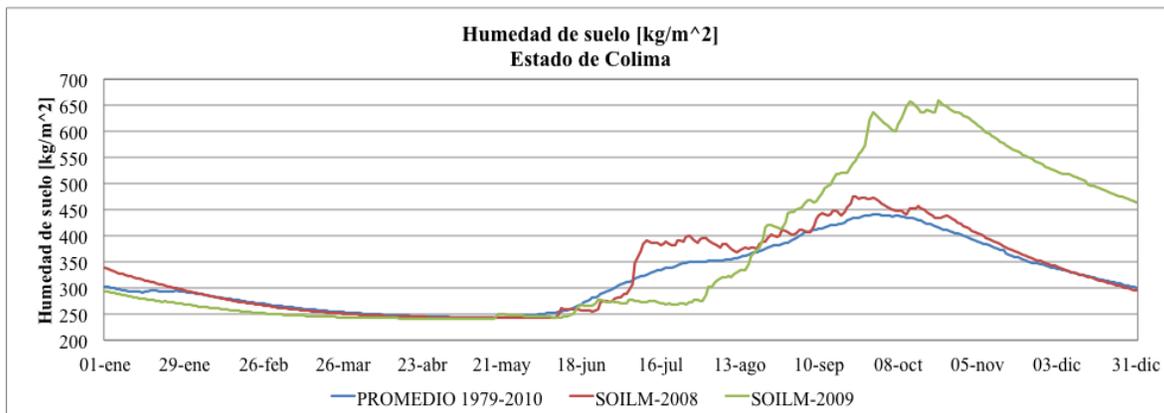


Figura V64. Humedad del suelo diaria en el Estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).

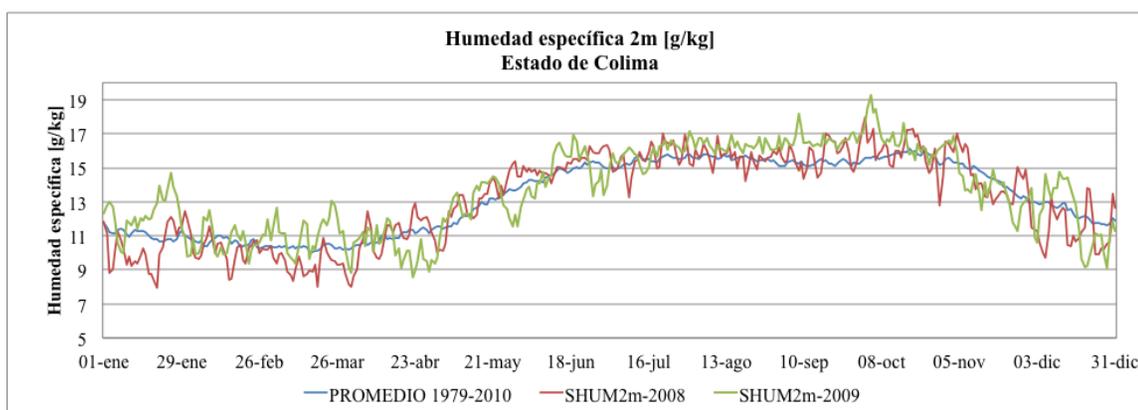


Figura V65. Humedad específica del aire a 2m diaria para el estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).

La precipitación acumulada sin embargo, presentó un comportamiento incluso por debajo de lo normal durante el 2009 (Fig. V66), lo que sugiere que al haber temperaturas elevadas, hay una mayor capacidad del aire para contener humedad y en conjunto con alta humedad del suelo (probabilidad de encharcamientos prolongados), las condiciones para la propagación del dengue se vuelven propicias.

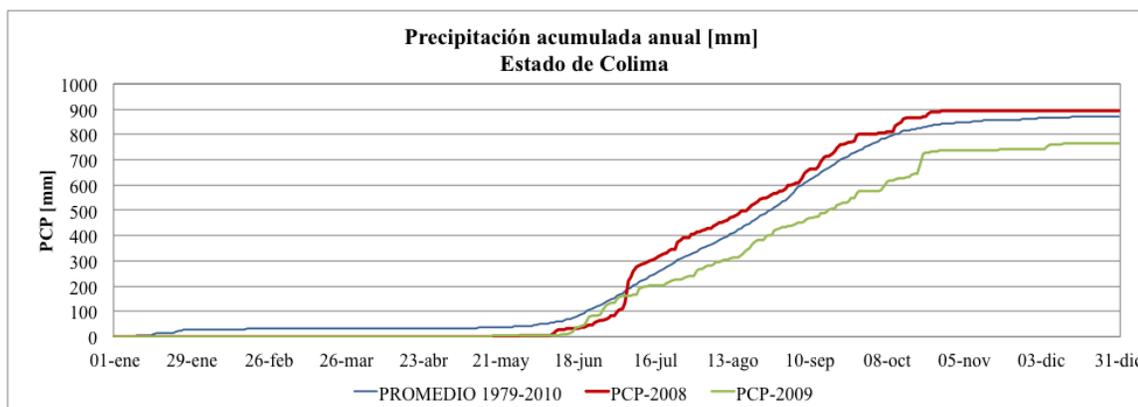


Figura V66. Precipitación acumulada en el estado de Colima promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).

Una alta humedad del suelo y una alta humedad específica hacen que se sature la atmósfera, evitando que los charcos o el agua ocupada en recipientes se evaporen, de esta manera se crea un ambiente muy húmedo y propicio para la óptima reproducción del mosquito transmisor del dengue. Por lo tanto, aunque la lluvia no sea alta, las condiciones de peligro están latentes.

Los casos reportados de la enfermedad en el año 2009, se incrementan significativamente a partir del mes de septiembre (Fig. V67). De acuerdo a los datos para clima, el surgimiento repentino de un mayor número de casos de dengue, coincide cuando los valores de humedad específica se disparan por encima de la media.



**Figura V67. Casos de dengue clásico en Colima por semana durante el 2009, con base en datos de COFEPRIS.**

Manzanillo fue el municipio más afectado por el dengue en el 2009 con más de 100 casos en 5 semanas, el valor más alto que llegó a registrarse de la enfermedad. Los años 2010 y 2011 también parecen indicar altos niveles de humedad en el suelo y en el aire. Sin embargo, la experiencia del año 2009 llevó a reforzar las medidas de control de la enfermedad, a difundir mayor información entre la población y a actuar de forma más eficiente en materia de fumigación, lo que resultó en una disminución del número de casos. Esto demuestra que se trata de un problema de gestión del riesgo de epidemia de dengue bajo condiciones climáticas anómalas, en el que la disminución de la vulnerabilidad lleva a menores niveles de riesgo.

Hasta ahora, los esfuerzos de la Secretaría de Salud están encaminados a la prevención de la reproducción del mosquito, mediante campañas de "descacharrización". También se trabaja en difundir entre la población medidas de higiene, tales como evitar tener a la intemperie recipientes que acumulen agua. Otra medida para evitar la expansión del mosquito son las campanas de fumigación de zonas afectadas, además del cuidado de los pacientes infectados, con el fin de evitar que sean picados nuevamente. Será necesario además, trabajar para que la población perciba el riesgo de dengue de manera adecuada, considerando el uso de repelentes y otros tipos de protección principalmente cuando se presenten condiciones climáticas como las aquí descritas, es decir, altos valores en humedad específica, humedad del suelo y temperatura, más allá de las fuertes y frecuentes precipitaciones. Así, la información climática se debe incorporar como elemento de gestión de riesgo de dengue.

Existe una relación entre casos de dengue y clima, y en México, la tendencia es a mayor temperatura y mayor humedad específica, que parecen inducir una tendencia a la alza en el

número de casos de dengue. En diversas partes de México, el impacto de los ciclones tropicales induce mayor humedad y encharcamientos prolongados, lo que favorece la propagación del mosquito vector del dengue. Sin embargo, generar escenarios sobre los efectos de los ciclones tropicales sobre Colima bajo cambio climático genera gran incertidumbre, por lo que se tiene que trabajar en GIRD considerando las condiciones del clima actual.

## 4. La adaptación ante el cambio climático

---

### 4.1 El contexto de vulnerabilidad

---

El Cambio Climático debe ser considerado como un problema de gestión de riesgo para la sociedad y la naturaleza. En este sentido, son dos los elementos con los que se puede trabajar para disminuirlo a niveles tolerables: la mitigación y la adaptación. La mitigación se refiere a la reducción de concentraciones de GEI con el fin de disminuir el forzante radiativo y con ello los cambios en el clima global. La adaptación se refiere a las acciones para reducir la vulnerabilidad de un sistema ante condiciones consideradas adversas de un clima cambiante. De acuerdo a Perry et al. (2007), la adaptación se refiere a los ajustes en los sistemas ecológicos, sociales o económicos para reducir los potenciales relacionados al cambio climático global. De acuerdo al marco de trabajo de políticas de adaptación propuesto por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Burton, et. al. 2002), son cinco los principios que deben considerarse para la adaptación: adaptación a la variabilidad climática en el corto plazo y a los eventos extremos; adaptación en diferentes niveles de la sociedad incluyendo el nivel local; la adaptación como estrategia y proceso para su implementación; la construcción de capacidades de adaptación para preparar mejor a la sociedad ante la variabilidad del clima actual con miras a actuar frente al cambio climático futuro; y construir esquemas para un proceso continuo de adaptación.

En la gestión de riesgo ante cambio climático se impulsan medidas de mitigación principalmente en relación con cambios en los usos de la energía, o manejo de procesos agrícolas y ganaderos, aunque los resultados obtenidos hasta ahora son considerados magros. En otras palabras, ha sido difícil reducir la magnitud del peligro y tomará algunos años el comenzar a ver resultados relacionados con las acciones de mitigación. Por otro lado, es cada vez más claro que muchos de los impactos del clima en nuestra sociedad, regiones y sectores productivos están en buena medida asociados con el incremento de nuestra vulnerabilidad. De ahí la importancia de las medidas de adaptación para reducir el riesgo ante la variabilidad y el cambio climático, principalmente cuando se piensa a nivel regional. Los PEACC son una oportunidad para revisar las formas en que se construye socialmente la vulnerabilidad con el fin de corregir los problemas del modelo de desarrollo seguido hasta ahora. De acuerdo al IPCC (2007), la tendencia a un clima más caliente en todo el planeta continuará, y en combinación con la variabilidad natural del clima, podría tener graves consecuencias de no corregir muchas de las condiciones que ya desde ahora nos hacen vulnerables.

El cambio climático también es una oportunidad para impulsar un modelo de desarrollo sustentable. Son diversas las aproximaciones que se han propuesto ante tal reto, pero como en el caso de la mitigación, los resultados obtenidos hasta ahora son poco claros. Muchas de las acciones de adaptación tienen que ver con decisiones que se tomen a escala local o regional. Es por ello que las adaptaciones que se propongan en el mundo requerirán de la

participación de las comunidades y autoridades locales, de forma que grupos y sectores se apropien de las acciones y las mantengan funcionando para su beneficio.

Muchos de los desastres que en México se presentan en relación con fenómenos climáticos se deben a la forma de ocupación del territorio y aprovechamiento de los recursos naturales. Dado que la decisión sobre el uso de suelo recae en las autoridades a nivel municipal, el gobierno estatal tendrá que trabajar en la coordinación de acciones de adaptación entre municipios. Es común que la vulnerabilidad de una localidad ante un fenómeno atmosférico no sea generada por el municipio donde se encuentra, sino por uno o más municipios vecinos. De ahí la importancia de que al hablar de adaptación se piense en el papel de las autoridades estatales en la coordinación de acciones a nivel regional. Por otro lado, la importancia de los servicios ambientales para el bienestar humano resulta en necesidad de establecer su valor entre la sociedad para generar conciencia en materia de manejo y aprovechamiento de los recursos naturales. Sin embargo, aun en años recientes se mantiene un modelo de desarrollo con impactos negativos en el medio ambiente y de deterioro de los recursos naturales y los servicios ambientales a una velocidad alarmante (PNUD 2011a). La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) sostiene que la adaptación se puede lograr en buena medida, reconociendo el valor de los servicios ambientales que proporcionan las Áreas Naturales Protegidas, contribuyendo a la mitigación y a aumentar la resiliencia de la sociedad (CONANP, 2010).

Con base en las consideraciones anteriores es que el PEACC- Colima toma en cuenta el papel de los sistemas naturales, de la percepción del riesgo entre la población, del gobierno estatal como agente coordinador de las acciones y de las autoridades municipales para la promoción e implementación de acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los socioecosistemas y sectores económicos, es decir, para la adaptación.

#### 4.2. La adaptación al cambio climático

---

Los impactos del cambio climático dependen de las condiciones de vulnerabilidad presente y futura, con y sin adaptación, sea ésta privada o pública, autónoma o planificada, pero que pueden contemplarse esencialmente como:

- La adaptación correctiva, relacionada con las acciones de reposición que llevan a superar los daños producto de la vulnerabilidad ya existente.
- La adaptación prospectiva, relacionada con la planeación del desarrollo bajo un clima diferente, destinada a eliminar o reducir los potenciales impactos del cambio climático.

La adaptación es un proceso ligado al modelo de desarrollo y requiere ser implementada mediante la continua interacción de especialistas y actores clave. El trabajo realizado en México en este rubro atiende las sugerencias del Marco de Políticas de Adaptación (Lim y Spangler-Sigfried, 2004), construyendo capacidades y estableciendo una relación estrecha con diversos actores clave, como parte de la agenda del desarrollo (Grandolini, 2012). Las estructuras institucionales se han construido paulatinamente para afrontar el cambio climático, planteando estrategias a partir del Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012, cuyo eje de sustentabilidad ambiental recomienda “impulsar medidas de adaptación a los efectos del cambio climático”. La Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), presidida por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), con la participación de once secretarías de estado y otros órganos del gobierno federal, desempeñó un papel medular en el fortalecimiento institucional de la política de adaptación.

Las medidas de adaptación al cambio climático requieren entender la dinámica de la vulnerabilidad, ya que los escenarios de cambio climático a escala regional son tan inciertos, que definirlos con base en éstos sería inapropiado pues se conocen los fenómenos climáticos que desde ahora requieren una atención especial. Por ello, es más apropiado hablar de adaptación a un clima cambiante que adaptación al cambio climático. Bajo esta filosofía es que se ha realizado un diagnóstico de la vulnerabilidad reciente y su evolución, para definir algunas acciones de adaptación correctiva que hagan a los socioecosistemas menos vulnerables. Aún más, siguiendo la recomendación del IPCC (2012), será necesario generar escenarios de riesgo a una década o dos cuando mucho, periodo en el que se analizará el impacto de la adaptación, recordando que se trata de un proceso. En los escenarios de impactos potenciales ante un clima cambiante es fundamental tener un modelo de vulnerabilidad que permita proyectar el riesgo futuro. Esto se ha desarrollado en el presente trabajo, pero serán necesarios estudios adicionales para definir los detalles de los proyectos de adaptación.

En el Marco de Políticas de Adaptación las acciones propuestas se priorizarán no sólo por la razón de costo y beneficio, sino también por su aceptación entre la sociedad, su equidad, los plazos que tomarán para mostrar resultados y las capacidades existentes para implementarlas. Las medidas de adaptación propuestas en este trabajo parten de algunas experiencias en México y otros países. Son sugeridas de acuerdo con el sector afectado y el peligro bajo consideración, y se busca aplicarlas de manera transversal tomando en cuenta las políticas e instituciones nacionales existentes, que abren la oportunidad de financiamiento y en donde se cuenta con capacidad para su puesta en marcha.

#### 4.3. Los sectores y la adaptación

---

##### a) Las zonas costeras

---

**Peligros:** los peligros más importantes están relacionados con el paso de ciclones tropicales por el Pacífico del este y las condiciones de viento y marea de tormenta que generan. Bajo cambio climático, el aumento del nivel del mar inducirá mayor velocidad en las ondas que lleguen a la costa.

**Factores de vulnerabilidad:** Los más vulnerables son los que habitan en zonas cercanas al nivel del mar, a alturas menores a 5 msnm, en casas frágiles a vientos intensos, y en zonas donde se ha perdido la cobertura de manglar. El limitado uso de la información meteorológica y climática en la toma de acciones preventivas hace vulnerables a estas zonas.

Se debe considerar también la infraestructura de alto valor económico, principalmente en el municipio de Manzanillo (hoteles, restaurantes, CFE).

**Potenciales Acciones de Adaptación al Cambio Climático:**

i) Reordenamiento territorial y planeación del crecimiento en las ciudades costeras, siguiendo los lineamientos de Atlas de Riesgo Dinámicos mejorando el modelo de ocupación del territorio bajo diversos escenarios.

ii) Normas de construcción costera (en hoteles y grandes edificaciones) que consideren el efecto de vientos de ciclones tropicales (en infraestructura turística), además de nuevos diseños y materiales.

iii) Desarrollo de Atlas de Riesgo Dinámicos a Nivel Municipal que sean comunicados a la Población para que conozcan su nivel de vulnerabilidad y diseñen acciones que puedan resultar en disminución de riesgo.

iv) Diseño de sistemas de alerta temprana ante ciclones tropicales que tomen en cuenta las características de los municipios costeros de Colima, con una clara definición de Plan A de

acción antes, durante y después del paso de un ciclón. Adicionalmente, la construcción de un Plan B local para el caso de la población flotante, especialmente del sector turismo.

Estudios requeridos:

i) Análisis del impacto de Marea de Tormenta a nivel municipal, que lleve al desarrollo de Atlas de Riesgo Dinámico. Posible Financiamiento de FOPREDEN o de PACCMUN. Fondos estatales.

ii) Estudios de comunicación de riesgo con la sociedad para generar un nivel de percepción entre actores involucrados. Revisión de las acciones recomendadas en el Sistema de Alerta Temprana ante Huracanes.

iii) Actualización de los Planes de Ordenamiento Ecológico (ya existente) con consideración especial de las zonas costeras, incluyendo los planes de conservación de manglares.

iv) Escenarios de impacto de marea de tormenta bajo diversos modelos de desarrollo de infraestructura urbana.

Actores clave involucrados:

i) Autoridades de Protección Civil de los municipios costeros de Colima.

ii) Sociedad Civil.

iii) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (sector carretero y portuario).

iv) Sector Académico.

v) Medios de Comunicación.

Plazo: Tres años

## b) Protección Civil

Peligros: los peligros más importantes están relacionados con el paso de ciclones tropicales por el Pacífico del este y las lluvias intensas asociadas. Existe una tendencia en ciertas regiones donde las tormentas son cada vez más frecuentes.

Factores de vulnerabilidad: los cambios en el uso de suelo que generan mayores escurrimientos ante lluvias intensas; los asentamientos irregulares y la falta de esquemas de gestión del riesgo ante tormentas intensas.

Se debe tener especial interés en los nuevos asentamientos en zonas que son cercanas a cauces de ríos, cañadas, o potencialmente inundables, y en población con poco conocimiento de los peligros meteorológicos más frecuentes y dañinos (escuelas y centros habitacionales).

Potenciales Acciones de Adaptación al Cambio Climático:

i) Reordenamiento ecológico-territorial y planeación del crecimiento en las ciudades, siguiendo los lineamientos de Atlas de Riesgo Dinámico para que sirvan de referencia para el modelo de desarrollo.

ii) Uso del plan estatal de ordenamiento ecológico implementando los puntos que recuperen los servicios ambientales de regulación y de provisión.

iii) Desarrollo de Atlas de Riesgo Dinámicos a Nivel Municipal y Local que sean dados a conocer entre la población para definir niveles de vulnerabilidad y priorizar las acciones que pueden resultar en disminución de riesgo.

iv) Diseño de sistemas de alerta temprana ante lluvias intensas, que tomen en cuenta las ciudades de mayor población y los sitios en zonas potencialmente inundables de Colima, con una clara definición de Plan A de acción antes, durante y después del paso de un ciclón tropical. Adicionalmente, la construcción de un Plan B local que tome en cuenta el manejo de sistemas de abastecimiento de agua, energía, comunicación durante el desastre (aumentar la resiliencia).

Estudios requeridos:

i) Análisis del impacto de lluvias intensas en zonas urbanas potencialmente inundables. Posible Financiamiento de FOPREDEN o de PACCMUN. Fondos municipales.

ii) Estudios de comunicación de riesgo con la sociedad para generar un nivel de percepción de riesgo entre actores involucrados, incluyendo revisión de las acciones recomendadas en el Sistema de Alerta Temprana ante Huracanes

iii) Actualización de los Planes de Ordenamiento Ecológico (ya existente) con consideración especial de las zonas potencialmente inundables, basados en el concepto de cuenca hidrológica, incluyendo el efecto que tiene la rehabilitación, manejo y conservación de cuencas.

Actores clave involucrados:

i) Autoridades de Protección Civil de la ciudad de Colima y otras localidades afectadas por inundaciones en épocas recientes.

ii) Sociedad Civil

iii) Secretaría de Comunicaciones y Transportes (sector carretero y portuario)

iv) Sector Académico

v) Medios de Comunicación

Plazo: Cuatro años

### c) Agricultura

Peligros: los peligros más importantes están relacionados con la sequía meteorológica que puede llevar a sequía agrícola, así como las condiciones climáticas que favorecen la aparición de plagas.

Factores de vulnerabilidad: influencia de los mercados y de la economía nacional en el interés productivo. Prácticas tradicionales en la agricultura de temporal que no hace uso de información climática. Falta de apoyos para el uso de sistemas de riesgo más eficientes que aumenten la productividad.

Se debe tener especial interés en el potencial impacto que las plagas tendrán de presentarse ciertas condiciones climáticas (ondas de calor, sequía).

Potenciales Acciones de Adaptación al Cambio Climático:

i) Uso de información climática en la planeación de los cultivos.

ii) Revisión de los esquemas de aseguramiento agrícola frente a condiciones extremas del clima y frente a plagas.

iii) Cambios en el manejo tradicional de los cultivos que inhiban el uso del fuego, y permitan la recuperación de la fertilidad de los suelos.

iv) Apoyos económicos al campo que motiven a los jóvenes a dedicarse a esta actividad.

Estudios requeridos:

i) Estudio de relaciones sobre riesgo climático para los cultivos más importantes del estado.

ii) Estudios de relaciones clima–plagas que lleven a considerar escenarios y acciones de control preventivas.

iii) Impactos económicos de la implementación de técnicas modernas de cultivo en la agricultura de temporal (productividad agrícola) que conduzcan a un plan de modernización de esta actividad.

Actores clave involucrados:

i) Campesinos en zonas de temporal.

ii) SAGARPA

iii) SEDESOL

iv) Sector Académico

Plazo: Seis años

#### d) Bosques

---

**Peligros:** los peligros más importantes están relacionados con la sequía meteorológica que pueda llevar a estrés hídrico de la vegetación, así como condiciones climáticas que favorezcan la aparición de plagas.

**Factores de vulnerabilidad:** Prácticas tradicionales en la agricultura de temporal que emplean el fuego. Falta de información en la sociedad sobre uso del fuego (eg, fogatas). Intereses de apropiación de terrenos que llevan a uso de fuego. Limitada gestión de riesgo de incendios forestales para inhibir su ocurrencia, particularmente en terrenos privados.

Se debe analizar de forma especial el contraste de capacidades entre CONANP y CONAFOR en materia de prevención de incendios forestales, aprovechando las experiencias exitosas de los primeros.

**Potenciales Acciones de Adaptación a Cambio Climático:**

i) Reforzar acciones preventivas de incendios forestales y no sólo las de control de incendios, principalmente en terrenos privados.

ii) Cambios en el manejo del fuego en la agricultura y la ganadería.

iii) Diseño de planes de conservación y rehabilitación que den conectividad a los ecosistemas con el fin de conseguir pago por servicios ambientales.

iv) Diseño de Planes de Manejo Forestal en diversas regiones.

**Estudios requeridos:**

i) Esquemas de Gestión Integral de Riesgo de Incendio Forestal que considere información climática (monitoreo y pronóstico).

ii) Estudio de detección de zonas potencialmente afectables por incendio usando información de estrés hídrico de la vegetación (uso de sensores remotos y datos climáticos).

iii) Impactos económicos de los incendios forestales que lleven a demostrar el beneficio de la prevención y del pago de servicios ambientales. Los estudios mostrarán que la gestión del riesgo se paga al menos al 6 X 1 con respecto a la respuesta a la emergencia o al desastre.

iv) Estudios de Relaciones clima plagas en los bosques del estado, que lleven a acciones de prevención y control.

**Actores clave involucrados:**

i) Campesinos en zonas de bosques y productores forestales.

ii) SAGARPA

iii) CONAFOR, CONANP

iv) Sector Académico

v) SEDESOL y Protección Civil

Plazo: Seis años

#### d) Salud

---

**Peligros:** aumento en la temperatura y niveles de humedad del suelo y del aire cerca de la superficie, lo que favorece la aparición del mosquito *Aedes aegypti* que contagia el dengue. Ondas de calor que llevan los niveles de confort a niveles de peligro.

**Factores de vulnerabilidad:** insuficientes resultados con los programas de “descacharrización” y de fumigación que se han promovido hasta ahora. Falta de información en la población para conocer los factores de peligro y las condiciones de riesgo que una condición climática puede generar. No existencia de una vacuna. Insuficiente conocimiento sobre los beneficios de repelentes contra mosquitos. No uso de información climática en las campañas de prevención. No existencia de Sistemas de Alerta Temprana en el Sector Salud.

**Acciones de adaptación:**

i) Cultura de la autoprotección (e.g, valor de los repelentes) y conocimiento del riesgo.

ii) Uso de información climática para definir estacionalmente las campañas de apoyo a la población y atención preventiva.

iii) Generación de capacidades en centros médicos u opciones de atención inmediata ante golpe de calor o síntomas de dengue.

iv) Diseños de ciudad para control de la Isla de Calor.

Actores clave

i) Sector Salud

ii) Población entre 5 y 40 años

iii) Medios de comunicación

iv) Secretaría de Educación Pública Estatal

Investigación:

i) Conocimiento de variedades del virus y su control.

ii) Investigación epidemiológica y vacunas.

iii) Estrategias de identificación y control de focos de infección encontrados por la comunidad (cultura de la autoprotección).

iv) Generación de cartas de confort climático para las ciudades y habitantes de Colima.

Plazo: Dos años

# VULNERABILIDAD EN LA ZONA COSTERA

Dr. Marco Galicia

Colaboradores: Dr. Ernesto Torres Orozco, Ing. Guillermo López Navarro

## 1. Introducción.

---

La zona litoral de las regiones costeras es la zona donde se manifiestan los mayores efectos de los procesos marinos. Impactos como el cambio de la morfología de costas, los procesos de erosión y de crecimiento de playas son bastante notorios en diversas escalas geográficas y de tiempo (Torres *et al.*, 2010).

La zona costera es un espacio geográfico muy dinámico y complejo en donde interactúan el océano, el continente y la atmósfera; es un hábitat rico en recursos por lo que se ha generado una sobre explotación y deterioro de los mismos, además es una región con una creciente densidad poblacional que demanda más espacios y mejores servicios. Esta situación ha generado un mal uso de los recursos bióticos y abióticos, alterando o destruyendo sistemas que funcionan como barreras protectoras y haciendo a esta zona vulnerable ante diversos fenómenos, tanto naturales como antropogénicos de diferentes intensidades (García-Balan, 2008; CENAPRED, 2006; CENAPRED, 2007 (b)).

Los procesos que gobiernan la dinámica litoral como la variación de aporte de sedimentos y los cambios de energía originados por el oleaje y las corrientes marinas causan diferencias en el ancho, pendiente y forma de las playas, los cuales varían durante las diferentes épocas del año, siendo en las épocas de lluvias y nortes cuando los cambios son más intensos, principalmente por la frecuencia e intensidad de los oleajes.

Actualmente la actividad antropogénica también ha contribuido a modificar la zona litoral, desde el momento que se construyen vías de comunicación, infraestructura energética y petrolera, hoteles, casas, restaurantes, etc. en su parte continental, hasta la construcción de muelles, espigones, escolleras, rompeolas en la parte marina alterando el transporte litoral y la morfología de la playa (Torres *et al.*, 2010).

La zona costera de Colima se encuentra expuesta a confrontaciones con distintos fenómenos naturales, que han provocado grandes pérdidas económicas y humanas, aunado a la falta de coordinación e inversión de forma concreta e integral, a fin de preservar a salvo las vidas humanas ante estos fenómenos (Galicia-Pérez, M. *et al.*, 2007; CENAPRED, 2008).

Este trabajo permitirá identificar zonas de riesgo por marea de tormenta en la costa de los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán en el estado de Colima. Para esto, se define y se precisa cómo sucede y en qué condiciones se presenta una amenaza para estos lugares, así mismo se establecen las causas que la generan y los efectos que produce sobre la población y sus intereses. Los efectos pueden ser directos o derivados, por ejemplo, un ciclón produce la marea de tormenta, la cual ocasiona inundaciones y daños materiales a la población.

Además son descritas las condiciones topográficas, hidrológicas, climatológicas, sociales y económicas de la región para valorar la potencialidad de estos riesgos sobre todo en zonas pobladas, en las inmediaciones del puerto y en el área industrial.

Por otra parte, se incluye una relación de eventos hidrometeorológicos notables, que han causado víctimas fatales o serios problemas entre la población en los últimos 50 años. Se hace un análisis de la precipitación sobre la región en las últimas 5 décadas así como su relación con el evento El Niño y El Cambio Climático, en esta forma se puede apreciar si la magnitud de dicho fenómeno influye a su vez en la intensidad, duración o frecuencia de los hidrometeoros sobre Manzanillo. Los datos históricos de precipitación y los registros de El Niño permiten lo anterior.

Se utilizan ortofotos, cartas de relieve, imágenes de satélite para conformar el marco sobre el que se muestran los resultados, mismos que puede ser punto de partida para elaborar otra investigación. Finalmente se propone generar o fortalecer una cultura de prevención ambiental.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general.**

---

Identificar zonas costeras vulnerables a inundación por fenómenos de marea de tormenta en el estado de Colima, debido a alteraciones del Cambio Climático.

#### **2.1.1 Objetivos específicos.**

---

Elaborar un mapa de riesgos de inundación por marea de tormenta en la zona costera de Colima en los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán.

Detectar zonas vulnerables a este fenómeno hidrometeorológico en los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán.

Hacer recomendaciones sobre medidas para proteger las viviendas y toda la infraestructura en el litoral del estado de Colima.

Establecer un plan de acción en conjunto con autoridades locales ante la generación de un evento de marea de tormenta.

### **2.2 Marco teórico conceptual.**

---

El estado de Colima, como parte de las zonas costeras del Océano Pacífico, está permanentemente expuesto a la ocurrencia de fenómenos naturales: geológicos, hidrometeorológicos, oceanográficos y biológicos; por ejemplo, sismos, derrumbes, ciclones, inundaciones, marea de tormenta, tsunamis, marea roja tóxica, también plaga nociva y

epidemias, que cuando se presentan generalmente causan estragos entre la población por las pérdidas humanas y materiales que ocasionan.

Experiencias en la zona costera de Colima, dan cuenta de la magnitud de estos desastres naturales. Por ejemplo, recuérdese el ciclón de Manzanillo del 27 de octubre de 1959, el Huracán Gilberto de 1988, el Huracán Paulina de 1997, los Huracanes Stan y Wilma del 2005, los sismos de la costa occidental mexicana del 31 de enero de 1973, del 19 de septiembre de 1985, del 9 de octubre de 1995 y 21 de enero de 2003.

Estas tragedias hacen reflexionar, que a pesar de los avances mencionados son insuficientes los conocimientos que se tienen de estos fenómenos, y que existen deficiencias de los sistemas de protección civil. Por lo que todo intento en cualquier nivel, por modesto que parezca como el que se expone ahora, para prevenir y mitigar catástrofes, despertando la conciencia y sensibilidad de autoridades y población indiferentes, no será en vano.

Este trabajo, se dedica exclusivamente al análisis de riesgos por marea de tormenta en el área costera del estado de Colima, siendo los Municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán.

### 3. Área de estudio y antecedentes.

El estado de Colima está constituido por 10 municipios: Armería, Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán y Villa de Álvarez (Fig. ZC2.1). La costa de Colima, en el Suroeste de la entidad, incluye tres municipios: Manzanillo, Armería y Tecomán (Fig. ZC2.2). En conjunto, la costa de Colima comprende una superficie de 2,536 km<sup>2</sup>, poco menos de la mitad de la superficie del estado (45%). La región Costa de Colima tuvo su mayor incremento demográfico en los años setenta, con el desarrollo del puerto de Manzanillo como centro turístico y puerto comercial y por la dinámica poblacional de Tecomán; por esa razón la población de la región costera creció en más de 143.9% en los últimos veinticinco años, para llegar a tener una población de 260.9 mil habitantes en el 2005, es decir, el 45.9% de la población estatal. En la figura. 2.2 se presenta la localización de los tres municipios costeros del estado de Colima (INEGI, 2010).

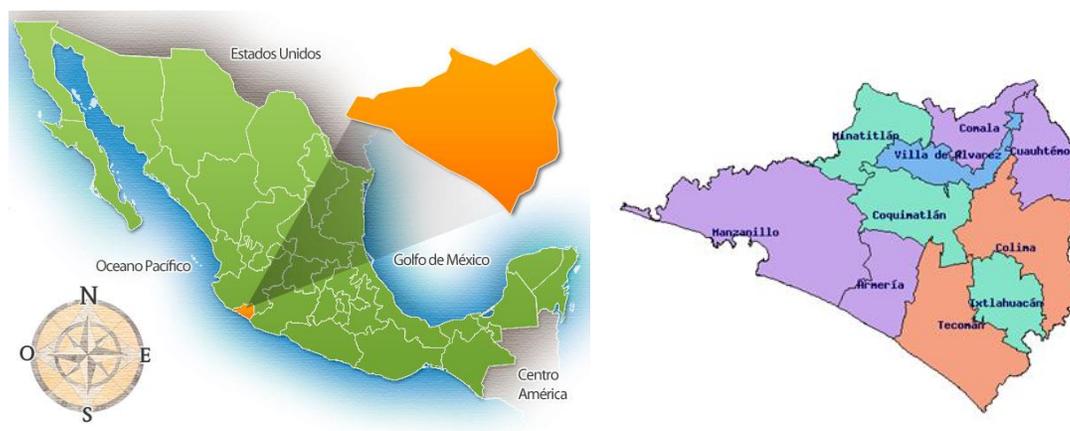
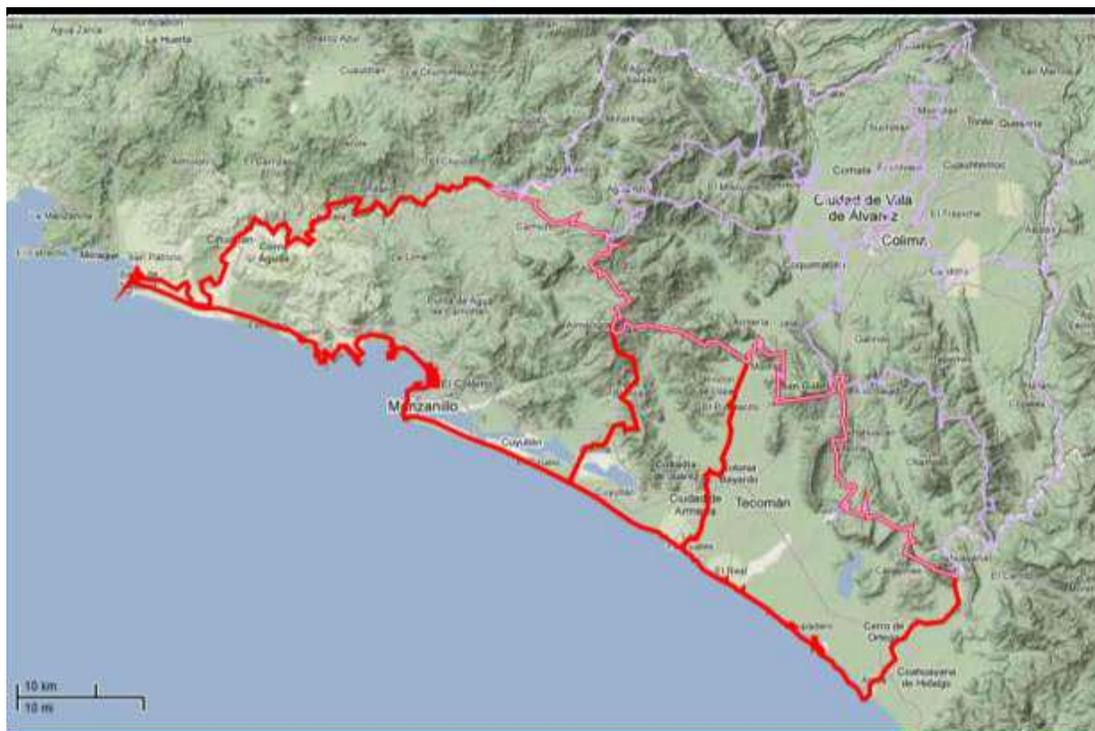


Figura ZC2.1. Localización del Estado de Colima y sus Municipios.



**Figura ZC2.2. Localización de los 3 municipios costeros del estado de Colima, delimitados por las líneas en color rojo.**

### 3.1 Municipio de Manzanillo.

#### 3.1.1 Ubicación geográfica.

El municipio de Manzanillo se localiza entre los 18° 56' y 19° 19' de latitud Norte y entre los 104° 01' y 104° 42' de longitud Oeste (**Fig. ZC2.3**), con una altitud entre 0 y 1 700 m. Sus límites geográficos son: al Sureste el municipio de Armería; al Sur el Océano Pacífico; al Noreste el municipio de Coquimatlán; al Norte el de Minatitlán y al Noroeste y Oeste el estado de Jalisco. Manzanillo es el municipio de mayor tamaño de los diez que conforman el estado de Colima y tiene casi la tercera parte de la superficie estatal (23.83%) con 1578.42 km<sup>2</sup>. Cuenta con 183 localidades y una población total de 137 842 habitantes el cual corresponde al 22.2% del total de la población estatal (INEGI, 2009). El centro de Manzanillo se localiza a unos 65 Km, en línea recta, al Oeste-Suroeste de la ciudad de Colima, capital del estado.

#### 3.1.2 Climatología de la región de Manzanillo.

El clima en poco más del 93% del municipio se clasifica, según Köppen, como Aw, es decir, cálido subhúmedo, con lluvias en verano, de menor humedad (88.95%), semiseco muy cálido

y cálido (8.01%) y temperatura promedio del mes más frío mayor de 18°C. La temperatura media se presenta en tres franjas, costera, intermedia y extremo Norte, todas ellas paralelas unas a otras y a su vez a la línea de costa; la primera, pegada a la costa ocupa un 30% del territorio y la temperatura oscila entre 26 y 28°C. En la franja intermedia el promedio cambia al rango de 24 a 26°C y es más amplia con 60% del territorio y finalmente el 10% restante, al Norte del municipio disminuye al rango de 22 a 24°C, incluye a los poblados de Veladero de Camotlán, La Rosa, San José de Lumber y Canoas. En general el territorio es caluroso siendo más en la costa y disminuye el promedio de temperatura, casi 4°C hacia la parte Norte del territorio (INEGI ,2009).

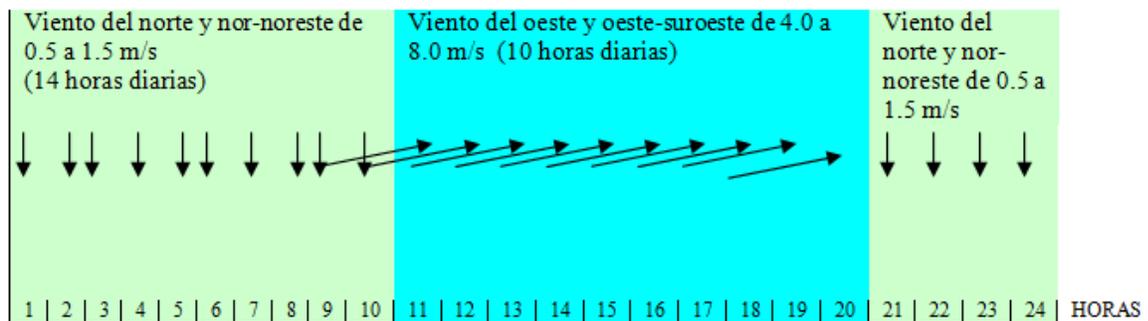
La humedad relativa es mayor en la franja costera con un promedio anual de 74% y disminuye al 55% hacia el Norte. Sin embargo, no deja de combinarse en todo el municipio, estos altos valores de humedad y temperatura para producir una sensación de bochorno y calor casi todo el año.



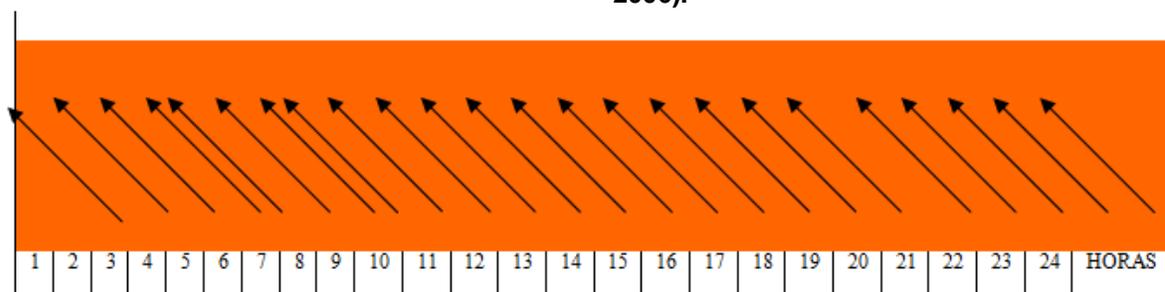
Figura ZC2.3 Municipio de Manzanillo, cabecera municipal, principales poblados y localidades.

Por lo que toca a la precipitación, ésta sigue un patrón de comportamiento a la inversa que la temperatura y la humedad. Es decir, en tanto se adentra al territorio desde la costa, el total de lluvia anual aumenta. La franja costera que indica la precipitación, que en su parte inferior comprende el litoral desde el límite con Barra Navidad hasta la mitad de la bahía de Manzanillo, bordea al puerto en la parte Norte de éste excluyéndolo, continúa con el Colomo, la parte Norte de la laguna de Cuyutlán hasta la parte Oeste del poblado de San Buenaventura. En la parte superior de la franja mencionada la lluvia fluctúa entre los 800 y 1000 mm al año y corresponde a la línea que une los poblados de El Charco, Los Parajes, Tepeguajes y Canoas, comprendiendo casi un 75% del territorio. Por lo general para todo el municipio, la temporada de lluvias es de junio a octubre aunque son los meses de agosto y septiembre en los cuales se da la mayor precipitación del año (70%) y ocurren las tormentas tropicales más severas, coincidiendo con la temporada de ondas tropicales y ciclones del pacifico Nororiental.

Los vientos dominantes para Manzanillo, en condiciones normales, proceden del Norte y Nor-Noreste, con velocidad promedio de 5.0 m/s (**Fig. ZC2.4**). Cuando se tiene la cercanía de algún sistema ciclónico desde latitudes entre 10° a 15° Norte, con 90° a 105° de longitud Oeste y se desplace hacia el Noroeste, paralelo a la costa, el régimen normal de viento cambia todo el día a la dirección característica, entre Este y Sur con velocidades de acuerdo a la intensidad y proximidad del ciclón (**Fig. ZC2.5**). En el caso particular de que un ciclón impacte el área de Manzanillo, se tendrá que luego del violento ataque inicial del viento, sigue una breve calma durante unos 30 minutos, tiempo que tarda en pasar el ojo, posteriormente, se restablecen los vientos con la misma intensidad, solo que de dirección opuesta a la que tenían cuando llegaron.



**Figura ZC2.4. Viento dominante en Manzanillo. Comportamiento del viento en un día normal:**  
(Fuente: Registros Observatorio Meteorológico de Manzanillo, CNA, 2003; Venegas, 2006).



**Figura ZC2.5 Viento dominante con ciclón próximo.** (Fuente: Registros Observatorio Meteorológico de Manzanillo, CNA, 2003; Venegas, 2006).

Es necesario hacer una descripción general de la topografía, orografía, tipo de suelo e hidrografía del municipio de Manzanillo. Su estrecha relación permite entender la ubicación de zonas de riesgos por deslaves, derrumbes e inundaciones; puede apreciarse los orígenes de múltiples arroyos, la orientación de su escurrimiento y como confluyen para formar arroyos o ríos importantes del municipio. Por otra parte, puede entenderse cómo las alturas y pendientes del terreno encauzan las aguas pluviales y fluviales y dan lugar a las cuencas hidrológicas.

Infinidad de lomas y cerros confunden a simple vista una descripción y ubicación precisas de la orografía regional, no todos los cerros tienen nombre, solamente algunos debido a algún rasgo característico, su altura, su cercanía a algún poblado o algún suceso histórico relacionado, etc. Se hace una breve descripción de los principales escurrimientos y cerros del municipio.

Al Este del municipio, se tiene la mayor densidad y volumen orográficos, con un promedio de altitud de 450 m, además contiene los cerros de mayores altitudes de Manzanillo. Al Oeste, se presenta menor densidad de cerros con un promedio de altitud de 200 m, esto explica por qué gran parte de los escurrimientos se dirigen hacia el arroyo de Punta de Agua o continúan, en la parte Norte del municipio, escurriendo hacia el lado Oeste, hasta el río Marabasco. En el lado Este, el cerro del Ocote con 1750 m de altitud, es el lugar más alto del municipio, aunque debe mencionarse que esta cima es compartida ya que es punto de unión de los municipios de Manzanillo, Coquimatlán y Minatitlán.

El área completa del municipio de Manzanillo junto con una parte del municipio de Minatitlán y otra del estado de Jalisco, pertenece a la cuenca hidrológica conocida como Chacala-Purificación (RH-15). Las principales subcuencas son las del río Marabasco y del arroyo San José en la franja Norte del municipio, ocupan un 40% del territorio. El restante 60% del municipio de Manzanillo se encuentra repartido en las subcuencas correspondientes a los arroyos, Agua Blanca 5%, El Zacate 15%, Jalipa-Francisco Villa 3%, Punta de Agua 22%, Santiago 10% y Potrero Grande 10%.

### **3.1.3. Características ambientales, económicas y sociales de Manzanillo.**

---

Aparte de las características físicas ya mencionadas, la región de Manzanillo presenta el siguiente escenario ambiental: dos grandes Bahías donde se encuentran las playas principales como la de Playa de Oro, la Boquita, Miramar, Olas Altas, Santiago, Las Hadas, La Audiencia, Salagua, Playa Azul, Las Brisas, San Pedrito, El Viejo, Ventanas y Campos.

Acantilados como el de Punta Campos, Punta Santiago, Punta las Hadas y Vida del Mar. Las lagunas como la de Cuyutlán, la del Valle de las Garzas, la de Juluapan, la de Los Hachotes y el Estero Potrero Grande. Sus ríos y grandes arroyos como El Marabasco, El San José, El Santiago, El Punta de Agua, El Zacate y Agua Blanca, sin contar la infinidad de escurrimientos que descienden de la serranía para conformar los grandes ríos y arroyos.

El total de las Comunidades del municipio, por su ubicación geográfica, los servicios con que cuenta y la cantidad de habitantes, están divididas en: Delegaciones, Juntas y Comisarías Municipales (INEGI, 2009).

Manzanillo tiene modernas vías de comunicación, cuenta con carretera libre y de cuota de cuatro carriles que comunican con la capital del estado y con Guadalajara. Todos sus poblados están comunicados aunque algunos de ellos con caminos de terracería. Existe servicio de

ferrocarril desde el puerto hacia Guadalajara, un aeropuerto internacional y un puerto marítimo de altura y cabotaje.

A fines de los años 70 y principios de los 80, con la construcción de la Central Termoeléctrica, el aeropuerto, los grandes hoteles y el puerto Interior, Manzanillo ha tenido un importante crecimiento y desarrollo económico. Su posición es estratégica en el centro del pacífico, como punto de enlace comercial nacional e internacional, de carga y abasto para el país y para importantes ciudades del Este de los Estados Unidos lo colocan como el principal puerto del pacífico mexicano. La infraestructura portuaria es la más importante de México.

Grupos mineros, industriales, turísticos y empresas de servicios tanto privadas como gubernamentales relacionados con el puerto, así como importantes centros educativos de todos los niveles, se han establecido. El desarrollo económico es evidente, en consecuencia, las principales actividades en Manzanillo son: portuaria, turística, comercial, minera, de transformación, agrícola, pesquera, de exportación, de importación, construcción, naviera y servicios.

## 3.2 Municipios de Armería y Tecomán

### 3.2.1 Ubicación geográfica.

---

Debido a que estos dos municipios costeros presentan características fisiográficas muy similares, donde predominan las únicas superficies realmente planas, de llanura costera y valle fluvial de la entidad, se tratarán en este mismo capítulo.

Armería se localiza entre las coordenadas de los 103° 53' a 104° 07' longitud Oeste y los 18° 01' a 19° 07' latitud Norte. Cuenta con una extensión territorial de 341.6 km<sup>2</sup>, lo cual representa el 6.3% de la superficie total de la entidad. Limita al Sur con el Océano Pacífico a lo largo de 15.3 km de costa, al Oeste con Manzanillo, al Norte con Coquimatlán y al Este con el río Armería y con Tecomán (Fig. 2.6).

Se ubica a 55 km de la capital del estado. La cabecera municipal se encuentra a una altitud de 20 m. Ocupa el 7.27% de la superficie del estado, el municipio está integrado por 70 localidades, entre las más importantes son Armería, Cofradía de Juárez y Rincón de López cuenta con una población total de 24 939 habitantes (SEDESOL, 2009).

Tecomán se localiza entre los 19° 07' 41.51" y 18° 40' 10.10" de Latitud Norte y los 103° 53' 28" y 103° 43' 22.54" de Longitud Oeste; presenta altitudes entre los 0 m y 1,200 m en el Cerro Tecolapa, ubicado hacia el Norte del municipio (**Fig. ZC2.7**). La superficie total de Tecomán es de 786.107 km<sup>2</sup>, colinda al Norte con los municipios de Armería, Coquimatlán, Colima e Ixtlahuacán; al Sur con el Estado de Michoacán y el Océano Pacífico. Tiene una altitud media de 30 m y 30 km de litoral. Ocupa el 14.04% de la superficie del estado y cuenta con 378 localidades y una población total de 112,726 habitantes (SEDESOL, 2010).

### 3.2.2 Climatología de los municipios de Armería y Tecomán.

El clima en el municipio de Armería es cálido subhúmedo con lluvias en verano en el 56.2% del territorio y semiseco y cálido en el 43.8% restante de la superficie. Presenta una temperatura media anual de 26°C; registra una precipitación pluvial promedio que alcanza los 786.3 mm y forma parte de las cuencas hidrológicas de los Ríos Chacala-Purificación y Armería. El municipio cuenta con tres cuerpos de agua como son la Laguna de Cuyutlán (Vaso IV) y los esteros Palo Verde y Boca de Pascuales. La flora está representada, principalmente, por granadillo, guayabillo, higuera, huamúchil, huizache, mezquite, palo alejo, palo maría, parota, pachote y primavera. Su fauna está integrada por especies como la urraca, la garza, el pato pinto, la gaviota rosa, el venado, el coyote y el tigrillo. Sus principales reservas y parques son la Laguna de Cuyutlán, el estero Palo Verde y el Tortugario de Cuyutlán o Santuario Ecológico de la Tortuga.



Figura ZC2.6. Ubicación del municipio de Armería en el estado de Colima.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2009).



**Figura ZC2.7. Ubicación del municipio de Tecomán en el estado de Colima.**  
**Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2010).**

En el municipio de Tecomán se presenta el mismo tipo de clima que en Armería, predominan  $Aw_0$  semiseco muy cálido en el centro y Centro Norte del municipio; al Norte, al Sur, al Suroeste y Este Sureste cálido subhúmedo. La temperatura media anual es de  $27^{\circ}\text{C}$ , con una precipitación media anual en la cabecera municipal, de 810.6 mm, el régimen de lluvias, principalmente es de verano.

En la zona costera del municipio de Tecomán se tienen las localidades más importantes como: Boca de Pascuales, El Real, El Tecuanillo y El Chupadero. Además de una variedad de esteros y la Laguna de Amela. Incluye la desembocadura de los Ríos Armería al Suroeste y Coahuayana al Sureste. En la parte Noreste se localizan algunos cuerpos de agua como la Laguna colorada y la de Alcuahue.

A partir de la información de los registros históricos (1971-2000) de las estaciones climatológicas que se localizan en Armería y Manzanillo de la Comisión Nacional del Agua (CNA) se obtiene que la temperatura promedio mínima oscila de los  $12.1^{\circ}\text{C}$  en enero a  $37.1^{\circ}\text{C}$  en mayo. Por consiguiente las temperaturas tanto máximas como mínimas presentan una estabilidad en su comportamiento. Cabe señalar que en ninguna otra localidad se han registrado las temperaturas más altas como las que se han presentado en la localidad de Cerro de Ortega, el registro que se obtiene está por arriba de los  $37^{\circ}\text{C}$  durante los meses de abril, mayo y junio del año de 1982, de igual manera, el 12 de septiembre del mismo año se tiene el mayor registro para el municipio de Tecomán, poseyendo una temperatura máxima de  $38.6^{\circ}\text{C}$  (Actualización de Atlas Municipal de Riesgos por Amenazas Naturales (SEDESOL, 2010).

El municipio de Tecomán se sitúa sobre la Región Hidrológica 1625 (Armería – Coahuayana), que comprende la porción Norte, Noroeste y Sureste del Estado de Colima. La cuenca del Río Armería RH16-B nace en la sierra de Cacoma en el Estado de Jalisco, a 1,800 msnm, y ocupa

una superficie de 9,902.0 Km<sup>2</sup>. Esta cuenca recorre una trayectoria de 249 km de longitud, desde su nacimiento hasta su desembocadura en Boca de Pascuales.

En su trayecto se unen varios afluentes al margen derecho como: el Río San Palmar, arroyos Agua Zarca, Chino y Charco Verde y por el margen izquierdo los Ríos de San Antonio de la Lumbre, Comala y Colima. Se divide en una subcuenca intermedia denominada Río Armería; que posee meandros que en temporadas de lluvia, el río se convierte en una corriente problemática.

La otra cuenca perteneciente a esta región hidrológica y que influye de manera directa sobre Tecomán, es el Río Coahuayana RH16-A, que nace en la Sierra del Tigre en el municipio de Mazamitla, Jal., cuya trayectoria es de 152 Km hasta desembocar en el Océano Pacífico en Boca de Apiza; constituyendo el límite entre el municipio de Tecomán con el Estado de Michoacán. Este río conduce un caudal considerable la mayor parte del año ocupando 665.722 Km<sup>2</sup> de superficie en Colima; de las cuales se utilizan 104 Mm<sup>3</sup> (millones de metros cúbicos) con propósitos agrícolas, de los que se riegan 6,200 ha en Tecomán. Asimismo, también se obtienen 82 Mm<sup>3</sup> del lago Amela, derivado de este Río, para el riego de 4,800 ha adicionales (SEDESOL, 2010).

---

### **3.2.3. Características ambientales, económicas y sociales de los municipios de Armería y Tecomán.**

---

Una actividad importante para el municipio de Armería, es la explotación de bancos de sal localizados, en su mayoría, principalmente en las inmediaciones de la Laguna de Cuyutlán (Vaso IV). Estos depósitos, han sido explotados desde el siglo XVI y hasta el 2008 se estimaba un volumen de producción de 26.7 mil toneladas. La zona de extracción de sal se extiende desde la laguna de Cuyutlán hasta el Río Coahuayana sobre la costa del Pacífico.

La región Norte del municipio presenta vegetación media tropical que permiten el cultivo de algunas gramíneas como: el maíz y el sorgo; así como diversos cítricos, tal es el caso del limón que representa el principal cultivo del municipio. La mayor parte de la superficie municipal es de uso agrícola, sobresaliendo la palma-copra y los pastizales, en menor proporción el plátano, el mango y el tamarindo.

El municipio de Armería puede considerarse netamente urbano, al concentrar el 86.7% (24,881 habitantes) de su población en 3 localidades: Ciudad de Armería (55.5%), Cofradía de Juárez (21.6%) y Rincón de López (9.6%). El 13.3% (3,814 habitantes) restante se reparte en todas las demás localidades.

En el municipio de Tecomán, la vegetación que predomina en los cerros está formada por xolocoahuítl, habillo, mojo, guásima, tepemezquite, asmol, llorasangre, timúchil, coliguana, granjeen, otate, etc. La parte del valle, fue reforestada con plantaciones de palmeras, frutales, limón y otros cultivos. La fauna silvestre cuenta con varias especies como: coyote, jabalí, tejón, ardilla, iguana, peces del río, caimanes en esteros y lagunas, aves como la guilota y la chachalaca. No existen áreas naturales protegidas.

Las principales actividades económicas son la agricultura principalmente como el limón, coco, mango, tamarindo y plátano; la ganadería con la cría de bovino, porcino, ovino, caprino y

apicultura; la agroindustria de cítricos y coco; la minería con los yacimientos de dolomita, yeso, calizas y finalmente el turismo de bajo impacto por los balnearios y lagunas, desde playa El Real hasta Boca de Pascuales, Tecuanillo, la Laguna de Amela y Alcuzahue.

El municipio de Tecomán concentra una población de 112,726 habitantes, lo que representa un porcentaje poblacional de 17.3% del total del estado. La zona conurbada representa un 82.6% y corresponde a la ciudad de Tecomán y la colonia Bayardo. Existe un 9% de la que no sabe leer ni escribir. El municipio presenta 4 localidades que debido a su concentración poblacional, se consideran como áreas urbanas y 374 localidades son catalogadas como localidades rurales; la mayor parte del resto de las demás localidades, son menores a 231 habitantes, se distribuyen a lo largo de toda la llanura costera del municipio, que comprende la parte Central de Noroeste a Sureste del mismo, donde se tienen las localidades rurales significativas como Boca de Pascuales (101 habitantes), El Real (59 habitantes), Tecuanillo (34 habitantes) y El Chupadero (2 habitantes); situadas sobre los bordes del límite costero.

### **3.3 Introducción al concepto de riesgo y vulnerabilidad.**

---

El término “riesgo” significa la posibilidad de que suceda un daño a alguien o una comunidad. Para el propósito de este trabajo “riesgo hidrometeorológico” (marea de tormenta) se tomará como la posibilidad de daños por la ocurrencia, de un fenómeno natural de este tipo, que afecte seriamente las vidas o bienes de los municipios de Manzanillo, Armería y Tecomán.

Por otra parte, cualquier fenómeno natural pasará desapercibido si ocurre lejos de comunidades humanas y solo se entenderá como parte de los procesos naturales, sin embargo, si éste ocurre en el entorno de una comunidad, se convierte en peligro y amenaza natural.

Así pues, una amenaza natural, es debida a un fenómeno natural, perfectamente identificado por sus características, que tienen un periodo y probabilidad significativa de ocurrencia. Para Manzanillo, un fenómeno hidrometeorológico es un evento que cumple con esas características.

Hay dos factores que determinarán el riesgo, la intensidad del fenómeno y la vulnerabilidad de la comunidad. La vulnerabilidad tiene que ver con la exposición de las personas, sus bienes e intereses y la resistencia de estos a la acción del fenómeno natural, o sea sus capacidades, y recursos para enfrentarlos. El riesgo tiene una relación directa con la intensidad del fenómeno natural las personas y sus bienes e inversa con la resistencia y capacidades defensivas de los mismos.

La vulnerabilidad puede ser física, socioeconómica cultural o ambiental. Los esfuerzos de prevención pueden incidir tanto en el fenómeno natural o en la vulnerabilidad. Cada uno de los eventos asociados con los fenómenos hidrometeorológicos generan un tipo de riesgo que pueden clasificarse como: riesgo evitable, riesgo controlable, riesgo incontrolable, riesgo aceptable. Cada uno de ellos será objeto de atención de los individuos de una comunidad o de las autoridades competentes.

En un proceso de reducción o mitigación de riesgo deben estar involucrados las autoridades competentes, instituciones académicas, de rescate y salvamento, protección civil y los habitantes de una localidad y trabajar conjuntamente en el logro de reducir la acción física del peligro natural, reducir la vulnerabilidad de los elementos en riesgo, aumentar las capacidades y recursos, es decir, la resistencia.

### 3.4 Antecedentes de estudios de riesgos hidrometeorológicos de la región costera de Colima.

---

En nuestro país, a raíz de la catástrofe de los sismos de 1985, se crea el Sistema Nacional de Protección Civil dependiente de la Secretaría de Gobernación que se instituyó en toda la nación en los tres niveles de gobierno y empezó a gestarse la cultura de la protección civil, cinco años después en mayo de 1990 se genera el Centro Nacional de Prevención de Desastres, (CENAPRED) desconcentrado de la Secretaría de Gobernación, como apoyo científico del Sistema Nacional de Protección Civil. Este Centro con recursos humanos y espacio físico proporcionados por la Universidad Nacional Autónoma de México, concentra los esfuerzos desde el punto de vista científico para estudiar los desastres del territorio nacional, generar mecanismos de defensa, prevención y ayuda. Es el CENAPRED la dependencia que ha generado algunos estudios, en forma general de los fenómenos hidrometeorológicos que afectan a ambos litorales del territorio mexicano. Han publicado diversos artículos sobre fenómenos hidrometeorológicos del litoral del pacífico mexicano.

En agosto de 1986 se crea el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), como apoyo técnico y científico de la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulico, posteriormente en octubre de 2001 se le da el carácter de organismo público descentralizado coordinado sectorialmente por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. En el IMTA, con motivo de la catástrofe que produjo el huracán Gilberto en septiembre de 1988, se creó el departamento de hidrometeorología en el cual se han producido también muchos trabajos relacionados con la prevención y efectos de los fenómenos hidrometeorológicos.

La Universidad de Colima a través del Centro Universitario de Investigaciones de Ciencias del Ambiente (CUICA) y del Centro Universitario de Investigaciones Oceanológicas (CEUNIVO), también han publicado algunos trabajos relacionados con desastres costeros Hidrometeorológicos.

No se debe dejar de mencionar, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), dependiente de la Comisión Nacional del Agua (CNA), el cual con sus estaciones meteorológicas en Manzanillo, Armería, Colima e Isla Socorro, han acumulado una importante base de datos hidrometeorológica para esta región. Es por decreto, el organismo dedicado a proporcionar información sobre el estado del tiempo a escala nacional y local en nuestro país (. Entre sus funciones principales destacan: (<http://smn.cna.gob.mx/>, consultado el 28 de marzo de 2013)

- Mantener informado al Sistema Nacional de Protección Civil, de las condiciones meteorológicas que puedan afectar a la población y a sus actividades económicas.
- Difundir al público boletines y avisos de las condiciones del tiempo, especialmente durante la época de ciclones, que abarca de mayo a noviembre.
- Proporcionar al público información meteorológica y climatológica.
- Realizar estudios climatológicos o meteorológicos.
- Concentrar, revisar, depurar y ordenar la información, generando el Banco Nacional de datos climatológicos, para consulta del público.

En el estado de Colima, la Gerencia estatal de CNA, a través de la Residencia Técnica y sus departamentos de Hidrología y Climatología y las estaciones Meteorológicas de Manzanillo, Armería, Colima e Isla Socorro, han trabajado directamente en la prevención de estos fenómenos.

## 4. Descripción general de la metodología.

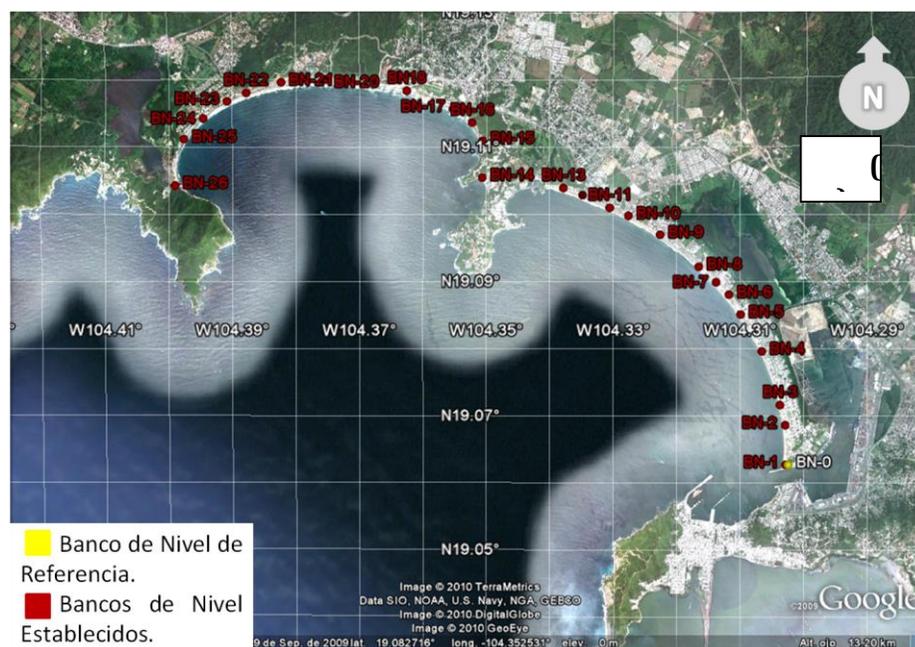
### 4.1. Selección de puntos estratégicos.

Fueron seleccionados estratégicamente puntos en playas de los tres municipios costeros, en lugares considerados con mayor impacto; 26 en Manzanillo (**Fig. ZC4.1a**), 20 en Armería (**Fig. ZC4.1b**) y 22 en Tecomán (**Fig. ZC4.1c**). Todos ellos fueron geo-referenciados y su altitud se obtuvo mediante el conjunto de datos de elevación vectorial de INEGI (2000), utilizando datos **LIDAR (Light Detection And Ranging)**.

Para cada municipio fue calculada la longitud de línea de costa, el área de la costa hasta 3 km tierra adentro (recuadro superior en las **Figuras ZC4.2b, ZC4.3b y ZC4.4b**), así como el polígono correspondiente a dicha área (**Tabla ZC4.1**) de la franja de 3 km. Para ello se utilizó el programa Mapa Digital V6 del INEGI y © ArcGis versión 10.

**Tabla ZC4.1. Dimensiones costeras por municipio.**

Localidad	Línea de costa	Área de la costa hasta 3 km	Perímetro del polígono
Manzanillo	95,517.60 m	211, 335,901.81 m <sup>2</sup>	181,080.19 m
	95.517 km.	211.335 km <sup>2</sup>	
Armería	18,036.35 m.	56,198,671.82 m <sup>2</sup>	44,570.03 m
	18.036 km	56.198 km <sup>2</sup>	
Tecomán	32,057.43 m	93,525,033.24 m <sup>2</sup>	70,514.73 m
	32.057 km	93.525 km <sup>2</sup>	
<b>TOTAL</b>	<b>145.61 km</b>		



**Figura ZC4.1. Ubicación de los 26 puntos estratégicos en Manzanillo (a) con banco de nivel (BN-0, 1987) usado como referencia para el levantamiento topográfico, Sámano (2010), b) los 20 puntos en el Municipio de Armería y c) 22 puntos en el Municipio de Tecomán.**

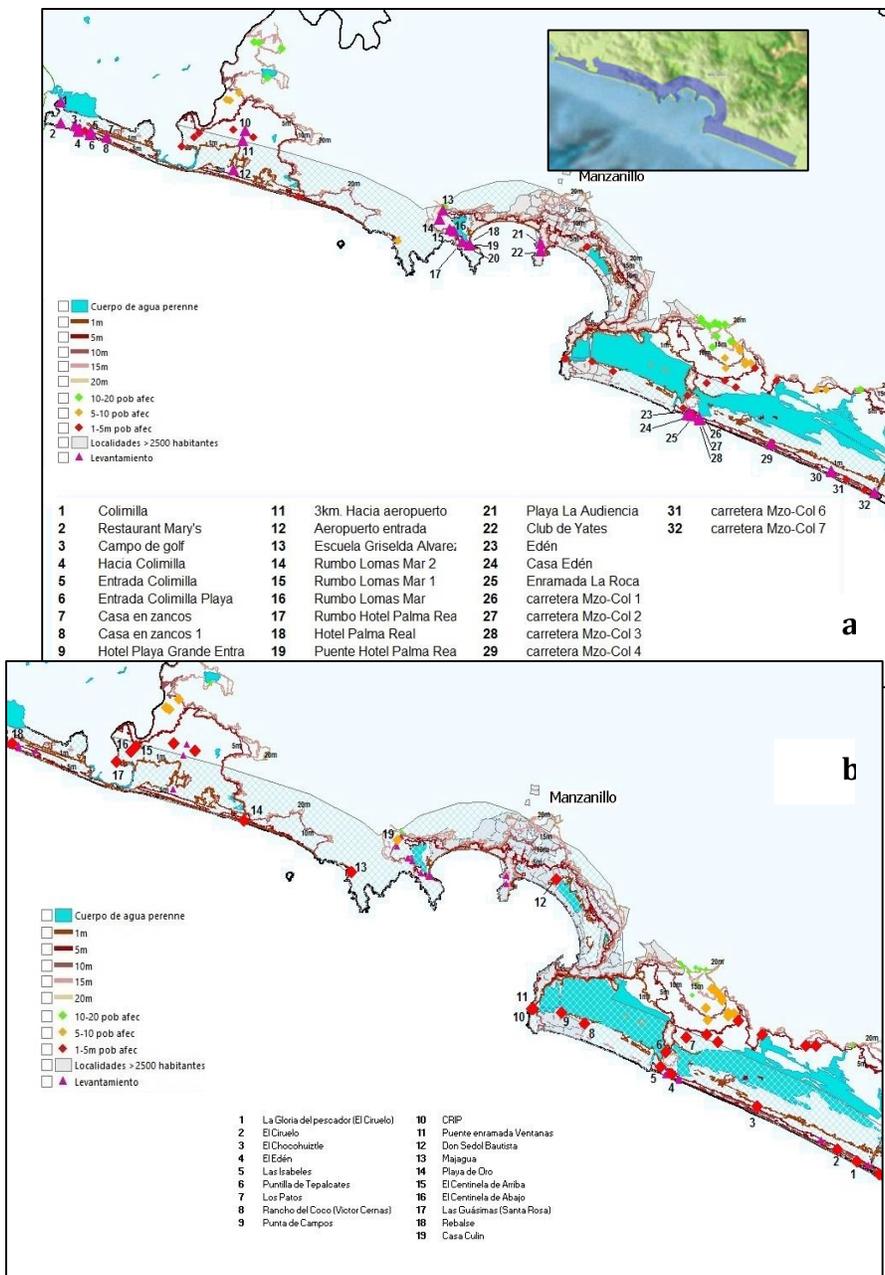


**Figura ZC4.1 (continuación)**

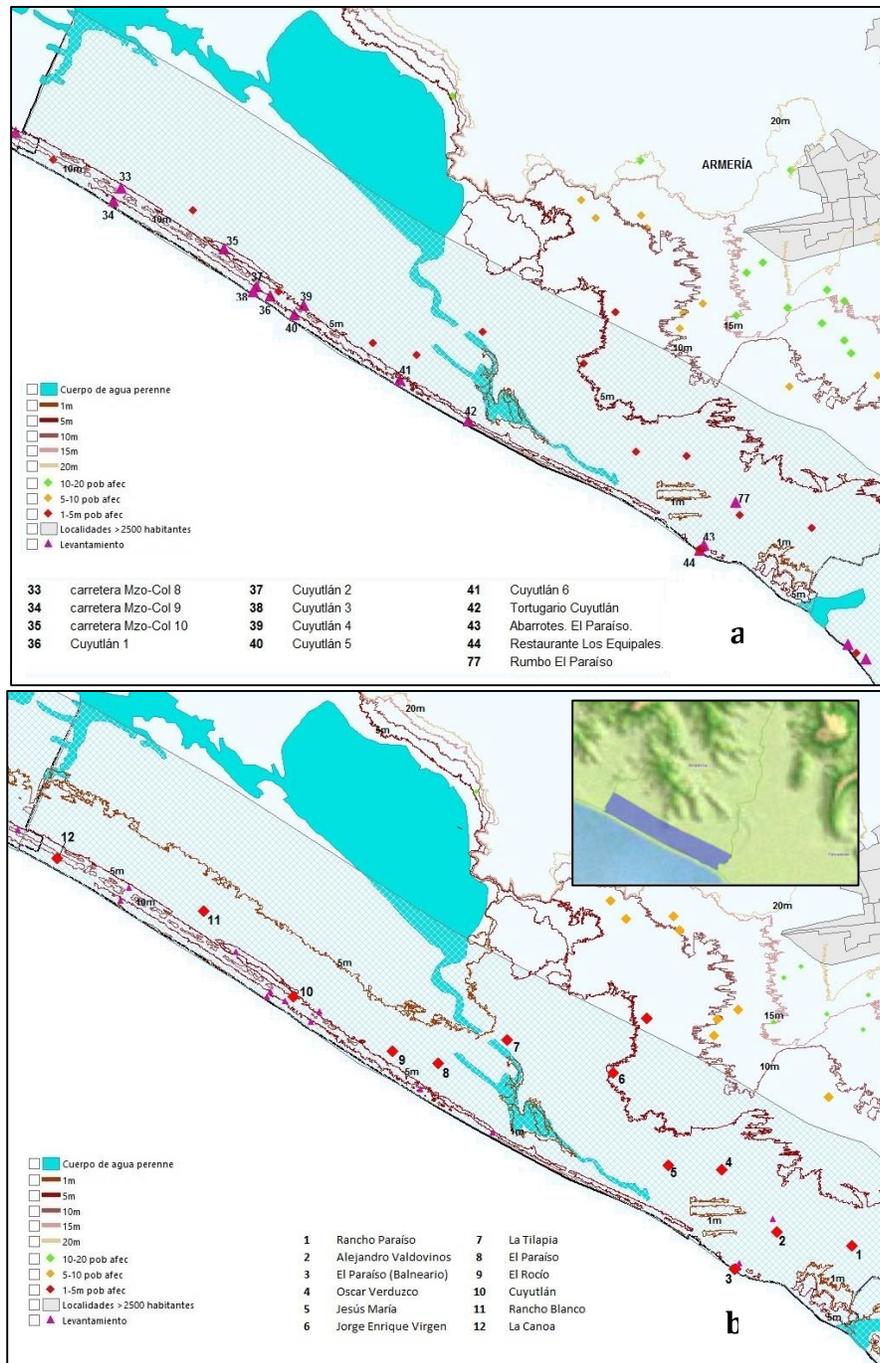
Fue elaborado un plano topográfico de la zona de interés con curvas de nivel entre 0 y 10 m. Se utilizó el conjunto de datos de elevación vectorial de la carta topográfica escala 1:50,000, en formato digital, elaborada por el INEGI (2000), de la cual solo se extrajo las curvas de nivel de 0, 5, 10, 15 y 20 m.

Para el caso de Manzanillo, el resto de la red de datos se obtuvo por medio del método de nivelación diferencial teniendo como referencia un banco de nivel establecido previamente en la bahía (BN-0) por la Oregon State University (1987 y actualizado en 1996), el cual tiene una elevación de 3.497 m sobre el nivel medio del mar (nmm) y se localiza en las instalaciones de la Fuerza Naval del Pacífico de la Secretaría de Marina. La red de puntos obtenidos y georeferenciados al nmm se utilizó para obtener las curvas de nivel entre 0 y 10 m cada metro por medio de una interpolación Kriging realizada en Surfer Ver. 8.

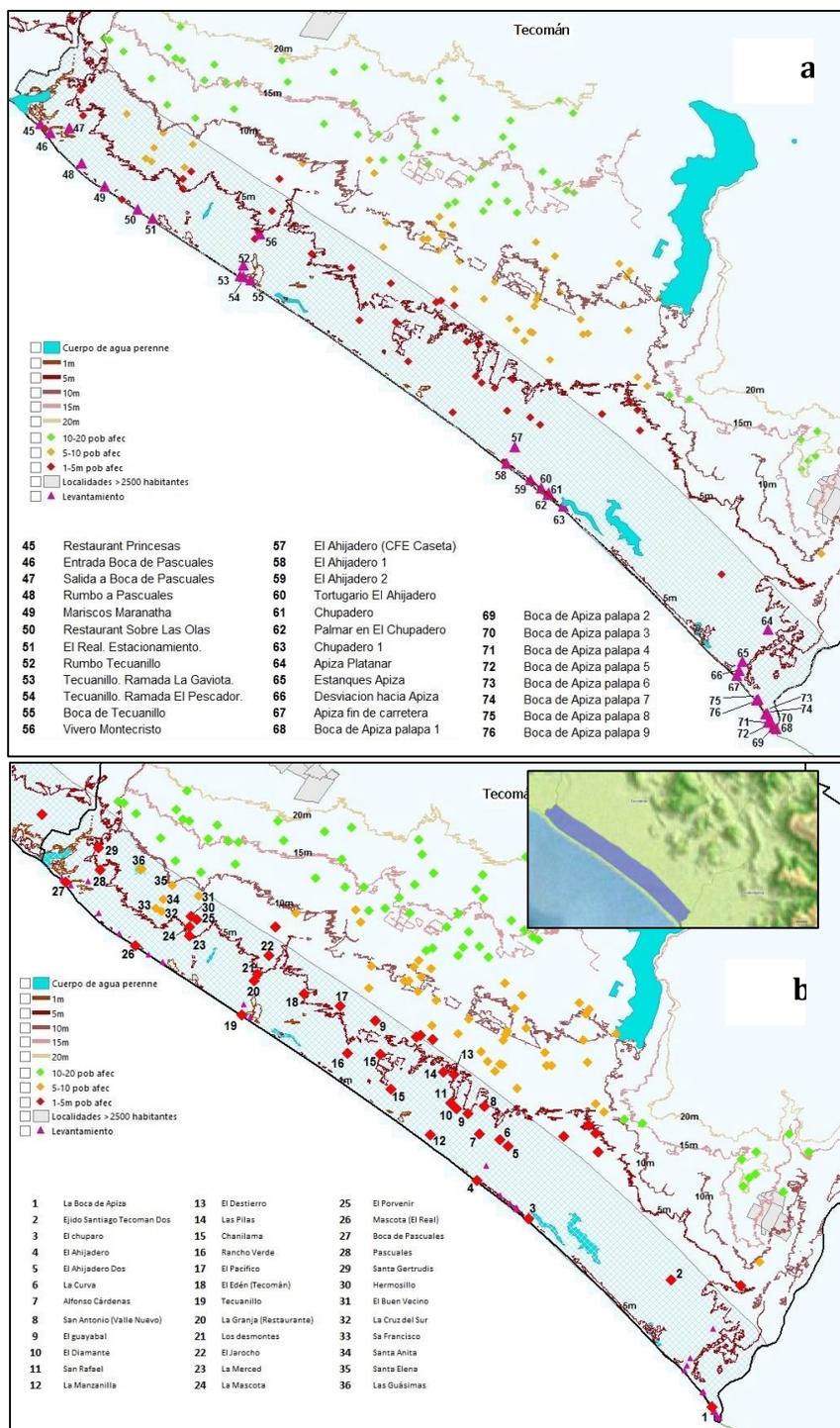
Las curvas de nivel y los puntos de referencia fueron trazados sobre mapas de cada municipio (**Fig. ZC4.2a, ZC4.3a y ZC4.4a**) e identificadas las localidades dentro de la cota de 3 km, que se considera vulnerable a los eventos de marea de tormenta (**Fig. ZC4.2b, ZC4.3b y ZC4.4b**). Mediante el programa Mapa Digital del INEGI fueron superpuestas capas de las curvas de nivel a cada 5 metros para clasificar cada población según su altura respecto al nivel del mar (**Tablas ZC4.1, ZC4.2 y ZC4.3**), basado en datos del Censo de INEGI del año 2010.



**Figura ZC4.2 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Manzanillo**



**Figura ZC4.3 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Armería**



**Figura ZC4.4 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Tecomán**

**Tabla ZC4.1. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Manzanillo. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.**

COTA 1-5 metros	P	COTA 5-10 metros	P	COTA 10-20 metros	P
La Gloria del pescador (El Ciruelo)	1	La Higuera	7	Crucero Río Marabasco	19
El Ciruelo	1	San Buenaventura	634	Las Parotas	4
El Chocohuiztle	2	Rancho Costa Rica	6	El Naranjo	1480
El Edén	8	Carlos Velasco (El Profesor)	3	Colonia La Lupita	31
Las Isabeles	4	Los Patos	1	Gasolinera El Colomo	7
Puntilla de Tepalcates	2	San José	2	Rincón de Los Larios	7
Rancho del Coco (Victor Cernas)	4	Javier Parra (La Lety)	8	La Arena (José Luis Suárez)	7
Punta de Campos	39	Los Corales (León Velasco)	2	Las Cuatas	5
Don Sedol Bautista	1	Jesús Guerrero	1	La Báscula	8
Majagua	2	El Gavilancillo	5	La Aldea	5
Playa de Oro	2	El Frijol	11	Cualata	1503
Rebalse	26	Rafael Vera	4	Los Tres Bellis	5
Las Guásimas (Santa Rosa)	12	Empacadora Limón	3	Santa Rita	609
El Centinela de Abajo	86	Casa Culin	5		
El Centinela de Arriba	8	El Coyul	3		
Lanza	3	Rancho La Y	5		
La Laguna	2	El Chavarín	874		

**Tabla ZC4.2. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Armería. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.**

COTA 1-5 metros	P	COTA 5-10 metros	P	COTA 10-20 metros	P
Rancho Paraíso	1	El Algodonal (Pascual Moreno)	2	Rancho Escondido	3
Alejandro Valdovinos	1	Las Humedades	1	San José	2
El Paraíso (Balneario)	200	El Pozo	5	La Providencia	4
Oscar Verduzco	1	Los Laureles	1	El Piolín	1
Jesús María	6	Rancho Caraballo	4	Mal Paso	2
Jorge Enrique Virgen	5	Gerardo Chávez	4	El Lucero	7
La Tilapia	1	El Establo	2	Rancho Cándida	2
El Paraíso	2			Fernando Hernández	6
El Rocío	1			José Covarrubias	1
Cuyutlán	1002			El Caballero	5
Rancho Blanco	1			El Polvorín	3
La Canoa	2			José Trinidad Pimentel	1
				Rincón del Diablo (Tomás Paulín Nava)	1

**Tabla ZC4.3. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Tecomán. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.**

1-5 metros	Población	5-10 metros	Población	10-20 metros	Población
La Boca de Apiza	3	Valle Verde	4	La Fortuna (Empacadora)	9
Artuno Noriega Pizano	123	El Chococo La Lomita	1	El Verano	5
Ejido Santiago Tecoman Dos	3	Salvador Ramirez	2	La Terecua	7
Salvador Palafox	6	Los Laureles	3	La Primavera	3
El chuparo	2	Laguna de Amela (Rancho)	1	Los Álvarez Dos (Juan Pedro)	15
Zanja Prieta	5	Roxana	5	Jose Guadalupe García	3
El Ahijadero	5	La Parotita	6	El Cairo	4
El Ahijadero Dos	10	Rancho Sandoval	2	Villa Teresita	1
La Curva	5	Rancho Amela	8	La Palmita	7
Alfonso Cárdenas	1	Palo Cahuite (Francisco Arceo)	4	Rancho El Bonito	11
San Antonio (Valle Nuevo)	22	Palo Cahuite (Guillermo Arreguín)	2	Villa Chica	5
El guayabal	5	El Cuatro	5	Las Rositas	11
El Diamante	5	Valle Nuevo	8	Juan Pedro Dos	2
San Rafael	8	El Salvador (La Parotita)	8	Limonos Tonys (Industria Limonera)	3
La Manzanilla	4	San Nicolás	9	Juan Pedro Tres	3
El Destierro	1	Rancho de Díaz	3	Juan Pedro Cuatro	5
Las Pilas	8	Papaloapan	5	Juan Pedro	26
Chanilama	7	San Miguel	4	Rancho Nuevo	5
Rancho Verde	2	El Mecinal (El Guamuchil)	3	El Nopalito	2
El Pacífico	6	El Diecinueve	5	El Cóbano	2
El Edén (Tecomán)	1	La Lucita	4	El Retorno	5
Tecuanillo	34	Microondas	4	San Juan	4
La Granja (Restaurante)	3	El Jinete	7	El Cazador	4
Los desmontes	7	San Lorenzo (Villa de Unión unidad agrícola)	5	San Lorenzo	6
El Jarocho	7	Los Pocitos (El Palmito)	7	Rancho Viejo	5
San Cristobal	6	San Isidro	5	El Naranja	10
La Merced	3	Cerrito Aguilar	15	Rancho Nuevo	2
La Mascota	4	Mocambo Dos	8	Villa Hermosa	6

1-5 metros	Población	5-10 metros	Población	10-20 metros	Población
El Porvenir	40	Mocambo Dos	6	Las Brisas	5
Mascota (El Real)	59	Los Almendros	1	San José De Jesús (Granja)	4
Boca de Pascuales	101	El Mirador	9	El Jarano	2
Pascuales	1	El Refugio (Casa Blanca)	4	San José De Jesús (Granja)	5
Santa Gertrudis	5	Rancho Camelina	24	San José (Juan Madrigal)	6
		Chanilama	7	Nuevo México	4
		El Yaqui	14	Las Mercedes	16
		El Mariachi	3	La Guadalupeana	2
		El Jobero	7	San Martín	1
		Rancho Rodriguez (El Naranjo)	6	Rancho Leo (Mercedes El Real)	8
		Hermosillo	3	Santa María	3
		El Buen Vecino	3	La Gloria	1
		La Cruz del Sur	4	La Ratonera (Humberto Verduzco)	4
		Sa Francisco	5	La Ratonera Cuatro	3
		Santa Anita	9	Los Manolos	2
		Santa Elena	1	El Rodeo	6
		Las Guásimas	1	Las Humedades	5
				El Trébol	2
				Los Amiales	3

Con la información anterior se obtuvieron los totales de la población entre las cotas 1 – 5 m, 1-10 m y 1-20 m. Esto con el objetivo de mostrar el total de la población de localidades rurales menores a 2500 habitantes que sería afectada en marea de tormenta de determinada intensidad en los tres municipios costeros (**Fig. ZC4.5**).

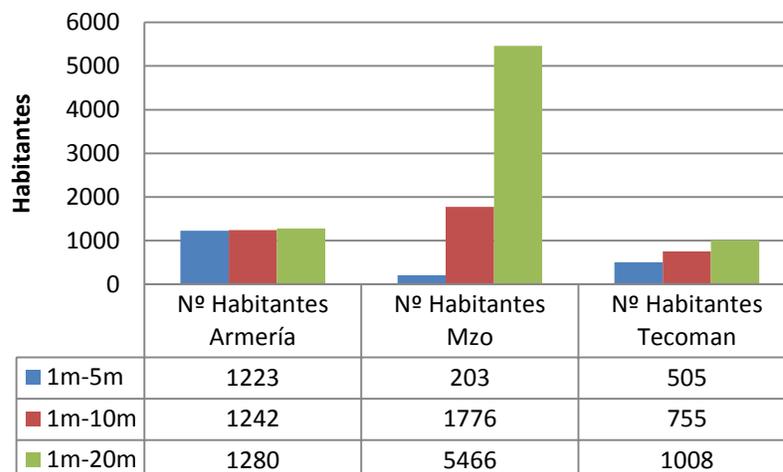


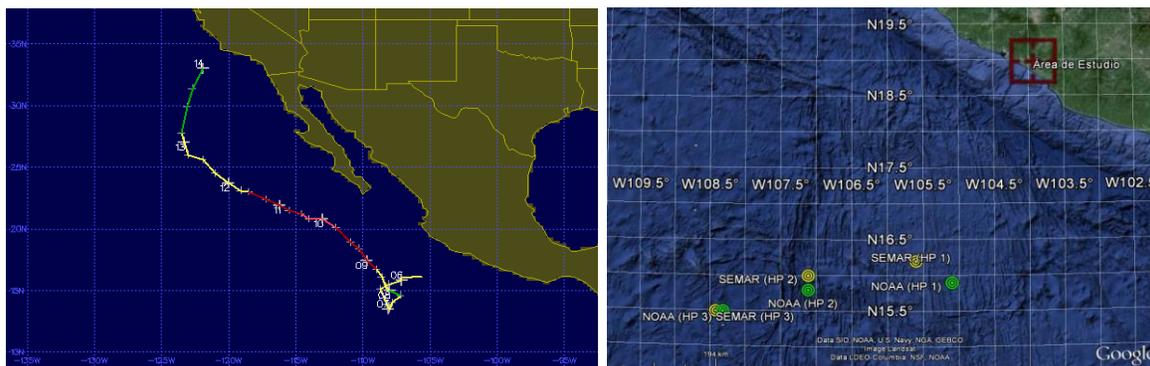
Figura ZC4.5. Numero de habitantes por localidades rurales menores a 2500 en cada Municipio y por curva de nivel.

## 4.2. Marea de Tormenta

### 4.2.1. Cálculo del nivel de inundación.

Para estimar la sobreelevación del nivel del mar ocasionado por el paso de ciclones tropicales se siguió los lineamientos de la guía metodológica para la elaboración de mapas de peligro y riesgo por inundaciones costeras (CENAPRED, 2006; 2008). Para ello se utilizaron datos de los huracanes Lane del año 2000 y Kenna del año 2013, obtenidos de los boletines y reportes emitidos por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) disponibles en internet (<http://www.nhc.noaa.gov>)

Para el caso del Huracán Lane del año 2000, de categoría 3 en la escala Saffir-Simpson, se eligieron las 3 posiciones de su trayectoria más cercanas al área de estudio (**Fig. ZC4.6**). Respecto al huracán Kenna del 2013, cuya intensidad alcanzó la categoría 5, se consideraron las 4 posiciones más cercanas al Estado de Colima (**Fig. ZC4.7**), de acuerdo a los reportes de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) publicados en su sitio de internet (<http://www.nhc.noaa.gov>).



**Figura ZC4.6. a) Trayectoria del Huracán Lane (fuente: Unisys-weather,2013) y (b) posiciones más cercanas al Estado de Colima (HP-1, HP-2 y HP-3) de acuerdo a los reportes de la SEMAR y la NOAA.**



**Figura ZC4.6. a) Trayectoria del Huracán Kenna (fuente: Unisys-weather,2013) y (b) posiciones más cercanas al Estado de Colima (HP-1, HP-2 , HP-3 y HP-4) de acuerdo a los reportes de la NOAA.**

Una vez elegidos los ciclones tropicales se procedió a calcular, para cada huracán, el radio máximo de vientos sostenidos ( $R$ ) que depende de la presión central  $P_0$  del huracán (mb) (Ec. 1). También se calculó la magnitud del viento máximo sostenido ( $V$ ), que varía de acuerdo a la velocidad de desplazamiento (km/h) del ciclón tropical (Ec. 2) y la latitud ( $\phi$ , en grados) en el centro del ciclón. Estos procedimientos corresponden a la metodología del CENAPRED (2006b).

$$R = 0.0007e^{0.01156p_0} \quad (1)$$

$$V = 20.1834 (1013 - p_0)^{0.5} - 0.2618R \sin \phi + 0.50V_d \quad (2)$$

Para determinar las características de la marea de tormenta es necesario calcular un factor correctivo ( $F$ ) por dirección del viento, que depende del ángulo ( $\alpha$ ) que forma la trayectoria de desplazamiento del ciclón tropical con respecto a la línea de costa próxima a cada sitio de estudio.

$$F = \begin{cases} 0.6(1 + \sin \alpha) & \text{si } 0^\circ < \alpha < 180^\circ \\ 0.6 & \text{en otros casos} \end{cases} \quad (3)$$

Una vez conocido dicho factor se obtuvo la máxima elevación ( $h$ ) que alcanzó el nivel del mar por la marea producida por el paso del huracán (Ec. 4). El CENAPRED (2006c) propuso 6 categorías dependiendo de la magnitud de  $h$ , las cuales se indican en la **Tabla ZC4.4**.

$$h = (0.03R + 0.000119V^2 - 1.4421)F \quad (4)$$

**Tabla ZC4.4: Clasificación de la amplitud de la marea de tormenta propuesta por el CENAPRED (2006c).**

Amplitud de la marea de tormenta (m)	Categoría
< 0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada

2.01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alto
> 5.00	Extraordinaria

Por otra parte, se utilizó la ecuación de Silva (2006), para calcular las cotas máximas de inundación en los puntos específicos de cada Municipio:

$$\eta = \frac{Pa}{100} + \frac{Kw^2x}{g(h-\eta_0)} \ln\left(\frac{h}{\eta_0}\right) \dots\dots\dots (5)$$

Donde  $P_a$  es el gradiente de presión atmosférica en el punto de evaluación (playa) respecto a la presión normal (mb),  $x$  es la distancia entre la pared del huracán y el sitio de interés (playa) (m),  $w$  es el componente normal de velocidad del viento a la playa (m/s),  $g$  es la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>),  $h$  es la profundidad del mar en el ojo del huracán (m), al ser mayor a 200 m se tomará este valor como umbral,  $\eta_0$  es el nivel del mar en la zona durante los días del ciclón calculado de acuerdo a la metodología de CENAPRED (2006),  $K$  es el coeficiente de arrastre del aire dado por:

$$K = \frac{\rho_{aire}}{\rho_{agua}} C_D \dots\dots\dots (2)$$

Donde  $\rho_{aire}$  y  $\rho_{agua}$  son las densidades específicas del aire y del agua, respectivamente (kg/m<sup>3</sup>),  $C_D$  es un coeficiente de arrastre adimensional que para el caso de huracanes se emplea  $9 \times 10^{-6}$ .

#### 4.2.2. Mapas de peligro

Para la construcción de los mapas de peligro se utilizaron datos vectoriales de la costa del Estado de Colima, de la carta topográfica digital del INEGI (2010b). También se utilizó el Modelo Digital de Elevación (MDE) en formato raster y nube de puntos LIDAR, proporcionados por el INEGI (2013a). Posteriormente fueron construidos planos con curvas de nivel cada 5 m hasta una altitud de 20 msnm. De esta manera los rangos de inundación se construyeron de 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 y 15 - 20 msnm, considerando una zona de afectación de 3 km a partir de la línea de costa. Una vez obtenida toda esta información fueron construidos los mapas con un Sistema de Información Geográfica (SIG), mediante el programa ArcGIS 10 (ESRI, 2010), y se ingresaron los datos vectoriales de Manzanas-Viviendas, Localidades Rurales (<2,500 habitantes) y Localidades Urbanas (<2,500 habitantes), elaborados por el INEGI (2010b),

#### 4.2.3. Índice de vulnerabilidad por marea de tormenta

Para estimar el índice de vulnerabilidad por inundación de marea de tormenta (**Tabla ZC4.5**) fueron considerados los aspectos socio-económicos, de educación y salud, mediante el índice de Marginación elaborados por El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Consejo Nacional de Población (CONAPO), así como también se consideró la Guía Básica para la

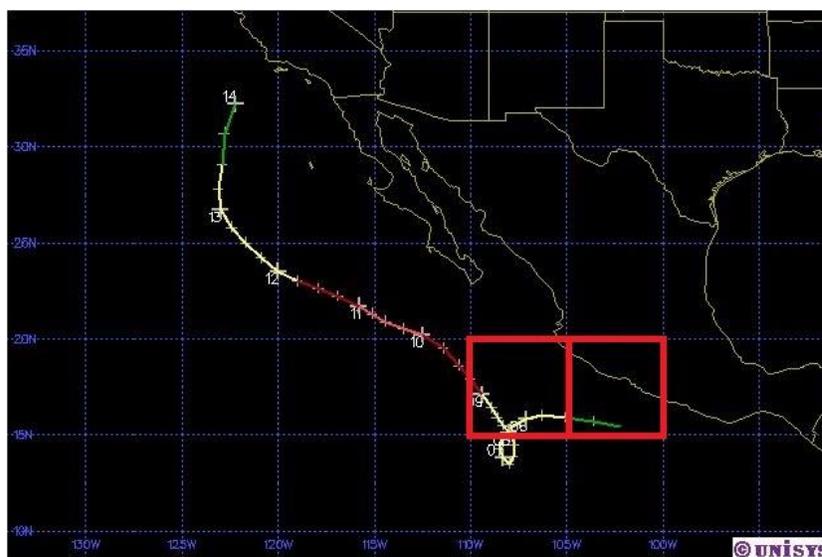
Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgo: Fenómenos Hidrometeorológicos (CENAPRED, 2006b).

**Tabla ZC4.5. Rangos del índice de vulnerabilidad y valor máximo de los daños por vivienda. Modificación de tabla del CENAPRED (2006b).**

Índice de vulnerabilidad			Valor máximo de los daños
Vivienda Tipo	Índice de Vulnerabilidad	Color propuesto	
I	Muy alto	Rojo oscuro	\$12,500
II	Alto	Rojo	\$50,000
III	Medio	Naranja	\$150,500
IV	Bajo	Amarillo	\$300,000
V	Muy bajo	Verde	\$500,000

#### 4.3. Determinación de la probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno

Para el cálculo de los periodos de retorno se usó la hoja de cálculo proporcionada por el CENAPRED (2006b) "Calculo de Tr de Ciclones 2005 V2.2". Tomando como zona de influencia aquella delimitada por la costa y la trayectoria del Huracán Lane del 2000 (**Fig. ZC4.7**) que generó marea de tormenta con afectación al Estado de Colima, además, fueron consideradas todas las trayectorias de los ciclones que cruzaron esa zona.



**Figura ZC4.7. Zona de influencia considerada para el cálculo del periodo de retorno. Se muestra la trayectoria descrita por el huracán Lane del 2000.**

También se determinó el período de retorno ( $T_r$ ) mediante el Proceso de Poisson para cada categoría de ciclón tropical, en la escala Saffir-Simpson, con datos de ciclones tropicales históricos de 1949 al 2013 reportados por la CNA, NOAA y Unisys weather.

## 5. Resultados

### 5.1. Municipio de Manzanillo.

#### 5.1.1. Zonas de peligro por marea de tormenta.

A partir de los parámetros obtenidos para cada una de las posiciones del Huracán Lane (**Tabla ZC5.1**) y Kenna (**Tabla ZC5.2**), fueron calculadas las amplitudes de marea producida Lane (**Tabla ZC5.3**) y por Kenna (**Tabla ZC5.4**), en cada uno de los 26 puntos establecidos a lo largo del Municipio de Manzanillo. Los resultados, de acuerdo con datos de la NOAA usados en la ecuación de Silva (2006), muestran que Lane provocó amplitudes de marea que variaron entre 1.7 y 5.0 m. En cambio con los datos de SEMAR las amplitudes oscilaron entre 1.1 y 3.3 m (**Tabla ZC5.4**).

De acuerdo a estos resultados la menor amplitud de marea de tormenta ocurrió el día 5 (HP-1) cuando Lane se localizaba a 388 km de Manzanillo y fue en la escollera de las brisas el sitio con menor elevación. En cambio la mayor amplitud (5 m) se presentó cuando Lane se localizó a 570 km de Manzanillo (posición HP-3).

**Tabla ZC5.1. Parámetros calculados para cada posición (HP-1, HP-2 y HP-3) de Lane con datos de la NOAA y la SEMAR en el Municipio de Manzanillo.**

Parámetro		NOAA			SEMAR		
		Posición			Posición		
		HP-1	HP-2	HP-3	HP-1	HP-2	HP-3
Latitud (rad)	$\phi =$	0.2775	0.2758	0.2705	0.2827	0.2793	0.2705
Velocidad del viento máx. sostenido (km/h)	$V =$	67.098	74.961	83.188	63.47	67.063	73.154
Velocidad de desplazamiento (km/h)	$V_d =$	24.12	14.84	0	24.12	24.12	0
Presión Central (mb)	$P_o =$	1004	1000	994	1005	1004	998
Presión en tierra (mb)	$P =$	1010.1	1008.7	1007.9	1010.1	1010.1	1007.9
Gradiente de presión (mb)	$P_a =$	2.9	4.3	5.1	2.9	2.9	5.1
Radio ciclostrofico (km)	$R =$	76.846	73.374	68.457	77.74	76.846	71.697
Factor correctivo (F) con $\alpha=60^\circ$	$F =$	1.1196	1.1196	1.1196	1.1196	1.1196	1.1196
Amplitud de la marea (CENAPRED) (m)	$h =$	1.566	1.598	1.606	1.533	1.565	1.506

**Tabla ZC5.2. Parámetros calculados para cada posición (HP-1, HP-2 y HP-3) del Huracán con datos de la NOAA en el Municipio de Manzanillo.**

Parámetro		NOAA			
		Posición			
		HP-1	HP-2	HP-3	HP-4
Latitud (rad)	$\phi =$	0.267	0.2775	0.3019	0.3107
Velocidad del viento máx. sostenido (km/h)	V =	135.0517	148.1547	199.635	205.9411
Velocidad de desplazamiento (km/h)	Vd =	22.22	14.816	16.668	16.668
Presión Central (mb)	Po =	973	962	921	915
Presión en tierra (mb)	P =	1009.2	1005.9	1008.4	1010.8
Gradiente de presión (mb)	Pa =	3.8	7.1	4.6	2.2
Radio ciclostrofico (km)	R =	53.70197	47.28957	29.4393	27.46657
Factor correctivo (F) con $\alpha=60^\circ$	F =	1.1196	1.1196	1.1196	1.1196
Amplitud de la marea (CENAPRED) (m)	h =	2.619	2.898	4.684	4.958

**Tabla ZC5.3. Amplitud de la marea de tormenta en cada punto de los 26 establecido en el Municipio de Manzanillo, obtenida con datos reportados por la NOAA.**

NOAA						
Posición Huracán	HP-1 (día 5) (mañana)		HP-2 (día 5) (tarde)		HP-3 (día 8)	
Puntos Establecidos	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)
1	388.10	1.7265	467.09	3.3336	579.30	5.0213
2	389.12	1.7303	467.09	3.3336	579.45	5.0225
3	388.95	1.7296	467.79	3.3380	579.89	5.0259
4	390.04	1.7337	468.27	3.3409	579.99	5.0267
5	390.07	1.7338	468.52	3.3425	580.42	5.0300
6	390.64	1.7359	468.63	3.3432	580.22	5.0285
7	390.37	1.7349	468.67	3.3434	580.47	5.0304
8	390.81	1.7365	468.68	3.3435	580.16	5.0280
9	391.02	1.7373	468.68	3.3435	580.04	5.0271
10	390.72	1.7362	468.59	3.3429	580.15	5.0279
11	391.06	1.7374	468.48	3.3422	579.72	5.0246
12	390.71	1.7361	468.38	3.3416	579.82	5.0254
13	391.04	1.7374	468.26	3.3409	579.82	5.0254
14	390.25	1.7344	467.56	3.3365	571.81	4.9630
15	391.16	1.7378	468.01	3.3393	578.91	5.0183
16	390.99	1.7372	468.15	3.3402	579.30	5.0213
17	394.44	1.7500	468.13	3.3401	578.92	5.0184
18	391.02	1.7373	467.88	3.3385	578.86	5.0179

19	391.27	1.7382	467.65	3.3371	578.27	5.0133
20	390.62	1.7358	467.20	3.3343	578.01	5.0113
21	390.65	1.7359	466.73	3.3314	577.18	5.0048
22	389.87	1.7330	466.2	3.3281	576.91	5.0027
23	389.99	1.7335	465.87	3.3260	576.31	4.9980
24	389.20	1.7306	465.42	3.3232	576.09	4.9963
25	389.13	1.7303	464.92	3.3201	575.34	4.9905
26	389.20	1.7306	464.27	3.3161	575.00	4.9878

**Tabla ZC5.4. Amplitud de la marea de tormenta en cada punto de los 26 establecido en el Municipio de Manzanillo, obtenida con datos reportados por la SEMAR.**

SEMAR						
Posición Huracán	HP-1 (día 5) (mañana)		HP-2 (día 5) (tarde)		HP-3 (día 8)	
Puntos Establecidos	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)	Distancia (km)	Amplitud de la marea (m)
1	345.35	1.1811	450.66	1.9830	586.95	3.3504
2	345.94	1.1826	451.14	1.9848	587.38	3.3525
3	346.21	1.1833	451.33	1.9855	587.56	3.3534
4	346.9	1.1851	451.79	1.9873	587.93	3.3552
5	347.32	1.1862	452.02	1.9881	588.06	3.3558
6	347.54	1.1867	452.13	1.9886	588.14	3.3562
7	347.64	1.1870	452.15	1.9886	588.12	3.3561
8	347.77	1.1873	452.15	1.9886	588.07	3.3559
9	348.00	1.1879	452.12	1.9885	587.95	3.3553
10	348.08	1.1881	452.01	1.9881	587.76	3.3544
11	348.08	1.1881	451.91	1.9877	587.62	3.3537
12	348.10	1.1882	451.77	1.9872	587.43	3.3528
13	348.08	1.1881	451.65	1.9868	587.27	3.3520
14	347.72	1.1872	450.90	1.9839	586.40	3.3478
15	348.27	1.1886	451.35	1.9856	586.79	3.3497
16	348.48	1.1891	451.47	1.9861	586.87	3.3501
17	348.58	1.1894	451.44	1.9860	586.79	3.3497
18	348.29	1.1887	451.16	1.9849	586.42	3.3479
19	348.20	1.1884	450.91	1.9840	586.11	3.3464
20	347.96	1.1878	450.44	1.9822	585.57	3.3438
21	347.64	1.1870	449.91	1.9802	584.98	3.3409
22	347.26	1.1860	449.41	1.9783	584.44	3.3383
23	347.01	1.1854	449.09	1.9771	584.11	3.3367
24	346.60	1.1843	448.63	1.9754	583.63	3.3344

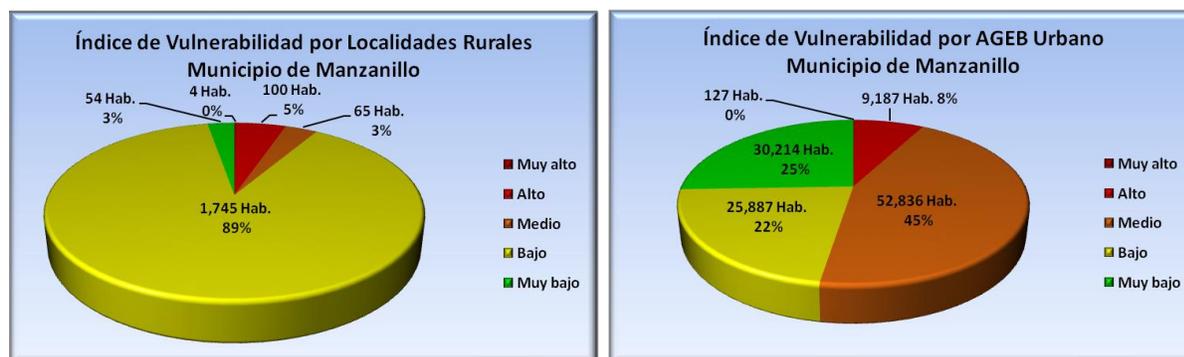
25	346.16	1.1832	448.16	1.9736	583.16	3.3321
26	345.40	1.1812	447.48	1.9711	582.54	3.3291

### 5.1.2. Mapas de inundación por marea de tormenta.

En las **Figuras ZC5.1.1 a ZC5.1.3** se muestran los mapas de inundación por marea de tormenta, los cuales indican los rangos de inundación de 0 - 5, 5 - 10, 10 - 15 y 15 - 20 msnm, la zona de afectación (buffer) de los 3 km y las poblaciones rurales (<2,500 habitantes) y urbanas (>2,500 habitantes). Para propósitos de presentación los mapas fueron divididos en las siguientes secciones; Playa de Oro (**Fig. ZC30**), Bahía de Santiago (**Fig. ZC31**), Bahía de Manzanillo (**Fig. ZC32**) y Punta Campos (**Fig. ZC33**).

### 5.1.3. Mapas de vulnerabilidad

Los mapas de vulnerabilidad por marea de tormenta, contienen los rangos del índice de vulnerabilidad, los cuales van desde Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, en base al índice de marginación (INEGI-CONAPO) por localidades rurales (<2,500 habitantes) y urbanas (>2,500 habitantes) a nivel de AGEB urbano, para el Municipio de Manzanillo, el cual se dividió en secciones, Playa de Oro (**Fig. ZC5.1.4a**), Bahía de Santiago (**Fig. ZC5.1.4b**), Bahía de Manzanillo (**Fig. ZC5.1.5a**) y Punta Campos (**Fig. ZC5.1.5b**). En la **Gráfica ZC1** se muestra la proporción de localidades rurales AGEBs urbanos para el municipio de Manzanillo.



**Gráfica ZC1: Localidades rurales (a) y AGEBs urbanos (b) con índice de vulnerabilidad del Municipio de Manzanillo.**

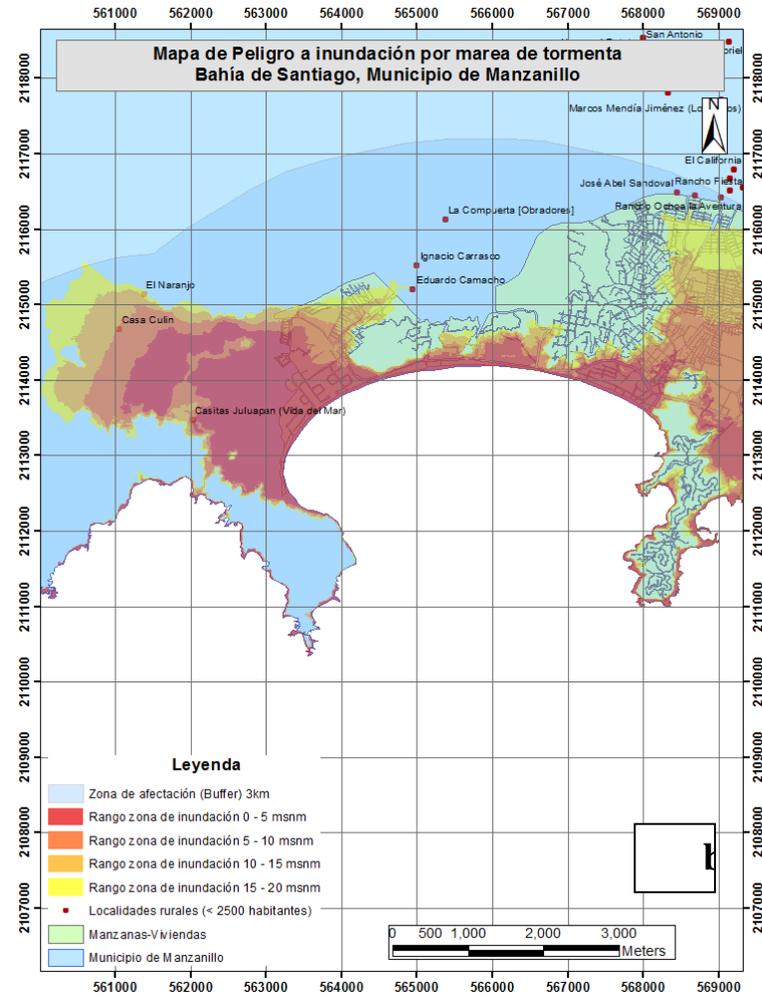
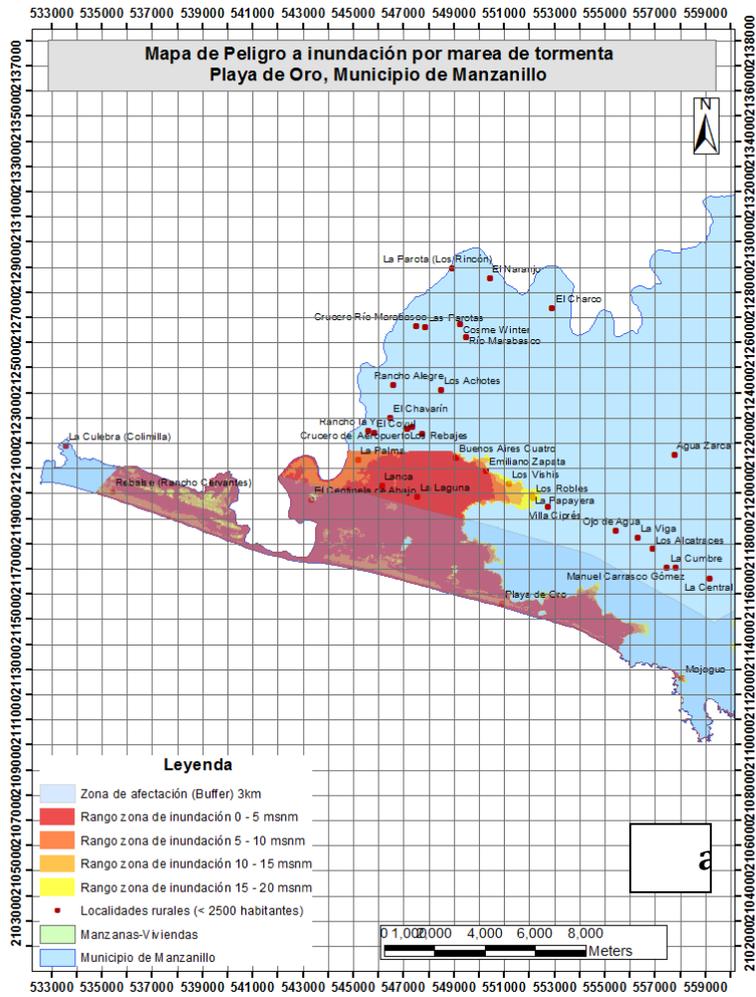
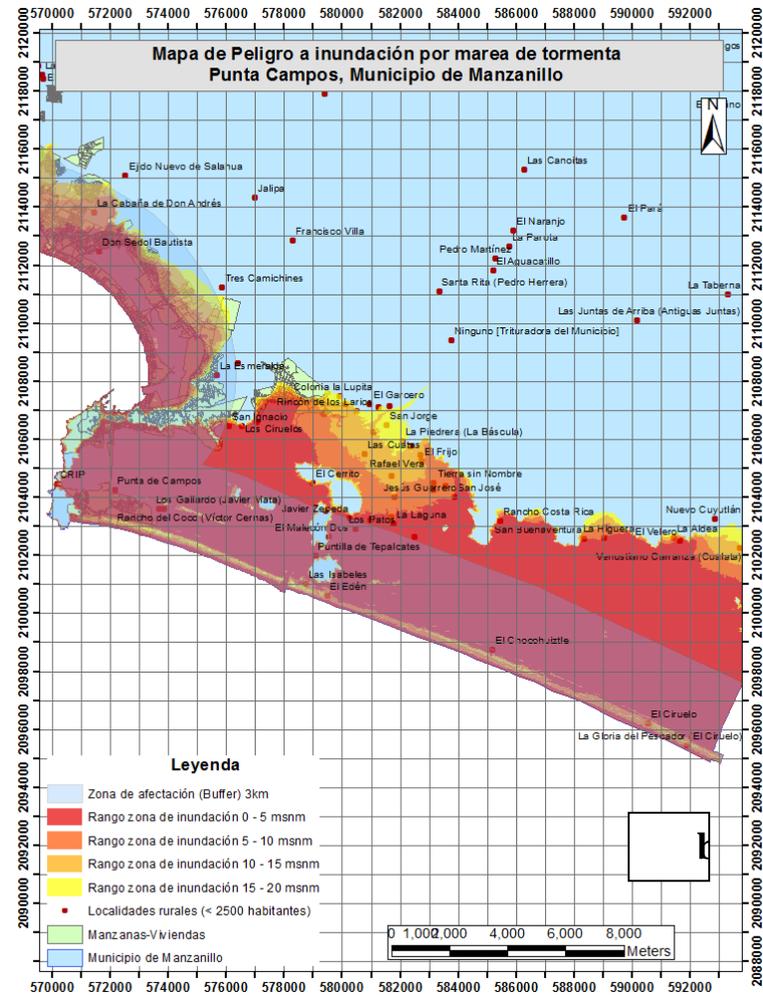
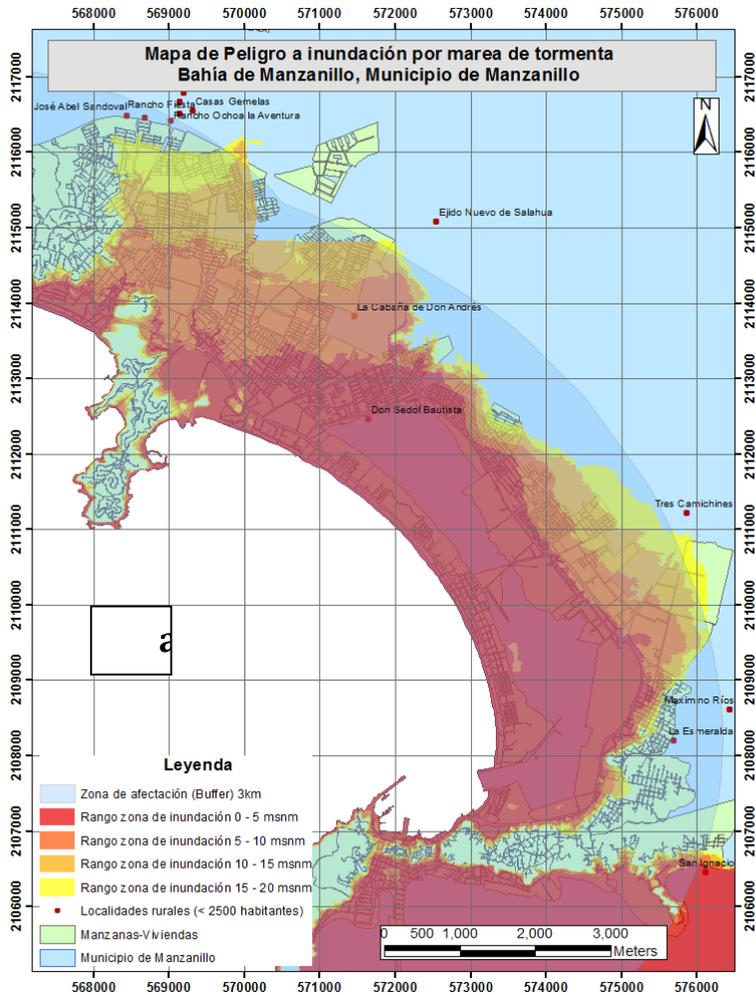
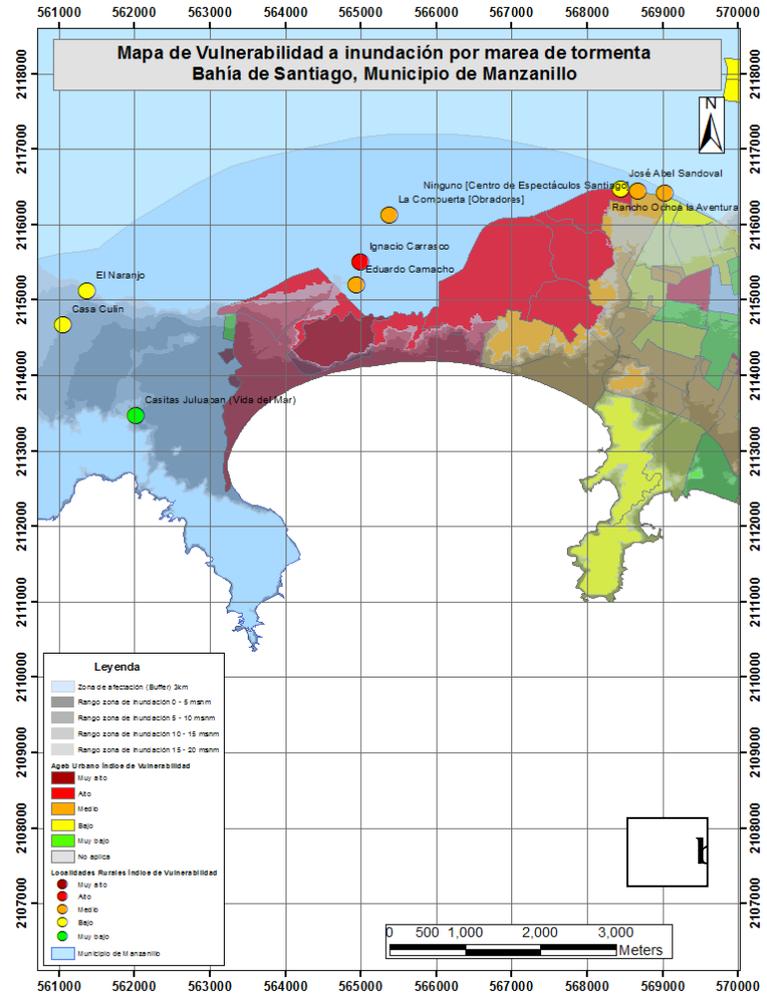
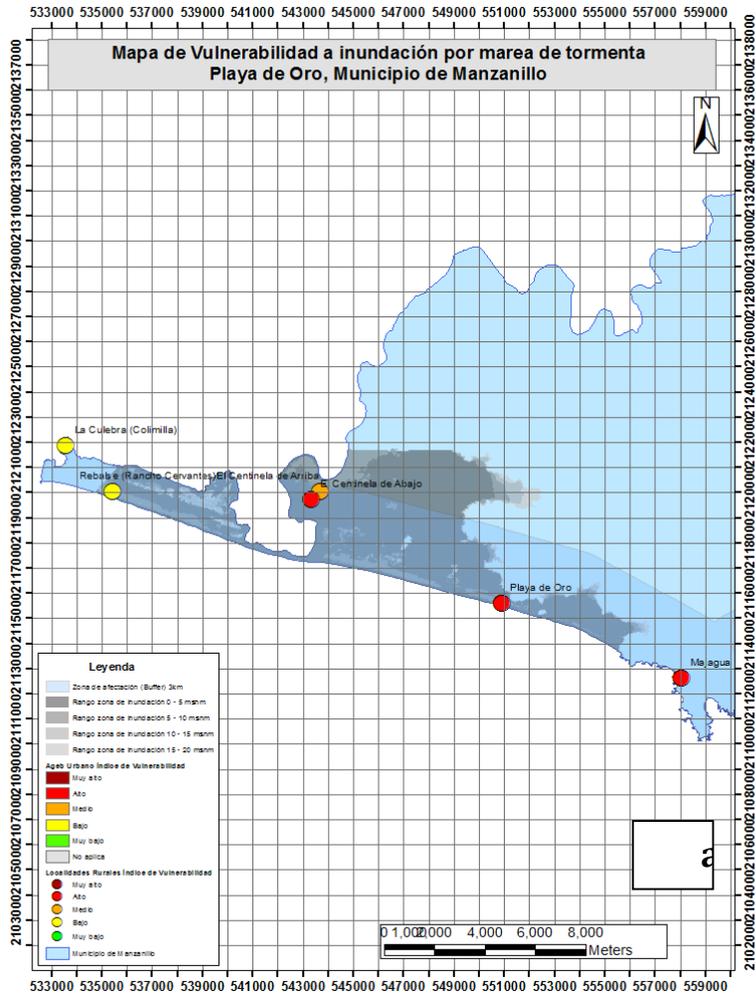


Figura ZC5.1.1. Mapa de peligro de inundación por marea de tormenta, Playa de Oro (a) y Bahía de Santiago (b) en el Municipio de Manzanillo.



**Figura ZC5.1.3. Mapa de peligro de inundación por marea de tormenta, Bahía de Manzanillo (a) y Punta Campos (b) en el Municipio de Manzanillo.**



**Figura ZC 5.1.4 Mapa de vulnerabilidad a inundación por marea de tormenta, Playa de Oro (a) y Bahía de Santiago (b) en el Municipio de Manzanillo.**

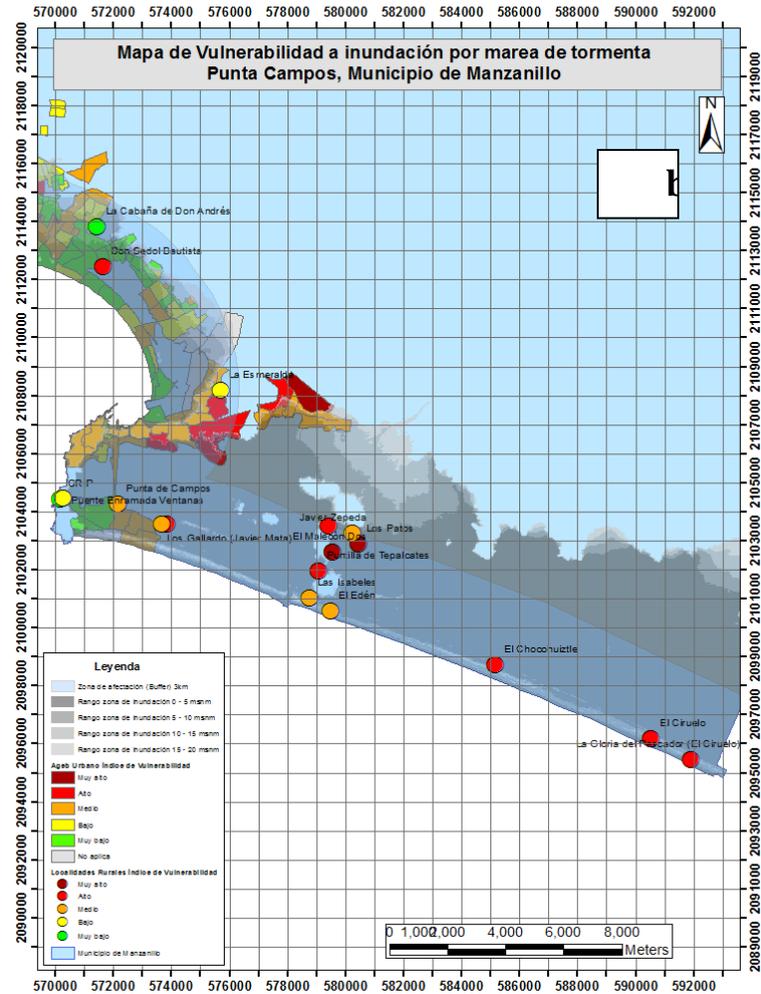
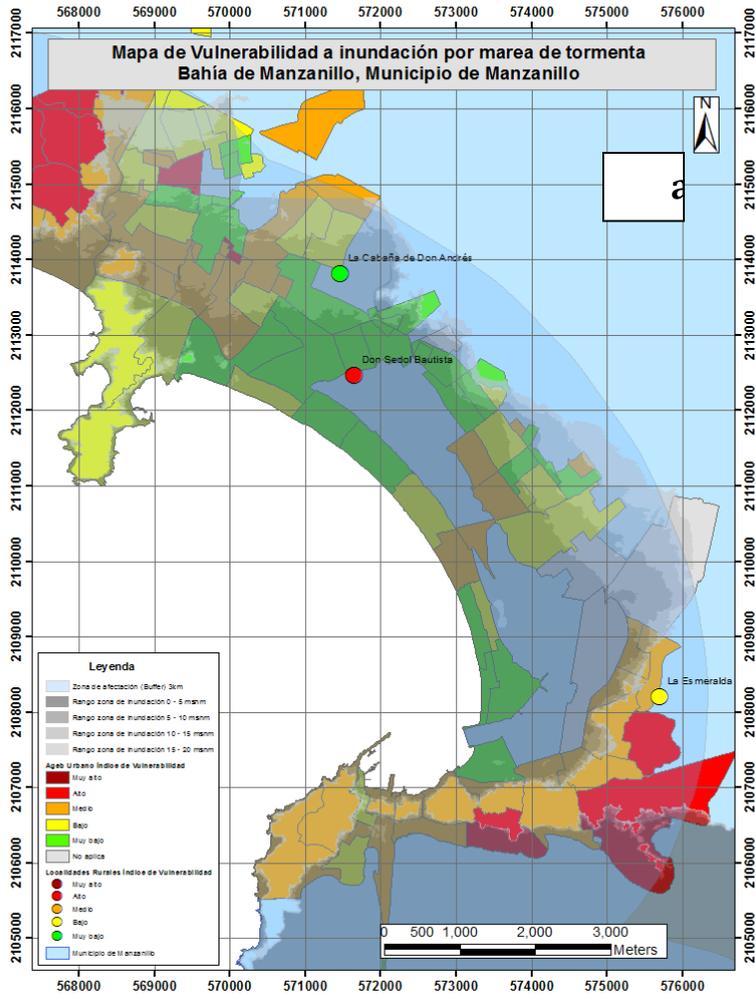


Figura ZC5.1.5 Mapa de vulnerabilidad a inundación por marea de tormenta, Bahía de Manzanillo (a) y Punta Campos (b) en el Municipio de Manzanillo.

## 5.2. Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno

Mediante el programa Calculo\_Tr\_Ciclones2005\_2.2 del CENAPRED (2006b), fue estimada la probabilidad de ocurrencia ( $P(i)$ ) y el periodo de retorno ( $Tr$ ), para cada categoría de ciclón tropical en la escala Saffir-Simpson, para el Municipio de Manzanillo.

**Tabla ZC5.5. Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno para cada categoría de ciclón tropical para el Municipio de Manzanillo.**

Costa del Pacífico								
Cálculo del periodo de retorno								
Tipo	Intensidad	P(i) Inter.	P(i) Ajustada	P(i) Acum.	Eventos por tipo	$\mu(i)$ total	$\mu(i)$ anual	Tr(i)
DT	1	0.4	0.302	0.3019	7.55	25.00	0.4386	2.28
TT	2	0.4	0.302	0.6038	7.55	17.45	0.3062	3.27
H1	3	0.2	0.151	0.4528	3.77	9.91	0.1738	5.75
H2	4	0.1	0.075	0.2264	1.89	6.13	0.1076	9.30
H3	5	0.2	0.151	0.2264	3.77	4.25	0.0745	13.43
H4	6	0.005	0.004	0.1547	0.09	0.47	0.0083	57.00
H5	7	0.02	0.015	0.0189	0.38	0.38	0.0066	57.00
-	8	0	0	-	0.00	0.00	-	-
Suma		1.325		-	25			

Número Total de ciclones	25	Años del periodo	57
--------------------------	----	------------------	----

Grado de confianza de la estimación de probabilidad

**BUENO**

Pegar valores en las celdas de fondo gris.

Analizar

Limpiar Celdas

La Tabla ZC5.6. contiene los valores de la probabilidad de ocurrencia (Probabilidad de Poisson por año) y el período de retorno (tiempo de retorno,  $Tr$  (años)), obtenidos mediante la función de Poisson, para cada categoría de ciclón tropical en la escala Saffir-Simpson, en el área de influencia para la costa del Estado de Colima. De 1949 al 2013 un total de 213 ciclones tropicales describieron trayectorias en la área de influencia, de los cuales en la categoría de Depresión tropical (DT) solamente se tienen 15 fenómenos a partir de 1989 debido a la falta de registros anteriores a esta fecha, por lo que no fue posible la determinación del período de retorno para esta categoría; en la categoría de Tormenta tropical (TT) contabilizados 76 con un período de retorno de 2 años; Huracán categoría 1 (H1) contabilizados 63 con un período de retorno de 4 años; Huracán categoría 2 (H2) contabilizados 20 con un período de retorno de 26 años; Huracán categoría 3 (H3) contabilizados 20 con un período de retorno de 26 años; Huracán categoría 4 (H4) contabilizados 29 con un período de retorno de 13 años y para Huracán categoría 5 (H5) contabilizados 5 con un período de retorno de 356 años.

**Tabla ZC5.6 Período de retorno para cada categoría de ciclón tropical, en la escala Saffir-Simpson, con datos históricos de ciclones tropicales de 1949-2013 con trayectorias en el área de influencia frente a la costa del Estado de Colima.**

Período de Retorno con datos históricos de ciclones tropicales en zona de afectación de 1949 - 2013						
Intensidad	No. Eventos históricos	Media por año	Probabilidad de Poisson por año	Frecuencia estimada	Tr (x)	Tr (años)
DT	15	***	***	***	***	***
TT	76	1.1692	0.363169831	23.6060	1.5702	2
H1	63	0.9692	0.367701683	23.9006	3.9537	4

H2	20	0.3077	0.226197379	14.7028	25.8657	26
H3	20	0.3077	0.226197379	14.7028	25.8657	26
H4	29	0.4462	0.285576514	18.5625	13.452	13
H5	5	0.0769	0.071227775	4.6298	355.7268	356
<b>Total</b>	<b>213</b>	****	****	****	****	****

La Tabla ZC5.7 contiene una comparación del período de retorno (tiempo de retorno,  $Tr$  (años)), obtenidos mediante el programa *Calculo\_Tr\_Ciclones2005\_2.2* propuesto por el CENAPRED (2006b) y la función de Poisson, para cada categoría de ciclón tropical en la escala Saffir-Simpson, en el área de influencia para la costa del Estado de Colima.

**Tabla ZC5.7 Comparación del periodo de retorno ( $Tr$ ) en años mediante el programa *Calculo\_Tr\_Ciclones2005\_2.2* propuesto por el CENAPRED y la función de Poisson, para cada categoría de ciclón tropical.**

<b>Tabla comparación del período de retorno</b>		
<b>Intensidad</b>	<b>CENAPRED</b>	<b>función de Poisson</b>
	<b><math>Tr</math> (años)</b>	<b><math>Tr</math> (años)</b>
DT	2	***
TT	3	2
H1	6	4
H2	9	26
H3	13	26
H4	57	13
H5	57	356

# COMPONENTES PESQUERO Y ACUICOLA

Dr. Marco Liñán

## 1. Diagnóstico pesquero del estado de Colima

---

### 1.1 Introducción

---

La información relacionada con el registro de la actividad pesquera en el estado de Colima dio inicio a partir de 1955, en la cual sólo consideraba al Puerto de Manzanillo en dicho sector, con apenas 273 pescadores (Cano, 2006). Para el 2003, esta actividad se había diversificado hacia los sectores social y privado con una población de 1,076 y 617 pescadores registrados respectivamente (SAGARPA). Estadísticas más recientes reportan una población pesquera no inscrita oficialmente es de 2,209 individuos (SAGARPA 2011), sin embargo según nuestras estimaciones dicha cantidad podría ser mayor. Respecto a las embarcaciones, las estadísticas de 2011 señalan la existencia de 417 embarcaciones registradas en esta actividad, el 88% representando a la pesca ribereña y el resto dentro de la pesca de altura.

Tanto a nivel nacional y como a nivel estado, la actividad pesquera contribuye de forma relevante en la generación de empleos y alimentos de ricos en proteína y de bajo costo, lo cual se refleja en las estadísticas oficiales del 2012 donde la producción en el estado alcanzó las 31,893 toneladas y contribuyó con el 1.88 % de la producción pesquera nacional (SAGARPA, 2013). Sin embargo, desde un punto de vista ambiental, el sector está atravesando graves problemas que repercuten en una notable y continua reducción de las poblaciones de peces y en la destrucción de los fondos marinos. Como consecuencia de todo ello, se observa una clara disminución de las capturas, una importante reducción del número de empleos y un empeoramiento de las condiciones de vida de las personas que viven de la pesca, especialmente en las que trabajan en la pesca artesanal.

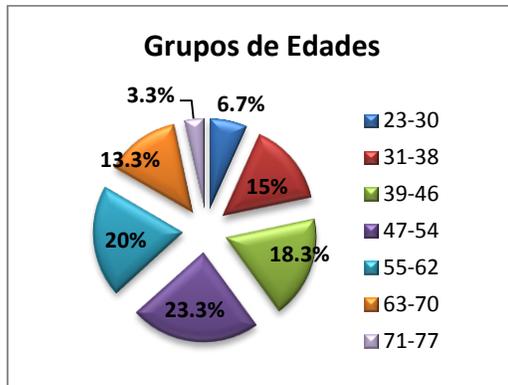
### 1.2. Características generales del sector

#### 1.2.1 Aspectos socioeconómicos

---

De acuerdo al total de encuestas realizadas en el presente estudio (n = 60), se destaca que en el puerto de Manzanillo se presenta la mayor actividad pesquera del estado, conformada en más del 76% por organizaciones, cooperativas, armadores, permisionarios y pescadores libres. Actividad desarrollada predominantemente por los hombres (98%). Sin embargo, es posible que la participación de las mujeres en este sector sea distinta, concentrándose principalmente en las plantas de procesamiento de productos pesqueros, como empleadas u obreras, o desempeñándose por su cuenta, ya sea en el procesamiento primario o en la comercialización del pescado en los mercados locales.

En general, este sector está conformado en su mayoría por individuos con edades de entre 47-54 años, sólo el 6.7% de los pescadores tiene entre 23-30 años (figura PA1), posiblemente para este sector más joven, la pesca sea una actividad con escaso atractivo laboral y por ello su reducida participación.



**Fig. PA 1. Edad de los pescadores por grupos**

Respecto a los años de experiencia en la profesión, el 18% tiene de 27-34 años desarrollándose en la pesca, un porcentaje menor cuenta con más de 50 años en esta profesión (figura PA 2). En general, tales características nos describen un sector heterogéneo y con alta experiencia en la pesca. Sin embargo, también representa una dependencia absoluta a su empleo como única fuente de ingresos.



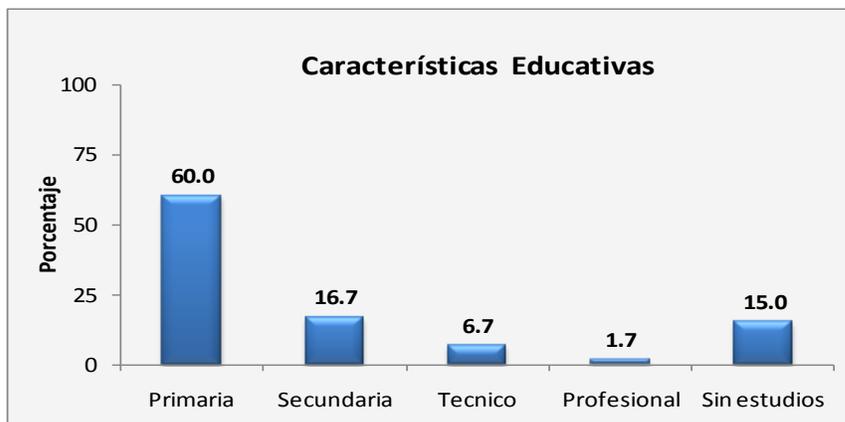
**Fig. PA 2. Años de Experiencia en la pesca**

En este sector, el máximo nivel de estudio alcanzado por la mayoría de los encuestados es

la primaria (60%), la presencia de trabajadores con títulos técnicos o profesionales es muy reducida, con tan sólo un 2%, mientras que el porcentaje de pescadores sin estudios, que no saben leer ni escribir, es del 15 % (figura PA 3). Se destaca que los pescadores que residen en Manzanillo han logrado distintos niveles de estudio tanto en secundaria, bachillerato y profesional (tabla PA 1), caso contrario sucede en Tecomán en donde se reconoce, junto con Armería, el rezago educativo existente (INEGI, 2010).

**Tabla PA 1. Características educativas en los principales municipios pesqueros del estado**

	Manzanillo	Tecomán	Armería
Primaria	61%	67%	50%
Secundaria	17%	0%	25%
Bachillerato/Técnico	9%	0%	0%
Profesional	2%	0%	0%
Sin estudios	11%	33%	25%



**Fig. PA 3 Características educativas del sector pesquero en el estado de Colima**

En la situación conyugal se identificaron diversas categorías, unión libre, soltero, casado, divorciado o en estado de viudez, dicho análisis refleja en general un mayor porcentaje de personas casadas (58%), mientras que el 23% vive en unión libre (figura. PA 4). Cuando se analiza esta información por municipio, se observa que en Tecomán la tendencia es a vivir casados (67%) o en unión libre (33%), mientras que en Armería el mayor porcentaje recae en los solteros (tabla PA 2).



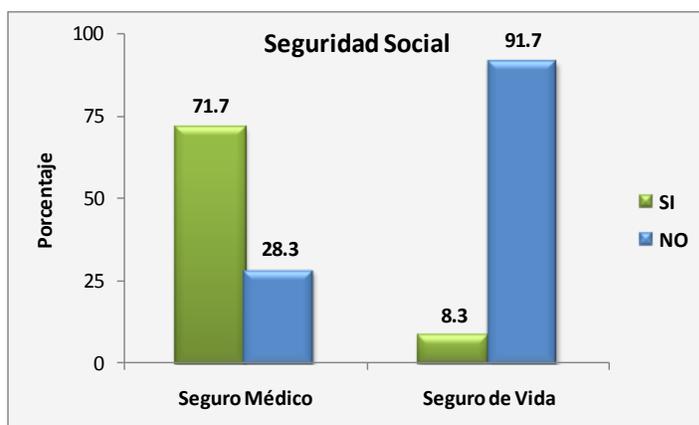
**Fig. PA 4 Situación conyugal del sector pesquero del estado de Colima**

**Tabla PA 2. Situación conyugal en los municipios pesqueros del estado**

	Manzanillo	Tecomán	Armería
Soltero	9%	0%	38%
Casado	63%	67%	25%
Viudo	2%	0%	13%
Divorciado	4%	0%	0%
Unión libre	22%	33%	25%

La pesca es considerada como una de las profesiones con alto factor de riesgo siendo los pescadores artesanales quienes enfrentan condiciones de mayor vulnerabilidad en su seguridad laboral al no contar con contrato de trabajo, asistencia médica, pensión, o seguro de vida, lo que se suma a su precaria condición de subsistencia. Situación que no es ajena entre los pescadores del estado de Colima. En parte, el seguro de vida se considera necesario sólo para quienes trabajan en la flota de mediana altura (Figura PA 5), lo que convierte a Tecomán y Armería en los municipios más vulnerables, ya que ningún pescador ribereño cuenta con algún seguro de vida.

En cuanto al acceso a los servicios de salud, el 71% de los encuestados dijo ser derechohabiente de alguna institución de seguridad social, parte de estos afiliados expresaron que gozan de este derecho porque cuentan con un trabajo asalariado y otros porque señalaron al seguro popular como su única opción de seguridad.

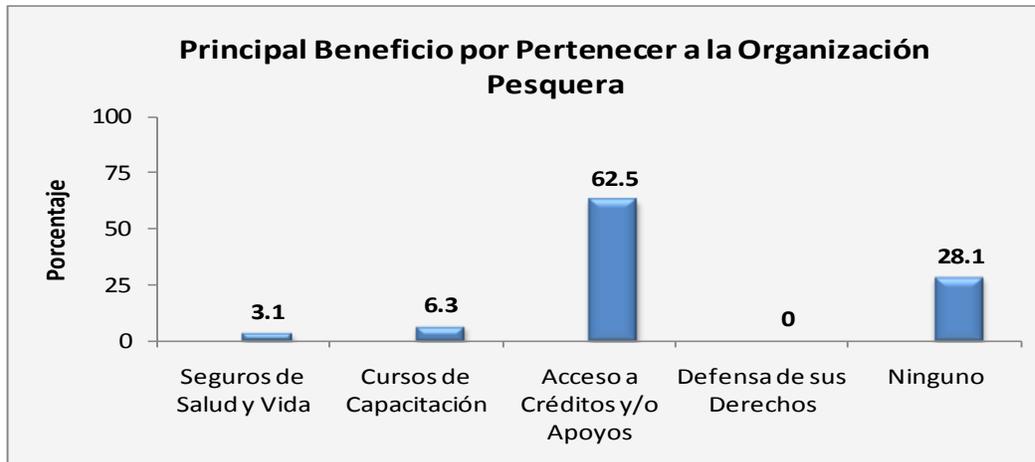


**Fig. PA 5. Seguridad social en el sector pesquero del estado de Colima**

En Colima el sector pesquero registra algunos tipos de organización, tales como sociedades cooperativas de producción, uniones de producción, uniones de pescadores y federaciones. Dichas organizaciones juegan un papel importante porque facilitan el acceso a las licencias de pesca, ofrecen asesoría y capacitación a sus miembros, entre otros. Al respecto, el 62% de los pescadores dijo pertenecer a un grupo de los antes mencionados, los cuales se afilian con el principal interés de recibir algún tipo crédito y/o apoyo gubernamental (figura PA 6). La incipiente organización, la competencia entre socios y la falta de objetivos no han permitido lograr mayores beneficios ni el buen funcionamiento de estas agrupaciones. No obstante, el 64% de los asociados califica como buena la gestión de sus actuales dirigentes, excepto en Tecomán, donde la dirigencia fue calificada de regular a muy mala (tabla PA 3).

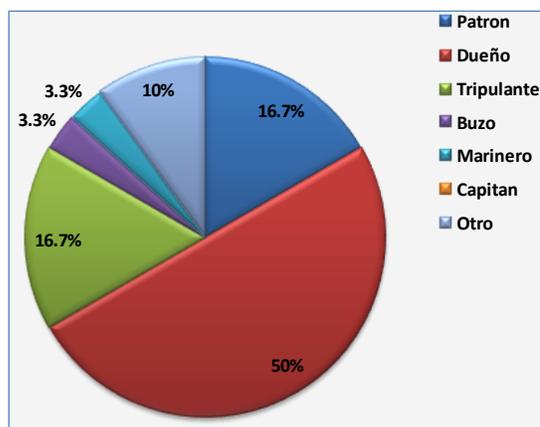
**Tabla PA 3. Apreciación de los pescadores sobre el desempeño de las organizaciones pesqueras por municipio pesquero**

Calificación	Manzanillo	Tecomán	Armería
Buena	60%	0%	50%
Regular	26.7%	33%	0%
Mala	3.3%	0%	0%
Muy buena	0%	0%	25%
Muy mala	0%	33.3%	0%
Sin opinar	0%	33.3%	25%



**Fig. PA 6 Percepción sobre beneficios relacionados a las Organizaciones Pesqueras del Estado de Colima**

Independientemente de la pertenencia a las agrupaciones pesqueras y sus posibles beneficios, el nivel laboral que un pescador puede ocupar dentro de su entorno laboral está definido principalmente por la propiedad de los medios de producción (embarcaciones y equipos de pesca). De manera que, quienes no poseen los medios necesarios regularmente son contratados por el propietario o dueño para cumplir con distintas actividades durante la jornada de pesca (figura PA 7). Este tipo de contratación carece de estabilidad laboral ya que en general se trata de acuerdos verbales que no garantizan el puesto de trabajo al regresar ni otorgan beneficios como la seguridad social, por lo anterior este sector se considera de mayor vulnerabilidad.



**Fig. PA 7. Nivel laboral del Pescador**

En cuanto a la temporada laboral, el 71% de los encuestados trabaja completamente en la pesca, mientras que el resto lo hace de manera parcial o eventual en combinación con otros oficios o como trabajador asalariado (figura PA 8). Sin embargo, esta dedicación completa a la pesca no garantiza ingresos económicos, además limita las posibilidades de formación o adquisición de experiencia en otros empleos, situación que se agrava si se trata de individuos con edad avanzada lo cual genera un estado de mayor riesgo laboral (figura PA 1).

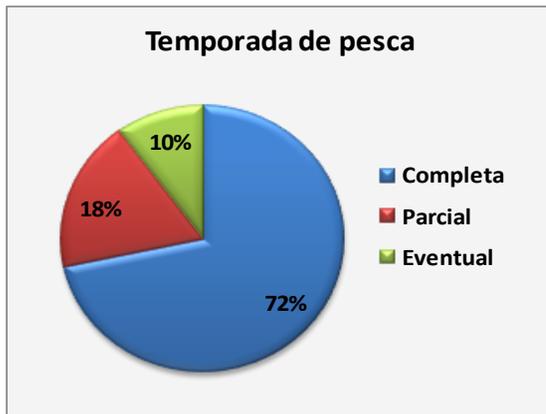


Fig. PA 8 Temporada de pesca

1.2.2 Percepción de los pescadores ante la problemática del sector

Una opinión común en más del 66% de los pescadores es creer que las acciones de Gobierno pueden mejorar sus actuales condiciones de vida y/o trabajo (figura PA 9), tendencia más focalizada en el municipio de Armería (tabla PA 4). Dependencias como la SAGARPA-CONAPESCA o la SEDESOL, por ejemplo, promueven programas de apoyo para el sector pesquero y acuícola tendientes a mejorar la productividad y eficiencia de los productores.

Cabe señalar que la participación de los pescadores en este tipo de programas está condicionada a cumplir con una serie de requisitos específicos, lo que limita en la mayoría de los casos dicha participación. Al respecto, fue posible identificar que el 55% de los pescadores encuestados no cuenta con las autorizaciones o permisos correspondientes para realizar la pesca, requisito principal en los programas de apoyo, lo cual es un reflejo de la informalidad en la que se desarrolla dicho sector.

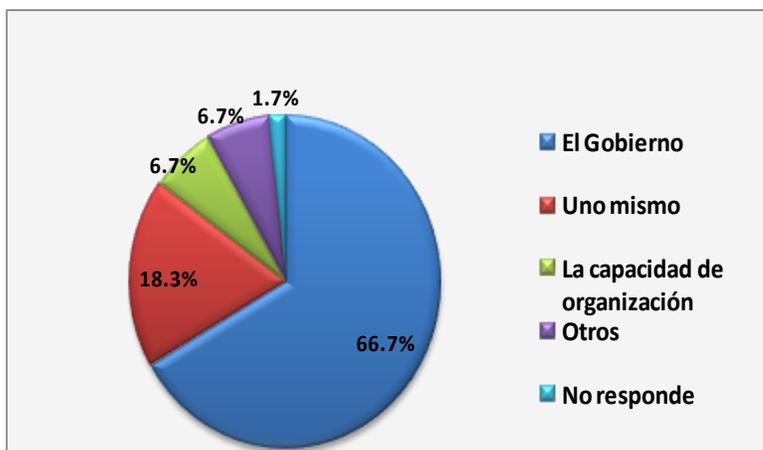


Fig. PA 9. Factores que podrían mejorar la condición de vida y/o trabajo en los pescadores del estado de Colima

Tabla PA 4. Factores que podrían mejorar la condición de vida y/o trabajo en los pescadores de los principales municipios pesqueros

	Manzanillo	Tecomán	Armería
El Gobierno	66.7%	66.7%	75%
Uno mismo	20%	16.7%	12.5%

La capacidad de organización	4.45%	16.7%	12.5%
Otros	8.9%	0	0

A consideración de los pescadores, hoy en día es necesario alejarse más de la costa y pasar más tiempo pescando debido a la escasez de los recursos pesqueros, lo cual resalta la importancia de un método que garantice la calidad y seguridad del pescado y el marisco frescos. Al respecto, el 90% de los encuestados dijo utilizar únicamente hielo, mientras que el resto señaló no utilizar algún sistema de conservación, lo anterior genera un factor de incertidumbre para poder hacer llegar el producto al mercado. Adicionalmente, dada la alta perecibilidad de los productos pesqueros, prácticas deficientes de manipulación pueden comprometer la calidad del producto y afectar negativamente la calidad sanitaria y el valor nutricional de los pescados y mariscos (FAO, 2005).

La falta de diversificación en la presentación del producto, la ausencia de sistemas adecuados de refrigeración para la conservación del pescado, la carencia de centros de acopio y los inadecuados mecanismos de distribución y abasto de productos pesqueros, generan menor ingreso al pescador.

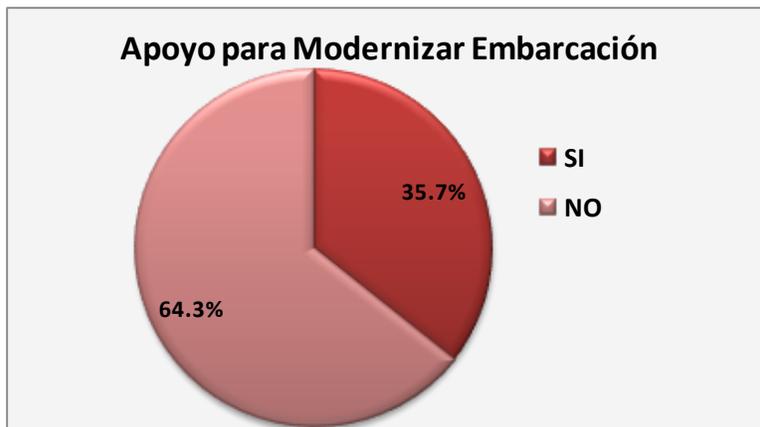
### 1.2.3 Seguridad en el mar

En Manzanillo la pesca se realiza principalmente con la ayuda de equipos de comunicación y navegación tales como GPS y/o radio VHF, mientras que en Tecomán los pescadores utilizan únicamente un celular (tabla PA 5). Sin embargo, en el caso de Manzanillo el uso de estos equipos (además de sonar, ecosonda o brújula) ocurre con mayor frecuencia dentro de la pesca del tiburón y la pesca deportiva. En Armería, más del 62% de los pescadores no utiliza alguno de los equipos antes referidos (tabla 5). En general, existen insuficiencias en la aplicación de medidas de seguridad en el mar, lo que incrementa el riesgo de accidentes y siniestros y aun cuando los pescadores son conscientes de ello, argumentan no contar con los recursos suficientes para la compra de equipos de seguridad.

**Tabla PA 5. Equipos de comunicación y navegación utilizados por pescadores de los municipios costeros**

	Manzanillo	Tecomán	Armería
GPS	20.9%	0%	0%
Radio VHF	34.3%	0%	12.5%
Sonar	1.5%	0%	0%
Ecosonda	3%	0%	0%
Celular	13.4%	66.7%	25%
Brújula	3%	0%	0%
Ninguno	23.9%	33.3%	62.5%

Otro aspecto importante a considerar es el mantenimiento y/o la modernización de las embarcaciones, lo que incluye desde la sustitución de la misma, cambios en la tecnología del motor, instalación de bodegas térmicas o aislantes, sustitución de artes de pesca por las autorizadas en las normas vigentes así como la adquisición de equipo de comunicación y navegación. Respecto a estos elementos es posible observar que el 64% de los pescadores nunca han recibido apoyo para modernizarse en su actividad (figura PA 10), siendo Tecomán el municipio menos favorecido (tabla PA 6).

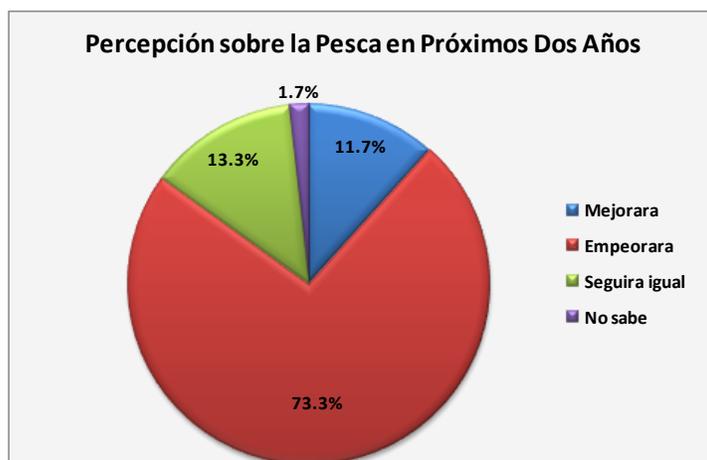


**Fig. PA 10. Porcentaje de pescadores que han recibido apoyo para modernizar sus embarcaciones**

**Tabla PA 6. Porcentaje de pescadores por municipio que han recibido apoyo para modernizar sus embarcaciones**

	Manzanillo	Tecomán	Armería
SI	35.3%	25%	50%
NO	64.7%	75%	50%

Es posible que por todo lo descrito anteriormente, el 73% de los pescadores tenga una percepción negativa de la situación de la pesca, al creer que ésta empeorará a corto plazo (figura PA 11). Los mismos opinan que la baja productividad pesquera, las precarias condiciones de seguridad y de trabajo, han hecho de ésta una actividad poco rentable y especialmente vulnerable.



**Fig. PA 11. Percepción sobre la situación de la Pesca en los próximos dos años**

### 1.3. Situación de las principales pesquerías

A nivel mundial las pesquerías experimentan una reducción en sus volúmenes de captura (FAO, 2003). Del mismo modo, en nuestro país la mayoría de los recursos pesqueros han alcanzado la captura máxima posible. La excesiva demanda ha generado un esfuerzo pesquero y tasas de aprovechamiento generalmente superiores a las que los recursos pesqueros pueden soportar. Esta demanda de alimentos provoca la sobreexplotación de los recursos pesqueros y conlleva problemas asociados, como son la

captura incidental de especies no objetivo, el descarte de las especies sin valor comercial, y el deterioro ambiental, especialmente en las áreas costeras, provocando la pérdida de hábitats y la contaminación (INAPESCA, 2006).

Adicionalmente, se ha reconocido que los ecosistemas marinos cambian en una variedad de escalas de tiempo, desde la estacional hasta centenal y más. Escalas que en gran parte son forzadas por procesos atmosféricos y climáticos, ambos causantes de la variabilidad climática. Fluctuaciones en la abundancia, biomasa, estructura de edad y patrones de distribución de los recursos pesqueros se dan en respuesta a esta variabilidad ambiental (Lehodey et al., 2006). Sin embargo, se desconoce cómo los efectos naturales y antropogénicos interactúan entre sí y de qué manera afectan a las cadenas tróficas y en consecuencia al ecosistema. Justamente esta falta de conocimiento es el factor que no ha permitido un consenso general de los impactos ecológicos del cambio climático en las pesquerías del mundo.

En el estado de Colima, las tendencias históricas de la captura y esfuerzo muestran variaciones que se han documentado principalmente bajo un enfoque biológico-pesquero, lo que ha permitido explorar la distribución y abundancia de las principales especies comerciales. Si tomamos en cuenta que el cambio climático puede exacerbar la situación actual de estas pesquerías, se hace necesaria la integración de variables climáticas en los estudios pesqueros. Lo anterior, generará información básica que permitirá evaluar el grado de vulnerabilidad y sugerir alternativas encaminadas a prevenir o disminuir los efectos adversos del cambio climático en las comunidades y los recursos pesqueros.

### 1.3.1 Laguna de Cuyutlán

---

La laguna Cuyutlán por mucho tiempo ha sido el cuerpo costero de mayor extensión (7,200 ha) e importancia económica y pesquera en el Estado de Colima, en donde la pesca artesanal y la extracción de sal son las principales actividades. No obstante, las condiciones físicas, hidrológicas y biológicas de este cuerpo lagunar han sido modificadas a través del tiempo por las diversas obras de ingeniería realizadas para beneficio de la planta hidroeléctrica, el ferrocarril y el puerto industrial (Cabral-Solís y Espino-Barr, 2004). Recientemente dio inicio la construcción de una regasificadora en el mismo cuerpo lagunar, lo que modificó el perfil de playa y causó deforestación en parte de la barrera de arena, entre el océano y el vaso lacustre. (Cabral-Solís, 2011). Situación que ha generado mayor incertidumbre respecto a factores de mayor vulnerabilidad como el aumento en el nivel del mar, mayor incidencia de huracanes, lluvias e inundaciones.

Según el Inventario Nacional de Manglar 2009, Colima, en la región Pacífico Centro, tiene la mayor extensión de cobertura de manglar respecto a Jalisco y Michoacán con 3,074 hectáreas. Vegetación que cubre el 51.5 % de la línea de la costa, cuya extensión es de 159 km (CONABIO 2009). La importancia de lo anterior radica en que más del 80% de las especies comerciales están relacionadas a estuarios, lagunas costeras y manglares en alguna etapa de su desarrollo durante el ciclo de vida (Martínez-Arroyo et al., 2011). Además, según estimaciones, una hectárea de manglar puede producir anualmente unos 767 kg de camarón y peces de importancia comercial (Turner, 1977). Pese a lo anterior, el daño que sufren las pesquerías por la pérdida de manglar ha recibido poca atención y no ha sido estimado en detalle.

Tradicionalmente, los recursos pesqueros de mayor importancia comercial asociados con esta laguna, son la mojarra, la lisa, el cuatete, la jaiba, así como el camarón blanco y el café (Cabral-Solís, 2011). Según las encuestas realizadas para este estudio, tanto el

cuatete, las mojaras como el camarón, figuran entre las especies que menos se pescan desde hace 10 años. Sin embargo, las mismas encuestas señalan que la lisa, el constantino, la malacapa y la mojarra rayada han desaparecido de laguna.

Al respecto, algunos investigadores opinan que la apertura del canal de tepalcates posiblemente modificó la estructura y composición de especies, con organismos adecuándose a las nuevas condiciones (Cabral-Solís y Espino-Barr 2004; Cabral-Solís 2011). Por su parte, los pescadores señalan que lo que ocurrido no sólo se debe a la apertura del canal, sino también a la pérdida de cobertura de manglar, a la construcción de la gasera, a las modificaciones realizadas para el paso del ferrocarril, así como a la succión de agua por parte de la Termoeléctrica (tabla PA 7). Además de esto último, es importante resaltar que según el inventario de Gases Efecto Invernadero (GEI) 2005-2010, en el estado de Colima la generación de electricidad contribuye a la mayoría de las emisiones de GEI a la atmosfera (77.13%), seguido del sector transporte (13.72%) (CINPRO, 2013). Atención especial merecen estos niveles, ya que los óxidos contenidos en los GEI pueden tener un efecto sobre los ecosistemas lagunares y costeros al acidificar el agua y los suelos adyacentes a la laguna y afectar el desarrollo y la sobrevivencia de larvas y huevos (Waldbusser et al., 2013).

**Tabla PA 7. Algunos tópicos relevantes que han sido evaluados y determinados en la Laguna de Cuyutlán.**

Tópicos	Referencia
Apertura del Canal de Tepalcates por efecto del Huracán Andrés	Quijano et al., 1992
Producción de camarón en el Tapo experimental de la laguna	Ascencio 1985
Caracterización limnológica de la laguna	Salgado y Ascencio 1995
Influencia del Tapo de Ventanas y de la Termoeléctrica sobre la entrada y distribución de especies marinas	Salgado y González-Becerril (1996)
Problemática Social y Pesquera	Salgado et al., 1998
Fauna íctica de la zona de Toma de la Central Termoeléctrica	Cruz-Romero et al., 1998
Posición Taxonomía de los peces de la laguna	Cabral-Solís y Espino Barr (2001)
Diversidad y Abundancia de la laguna	Cabral-Solís et al., (2002 y 2005)
Distribución Espacio-Temporal de los peces de la laguna	Cabral-Solís y Espino Barr (2004)

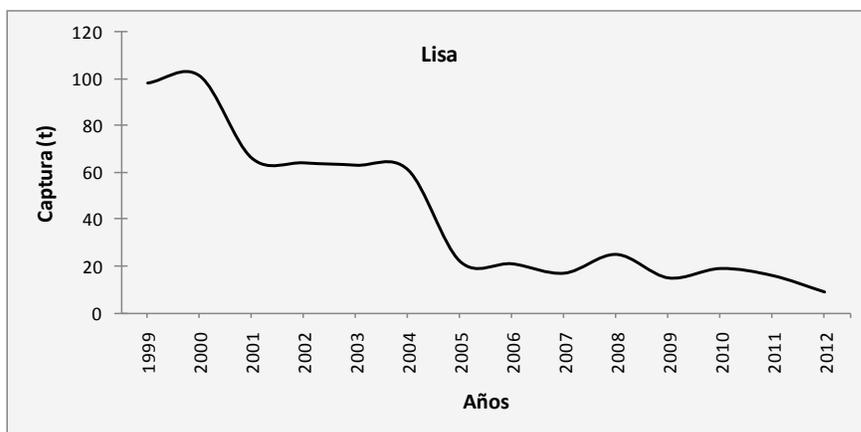
A pesar de que la laguna de Cuyutlán es una importante fuente de producción de alimentos y de beneficios económicos para cientos de pescadores y sus familias, los estudios encaminados a caracterizar su potencial pesquero y la expectativa de uso acuacultural han sido limitados. En la siguiente sección se analiza el panorama de la actividad pesquera realizada en la laguna, con énfasis en las pesquerías con mayor formación disponible. Lo anterior, con el propósito de contribuir al entendimiento de los actuales escenarios y sugerir propuestas que permitan reducir la inminente vulnerabilidad de este importante ecosistema y sus recursos.

### *Lisa*

Especie comúnmente conocida como lisa, lebrancha o lisa blanca, comercialmente está clasificada como de tercera clase. Habita normalmente en lagunas costeras en condiciones

que varían desde salobres hasta hipersalinas (0-38 ppm) y temperaturas que van de los 30 a 35 °C, migrando al mar para reproducirse. En la laguna de Cuyutlán se capturan anualmente de 7 a 24 toneladas, lo que representa alrededor del 0.50% de la producción del Pacífico Mexicano (Espino-Barr et al., 2013). A pesar de esta baja producción y su bajo precio, su extracción es una actividad importante para los pescadores ribereños de la laguna y por su amplio margen de adaptabilidad y distribución, es un recurso con explotación pesquera permanente (Cabral-Solís, 1999; Cabral-Solís et al., 2006).

En la figura PA 11 se puede observar la tendencia en los volúmenes de capturas de lisa en los últimos 13 años, con un máximo en el año 2000 de 101 toneladas, menores valores de captura del 2001 al 2004, después un abrupto descenso y finalmente del 2005 al 2011 apenas lograr las 19 toneladas en promedio. Particularmente el 2012 fue el año con los peores valores en captura con tan solo 9 toneladas, destacando además que en los últimos siete años la producción estatal proviene en un 91% de lo capturado en la laguna de Cuyutlán.



**Fig. PA 12. Serie histórica de la producción pesquera de lisa en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1999-2012 (Estadísticas Oficiales SAGARPA).**

Las variaciones en las capturas de lisa parecen estar asociadas principalmente con la apertura y cierre temporal del canal de Tepalcates, representando un factor de cambio en la estructura y composición de las especies pesqueras (Cabral-Solís 2004). Paralelamente, las condiciones ambientales también afectan este recurso, en particular la temperatura del agua, la cantidad de luz solar y las precipitaciones (Ibañez y Gutierrez-Benitez, 2004). Es posible que la combinación de ambos escenarios incremente la vulnerabilidad de este recurso, al afectar sus zonas de desove, captura y reproducción, así como la abundancia de predadores y presas (Naijar et al. 2010).

Un factor adicional tiene su origen en el incumplimiento de la veda, lo cual permite que la lisa se capture principalmente en la época reproductiva, cuando la pesquería adquiere su mayor valor al comercializar la gónada. Además, cuando se captura, ya sea como pesca objetivo o pesca incidental, regularmente se utilizan redes con luz de malla no permitida en las normas. Al respecto, Cabral-Solís et al. (2006) señalan que tal recurso ha disminuido, mostrando ya signos de sobreexplotación.

### *Jaiba*

De las 16 especies que conforman el género *Callinectes*, tres se localizan en el Pacífico Mexicano y son comúnmente conocidas como jaiba azul, jaiba guerrera y la jaiba negra o guacho. En la laguna de Cuyutlán la pesquería se centra en la jaiba azul, especie de aguas someras y salobres que sale al mar a desovar. Son depredadores diurnos y a la vez son

presas de muchas especies, por lo que ecológicamente cumplen un papel primordial en la cadena alimenticia. Actualmente, la información disponible sobre este recurso está dirigida a su aprovechamiento bajo condiciones de cultivo, a la producción de jaiba suave, así como a estudios poblacionales. La literatura referente a estos tópicos es escasa para las especies de jaiba del Océano Pacífico, en comparación con las especies del Golfo de México las cuales han sido ampliamente estudiadas (INE 1994; Estrada-Valencia y Espino-Barr 2006).

Según estadísticas oficiales, la captura de jaiba en el estado alcanzó en el 2012 apenas las 11 toneladas, donde el 97% de éstas se capturó en la laguna de Cuyutlán. No obstante, dicha producción ha sido la más baja de los últimos 13 años. En general, los volúmenes de captura muestran una tendencia hacia la baja, con los valores más altos en los años 1999-2000 y posteriormente una marcada disminución en las capturas (figura PA 12). Datos anteriores resultan contrastantes, con una tendencia al aumento en los años 1986 al 1992 y 170 toneladas en promedio de 1992 al 1997 (Estrada-Valencia 1999).

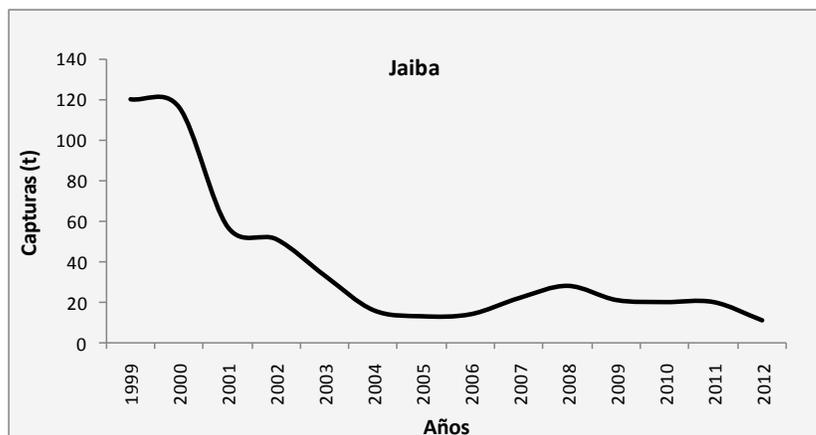
La escasa información relacionada con este recurso plantea ciertas interrogantes, en particular sobre aspectos biológicos. La fuerte dependencia a factores ambientales en etapas como el crecimiento, reproducción y madurez, permite entender que la distribución y abundancia de esta pesquería es estacional, con grandes fluctuaciones interanuales (Ramírez et al., 2003; Estrada-Valencia y Espino-Barr 2006). Particularmente la salinidad, la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto, son factores determinantes en el incremento de la talla de las jaibas, cualquier cambio en los requerimientos óptimos de esta especie afectará el desarrollo normal de las mismas.

Al respecto, es posible esperar que en la laguna de Cuyutlán, como en otras lagunas, existan condiciones locales de variabilidad ambiental que modulen de manera distinta los procesos fisiológicos. Estos procesos probablemente han sido alterados por la apertura y cierre temporal del canal de Tepalcates, lo cual sugiere que durante el cierre del canal la posibilidad de supervivencia de los organismos estuvo determinada por el retraso o la supresión inhibición del crecimiento y/o la reproducción, lo que impide la formación de nuevos organismo y la continuidad al recurso (Arciniega-Flores y Mariscal-Romero 2013).

Las jaibas tienen un caparazón que debe eliminarse de forma repetitiva a medida que el animal crece. Un organismo recién mudado es totalmente blando y necesita absorber agua para crecer y calcificar o endurecer su nuevo caparazón. Los óxidos contenidos en las emisiones de GEI pueden acidificar el agua y afectar este proceso de calcificación, así, especies con conchas y caparazón son particularmente vulnerables a la acidificación. Para enfrentar estas condiciones, los organismos pueden reducir su ritmo de crecimiento y presentar tallas promedio menores (Findlay et al., 2009; Waldbusser et al., 2013). Si el organismo aumenta o mantiene su tasa de calcificación, puede darse una pérdida de musculo o tejido, como fuente de energía (Wood et al., 2008). Estas estrategias, sin embargo, pueden reducir la sobrevivencia de los organismos, particularmente en las primeras etapas de su vida (Waldbusser et al., 2013).

Debido a la baja producción de camarón en la laguna, la explotación de jaiba se inició como un recurso alternativo a éste. Un estudio sugirió que la jaiba podía ser la base para sostener una empresa de producción de jaiba suave, con beneficios para los pescadores y consumidores a fin de promover el mejor uso de los recursos disponibles (Salgado-Mejía, 1995). De tal propuesta no se tienen más registros, sin embargo, sigue representado una alternativa para paliar la disminución de este recurso.

En general, se desconoce la situación real de éste recurso, sin embargo, Estrada-Valencia y Espino-Barr (2006) señalan existe un esfuerzo de pesca excesivo. En diversos trabajos se han sugerido pautas para el aprovechamiento de la jaiba (Salgado et al., 1994; Estrada-Valencia y Espino-Barr, 2006), puesto que su extracción en el estado no está sujeta a ninguna norma regulatoria, como sucede por ejemplo, en los litorales de los estados de Sonora y Sinaloa.

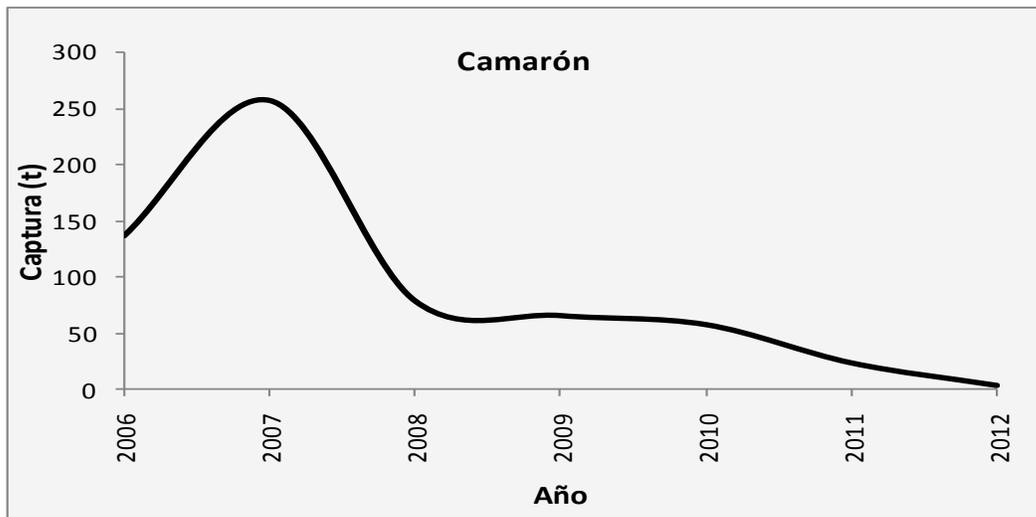


**Fig. PA 13. Serie histórica de la producción pesquera de jaiba en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1999-2012 (Estadísticas Oficiales SAGARPA).**

### *Camarón*

La información sobre estudios de camarón en la laguna de Cuyutlán es escasa, particularmente la relacionada con variables ambientales y capturas. A este respecto, los primeros trabajos fueron realizados por Ascencio et al. (1987) quienes al evaluar la abundancia, encontraron un 90.46% de camarón café respecto al camarón blanco. Fundamentalmente la captura de camarón en la laguna se ha asociado a la operación del Tapo, construido en 1982 con fines experimentales por petición de aproximadamente 200 pescadores. La producción lograda en el primer año fue de 20 toneladas, llegando a representar en 1985 el 50% de la producción total de la laguna (Ascencio-Borondón, 1985). La producción cayó, sin embargo, hasta las 5 toneladas en 1993 (INE, 1986; Salgado-Jimenez y Gonzalez Becerril, 1996). Lo anterior se debió a que el Tapo evitó la migración del camarón al mar facilitando así su captura, aunque tampoco se crearon las condiciones para el desarrollo del mismo (Ascencio-Borondón, 1985).

Desde entonces se han suscitado numerosos problemas han impedido tener cifras fidedignas sobre capturas y sobre el control del recurso, a tal grado que, desde 1988 hasta el 2010 no se aplicó la veda. Otro problema asociado, según Andrade-Tinoco y Espino-Barr (2006) es el uso de redes corrienteras que modifican los patrones migratorios asociados a su ciclo de vida. Estos mismos autores han reportado volúmenes de captura entre 1994-1996 de 30 toneladas anuales en promedio. Todo lo anterior deja en evidencia que el recurso camarón ha dejado de ser el eje sobre el cual gira la actividad económica de la laguna de Cuyutlán (figura PA 13).



**Fig. PA 14. Serie histórica de la producción pesquera de camarón en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 2006-2012 (Estadísticas Oficiales SAGARPA).**

Al respecto, uno de los factores que más impacta en la laguna es la planta termoeléctrica, la cual al utilizar todo el volumen de agua aportada por el mar entorpece la circulación lagunar y disminuye el intercambio de agua, generando zonas de baja energía en grandes extensiones de la Laguna, en las cuales la tasa de depositación de sedimentos aumenta al igual que la temperatura y la evaporación, registrándose importantes pérdidas en el volumen lagunar, lo cual acelera su proceso de degradación (INE 1986). Lo anterior, quedó evidenciado en un estudio que reportó una disminución de hasta el 90% en la captura del camarón por la falta de renovación y circulación del agua (INE, 1986).

Por su importancia económica, el camarón es también el recurso mayormente expuesto a presiones pesqueras. Sin embargo, de acuerdo a las estadísticas oficiales en materia de producción al interior de la laguna y a la percepción de los pescadores, actualmente se encuentra en el peor momento de su historia, producto de la contaminación y las modificaciones de naturaleza antropogénica.

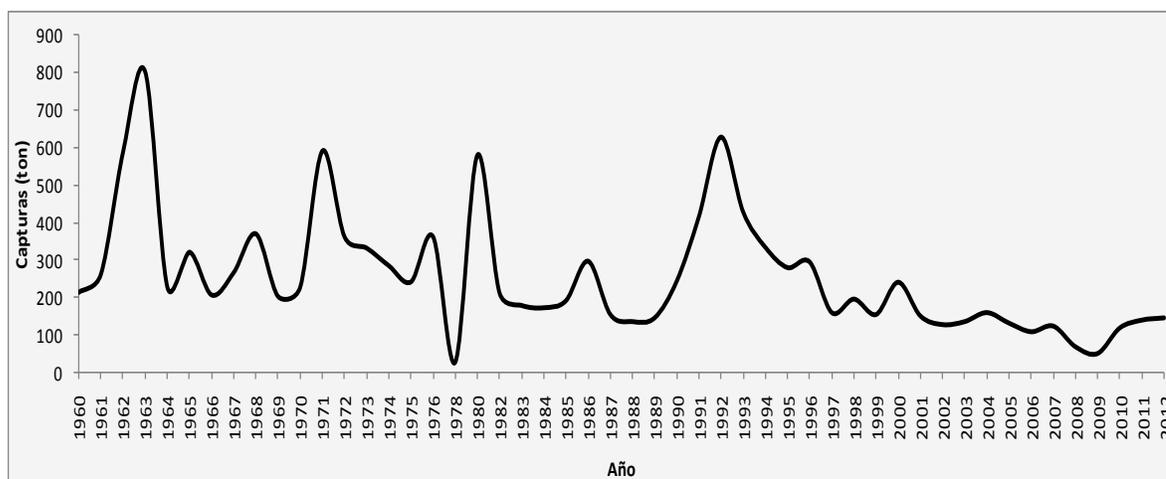
Actualmente, la información en relación a la variabilidad ambiental y sus impactos sobre los recursos pesqueros en cuerpos de aguas interiores, es dispersa y escasa. Particularmente, para la laguna de Cuyutlán hay pocos estudios que integran datos ambientales en la evaluación del esfuerzo pesquero (Cabral-Solís 2011). La información disponible a la fecha no permite inferir sobre si la disminución en los volúmenes de captura, sea producto de la variabilidad ambiental. Sin embargo, organismos expuestos a efectos antropogénicos (modificaciones en la laguna) pueden ser más vulnerables a eventos ambientales extremos (característicos de la laguna) y/o viceversa. Por lo anterior, es posible, que la condición actual de esta laguna no sea la óptima para el crecimiento, el desarrollo y mantenimiento de las especies que la habitan, mismas que pueden estar subsistiendo sobre límites fisiológicos relacionados con algunos factores ambientales. La capacidad para contrarrestar un estado de estrés fisiológico es diferente entre los individuos de una misma población y darse a expensas de procesos como el crecimiento, la reproducción y/o el desove (Pörtner et al., 2008).

### 1.3.2 Escama marina

El recurso escama en el litoral del estado se desarrolla con artes de pesca poco tecnificadas, empleando un alto esfuerzo en horas-hombre con bajos rendimientos. A pesar de esto, sigue siendo el sostén de cientos de familias (Cruz-Romero et al., 1990). Tradicionalmente, las capturas son desembarcadas en cinco centros de acopio: La Boquita de Miramar, La Playita de Enmedio, Playa de San Pedrito, Boca de Pascuales y Boca de Apiza, siendo el más importante Manzanillo, donde se desembarca el 60% de la producción (Espino-Barr, 2000; Espino-Barr et al., 2003).

De las distintas especies que se han identificado en litoral del estado de Colima, 30 representan el 85% de la producción en un año (Espino-Barr et al., 2000), de las cuales el huachinango junto con los pargos forman parte de las especies de mayor demanda para consumo humano y al ser más redituables, es hacia estas donde dirige el esfuerzo pesquero (Cruz-Romero et al., 2000). En general, las tendencias en la pesquería de escama han marcado algunas fluctuaciones, en el periodo 1980-1988 se registró una tendencia negativa, con un incremento en las capturas en 1980 de 3,600 toneladas de peces ribereños, reflejo de los apoyos gubernamentales a las sociedades cooperativas pesqueras, sin embargo, entre 1981-1988 las capturas alcanzaron en promedio las 945 toneladas (Cruz-Romero et al., 1996).

Entre las distintas especies de huachinangos y pargos, la especie *Lutjanus peru* se ha convertido en una pesquería aprovechada al máximo, por lo que su explotación debe ser regulada y aprovechada bajo medidas sustentables (Espino-Barr et al., 2006). Las diversas opiniones de los pescadores en este estudio señalan que las capturas de huachinango han disminuido de manera importante en los últimos años, al igual que las de los pargos, cuatete, sierra y curvina.



**Fig. PA 15. Serie histórica de la producción pesquera de huachinango en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1960-2012 (Estadísticas oficiales SAGARPA).**

Sin embargo, al respecto, las estadísticas oficiales muestran que la pesquería de huachinango ha presentado fluctuaciones a través de los años, con una fuerte declinación de 1992 a la fecha, periodo en cual la producción ha fluctuado entre las 53 y 630 toneladas (figura PA 14). En este sentido, Espino-Barr et al., (2008) señalan que este comportamiento se asocia más con fluctuaciones naturales del ambientales que con los efectos de la actividad humana, se trata de fluctuaciones que aparentemente son comunes en estas

poblaciones de peces. Lo anterior, también explica las variaciones en las capturas de escama ribereña de las costas de Colima.

Al respecto, el efecto de los cambios ambientales en poblaciones de huachinangos puede darse con un desfase de hasta año y medio después, cuando se producen aumentos en los volúmenes de captura (Espino-Barr, 2000). Particularmente, los efectos de las anomalías climáticas del fenómeno de El Niño no han sido totalmente reconocidos, sin embargo, hay una vasta cantidad de estudios que confirman su influencia en varias poblaciones de peces y en las pesquerías. Algunos estudios han encontrado que el efecto del Niño, cuando se produce un calentamiento anormal de las aguas, puede favorecer el reclutamiento de peces como los pargos y huachinangos, haciéndolos más accesibles al pescador ya que los peces se acercan más a las costas, situación que también los hace más vulnerables. Por el contrario, bajo la presencia de aguas anormalmente frías el recurso es inaccesible o limitado, ya que los organismos migran a otras latitudes u otras profundidades.

Así, para las pesquerías artesanales, que se realizan en embarcaciones menores con poca autonomía, los efectos de los cambios de distribución suelen ser más drásticos. En casos extremos, pueden implicar incluso la suspensión temporal de la actividad pesquera, particularmente cuando por cualquier razón no existe capacidad para reubicar el esfuerzo de pesca (Lluch-Cota et al, 2004).

En general, las teorías actuales sugieren que los organismos marinos se verán afectados por el calentamiento anormal de las aguas, lo que conducirá a cambios en la distribución y abundancia de las especies, ya sea porque los organismos migren en busca de mejores condiciones o porque se beneficien al poder habitar otras latitudes, lo cual llevará a extinciones locales, invasiones, así como cambios en los patrones de riqueza de especies (Cheung et al., 2009). Sin embargo, también se han reconocido otros factores promovidos a corto y mediano plazo como consecuencia de la actividad antropogénica como: (1) el incremento de vertidos de nutrientes y materia orgánica a la costa, (2) la depauperación de los stocks pesqueros, (3) la degradación de los fondos marinos por las actividades de arrastre y fondeo de embarcaciones, (4) la destrucción y afección del hábitat por la urbanización de la zona costera y proliferación de estructuras y construcciones sobre la línea de costa, y (5) el aumento del riesgo de episodios contaminantes asociados al incremento del transporte marino derivado de la globalización de la economía (Anadón, 2009).

### 1.3.3 Pelágicos mayores

---

Esta sección incluye a pesquerías más tecnificadas las cuales se han desarrollado favorablemente con la aplicación de tecnologías adecuadas. A nivel nacional, las más representativas son las pesquerías camaroneras con redes de arrastre, la atunera y sardinera con redes de cerco, la de pelágicos mayores que incluye a tiburones, pez vela, marlín rayado, marlín negro, pez espada, atunes y dorados, todas estas realizadas con palangre y redes de cerco, así como otra actividad pesquera no menos importante como lo es la pesca deportiva. Esta última utiliza caña y carrete para capturar pez vela, marlín rayado, marlín negro, dorados, atunes, entre otros y se lleva a cabo en las inmediaciones de los principales puertos turísticos de ambos litorales mexicanos (Santana-Hernández, 2001).

En el estado de Colima la única pesquería tecnificada es los pelágicos mayores, la lucha por el aprovechamiento de éstos se ha dado entre la flota palangrera que opera con

fines comerciales (ribereña y de mediana altura) y los operadores de la pesca deportiva, actividad con fines de esparcimiento fomentada por los Gobiernos de los estados costeros, como un atractivo turístico nacional (Santana-Hernández, 2001).

Tanto en la pesquería palangrera como en la pesca deportiva existe un fundamento legal para el aprovechamiento de las distintas especies de pelágicos, teniendo prioridad la pesca deportiva dentro de una franja de 50 millas náuticas. La flota palangrera, por las características operacionales y por la captura multiespecífica, ha obtenido especies reservadas a la pesca deportiva en proporciones superiores al 50%. Lo anterior es importante porque forma parte de la llamada pesca incidental, es decir, capturas no contempladas en los permisos oficiales de pesca comercial para tiburones y atunes, misma que no podrá exceder los volúmenes que la Secretaría determine para cada pesquería (Santana-Hernández, 2001). Situación que ha generado distintos conflictos para la administración de estos recursos pesqueros.

### *Tiburones*

A nivel mundial se conocen más de 380 especies de tiburones de las cuales 67 de éstas aproximadamente se alojan en el Pacífico centro-oriental. La pesquería de tiburones en aguas mexicanas se caracteriza por ser artesanal y multiespecífica. La pesca ribereña y de mediana altura de tiburones en el Pacífico es sostenida por cerca de 15 especies, principalmente de aguas costeras, entre las cuales el tiburón tunero, sedoso o aleta de cartón reviste una gran importancia (Campos-Pérez, 1999). Otra especie importante es el tiburón azul y en menor importancia están el tiburón zorro pelágico, tiburón cornuda baya y tiburón mako.

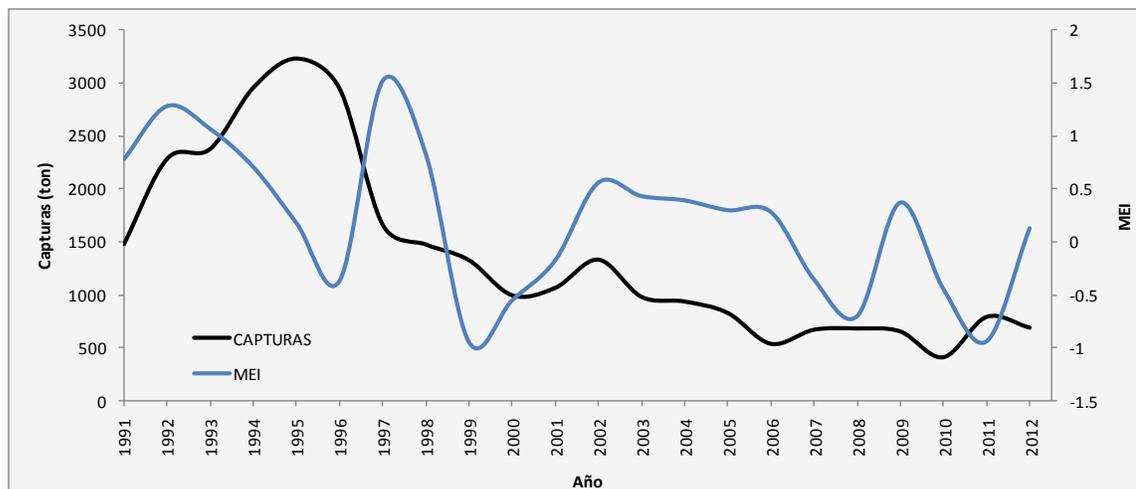
En Colima la pesca de tiburón se realiza principalmente con embarcaciones menores que utilizan la cimbra o el palangre como arte de pesca, misma que desarrolla su actividad en los litorales de Michoacán, Colima y Jalisco. Existe además una flota mayor palangrera que se desplaza a lo largo del Pacífico (Campos-Pérez, 1999). En ambas flotas las especies objetivo son el tiburón sedoso y el tiburón azul, aunque también se capturan en forma incidental pez vela, marlín y dorado, en una proporción de entre 10 y 25% respecto a los tiburones (Santana-Hernández y Valdez-Flores, 2004).

Hasta el 31 de diciembre de 2010, las estadísticas de la SAGARPA reportan 15 embarcaciones, entre los sectores social y privado, ejerciendo la captura de tiburón con permisos vigente de pesca comercial. En la pesca deportiva, la CONAPESCA vendió en el mismo año 363 permisos individuales de pesca, cifra que ha ido en aumento desde la implementación del sistema de ventas por internet en 2007. Estos permisos se venden con vigencias que van desde un día hasta un año.

Respecto a la producción, en la figura PA 15 se presenta la serie histórica de volúmenes de captura de tiburón durante el periodo 1991 al 2012. En general, se observa una disminución en las capturas con un máximo de 3,232 toneladas en 1995 y en años posteriores menores volúmenes. En los últimos 12 años las capturas se han mantenido en 811 toneladas en promedio, particularmente en el año 2010 se registró el valor más bajo con apenas 408 toneladas de tiburón.

En la pesca deportiva no existe un seguimiento oficial de las capturas ya que éstas se destinan al consumo doméstico o para su montaje en taxidermia. El pescador deportivo sin embargo, está obligado a respetar las disposiciones federales contenidas en la NOM-017-PESC-1994, respecto a la talla mínima, las vedas y los límites de captura. Este último

establece la captura de cinco ejemplares diarios por pescador en aguas continentales y 10 cuando se trate de aguas marinas, con algunas equivalencias de acuerdo a la composición de especies.



**Fig. PA 16. Serie histórica de la producción pesquera de tiburón en peso vivo (toneladas) desembarcada en el estado de Colima, periodo 1991-2012**

La disminución en las capturas de pelágicos mayores es evidente, en particular de grandes tiburones, lo cual parece se originó a partir de 1990 cuando el atún dejó de ser la principal especie objetivo. Fue con el desarrollo del mercado de aleta de tiburón, que la tasa de mortalidad aumentó a tal magnitud que el 80% de los tiburones capturados fueron asesinados sólo para ese fin (WPFMC 1998; Camhi 1999). Actualmente éste mercado está dirigido también a la obtención de carne, cartílago, piel, aceite de hígado, entre otros productos.

Los efectos directos e indirectos de la pesca sobre estas especies pelágicas parecen ser la principal causa en la reducción de la abundancia y la talla de sus poblaciones (Salas et al., 2004; Ward-Paige et al., 2010), sin embargo, también se encuentran amenazados por la contaminación marina, la destrucción del hábitat y posiblemente por el cambio climático (Chin et al., 2007). En el Golfo de México y en el Océano Pacífico, se estima que los palangreros capturan alrededor un tiburón por cada dos atunes aleta amarilla (Baum y Myers 2004; Ward y Myers 2005), esto ha llevado a la rápida disminución de las capturas de tiburones en los últimos 50 años. En el Pacífico, la tasas de captura del tiburón sedoso o tunero disminuyeron en un 91.7%, mientras que en el Golfo de México las del tiburón puntas blancas se redujeron en más del 99% (Baum y Myers 2004). Actualmente 67 especies de tiburones están consideradas como críticamente amenazadas o en peligro de extinción por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés).

Los tiburones son particularmente vulnerables a la sobreexplotación debido a sus características biológicas tales como lento crecimiento, madurez tardía y bajo potencial reproductivo. Este último muestra variaciones entre especies, por ejemplo el tiburón azul en la costa occidental de Baja California puede tener una renovación de 27 a 33 crías por año (Carrera-Fernández et al. 2003), en el tiburón sedoso este potencial es de los más altos, sin embargo, no lo suficiente como para soportar la presión de una intensa pesquería. Si este valor se compara con el de atunes que pueden tener una renovación de millones de

crías al año, el potencial biológico de un tiburón debe considerarse pobre para fungir como un recurso de uso intenso (Jaime-Rivera 2004).

Los patrones de distribución en tiburones pueden ser afectados por una serie de factores ecológicos, físicos y químicos, mismos que pueden influir en su entorno inmediato o perturbar sus hábitats, la cadena trófica y las interacciones ecológicas de las cuales dependen (Chin y Kyne 2007). Diversos estudios sugieren que variaciones en la temperatura superficial del mar pueden ser el factor clave para predecir cambios en la distribución y abundancia de los predadores mayores (Worm et al., 2005; Froeschke et al., 2010). Procesos biológicos como el desove, la madurez sexual, el crecimiento, la reproducción, entre otros, están directamente ligados a la temperatura (Koster et al., 2003; Brander, 2010), variaciones extremas en ésta, sin duda afectaran el ritmo normal de tales procesos dando lugar a organismos enfermos o inmaduros (Lluch-Cota et al., 2004).

“El Niño” es uno de los eventos más espectaculares que se manifiesta en el Océano y la atmósfera con gran impacto en el clima y en el ecosistema marino, este evento es entonces el resultado de una profunda alteración de las características del Océano Pacífico Tropical en particular (<https://www.dhn.mil.pe>). La elevación de la temperatura del aire y la del agua, vientos débiles, disminución en la productividad marina, disminución en la presión atmosférica así como aumento en el nivel del mar, forman parte de las condiciones de El Niño, siendo los episodios de 1982 -1983 y 1997-1998 los de mayor impacto socioeconómico en el siglo XX. En algunas ocasiones puede suceder el fenómeno opuesto conocido como “La Niña”, fase que se caracteriza por la intensificación de los vientos que provocan un mayor afloramiento de aguas frías ricas en nutrientes. Episodios importantes de La Niña se manifestaron entre 1988-1989 y 1998-2000.

Diversos estudios indican que tanto El Niño como La Niña influyen negativamente en la abundancia de algunas especies. El tiburón azul al preferir aguas frías puede realizar migraciones verticales en episodios de El Niño, como ocurrió en el 97-98 (Figura 5) cuando se reportaron bajos volúmenes de captura para esta especie (Jaime-Rivera, 2004). Contrariamente, en el tiburón sedoso las mejores capturas se han registrado en episodios de El Niño y durante la transición El Niño/La Niña, respecto a condiciones normales (Jaime-Rivera, 2004; Soler *et al.*, 2013). Particularmente Santana-Hernández (2001), al analizar la composición de pelágicos mayores capturados en el pacífico mexicano, encontró una asociación entre especies con preferencia hacia aguas cálidas y otras hacia aguas frías. Estando en el primer grupo, el pez vela, dorado, atún aleta amarilla y tiburón martillo, capturados a temperaturas superficiales por arriba de los 26 °C, mientras que el tiburón zorro, marlín rayado, pez espada y tiburón azul se asociaron a temperaturas superficiales máximas de 26 °C.

Esta relación captura-temperatura ha sido reconocida en observaciones realizadas en algunas flotas palangreras, mismas que también reconocen la disminución progresiva en la abundancia de algunas pelágicas y evidencian la sobreexplotación que actualmente sufren algunas poblaciones de tiburón (Marcano et al., 2004; Walsh y Clarke, 2011).

A pesar del desarrollo y la importancia de esta pesquería, en general son pocos los estudios enfocados al comportamiento de algunas especies comerciales de tiburón y más escasos aquellos en relación a las capturas y parámetros ambientales. En el estado de Colima los estudios sobre tiburón han sido enfocados caracterizar y evaluar la pesquería, existiendo limitantes para establecer la situación actual de estos recursos como son,

registros confiables sobre capturas, la falta de monitoreo continuo de datos ambientales asociados al medio marino, la captura incidental y la pesca ilegal no declaradas.

En general esta tendencia hacia la disminución de especies en niveles tróficos superiores y el cambio de esfuerzo hacia las especies de menor talla-peso, como aquellas en etapa reproductiva, tendrá profundas repercusiones en los recursos marinos y en la función que cumplen dentro del ecosistema (Stock et al., 2011). Lo anterior aunado a episodios de El Niño-La Niña puede aumentar la vulnerabilidad de estos recursos y comprometer su capacidad de respuesta o adaptación, con los consecuentes efectos en los demás niveles tróficos (Allison et al., 2009; McClanahan et al., 2008). Algunos modelos pronostican cambios importantes en la composición de especies, en la distribución y abundancia de los recursos, alteración en la rutas migratorias, en los patrones de reproducción y reclutamiento (Cheung et al., 2009; Stock et al., 2011).

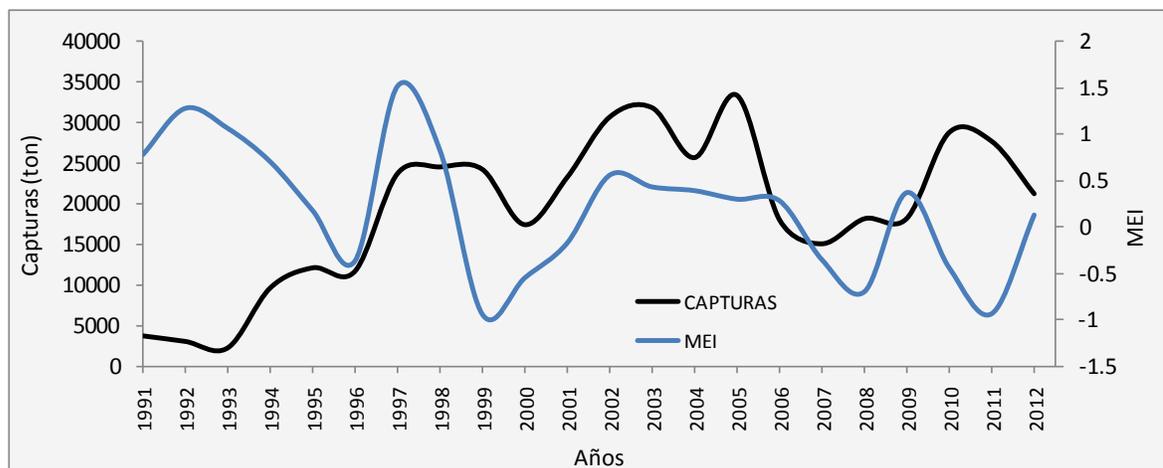
#### 1.3.4 Atunes y picudos

---

La captura de atún es una de las pesquerías más importantes y complejas del mundo, en términos de volumen y valor comercial. La creciente demanda a mitad del siglo XX resultó en la industrialización de la pesca de atún, lo que originó la creación de varias comisiones multinacionales y organizaciones a fin de conservar y administrar las especies de atún en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Phillips 2011). Las especies de atunes explotados comercialmente y de gran importancia en el océano pacífico oriental tropical son el atún aleta amarilla, barrilete y el atún patudo, con las cuales incidentalmente también se capturan otras especies de interés económico, deportivo o ecológico como delfines, tiburones, picudos, dorados, barriletes, mantarrayas, tortugas entre otras (Arenas et al., 1992).

En el Estado de Colima la pesca de túnidos en el 2012 representó el 66% del total de la producción de las principales especies pesqueras de la entidad (Anuario 2012). El análisis de capturas entre los años 1991 a 2012, muestra en general una tendencia hacia mayores volúmenes de pesca, alcanzando su mejor registro en el 2005 con 33, 378 toneladas. Posteriormente se aprecia una tendencia a la baja que se postergó hasta el 2009 con 17,347 toneladas en promedio. En los últimos tres años se aprecia un incremento en las capturas, particularmente en el 2010 (figura PA 16).

De manera general se percibe un acelerado crecimiento en la captura de túnidos desembarcados en el estado, lo cual posiblemente puede atribuirse a un periodo de transición causado por el embargo atunero ocurrido en 1991. Estados Unidos considero que México, junto con flotas de otras naciones, tenía una tasa de captura incidental de delfines mayor a la estadounidense, de acuerdo con lo estipulado en el Acta de Protección a los Mamíferos Marinos de EEUU (INAPESCA, 2006). Ese embargo atunero fue levantado oficialmente por el Congreso de Estados Unidos el 30 de julio de 1997, persistiendo el problema de entrada del atún mexicano al mercado estadounidense por la dificultad de la aceptación del etiquetado "Dolphin Safe". Este periodo de transición provocó la paralización parcial de la flota atunera, ya que como parte de los acuerdos establecidos México tuvo que cumplir con una serie de disposiciones que elevaron los costos de operación, ocasionaron pérdida empleos, y la inactividad de algunas embarcaciones atuneras (Reyes-Robles, 1991).



**Fig. PA 17. Serie histórica de la producción pesquera de atún desembarcada en el estado de Colima, periodo 1960-2012.**

Particularmente durante el periodo 1997 al 2005 se registraron los mayores volúmenes de captura, mismos que posiblemente fueron influenciados por la oscilación entre las fases de El Niño y La Niña (ENSO). Existen varios índices que tratan de cuantificar estos eventos, siendo el más importante de ellos el Índice Multivariable ENSO (MEI por sus siglas en inglés). Según este índice, un episodio cálido se caracteriza por presentar un  $MEI > 0$ , siendo el fenómeno más intenso cuanto mayor sea el valor del índice. Así, valores positivos del MEI representan la fase caliente de El Niño mientras que los valores negativos de MEI representan la fase fría de La Niña. En general, el evento de El Niño 97-98 fue uno de los más intensos, posteriormente a mitad del 98 hubo cambio de fase a La Niña la cual se postergó hasta inicios del 2001. Del 2002 al 2006 se presentaron eventos Niño de menor intensidad (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>).

Registros históricos parecen sugerir que los mejores escenarios de pesca, para el atún aleta amarilla como para el atún patudo, pueden ser esperados poco tiempo después de episodios de El Niño, por el contrario, las peores condiciones se esperan después de eventos de La Niña (Lu 2001). Por lo que, repetidos episodios ENSO causaran grandes alteraciones en la pesca de túnidos en el océano pacífico.

Actualmente, la pesca mundial de atún enfrenta un panorama de cierta incertidumbre debido a la escasez del producto y la difícil localización de zonas de captura (Sanchez-Serrano y Cáceres-Martínez 2011). Situación que se agrava si se toma en cuenta que el cambio climático y la acidificación de los océanos provocaran cambios en las condiciones actuales de los océanos y que además continuaran en el futuro (Barnett et al. 2005; Feely et al. 2004). La temperatura, la cantidad de oxígeno y el pH del agua pueden influir en el crecimiento, la sobrevivencia y la condición de los peces, lo que a la vez puede afectar la distribución y abundancia de estas poblaciones.

Los atunes y los picudos exhiben un alto rendimiento fisiológico (por ejemplo en la digestión y la rápida recuperación del ejercicio exhaustivo), para lo cual requieren grandes cantidades de oxígeno (Brill 1994; 1996). Lo anterior lleva a estas especies a ser más vulnerables a la sobrepesca con artes de pesca de superficie, ya que al ser intolerantes a bajos niveles de oxígeno su desplazamiento hacia agua más profundas se restringe a permanecer cerca de la superficie donde se encuentra la mayor cantidad de oxígeno, lo

cual puede estar asociado con la disminución global de entre un 10 al 50% de la diversidad de predadores pelágicos (Worm et al. 2005).

Estudios recientes sobre la zona de mínimo oxígeno en los océanos (ZMO) muestran que dicha capa es cada vez más somera y extensa, producto del calentamiento global y de las emisiones de CO<sub>2</sub> antropogénico (Whitney et al, 2007; Stramma et al., 2008). Si tomamos en cuenta que en el pacífico oriental la ZMO es considerada como la más extensa del mundo (Diaz y Rosenberg 1995) y que ésta puede llegar a ocupar mayores extensiones, las especies que la habitan verían comprometida su capacidad respiratoria, induciendo a estados de estrés que pueden llegar a la letalidad si la exposición es prolongada y si las especies son más sensibles (Brill 1994; Idrisi et al., 2002).

Por otro lado, cambios en la química del agua de mar asociados con el incremento del CO<sub>2</sub> se espera tengan serios impactos en las poblaciones de tónidos y es posible que ésta sensibilidad cambie de acuerdo a su etapa de desarrollo. En respuesta a elevados niveles de CO<sub>2</sub>, efectos negativos han sido reportados en la fisiología, la dispersión, el crecimiento, reclutamiento y la sobrevivencia de un amplio rango de peces y animales marinos (Raven et al., 2005; Fabry et al. 2008; Guinotte and Fabry, 2008; Bignami et al. 2013). Interesante resulta el estudio de Checkley et al. (2009) quienes encontraron que larvas de corvinas, cultivadas bajo condiciones elevadas de CO<sub>2</sub>, tenían otolitos significativamente más grandes respecto a los otros peces en condiciones normales. Esto puede aumentar la sensibilidad auditiva de peces y mejorar sus capacidades de comunicación, navegación y escape de depredadores. Sin embargo, una mayor capacidad auditiva también puede provocarles perturbaciones relacionadas con el ruido normal de los océanos y enmascarar información útil auditiva (Bignami et al. 2013). Estudios sobre los impactos de la acidificación de los océanos y la formación de los otolitos son cruciales dada la importancia que tiene estos en el movimiento y el comportamiento de los tónidos y las especies de pico.

A pesar de que los eventos ENSO parecen ser un factor determinante en la distribución y abundancia de los tónidos y picudos, aún es difícil demostrar claramente esta relación debido a que tanto la técnica de pesca como los factores ambientales, pueden ser las responsables de las fluctuaciones observadas. Es necesario, además considerar series de datos a largo plazo a fin de investigar los cambios relacionados con el ENSO y las posibles repercusiones en las poblaciones y en la estructura trófica.

## **2. Diagnóstico Acuícola del estado de Colima**

---

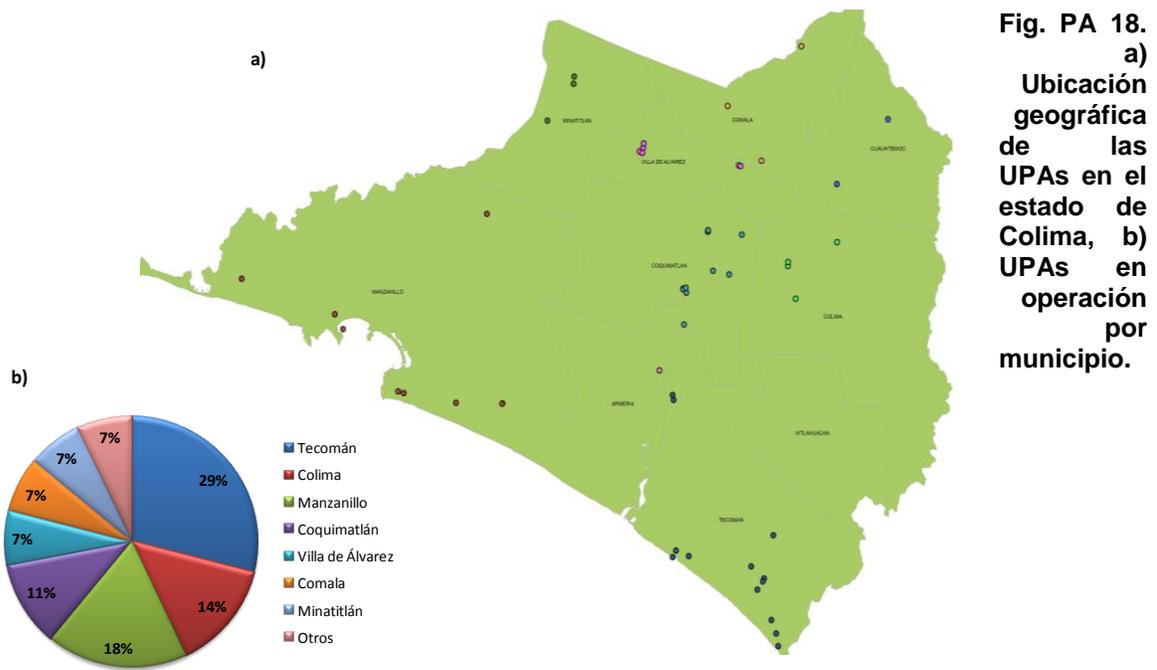
### 2.1 Introducción

### 2.2 Características generales del sector

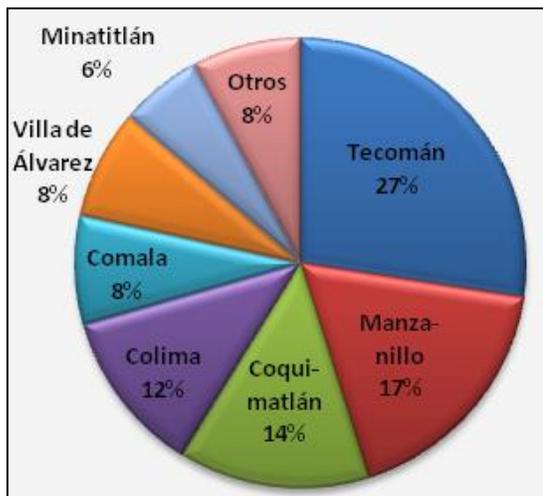
#### 2.2.1 Aspectos socioeconómicos

---

Según el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas del INEGI, en el estado de Colima existen 34 unidades económicas dedicadas a la acuicultura. Los datos de campo obtenidos junto con estudios previos (CONAPESCA, 2012) muestran la existencia de 106 unidades de producción acuícola (UPAs), de las cuales, es posible reconocer que cerca del 86% se encuentran en operaciones (figura PA 18). Los principales municipios donde se practica la acuicultura son Coquimatlán, Colima, Manzanillo y Tecomán, los cuales conforman el 72% de las grajas existentes (figura PA 19).

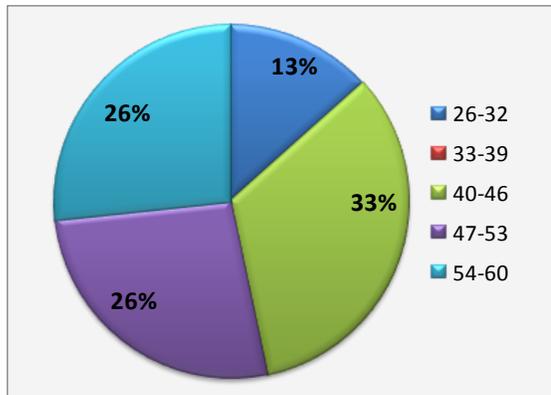


Dichas UPA se encuentran organizadas en su mayoría dentro de asociaciones o grupos acuícolas y en las cuales las actividades son realizadas en un 67% por hombres. A diferencia de la pesca, en la acuicultura es mayor la participación de la mujer.



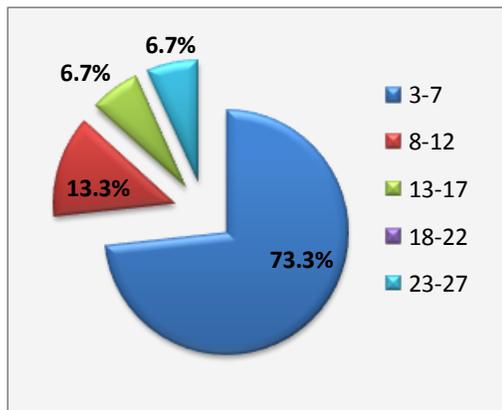
**Fig. PA 19. Porcentaje de UPAs por municipio.**

Este sector lo conforman en un 33% individuos con edades de entre los 40-46 años. En general son grupos en edad productiva, pues no rebasaron los 60 años de edad (figura PA 20).



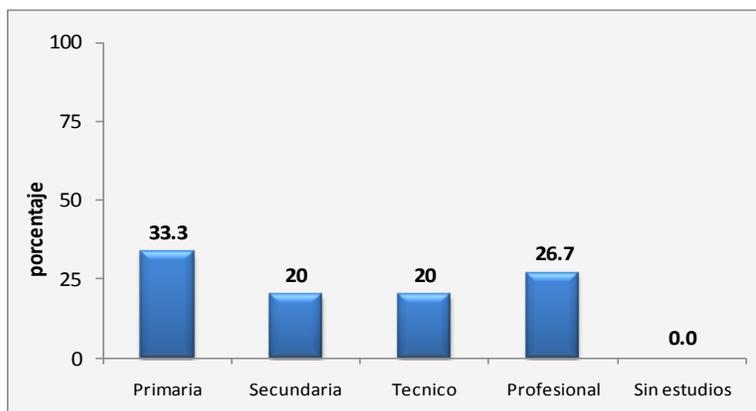
**Fig. PA 20. Edad de los acuicultores por grupos**

En relación a los años de experiencia en la profesión, más del 73% tienen de 3-7 años desarrollándose en esta actividad, seguido de un grupo con 8-12 años de experiencia. En general, son personas que recientemente se han iniciado o cambiado a esta actividad, posiblemente en busca de una mejor oportunidad laboral (figura PA 21).



**Fig. PA 21. Años de experiencia en la actividad acuícola**

Respecto a las características educativas, la primaria es el máximo nivel de estudios alcanzado en un 33% de los encuestados, seguido del nivel profesional con un 26.7%. Es posible observar que las personas que se desarrollan dentro de esta actividad ostentan un mejor nivel educativo (figura PA 22).



**Fig. PA 22. Características educativas del sector acuícola en el estado de Colima**

En la situación conyugal la única categoría que no se identificó fue la de viudez, en general se refleja un gran porcentaje de personas casadas (60%), le siguen aquellos en unión libre, solteros y en menor proporción los que se clasificaron como divorciados (figura PA 23).

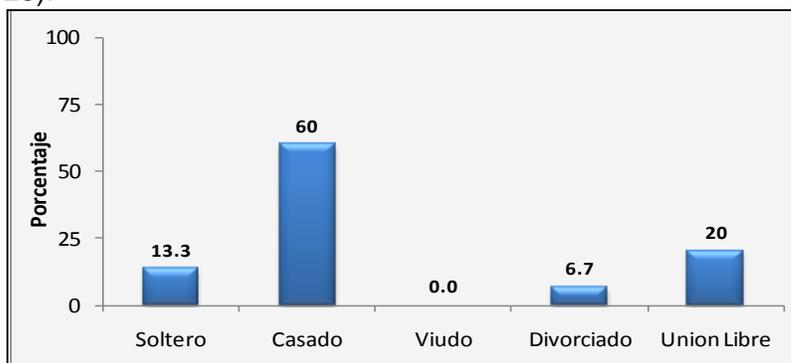


Fig. PA 23. Situación conyugal del sector acuícola del estado de Colima

En el sector acuícola existen riesgos específicos que pueden darse dentro de las instalaciones, los cuales difieren si la actividad se realiza en tierra, mar, lagunas o esteros. En el estado de Colima la acuicultura se realiza generalmente en tierra, en este sentido, los riesgos pueden asociarse con la manipulación de cargas, resbalones en operaciones de limpieza de estanques, exposición a temperaturas extremas, riesgos higiénicos, entre otros. Por lo anterior, se resalta que más del 73% de los encuestados es derechohabiente de alguna institución de salud y que sólo un 26% cuenta con algún seguro de vida (figura PA 24).

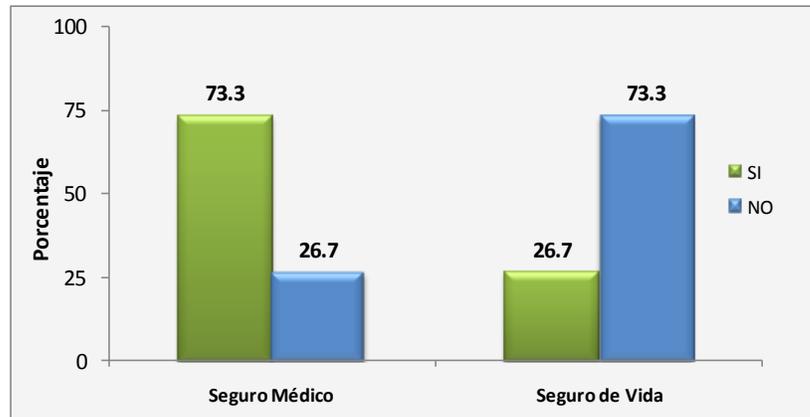
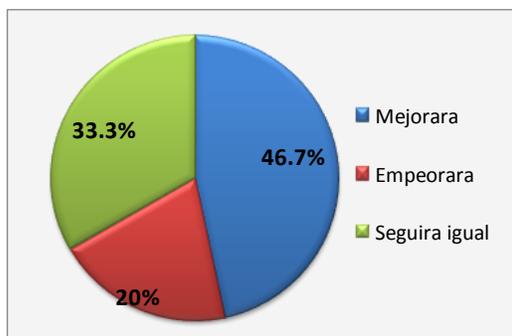


Fig. PA 24. Seguridad social en el sector acuícola del estado de Colima

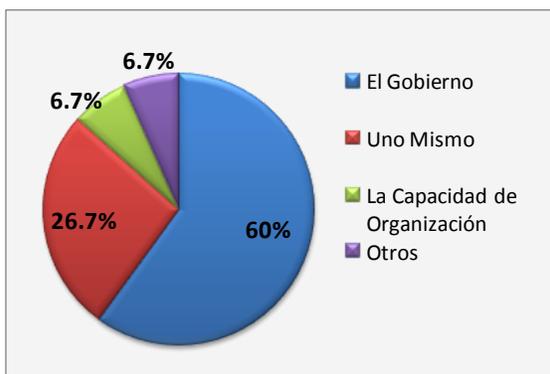
### 2.2.2 Percepción de los acuicultores ante la problemática del sector

La percepción de los actores sobre el futuro de la actividad acuícola es en general positiva, más del 46% opina que la situación mejorará en el corto plazo, mientras que un 20% cree lo contrario (figura PA 25).



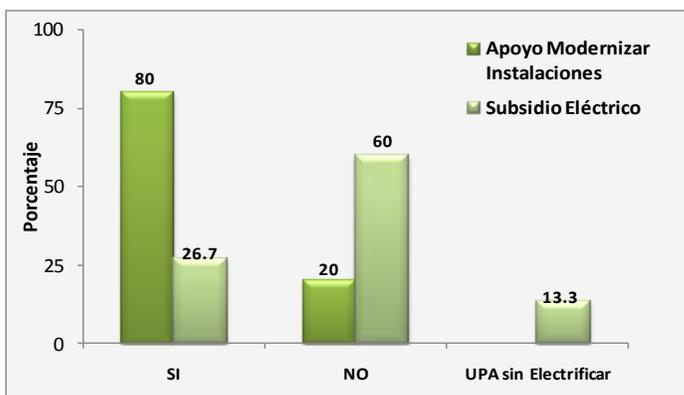
**Fig. PA 25. Percepción de los actores sobre la situación de la actividad acuícolas en los próximos dos años**

Las condiciones económicas y laborales en las cuales el acuicultor desarrolla su trabajo así como las distintas opiniones sobre el futuro de la actividad (figura PA 26), lo han llevado a pensar que el gobierno puede posibilitarles un mayor bienestar (60%). Dicha tendencia es similar a lo registrado en el sector pesquero. Sin embargo, un porcentaje importante de acuicultores (26.7%) considera que la superación de sus problemas o limitaciones dependen básicamente de sí mismos (figura PA 26).



**Fig. PA 26. Opinión de los acuicultores acerca de los factores que contribuirían a mejorar sus condiciones de vida**

Asociado a lo anterior, el 80% de los encuestados afirmó haber recibido algún tipo de apoyo o crédito para modernizar sus instalaciones, caso contrario en lo que respecta al subsidio eléctrico, ya que el 60% de los usuarios no recibe tal subsidio. Un menor porcentaje de UPAs actualmente no han sido electrificadas, su lejanía con respecto a la red eléctrica ha sido un factor determinante (figura PA 27).



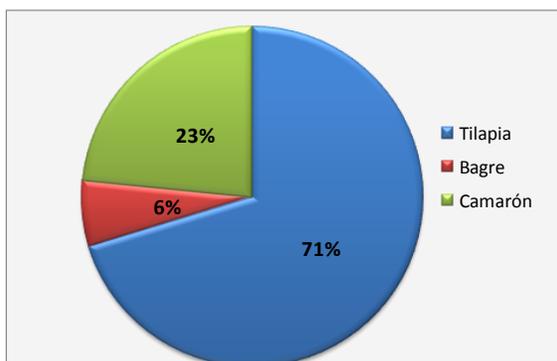
**Fig. PA 27. Tipo de apoyo y porcentaje de acuicultores que han recibido**

### 2.2.3 Empleos

En las UPAs del estado de Colima, se reportan alrededor de 180 empleos fijos, entre técnicos, trabajadores y administrativos, así como 54 empleos temporales. Cifras posiblemente subestimadas debido a que algunas granjas no reportan el número total de trabajadores, casos en que éstas son atendidas por familias y no generan empleos y porque algunas desempeñan propósitos didácticos (CET del Mar, Facultad de Ciencias Marinas, U de C). Particularmente, la camaronicultura es la mayor fuente de empleos, fijos como temporales, aportando un total de 140, mientras que el sector tilapiero genera 94 en total (Fracchia-Durán, 2013).

### 2.3 Caracterización de la acuicultura

En el estado de Colima la actividad predominante del sector acuícola es la engorda de camarón blanco y tilapia nilótica. También se realiza el cultivo de bagre de canal en forma de bicultivo con la tilapia como especie principal, sin embargo, se practica únicamente en una granja en el estado (figura PA 28).



**Fig. 2 PA 8. Principales especies cultivadas en el estado de Colima**

De acuerdo a la CONAPESCA (2011) e información propia, el total de la producción acuícola durante 2010 en el estado de Colima fue de 1,628.5 toneladas. Destaca por su importancia, el cultivo de camarón que representó el 85% (1,384 toneladas) del total, mientras que el cultivo de tilapia contribuyó con el 15% restante (244 toneladas). Las estadísticas por municipio, muestran que las granjas ubicadas en Tecomán participan con el 75% de la producción estatal, es decir, 1,139 toneladas, seguido por Colima y Manzanillo con 254 y 56 toneladas respectivamente (figura PA 29). Estos altos niveles de producción en Tecomán, se deben principalmente al cultivo intensivo de camarón blanco en aguas interiores así como por tener el mayor número de hectáreas dedicadas al cultivo (Fracchia-Durán, 2013; figuras PA 30 y PA 31).

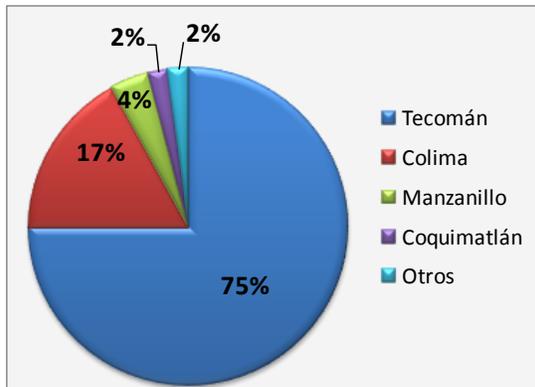


Fig. PA 29. Producción acuícola por municipio

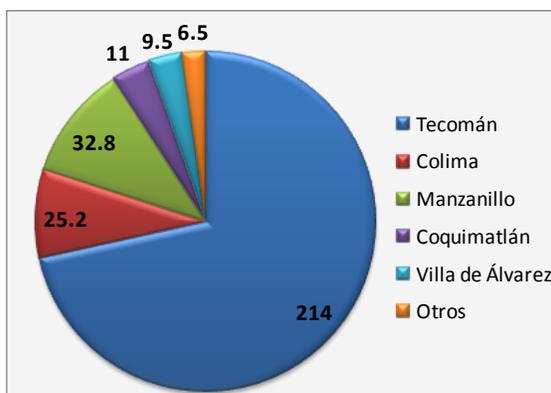


Fig. PA 30. Hectáreas destinadas a la acuicultura por municipio

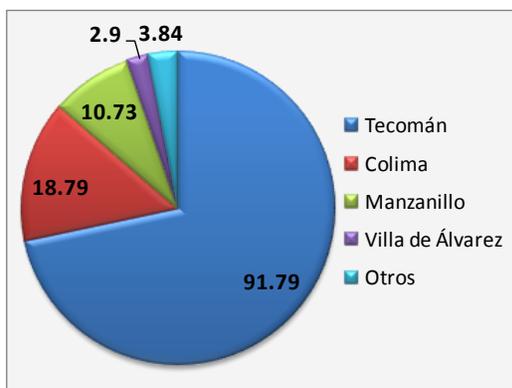
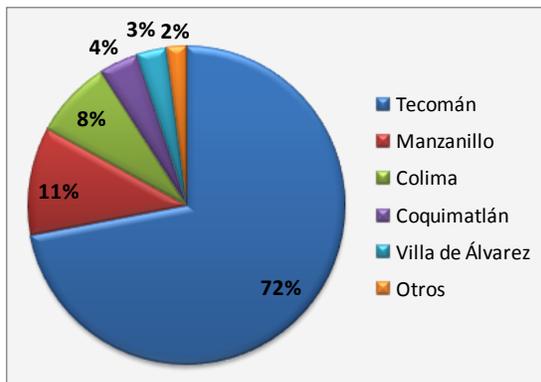


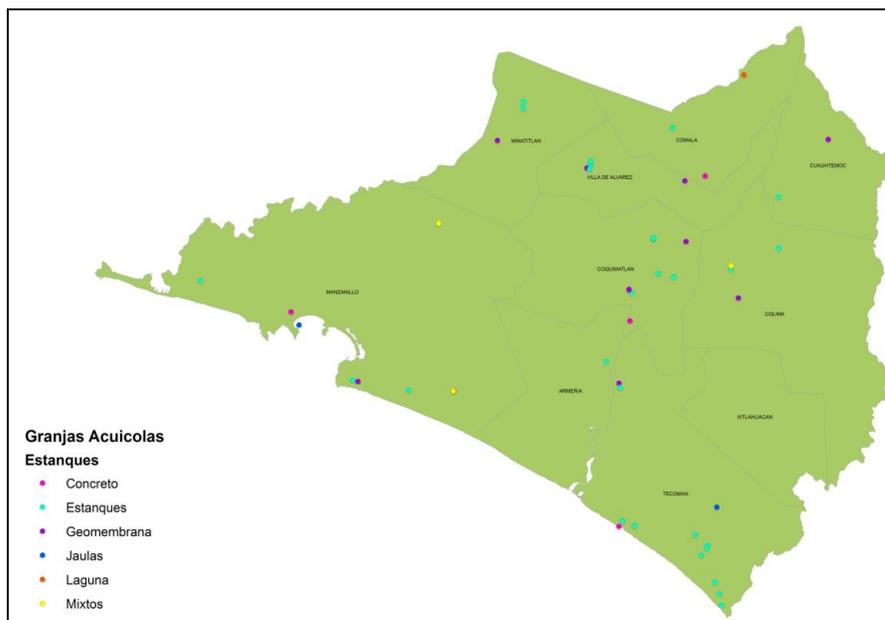
Fig. PA 31. Área de espejo de agua para fines acuícolas (hectáreas).

Los municipios de Tecomán, Colima y Manzanillo destacan por su actividad acuícola, juntos representan el mayor número de granjas en operación, hectáreas destinadas a la acuicultura así como por su mayor producción. Particularmente, Tecomán es el municipio con el mayor número de granjas camaroneras y Coquimatlán con el de granjas tilapieras.



**Fig. PA 32. Superficie destinada a la acuicultura por municipio**

La actividad acuícola en Colima se realiza esencialmente en estanques rústicos. La figura PA 33 muestra la distribución de las granjas asociadas al tipo de infraestructura de cultivo, tanto de camarón y tilapia. Este último, se realiza principalmente en estanques rústicos (64% de las granjas) bajo sistemas semi-intensivos, aunque existe un número importante de granjas que emplean tanques de geomembrana y cultivos con alta densidad. Por su parte, el cultivo de camarón se practica primordialmente de aguas interiores, sólo una granja opera en la Laguna Cuyutlán usando agua salada. En ambos casos se utilizan estanques rústicos (figura PA 33). Este tipo de sistemas de cultivo, sin embargo, genera cierta vulnerabilidad respecto al efecto erosivo derivado de las lluvias.



**Fig. PA 33. Ubicación geográfica de las granjas acuícolas y el tipo de infraestructura.**  
**Fuente: Programa de Ordenamiento Acuícola del estado de Colima, 2011 (datos sin publicar)**

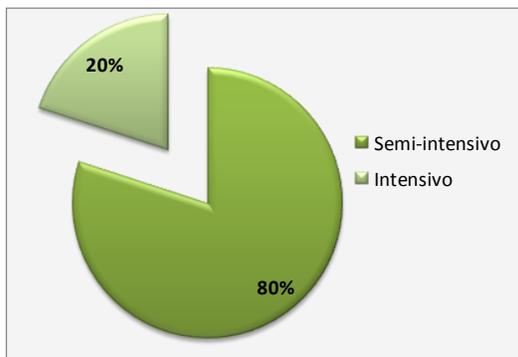
En términos generales, la acuicultura en Colima presenta rezagos en cuanto a la productividad y diversificación. Su producción en el contexto nacional es muy baja y es el estado con litoral al Pacífico, con menor variedad de especies cultivadas (CONAPESCA, 2010a; SAGARPA, 2006).

## 2.4 Principales especies cultivadas

### Camarón

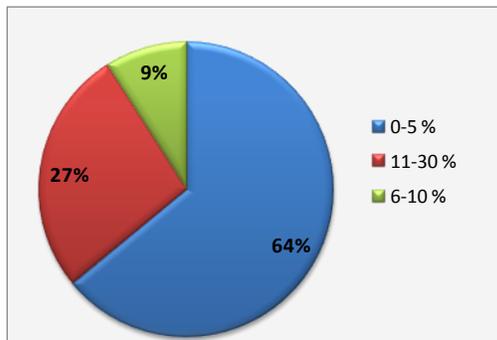
En Colima, las granjas de engorda inician el cultivo desde postlarvas, las cuales son abastecidas por el único centro reproductor en el estado, Aquagranjas del Pacífico S.A. de C.V. Sin embargo, los acuicultores también obtienen postlarvas de otros laboratorios ubicados en el noreste del país.

Como se mencionó líneas arriba, el cultivo de camarón se realiza en aguas interiores y en estanques rústicos principalmente. El 80% de las granjas realizan los cultivos en condiciones semi-intensivas (figura PA 34), bajo densidades de entre 40-50 organismos/m<sup>2</sup> en el 56% de las granjas, aunque también existe un 33% que siembra a más de 70 organismos/m<sup>2</sup> (tabla PA 8). El 67% de las granjas realiza dos ciclos de cultivo al año, el 17% completa tres ciclos y el restante sólo uno o realizan cultivos escalonados.



**Fig. PA 34. Sistemas de cultivo asociados a la engorda de camarón blanco en el estado de Colima**

En Colima, el cultivo de camarón se realiza en un 64% sin recambios de agua, recuperando únicamente el agua que se pierde por evaporación. Sin embargo, existen granjas cuyos recambios son altos, llegando inclusive al 30% por día (Figura PA 35). En promedio, los valores de recambios diarios son significativamente menores para el cultivo de camarón que de tilapia (tabla PA 8).



**Fig. 35 Recambio de agua en cultivos de camarón blanco**

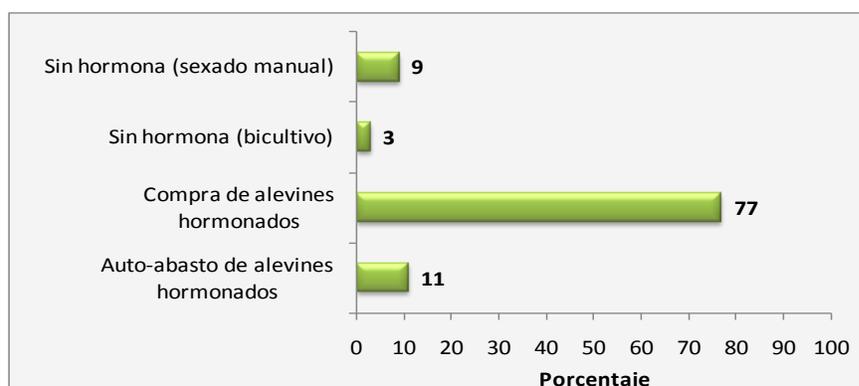
El 82% de las granjas camaroneras reportó un FCA de entre 1-1.5, mientras que un 9% no lo calcula (tabla PA 8). En lo que respecta a la toma de parámetros fisicoquímicos, el 70% realiza monitoreo diarios, un 10% lo hace cada una o dos semanas y el resto lo realiza ocasionalmente o no lleva a cabo esta práctica (tabla PA 8).

En adición a las medidas anteriores, el aireamiento en los estanques, menor uso de agua y la utilización de agua de pozo profundo, parecen ser las variables involucradas en la disminución en los costos de producción, en brindar mejores y mayores rendimientos así como un crecimiento más rápido y uniforme, de los camarones que se cultivan en el estado de Colima.

### Tilapia

En Colima, existe un centro reproductor de alevines que depende de la CONAPESCA (Centro Acuícola Jala), el cual produce anualmente 4 millones de crías. Existen también otros proveedores locales como Acuícola San Aventura con una producción de seis millones de alevines por año.

La mayoría de las granjas siembran tilapias en etapa de alevín (53%), otras engordan a partir de juveniles (28%) y sólo el 19% se autoabastece de crías. Gran parte de estos cultivos se realiza con tilapias inducidas sexualmente con la hormona 17-alfa metil testosterona; el 88% de las granjas engorda alevines inducidos con esa hormona. Un 12% selecciona manualmente los machos o realiza bicultivos con tilapia-camarón (figura PA 36).

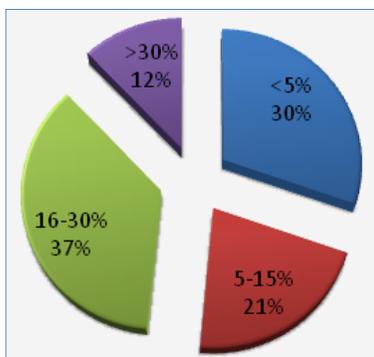


**Fig. PA 36. Origen de los alevines hormonados y porcentajes de cultivo de tilapia con y sin hormona**

Los cultivos de tilapia en el estado se realizan en un 61% con agua de origen fluvial, seguido por agua de pozo profundo (24%), agua del ejido (12%) y en menor proporción con agua de noria (3%). Domina el uso de estanques rústicos en el 64% de las granjas bajo sistemas semi-intensivos, sin embargo, también se utilizan estanques circulares de geomembrana (23%) así como estanques de concreto y jaulas.

Estas especies se cultivan a diferentes densidades; 6-10 organismos/m<sup>2</sup> (56%), 11-20 organismos/m<sup>2</sup> (22%), > 20 organismos/m<sup>2</sup> (13%) y de 1-5 organismos/m<sup>2</sup> (tabla PA 8). En la mayoría de las UPAs se completa un ciclo por año (59%), mientras que en el resto se realizan dos ciclos o se llevan ciclos escalonados.

En relación al recambio de agua, el 37% de las granjas tilapieras los realiza al 16-30% del volumen total, una proporción menor los realiza <5%, aunque también se registraron factores de recambios >30% (tabla PA 8, figura PA 37).



**Fig. PA 37. Porcentajes de recambio de agua en cultivos de tilapia**

El FCA no se determina en el 48% de las granjas tilapieras, en el 45% de éstas, dicho valor esta entre 1-1.5 y el restante 7% reporta valores >1.7 (tabla PA 8). Además, el 53% de las granjas no realiza mediciones de parámetros fisicoquímicos, contrario a lo que sucede en los cultivos de camarón, apenas el 9% los realiza de forma habitual (tabla PA8).

Por las condiciones de cultivo antes mencionadas, la mayoría de las granjas tilapieras registran bajos rendimientos, alto consumo de agua y baja calidad en la misma, altos gastos operativos, así como poco o nulo conocimiento de la técnica en los productores. Situación que actualmente tiene al cultivo de tilapia en serias limitantes para ofrecer un producto de mejor calidad y con mayores rendimientos.

**Tabla PA 8. Variabilidad promedio sobre diversos indicadores técnicos/operativos de los cultivos de tilapia y camarón durante un ciclo de cultivo (Tomado de Fracchia –Duran y Liñan Cabello, 2013).**

	Tilapia		Camarón	
	Indicador	Porcentaje	Indicador	Porcentaje
Asistencia técnica	Sí	23.5 %	Sí	83.3 %
	Esporádica	29.4 %	Esporádica	0 %
	No	47.1 %	No	16.7 %
FCA reportado	No se calcula	48%	No se calcula	9 %
	1-1.5	45%	1-1.5	82 %
	>1.5	7%	>1.5	9 %
Periodicidad monitoreo parámetros fisicoquímicos	≤ 1 día	9.4 %	≤ 1 día	70 %
	7-15 días	3.1 %	7-15 días	10 %
	≥ 30 días	21.9 %		
	Ocasional	12.5 %	Ocasional	10 %
	No se realiza	53.1 %	No se realiza	10 %
Recambios de agua* día <sup>-1</sup>	<5%	30 %	0-5%	64 %
	5-15%	21 %	6-10%	9 %
	16-30%	37 %	11-30%	27%
	>30%	12 %		
Densidad de confinamiento (org*m <sup>-2</sup> )	1-5	9 %		
	6-10	56 %	40-50	56 %
	11-20	22 %	51-70	11 %
	>20	13 %	>70	33 %
Hectáreas de espejo de agua (reportadas)	(45.9 Ha)	35.6 %	(82.9 Ha)	64.4 %
Producción total (tons)	(246.5 tons)	15 %	(1382.1 tons)	85 %
Media de producción (ton/Ha)		5.4		16.7

## 2.5. Problemática general del sector acuícola

La existencia de conflictos en el uso de la zona costera y aguas continentales así como en el aprovechamiento de los recursos biológicos, indudablemente ocurren entorno a la actividad acuícola. Otro de los elementos que restringen el desarrollo de la acuicultura es la carencia de un marco legal específico para la actividad, que regule las diferentes escalas de producción acuícola, en materia de definición de objetivos y propósitos, permisos, concesiones y restricciones requeridos para el desarrollo de los cultivos, así como la simplificación de los procedimientos y trámites legales, con miras al establecimiento de una “Ventanilla Única” (FAO, 1994). Los principales conflictos reportados por los productores del estado se concentran en la tabla 9. Mismos que han sido priorizados de acuerdo a la especie en cuestión. Existen, sin embargo, otros problemas relacionados con el precio de los insumos como el alimento, con la competencia en el mercado de importaciones y exportaciones, con la comercialización del producto así como con la desorganización del sector para coordinar acciones de compra de insumos a menor costo (tabla PA 9).

**Tabla PA 9. Conflictos priorizados entre las unidades de producción acuícola con otras unidades de producción y/u otros sectores, así como otras problemáticas que dificultan el desarrollo de la acuicultura (según los productores de tilapia y camarón). Tomado de Fracchia-Durán y Liñán-Cabello, 2013.**

	<b>Camarón</b>	<b>Tilapia</b>
1	Sobre regulación y burocracia	
2	Deficiente suministro eléctrico por mala infraestructura de la CFE	Competencia por el agua con sectores agropecuario
3	Uso de agroquímicos y pesticidas por el sector agrícola	Contaminación del agua
4	Robo en granjas tanto de la producción como de infraestructura y equipo	
5	Abasto de agua y descargas de ésta	
6	Competencia por el uso de tierra y agua	

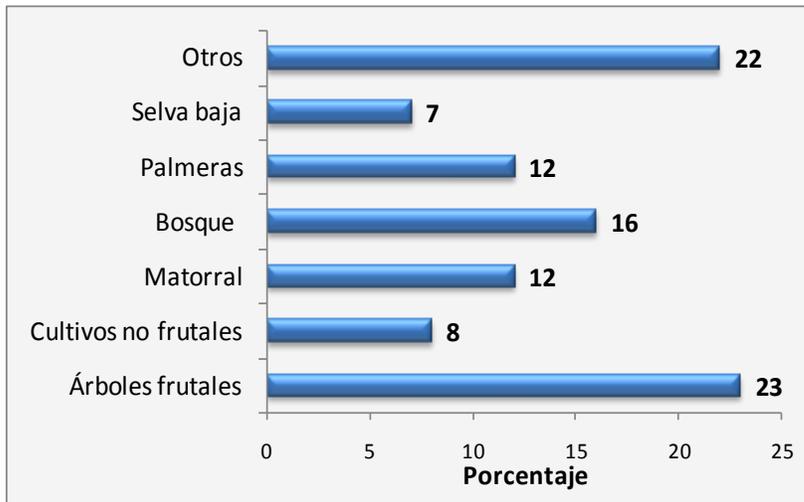
### **Otras problemáticas para el desarrollo del cultivo de tilapia (según los productores de tilapia).**

1	Altos precios de los insumos (alimentos, energía eléctrica, equipos e instalaciones)
2	Precios bajos de la producción y competencia
3	Falta de organización y coordinación de acciones entre granjas acuícolas

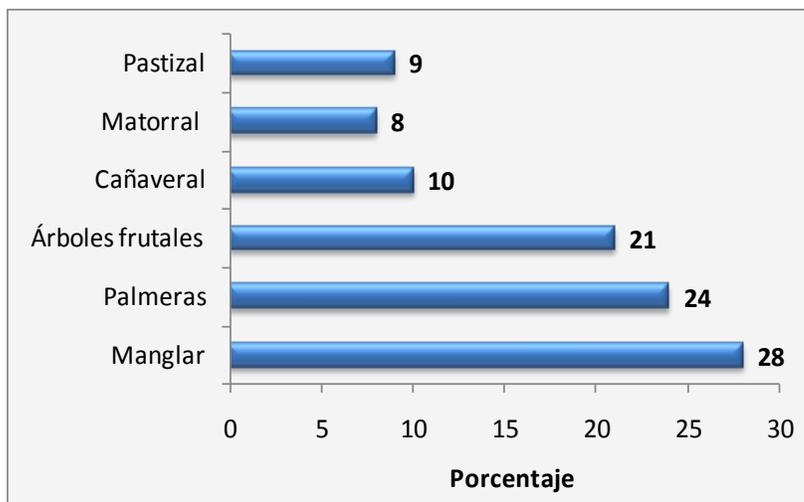
La competencia por el recurso agua entre la actividad acuícola y la agropecuaria, representa un serio conflicto. Particularmente, en la producción de tilapia se emplea agua de corrientes superficiales y agua de pozo profundo, demandadas también para la agricultura. Además, las descargas de aguas residuales en ambas actividades suponen otro conflicto, ya que éstas son reutilizadas tanto en la acuicultura como en el sector agropecuario (Fracchia Durán y Liñán Cabello 2013).

La vegetación circundante a las granjas de cultivo muestra que en muchos casos la acuicultura se realiza paralela a la actividad agrícola y/o ganadera (Figura PA 38 y PA 39). Se destaca la presencia de cultivos de platanales, árboles frutales, así como el cultivo de granos y hortalizas. De acuerdo a los acuicultores del estado, la actividad agrícola genera contaminación por el uso de agroquímicos (como pesticidas) y los métodos de aplicación.

Las fumigaciones aéreas, o con maquinaria agrícola e incluso las efectuadas con mochila durante las brigadas de trabajadores, afectan severamente por la contaminación del agua de cultivo y los efectos en la salud, en la supervivencia y calidad de los organismos a ofertar (Fracchia Durán y Liñan Cabello 2013).



**Fig. PA 38. Vegetación circundante asociada a los cultivos de tilapia (Tomado de Frachia-Durán y Liñan-Cabello, 2013).**



**Fig. PA 39. Vegetación circundante asociada a los cultivos de camarón (Tomado de Frachia-Durán y Liñan-Cabello, 2013).**

Desde el punto de vista legal, se reconoce que un alto porcentaje de las granjas no está legalmente constituido y/o no cuentan con los permisos necesarios para realizar la actividad acuícola (Figura 40). Excepcionalmente, cerca de un 80% de las granjas, tanto de camarón como de tilapia, cuentan con el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura (RNPA) asignado por la CONAPESCA. Tal requisito, sin embargo, no representa la autorización para realizar la acuicultura, es sólo de carácter informativo y/o estadístico. Lo anterior, en cierta forma representa una limitante para el desarrollo de la actividad acuícola, ya que los diferentes instrumentos que pudieran estar disponibles para la tecnificación y el financiamiento operativo requieren del cumplimiento total de la normatividad. Misma que en algunos casos

no es lo suficientemente explícita o se requiere del cumplimiento de otras reglamentaciones, tales como la normatividad ambiental o disposiciones emanadas del sector crediticio.

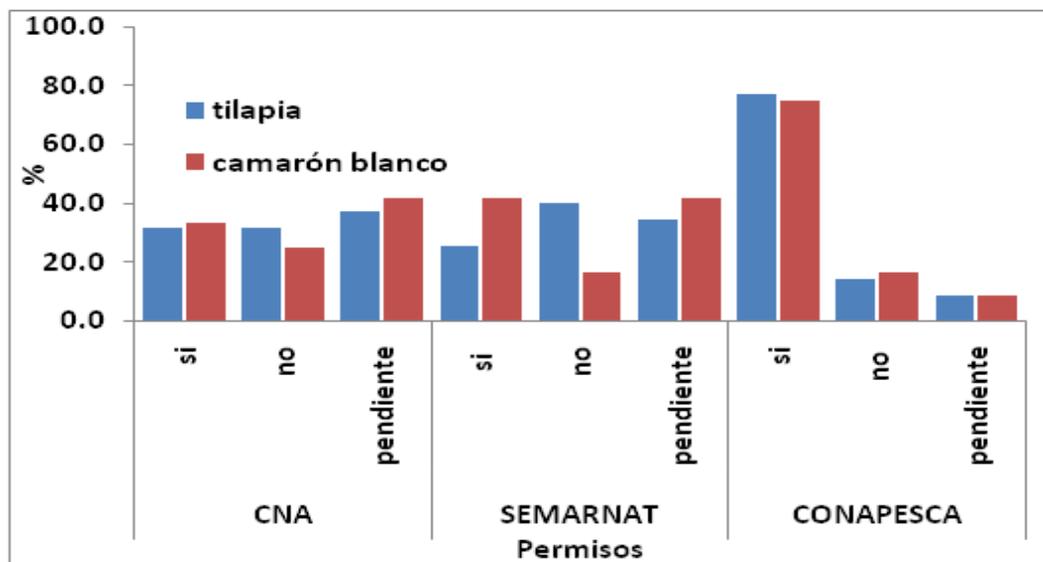


Fig. PA 40. Marco legal de las granjas en el estado de Colima (Tomado de Frachia-Durán y Liñán-Cabello, 2013).

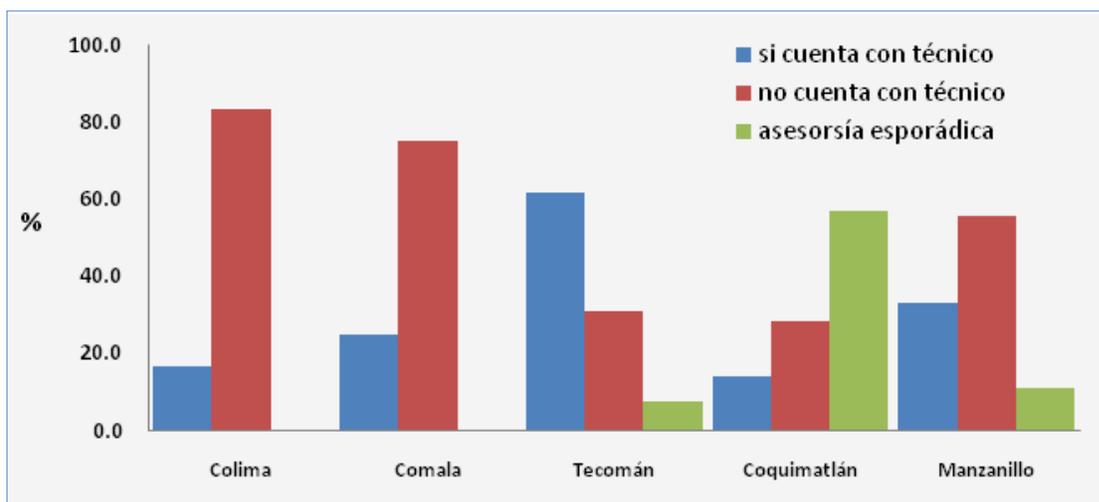
El empleo de la hormona 17 alfa-metil-testosterona en el cultivo de la tilapia, limita la comercialización del producto a escalas local y/o nacional, quedando fuera del ámbito internacional debido a que la Agencia de Alimentos y Medicamentos (FDA) de los Estados Unidos (EE UU) no aprueba el uso de esta hormona en tilapias. El posible impacto ambiental de los derivados de la biotransformación hormonal, es la principal desventaja. Diversos autores sugieren el uso de bacterias y hongos en la biodegradación de los residuos hormonales (Phelps y Popma, 2000; Phelps et al., 2000; Homklin et al., 2009).

Además de lo anterior, algunas granjas no cuentan con la infraestructura necesaria para el procesamiento del producto, tales como plantas de luz, maquinaria, congeladores, así como la comercialización vía cosecha y preparación para el consumo. Lo anterior genera cierto estado de vulnerabilidad y limita su capacidad de diversificar y comercializar el producto.

Paralelamente, a excepción de Tecomán, existe poco asistencia técnica en las granjas de todos los municipios (figura PA 41). Si se analiza esta misma situación por especie cultivada, es posible reconocer notables diferencias en las características técnicas-operativas entre el cultivo de tilapia respecto al de camarón. El 41.7% de las granjas tilapieras no recibe asistencia técnica, contra un 16.7% en el caso del camarón (figura PA 42). Particularmente en las granjas que cultivan tilapia se combinan una serie de factores que impiden la optimización del recurso agua y del alimento (tabla PA 8), ocasionando por ende el incremento en los gastos operativos y comprometiendo la rentabilidad de la acuicultura.

Además de lo anterior, el limitado marco legal en el que se encuentran muchas granjas es en parte la causa de que la disponibilidad de fuentes de financiamiento sean escasas, y que otros instrumentos, como serían la figura de un seguro acuícola, no estén disponibles para las UPAs del estado de Colima.

**Fig. PA 41. Asesoría técnica por municipios en granjas acuícolas del estado de Colima (Tomado de Frachia-Durán y Liñán-Cabello, 2013).**



**Fig. PA 42. Asesoría técnica en cultivos de tilapia y camarón (Tomado de Frachia-Durán y Liñán-Cabello, 2013).**

### 3. VULNERABILIDAD

#### 3.1 Introducción

Según los especialistas, en cambio climático, diversas regiones enteras del planeta podrían llegar a ser afectadas por la lluvia, inundaciones, en tanto que en otras podrían presentar sequías prolongadas y el consecuente cambio del régimen hidrológico; se modificarán los tiempos de cosechas y los procesos de la agricultura; En regiones costeras en particular grandes extensiones costeras podrían ser inundadas con efectos colaterales de salinización de las tierras adyacentes y pérdida de tierras de cultivo y por ende de la producción de alimentos; se modificarán los patrones de conducta de muchas especies marinas con las consecuencias para los patrones de pesca; el aumento del bióxido de carbono podría tener un impacto en la acidificará los océanos y propiciará efectos irreversibles sobre los sistemas coralinos; se incrementará el número y la intensidad de los ciclones tropicales con devastadores efectos comunidades costeras y actividades económicas como la pesca y la acuicultura, infraestructura turística y portuaria, pudiendo llegar a repercutir en la erosión de la línea costera, afectando con ello ecosistemas costeros y al ciclo de diversas especies marinas por efecto de interconexión poblacional.

La evaluación de la vulnerabilidad es compleja debido a las diversas dimensiones geográficas, espaciales, temporales y sociales involucradas en su medición, lo cual ha dado como resultado una vasta multitud de diferentes metodologías. Al respecto, la FAO (Barsley et al., 2013) proporciona un punto de referencia en la construcción e implementación de evaluaciones de vulnerabilidad, específicamente en los sectores pesquero y acuícola en el contexto del cambio climático.

## 3.2 Delimitación y características del área de estudio

### 3.2.1 Área de estudio

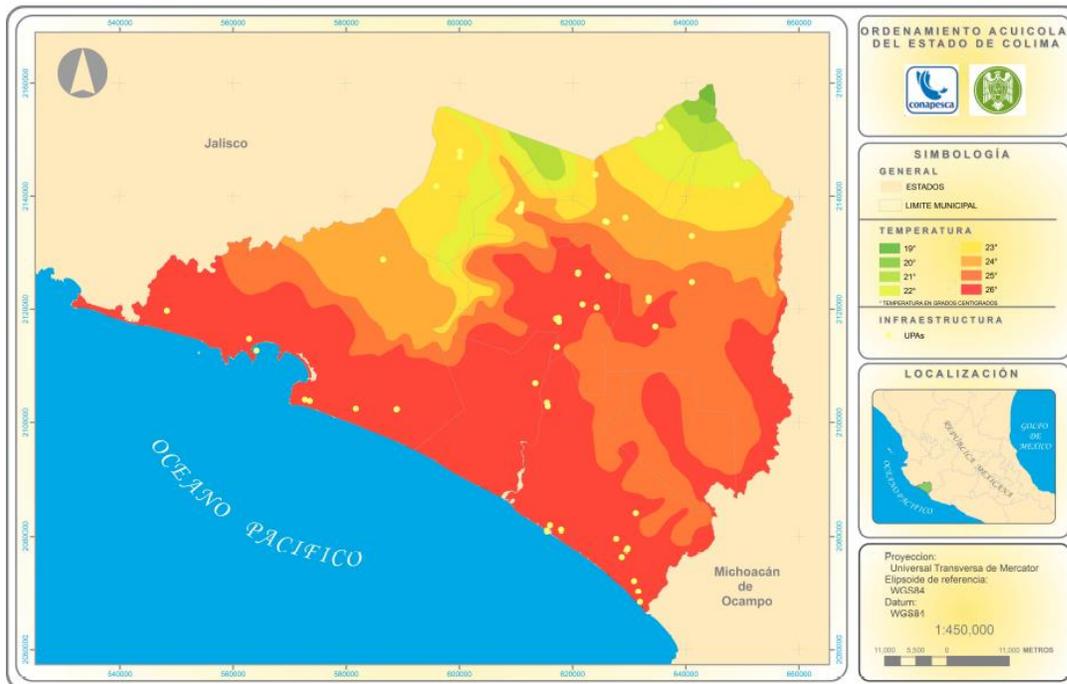
Tomando en cuenta los sectores acuícola y pesquero, el área de estudio en este trabajo incluye tanto la superficie continental del estado de Colima como la zona costera (ZC). El estado de Colima, exceptuando el archipiélago de Revillagigedo, se encuentra localizado en la parte media sur de la costa del océano Pacífico Mexicano. Sus coordenadas geográficas extremas son, 19° 31' y 18° 41' de latitud norte y 103° 29' y 104° 41' de longitud oeste.

La ZC en el estado es relativamente pequeña, tiene una longitud de 160 kilómetros, que van desde Boca de Apiza hasta el Cerro de San Francisco, frente a Barra de Navidad, Jalisco. Esta zona está situada entre los paralelos 18° 41' 03.80" y 19° 10' 36.95" de Latitud Norte y los meridianos 103° 44' 19.64" y 104° 41' 20.50" de Longitud Oeste. Dentro de ésta franja se encuentran los principales municipios pesqueros de Manzanillo, Tecomán y Armería (figura PA 43).



**Fig. PA 43. Principales municipios pesqueros y ubicación de sus zonas de pesca comercial ribereña en el estado de Colima. Tomado de Espino-Barr et al. 2003**

El clima predominante en el estado es el cálido subhúmedo, sobre todo en la región costera, con excepción del Municipio de Tecomán, donde el clima es seco y muy cálido. Los climas más benignos se presentan en parte de los municipios de Comala y Cuauhtémoc. En la zona costera la temperatura oscila entre los 24°C y 26°C, en la zona norte se presentan temperaturas que oscilan entre los 20°C y 22°C (INAFED, 2010). La mayoría de las granjas acuícolas se encuentran localizadas en la zona de temperaturas más cálidas (26°C), donde se localizan los municipios de Manzanillo, Tecomán, Colima y Coquimatlán (figura PA 44).

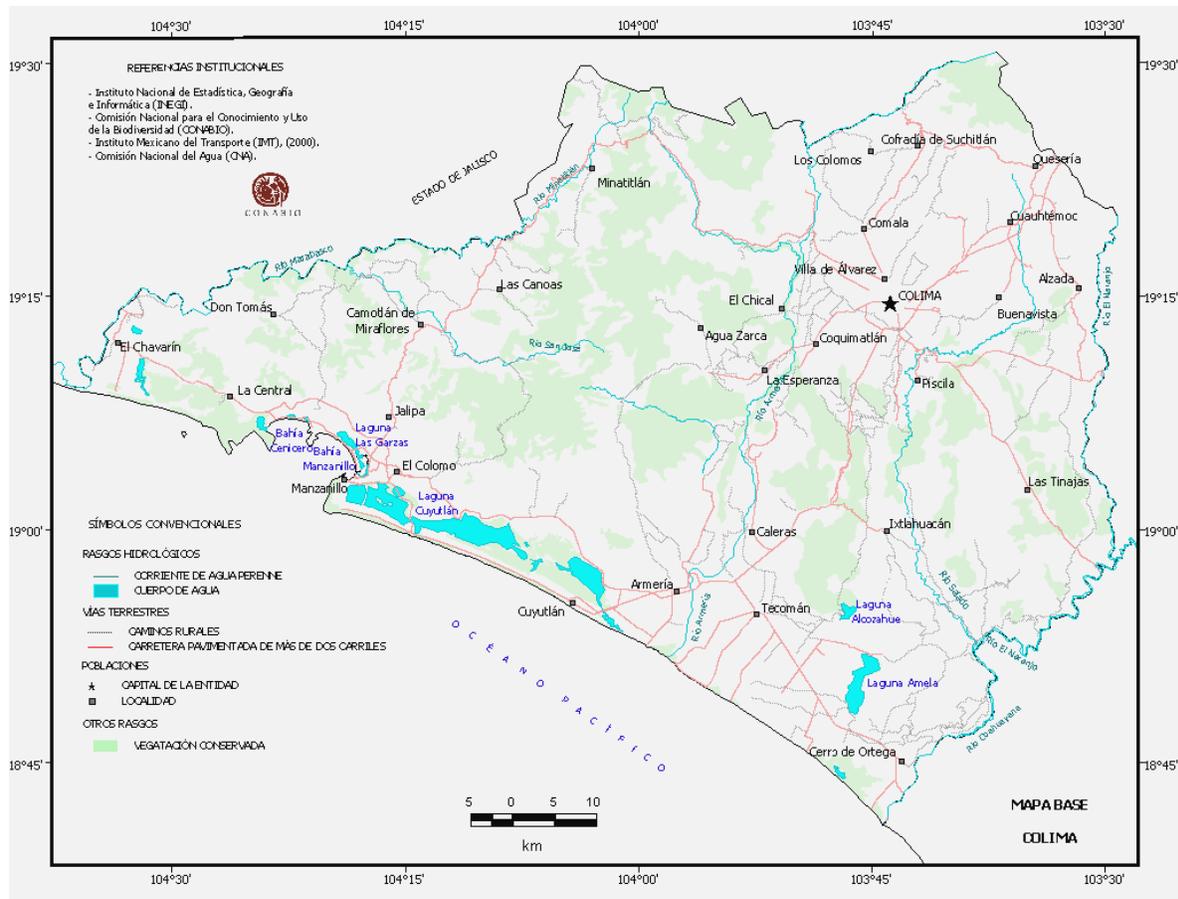


**Fig. PA 44. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y temperaturas promedio. Fuente: Programa de Ordenamiento Acuícola del estado de Colima, 2011 (Datos sin publicar).**

En el estado los principales ríos son El Cihuatlán (Chacala, Marabasco o Paticajo) que limita con Jalisco por el Oeste; el Armería que desciende de la Sierra de Cacoma, Jalisco y cruza el estado de norte a sur para depositar sus aguas en el Océano Pacífico y en los ríos Boca de Pascuales, y en el Coahuayana, que nace en el Municipio de Tamazula, Jalisco

En la zona costera se localiza la laguna Potrero Grande, ubicada en el municipio de Manzanillo, al igual que la de Miramar y la de San Pedrito. También se encuentran las lagunas de Alcuzahue y la de Amela, ubicados en el municipio de Tecomán; y la laguna Cuyutlán, localizada en los municipios de Armería y Manzanillo. Existen en la entidad varios depósitos lacustres, los de mayor capacidad se encuentran en la zona costera y los de menor capacidad en el Valle de Colima (INAFED, 2010).

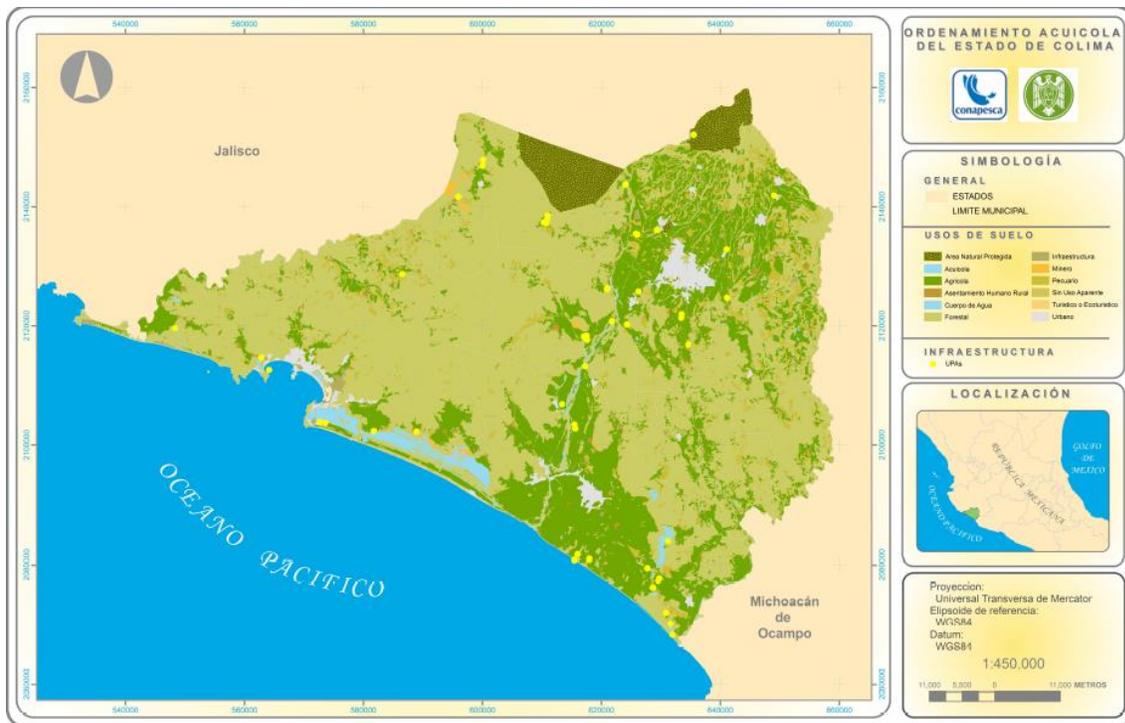
Los principales acuíferos subterráneos del estado se localizan a lo largo de la costa, donde los ríos Armería, Salado, Coahuayana, Cihuatlán y otros de menor caudal han acumulado sedimentos deltaicos permeables que reciben buenas recargas debido a la precipitación abundante y a sus propios escurrimientos (INAFED, 2010; figura PA 45). La precipitación promedio anual es de 983 milímetros y aumenta para zonas de mayor altitud.



**Fig. PA 45. Mapa base de Colima donde se muestran los rasgos hidrológicos, vías terrestres y vegetación conservada. Fuente: CONABIO, 2006.**

La mayoría de las granjas acuícolas se encuentran ubicadas a los alrededores del río Armería y al sur del estado (cerca de la zona costera), pues son zonas con buen abastecimiento de agua, tanto de tipo superficial como la de acuíferos subterráneos.

De la superficie total de la entidad, las tierras agrícolas representan el 31%, las dedicadas a la ganadería el 30%, el 37% corresponde a las áreas forestales, y el 2% restante está compuesto por los cuerpos de agua y las zonas urbanas (INAFED, 2010). La figura PA 46 muestra que la gran mayoría de las UPAs se encuentran ubicadas sobre zonas con actividad agrícola.



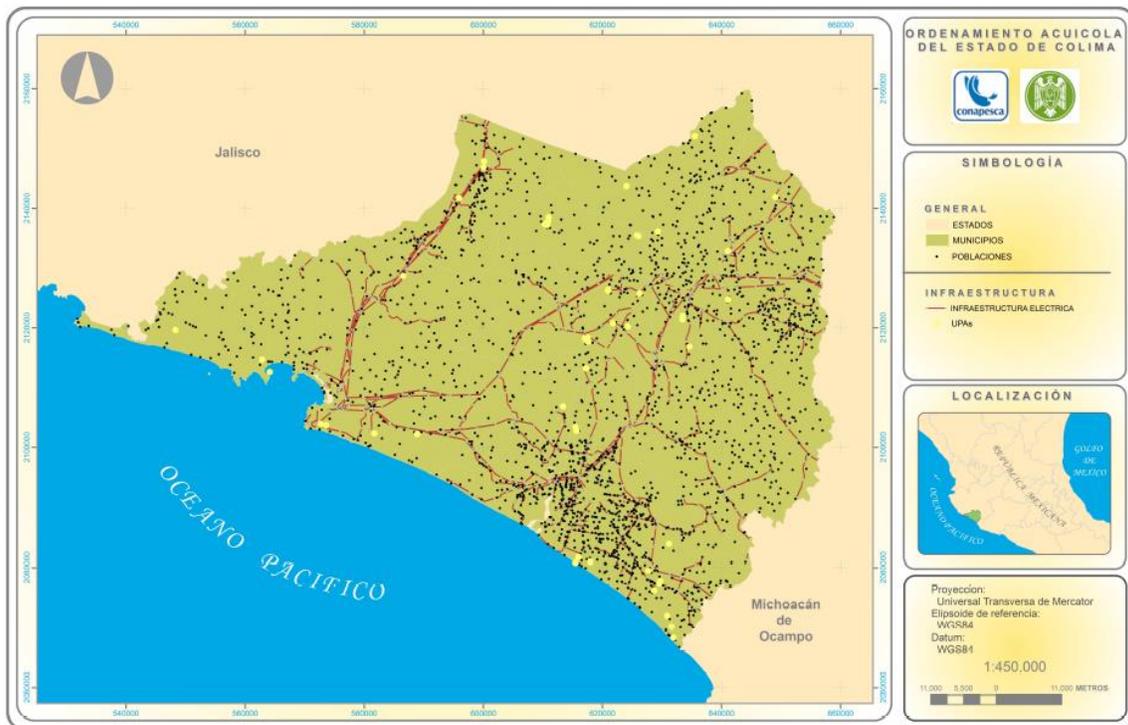
**Fig. PA 46. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y uso de suelo. Fuente: Programa de ordenamiento Acuícola del estado de Colima, 2011 (datos sin publicar).**

El estado de Colima presenta suelos con sedimentos gruesos y medios y en menor proporción granos finos. De estos los más adecuados para la acuicultura son los finos no permeables. Sin embargo, el establecimiento de algunas granjas se ha dado sin considerar dicho parámetro. En la figura PA 47 es posible observar que las UPAs se distribuyen en todos los tipos de suelo y que las establecidas sobre sedimentos aptos para la acuicultura se localizan al sureste de Tecomán, al noroeste de Colima y en Coquimatlán.

La figura 4 PA 8 muestra la ubicación de las granjas acuícolas y su cercanía a la infraestructura eléctrica existente. Algunas UPAs localizadas en Comala, Coquimatlán, Manzanillo y Villa de Álvarez carecen de este servicio. Al respecto, también es posible observar una tendencia similar en el litoral costero.

**Fig. PA 47. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y textura del suelo.**  
Fuente: Programa de Ordenamiento Acuícola del estado de Colima, 2011 (datos sin publicar).





**Fig. PA 48. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) e infraestructura eléctrica existente. Fuente: Programa de Ordenamiento Acuícola del estado Colima, 2011 (datos aún no publicados).**

### 3.2.2 Metodología

Con base a la recolección de información por medio de encuestas a los sectores pesquero y acuícola, se determinó el grado de vulnerabilidad de acuerdo a la percepción de los distintos actores. Debido a la escasa información relacionada con la actividad pesquera y acuícola a nivel estado y/o por municipios, en el presente estudio se consultaron bases de datos oficiales (INEGI, SAGARPA-CONAPESCA). La selección de indicadores se realizó tratando de ajustarse lo más posible a aspectos sociales, económicos y ambientales involucrados en las actividades pesqueras y acuícolas.

Para la determinación de la vulnerabilidad se utilizaron los componentes definidos por el IPCC (2001), Exposición (E), Sensibilidad (S) y Capacidad de adaptación (CA). La exposición se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, la cual se puede representar por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática. La sensibilidad es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. La capacidad de adaptación o resiliencia se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados (Monterroso-Rivas et al., 2012).

De esta manera vulnerabilidad (V) queda definida a partir de la siguiente relación:

$$V = (E + S) - CA$$

### 3.3 Vulnerabilidad en el sector pesquero del estado de Colima

---

#### 3.3.1 Percepción de los actores

---

Uno de los objetivos de la encuesta aplicada fue valorar la percepción de los pescadores respecto al cambio climático, dado que la actividad pesquera conlleva un alto grado de exposición a eventos o fenómenos naturales y extremos. Bajo este contexto, el 31% los pescadores entrevistados señalaron que el principal evento que alguna vez ha interrumpido su actividad se relaciona con las mareas rojas, mientras que el segundo y tercer evento han sido las lluvias intensas. El análisis por municipio, arroja datos similares, con excepción de Tecomán, en donde el 50% de los pescadores han dejado de trabajar alguna vez debido a la disminución de especies comerciales.

Asimismo, existe un consenso general que tales eventos son parte de los ciclos ambientales normales y no presentan variación climática. El Tecomán recae el mayor porcentaje de pescadores convencidos que las mareas rojas siguen un ciclo normal de aparición, sin aumento o disminución en la frecuencia de eventos. En el caso de las lluvias intensas, en los tres municipios las opiniones van en el mismo sentido de normalidad.

Con base a la encuesta, la tabla 9 presenta el análisis de distintos elementos, asociados con la actividad pesquera, susceptibles de sufrir daño al estar expuestos a peligros naturales y antropogénicos, asimismo con el fin de evaluar el grado de vulnerabilidad se tomaron de la misma encuesta indicadores de exposición y capacidad de adaptación.

El análisis anterior, permitió observar que respecto al componente E, Manzanillo y Armería son los más expuestos. En el primer caso, existe una mayor afectación respecto a la pérdida de vegetación, inundaciones y mareas rojas, mientras que en Armería el mayor factor recae en mareas rojas y en menor medida en las lluvias intensas y las inundaciones. Respecto a S, Tecomán es el municipio con mayor grado de sensibilidad, con los mayores impactos en daños a artes de pesca, disminución de especies comerciales y disminución de ingresos. La capacidad de adaptación, según la percepción de los pescadores, es de muy baja a baja en los tres municipios estudiados. A pesar de lo anterior, Armería es el municipio con mayor CA (tabla PA 10).

En términos de vulnerabilidad, Tecomán resulta un municipio altamente vulnerable a eventos climáticos, lo cual se refleja en daños a los equipos de pesca (redes y motores), en la afectación a las especies pesqueras comerciales y a la consecuente pérdida de ingresos. La menor CA en este mismo municipio, parece acentuar dicha vulnerabilidad (tabla PA 10).

En contraparte, Armería comparte el mismo nivel de vulnerabilidad de Manzanillo, sin embargo, el grado de modificación o sensibilidad es menor respecto a los otros municipios, lo cual puede explicarse por su mayor capacidad de respuesta. En este sentido, se detectó un significativo nivel de coordinación entre pescadores respecto a autoridades e instituciones correspondientes para actuar de manera adecuada ante posibles contingencias climáticas.

**Tabla PA 10. Componentes de vulnerabilidad estimados con información de la encuesta aplicada a actores.**

Componente	Elementos e indicadores	Mzo	Tcm	Arm
E	Cambios de temperatura en superficie mar/laguna	B	MB	B
	Pérdida de manglar o vegetación	MA	NC	MB
	Lluvias intensas	MA	A	M
	Inundaciones	B	NC	M
	Vientos y huracanes intensos	NC	NC	NC
	Contaminación del agua	A	B	MB
	Desecación	MB	NC	M
	Mareas rojas	MA	MB	MA
S	Erosión de la costa	NC	NC	NC
	Daños en infraestructura	MB	NC	MB
	Daños y/o pérdida embarcaciones	MB	B	MB
	Daños y/o pérdida en artes de pesca	MB	MA	MB
	Daños y/o pérdida en motor	MB	M	NC
	Problemas de comercialización	MB	MB	MB
	Enfermedades	MB	NC	NC
	Pérdida de vidas humanas	MB	MB	NC
CA	Disminución de ingresos	MA	MA	MA
	Disminución de especies comerciales	MB	MA	MB
	Aplicación de plan de contingencias	MB	MB	MB
	Respuesta de instituciones y autoridades	MB	MB	M
	Organización del sector	MB	B	B
CA	Iniciativas de adaptación al CC	MB	MB	B
	Permiso de pesca comercial	M	MB	M

Mzo = Manzanillo; Tcm = Tecomán; Arm = Armería.

MB = Muy bajo; B = Bajo; M= Medio; A= Alto; MA = Muy alto; NC = No considerado por el pescador; E = Exposición; S = Sensibilidad; CA = Capacidad de adaptación; V = Vulnerabilidad.

**Tabla PA 11. Grado de vulnerabilidad en los principales municipios costeros, calculado con datos de la tabla PA 9.**

Municipio	E	S	CA	V
Manzanillo	Media	Muy baja	Muy baja	Media
Tecomán	Baja	Media	Muy baja	Alta
Armería	Media	Baja	Baja	Baja

Exposición; S = Sensibilidad; CA = Capacidad de adaptación; V = Vulnerabilidad.

Aun cuando la mayoría de los pescadores se muestran escépticos respecto al cambio climático, si concuerdan en que deberían canalizarse apoyos económicos a la actividad pesquera si los eventos naturales y/o antropogénicos se intensificaran. Excepcionalmente, en Armería la mayoría de los encuestados cree que lo mejor es lograr una mayor concientización en el sector pesquero y mejorar la vigilancia y el control por parte de las autoridades correspondientes.

Por otro lado, los pescadores también reconocen que tal escepticismo tiene su origen en la falta de conocimiento y de información, afirman que entre las instituciones de gobierno y las organizaciones pesqueras no existe una adecuada estrategia de difusión respecto a los temas meteorológicos y/o los relacionados al cambio climático.

### 3.3.2 Vulnerabilidad en los principales municipios pesqueros

A partir de los datos obtenidos de fuentes oficiales de información, se calcularon los componentes que determinan la vulnerabilidad, mismos que se presentan en la tabla PA 11. Según éste análisis, si clasificamos vulnerabilidad en cinco grupos: muy baja (0-.20);

baja (0.21-0.40); media (0.41-0.60); alta (0.61-.80) y muy alta (0.81-1); Manzanillo cae en la categoría de vulnerabilidad media, Tecomán en categoría baja y Armería en muy baja vulnerabilidad.

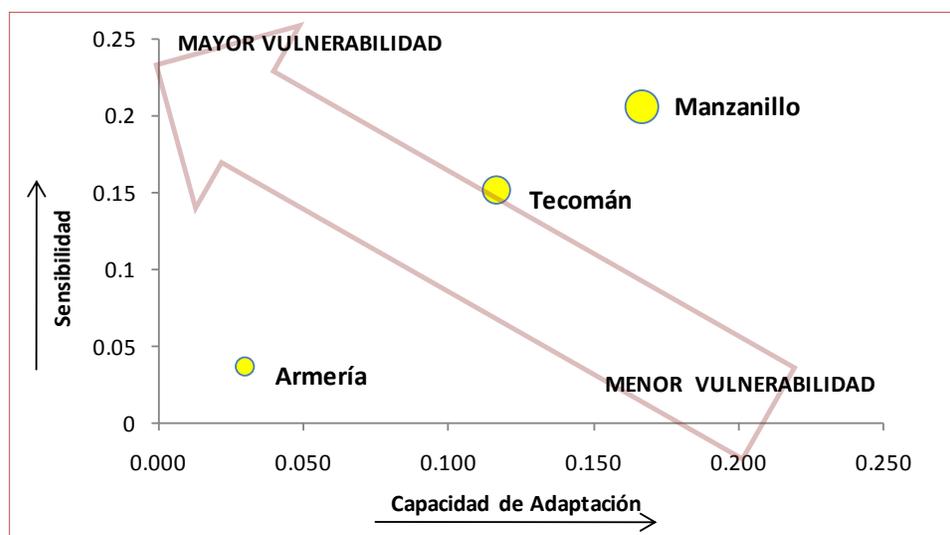
**Tabla PA 12. Grado de vulnerabilidad en los principales municipios costeros**

Municipio	E	S	CA	V
Manzanillo	0.37	0.21	0.17	0.41
Tecomán	0.21	0.15	0.12	0.24
Armería	0.13	0.04	0.03	0.13

E= Exposición; S = Sensibilidad; CA = Capacidad de adaptación; V = Vulnerabilidad

El municipio de Manzanillo, con grado medio de vulnerabilidad, presenta el valor más alto en el componente E, lo cual parece estar asociado al mayor riesgo sanitario y a la mayor superficie continental respecto a Armería y Tecomán. El factor S, también es más alto en Manzanillo, asociado con la mayor cantidad de habitantes y al mayor porcentaje de población que carece de servicios básicos (luz, agua y servicios de salud). Este mismo factor S en Tecomán, parece ser mejor explicado por la mayor cantidad de personas analfabetas comparado con los otros municipios del análisis. Particularmente, Armería exhibe bajos valores en los componentes E y S, sin embargo, también presenta un valor muy bajo relacionado con su CA, es decir, baja capacidad para enfrentarse al CC. En general, la CA en los tres municipios es baja, sin embargo, aun cuando Manzanillo parece estar más expuesto y presentar mayor sensibilidad ante eventos climáticos, su CA es también mayor, lo cual le puede permitir ajustarse de mejor forma a los posibles impactos del CC.

Al respecto, la vulnerabilidad esta mejor relacionada a los componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación. La figura PA 49 muestra el gradiente de vulnerabilidad representado por la relación S y CA y el grado de exposición de acuerdo al tamaño del marcador. Así, se observa que la tendencia en los municipios de Manzanillo y Tecomán es hacia la mayor vulnerabilidad respecto a Armería. Para éste último, la vulnerabilidad es menor, sin embargo, también se observa que es el municipio con la más baja CA.



**Fig. PA 49. Gradiente de vulnerabilidad en los principales municipios pesqueros**

El análisis de vulnerabilidad entre municipios y el determinado con la percepción de pescadores, coincidiendo en cuanto al municipio con menor vulnerabilidad y destaca que la principal debilidad en todos los municipios es su baja capacidad adaptativa.

### 3.3.3 Vulnerabilidad de la zona costera

---

En un estudio realizado por Rivera-Arriaga y colaboradores (2010), se analizó la vulnerabilidad de las regiones costeras de México, destacando aquellos municipios costeros con mayor o menor riesgo. De acuerdo a estos autores el estado de Colima, como algunos otros de la costa del pacífico, no obstante de exhibir bajo riesgo costero presenta una mayor índice de vulnerabilidad. En cuanto al riesgo en los municipios costeros de Colima, el valor promedio del índice fue ligeramente inferior al promedio nacional por municipio. En este estudio al proyectar el índice de riesgo al 2013, se destaca al municipio de Tecomán con mayor índice de riesgo (0.69) respecto al Manzanillo, el cual presentó el menor índice (0.35). Valor que puede estar asociado con la mayor planicie asociado a dicho municipio (figura PA 50).

En el estado de Colima, la laguna de Cuyutlán con una extensión de 7,200 hectáreas, (Figura PA 51) representa el cuerpo de agua de mayor significancia y es punto de interés pesquero, turístico y que actualmente tiene una relevancia estratégica para el crecimiento portuario de Manzanillo. Este cuerpo lagunar se extiende a lo largo de la costa separada del mar por una barra de 34 km. La función de natural de dicha estructura es la de absorber la energía del océano amortiguando los efectos de meteoros atmosféricos, por lo que su presencia y características morfoespaciales en un litoral marcan una diferencia respecto a los impactos de fenómenos hidrometeorológicos y de aquellos derivados de los posibles incrementos en el nivel del mar (Ortiz-Pérez et al 2010).

Por su naturaleza propia, la vulnerabilidad de este tipo de ecosistemas debe de ser evaluada de manera específica. Al utilizar la metodología propuesta por Thieler y Hammer-Klose (1999), en la que se reconocen elementos dinámicos asociados a la exposición de meteoros, aspectos geológicos, geomorfológicos como la elevación de la franja costera, resistencia del sustrato a la erosión, altura media del oleaje, régimen de mareas, susceptibilidad a inundaciones fluviales, penetraciones marinas por huracanes, pendiente de playa, abundancia de tormentas al año, entre otros. Mediante el cálculo de este indicador en el presente estudio, se obtuvo un valor de 3.014, contra a un valor de 5 como de extrema vulnerabilidad.

Sin embargo, dicho valor podría ser mayor si consideramos que la laguna de Cuyutlán sustenta la mayor presión pesquera de los cuerpos de agua en el estado y recientemente ha experimentado un significativo crecimiento en el uso industrial-portuario-acuícola. Estos factores, además de la proximidad de la zona urbana como principal fuente de contaminación, podrían acentuar la vulnerabilidad de dicho ecosistema y con ello causar repercusiones de naturaleza social y económicamente ya que alrededor de 350 pescadores libres y al menos cinco sociedades cooperativas, dependen económicamente de la actividad pesquera en dicha laguna.

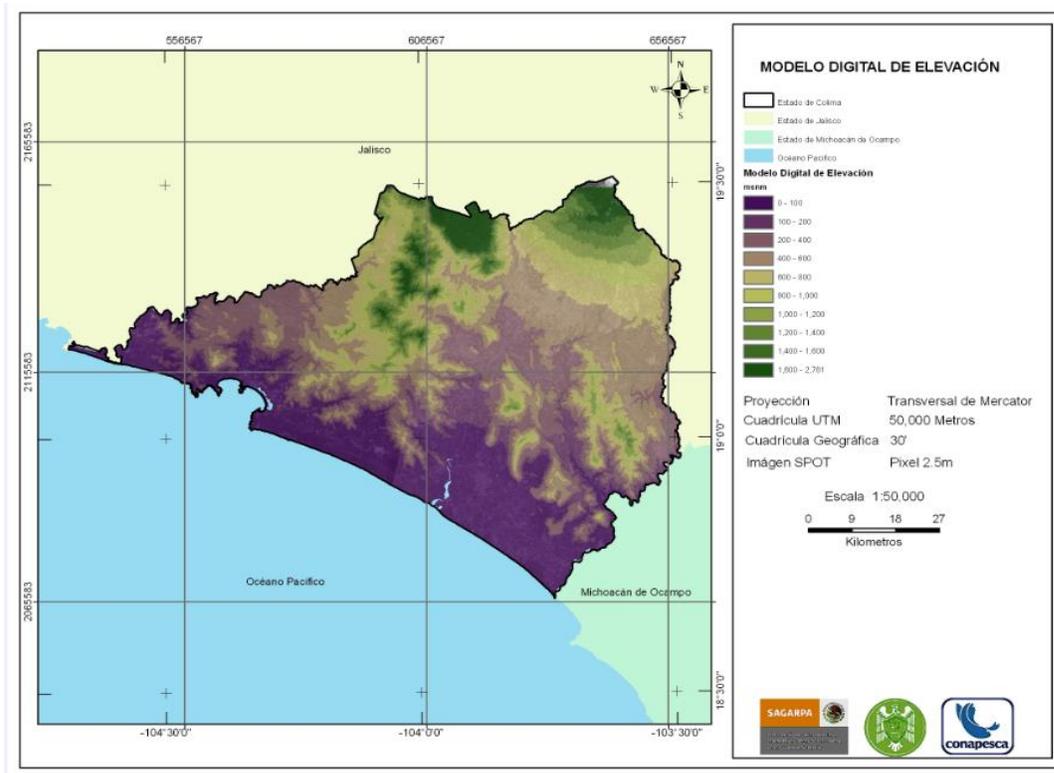


Fig. PA 50. Nivel de elevación sobre el NMM en los municipios del estado de Colima

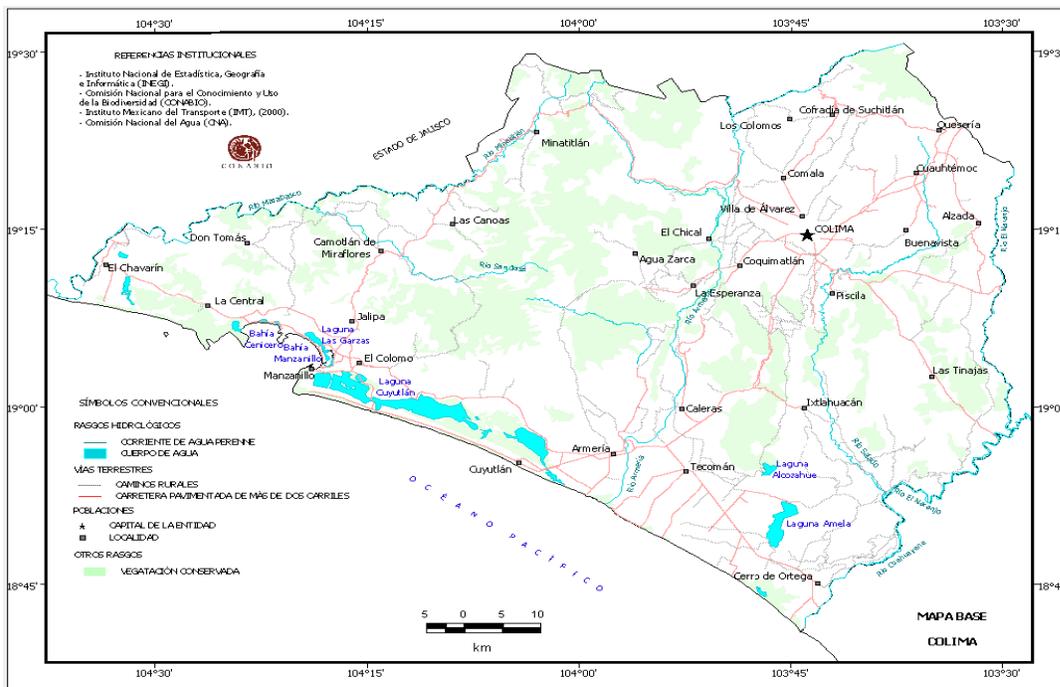


Fig. PA 51. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán, como principal cuerpo de agua en el estado

ADAPTABILIDAD DE LA ZONA COSTERA		
	Tipo de impacto asociado a CC	Medidas de adecuación
Lagunas Costeras	Inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un programa de investigación encaminado a reconocer los cambios puntuales en la circulación, fisiografía y ecología costera del estado de Colima.</li> <li>• Creación de un fondo de contingencias meteorológicas.</li> <li>• Implementar un plan de manejo acción para el manejo de especies exóticas Invasivas.</li> <li>• Promover estudios sobre los impactos del cambio climático (aumento del nivel del mar y estrés hídrico) sobre las especies pesqueras.</li> <li>• Determinar y divulgar lugares más vulnerables ante el cambio climático.</li> <li>• Plan de reordenamiento para el uso y delimitación de actividades alternativas a la pesca como la acuicultura y turismo.</li> </ul>
	Huracanes	
	Sequia meteorológica Salinización	
	Florecimientos algales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un programa para minimizar la descarga de contaminantes y nutrientes.</li> <li>• Modernizar las técnicas actuales de tratamientos de aguas residuales para su tratamiento secundario y terciario.</li> <li>• Diseñar un esquema de monitoreo para detectar el riesgo derivado de muestreo, detección y cuantificación de toxinas en especies centinelas como bioindicadores de cambios ambientales asociados a mareas rojas.</li> </ul>
	Sedimentación excesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar y ejecutar en forma plena un programa de ordenamiento para la protección de humedales costeros.</li> <li>• Implementar procesos de forestación y de captura de sedimentos, y favorecer los procesos de acreción y dispersión que participan de forma natural en los humedales costeros</li> </ul>
Pesca Rivereña y de altura	Huracanes Lluvias Intensas Efecto Oscilación Sur de El Niño (ENSO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar políticas de ordenamiento y manejo de recursos pesqueros desde una perspectiva ecosistémica y adaptativa que incluya el desarrollo de tecnología, para mejorar y /o optimizar el la captura, procesamiento, y distribución de los recursos.</li> <li>• Reducir la mortalidad por pesca de stocks que se encuentran en un nivel máximo de explotación/o sobreexplotados.</li> <li>• Diseñar un esquema de monitoreo para detectar el riesgo derivado de muestreo, detección y cuantificación de toxinas en especies centinelas como bioindicadores de cambios ambientales asociados a mareas rojas.</li> <li>• Desarrollar un sistema funcional para el aprisionamiento de hielo generación de energía eléctrica en centros de desembarque, bodegas de refrigeración y embarcaciones que manejen captura viva.</li> <li>• Crear un fondo de compensación post desastres encaminados a recuperar infraestructura dañada por efecto de eventos extraordinarios asociados a CC.</li> </ul>

Pesa turística	Huracanes Lluvias Intensas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En zonas críticas como embarcaderos de usuarios se deben de readaptar para eventos y/o dinámicas potencialmente existentes.</li> <li>• Creación de un fondo de contingencias meteorológicas.</li> </ul>
----------------	-------------------------------	--

### 3.4. Vulnerabilidad en el sector acuícola del estado de Colima

La acuicultura en nuestro país ha mantenido un nivel de crecimiento sostenible de un 23.3% entre 2004 y 2006, lo cual, de acuerdo a la FAO (2008) lo ubica entre los 10 países con mayor tasa de crecimiento. A pesar de que a nivel nacional se cultivan alrededor de 40 especies en Colima, fundamentalmente la actividad acuícola está relacionada con cultivo de camarón y tilapia. En estas especies se observa un particular crecimiento así como un mayor nivel de tecnificación en el cultivo de camarón en aguas interiores. No obstante el crecimiento de esta actividad en el estado como en otras partes del país podría verse afectado por efecto del cambio climático global.

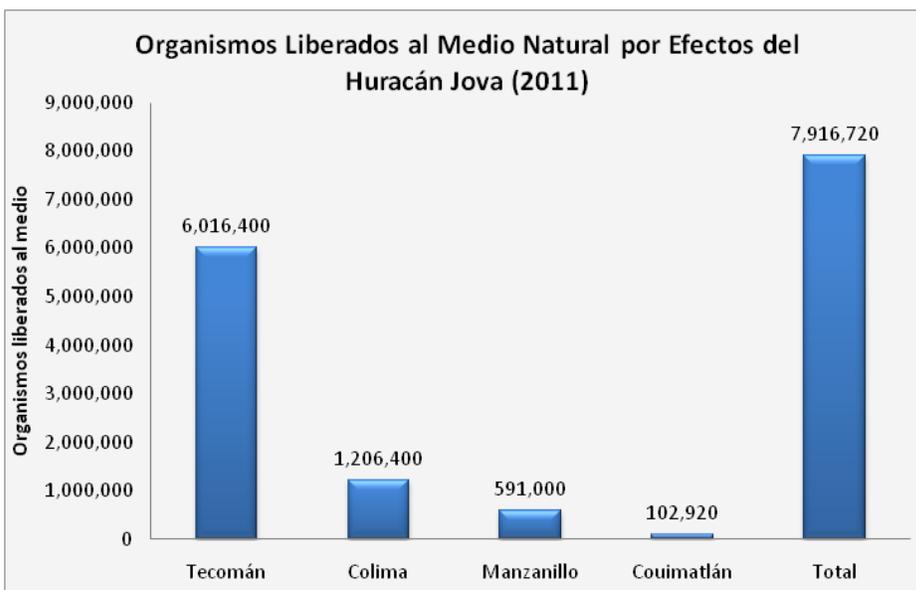
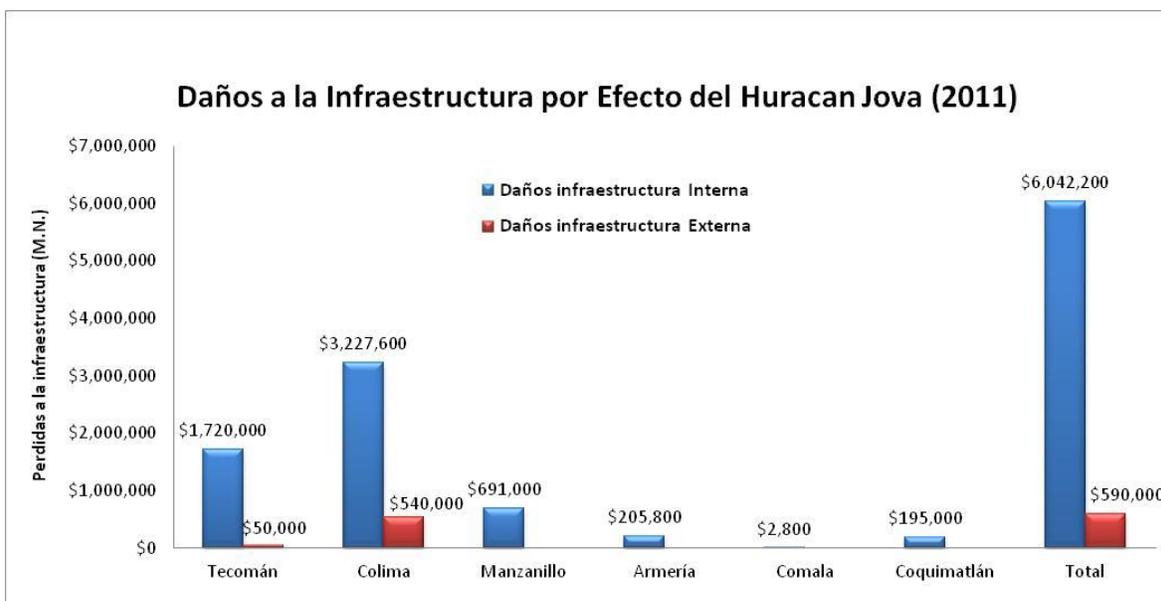
#### 3.4.1 Fenómenos hidrometeorológicos

La alta ocurrencia de huracanes en el estado de Colima, puede provocar la pérdida de vidas humanas o daños materiales de importancia, incluso en zonas distantes a la playa, como el pueblo de Minatitlán, afectado por el huracán de 1959, el más destructivo registrado en las costas de Colima en el siglo XX (Padilla-Lozoya, 2007).

La lluvia de estos eventos atmosféricos, en poco tiempo provoca inundaciones, aumento en el cauce de los ríos y deslaves de material rocoso. Al respecto, en octubre de 2011, las costas de Colima fueron afectadas por el paso del huracán Jova. Según información proporcionada por Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Colima (SEDER), los daños en el sector acuícola causados por el huracán Jova ascendieron a \$6, 042,200. La figura PA52 muestra las afectaciones en la infraestructura interna; relacionados con la erosión de bordos, pérdida o fuga de organismos, y las afectaciones en insumos y equipos operativos, mientras que los daños en la infraestructura externa consideran principalmente deterioro en caminos/accesos, redes eléctricas etc. De acuerdo a esta información los principales daños se presentaron en el municipio de Colima seguido de Tecomán y Manzanillo (figura PA 52).

Otro problema derivado del impacto del huracán Jova, fue la liberación o fuga de organismos de cultivo al medio ambiente. Se estima que casi ocho millones de organismos se escaparon al medio. Tecomán fue el municipio con el mayor registro de organismos liberados, con casi un 76% del total (figura PA 53).

**Fig. PA 52. Relación de daños por el huracán Jova (2011) en la infraestructura interna (erosión de bordos, pérdida de organismos, afectaciones en insumos y equipos operativos) y externa (daños en caminos/accesos y red eléctrica) en algunos de los municipios con actividad acuícola (Fuente: Secretaría de Desarrollo Rural del estado de Colima)**



**Fig. PA 53. Organismos liberados al medio natural por efectos del huracán Jova**

Particularmente, durante la trayectoria del huracán Jova se reportaron lluvias máximas puntuales en 24 horas de 374.4 mm en Coquimatlán, siendo la mayor cantidad de lluvia a nivel nacional durante el año 2011 (Servicio Meteorológico Nacional, 2011). Además, las características geográficas del terreno del estado de Colima hacen que las zonas con mayores probabilidades de afectación por huracán, sean las poblaciones de los municipios de Tecomán, Armería y Manzanillo, las cuales han sido históricamente afectadas (Padilla-Lozoya, 2007).

El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos (CENAPRED, 2001).

### 3.4.2 Vulnerabilidad en los principales cultivos de camarón y tilapia

Cualquier alteración ambiental sobre los sistemas naturales y socio-económicos del territorio, tendrán una repercusión en mayor o menor medida en la actividad acuícola y sus componentes. No obstante, el grado de afectación estará determinado por el nivel de vulnerabilidad de la población asociada al sector (Flores-Nava, 2010).

El cambio climático presenta amenazas serias para la sostenibilidad del sector acuícola, a través de impactos que pueden agruparse en tres categorías: a) Efectos de orden biológico; b) de orden económico; c) de orden social (Magaña et al 2004, Citado en Flores-Nava 2010). El análisis de dichos indicadores y su relación con el sector camaronícola y tilapiero en Colima, se presenta en la tabla 13, evidenciando los distintos niveles de vulnerabilidad de acuerdo al sector.

**Tabla PA 13 Rasgos comparativos del nivel de desarrollo en el cultivo de camarón y de tilapia en Colima y su nivel de vulnerabilidad a contingencias asociadas al cambio climático**

Rasgo	Cultivo de Camarón	Cultivo de tilapia
Nivel de desarrollo tecnológico	2	3
Disponibilidad de capital	2	5
Robustez de infraestructura ante eventos extremos	3	4
Flexibilidad y capacidad de adaptación a cambios	3	4
Fragilidad sanitaria	2	3
Nivel de bioseguridad	2	4
Fragilidad financiera ante volatilidad de precios de insumos	2	4
Posibilidad de reiniciar en caso de destrucción	2	5
Nivel general de vulnerabilidad	media	alta

Nivel de indicadores: 1= Elevado; 2= Medio; 3= Básico; 4= Limitado; 5=Muy limitado-nulo.

### 3.4.3 Vulnerabilidad de la actividad acuícola en los municipios del estado

El cálculo de vulnerabilidad determinado a partir de los componentes definidos por el IPCC (2001) y con datos de fuentes oficiales, se presenta en la tabla 14 para cada municipio. Es posible observar que los municipios con mayor nivel de vulnerabilidad son Manzanillo, Colima y Tecomán, le siguen Villa de Álvarez, Armería y Coquimatlán. Por el contrario, los menores valores se encontraron en Comala, Ixtlahuacán y Minatitlán. En general la tendencia en los componentes S, E y CA es similar, correspondiendo a los mismos municipios de Manzanillo, Colima y Tecomán los valores más altos.

**Tabla PA 14. Grado de Vulnerabilidad en la actividad acuícola de los municipios del estado**

Municipio	E	S	CA	V
Armería	0.13	0.03	0.03	0.13
Colima	0.26	0.16	0.13	0.28
Comala	0.09	0.02	0.02	0.09

Coquimatlán	0.12	0.02	0.02	0.12
Cuauhtémoc	0.11	0.03	0.02	0.11
Ixtlahuacán	0.09	0.01	0.00	0.09
Manzanillo	0.34	0.18	0.14	0.38
Minatitlán	0.09	0.01	0.01	0.09
Tecomán	0.23	0.13	0.10	0.26
Villa de Alvarez	0.15	0.13	0.11	0.17

E= Exposición; S = Sensibilidad; CA = Capacidad de adaptación; V = Vulnerabilidad

Al analizar la relación S y CA, se observa nuevamente que los municipios de Manzanillo, Colima, Tecomán y Villa de Álvarez se ubican en un grupo con mayor vulnerabilidad, separándose del resto, que presenta menores valores de vulnerabilidad (figura PA 54). Es también notorio que estos dos grupos exhiben distinto nivel de adaptación, ya que el grupo con menor vulnerabilidad presenta valores muy bajos de CA. Así, los municipios mencionados ante una contingencia tendrían una mínima capacidad de respuesta, particularmente en Minatitlán e Ixtlahuacán.

Al respecto, Padilla Lozoya (2007) reporta para Armería, Coquimatlán y Minatitlán registros históricos de daños ocasionado por lluvias intensas y huracanes. Bajo este contexto, el mismo autor señala que Minatitlán presenta altas condiciones de vulnerabilidad y riesgo, producto de su reconstrucción con piedras luego de un deslave ocasionado por el huracán del 27 de octubre de 1959.

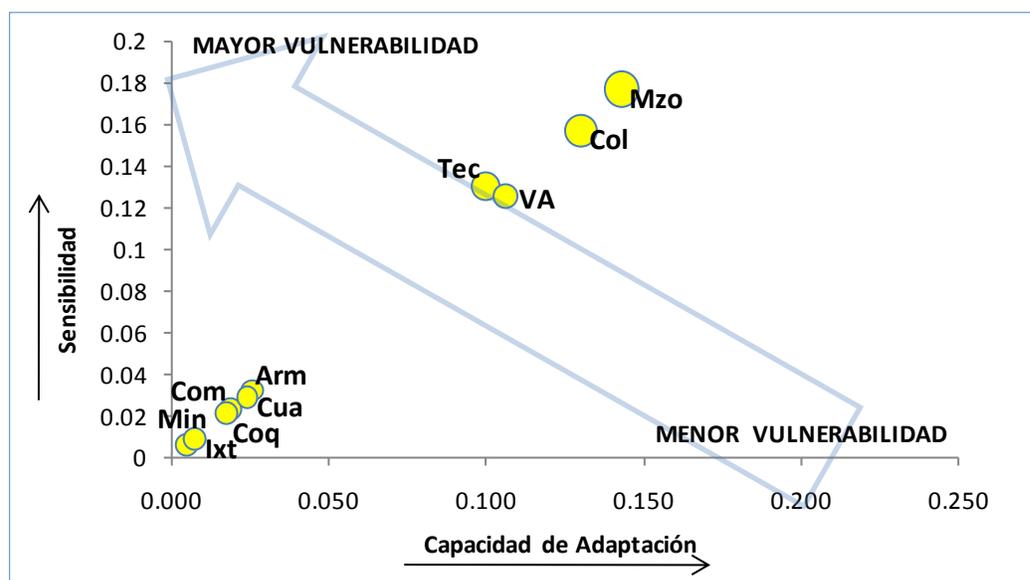


Fig. PA 54. Gradiente de vulnerabilidad en los municipios con actividad acuícola. La variabilidad en el área del círculo, denota el grado de exposición.

Modalidad de cultivo	Factor	Medidas de adaptación
Maricultura	Mayor incidencia de huracanes y /o lluvias intensas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar estudios básicos orientados a evaluar mapas de vulnerabilidad de cuerpos costeros y marinos donde se realizan proyectos de cultivo, a fin de delimitar zonas de potencial de riesgo y en su caso proyectar obras ingenieriles de protección.</li> <li>• Creación un fondo de contingencias para eventos hidrometeorológicos extraordinarios que afecten instalaciones de maricultura.</li> <li>• Implementación de planes para disminuir descargas excesivas de contaminantes orgánicos derivados de centros de procesamiento pesqueros, desarrollos urbanos.</li> <li>• Los permisos otorgados para la práctica de proyectos en cuerpos de agua expuestos a dinámica oceánica, deben tener restricciones condicionados con la temporalidad de mayor riesgo.</li> </ul>
	Afloramientos de algas nocivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar un esquema de monitoreo para detectar el riesgo derivado de muestreo, detección y cuantificación de toxinas en especies centinelas como bioindicadores de cambios ambientales asociados a mareas rojas.</li> </ul>
	Intrusión de microbiota patógena	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar un programa de prevención sanitaria con mayor exigencia y formular un programa de prevención de acción sectorial a posibles epizootias.</li> <li>• Implementar políticas y códigos de buenas prácticas que permitan asegurar la sustentabilidad de la acuicultura.</li> <li>• Conformar programas de gestión de riesgos sanitarios y ambientales.</li> <li>• Promover programas de sanidad de los organismos acuáticos cultivados.</li> <li>• Instrumentar programas básicos de prevención y control sanitaria a pequeños acuicultores</li> </ul>
Acuicultura de aguas interiores	Mayor incidencia de huracanes y /o lluvias intensas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar estudios básicos orientados a evaluar mapas de vulnerabilidad de cuencas continentales donde se realizan proyectos de cultivo, a fin de delimitar zonas de potencial de riesgo y en su caso proyectar obras ingenieriles de protección.</li> <li>• Determinar y divulgar lugares más vulnerables ante el cambio climático.</li> </ul>
	Sedimentación excesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar programas de forestación y de captura de sedimentos en las zonas adjuntas a Lagunas y ríos donde se realizan actividades acuícolas (Particularmente Laguna Amela, Alcuahue y Ríos Armería y Marabasco).</li> <li>•</li> </ul>
	Desborde de ríos y/o cuerpos de agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diagnóstico sobre la condición de riesgo de las unidades acuícolas, y zonas con potencialidad acuícola, el cual sirva como instrumento rector para establecer medias para desarrollo acuícola en virtud a su localización, a fin de delimitar zonas de potencial de riesgo y en su caso proyectar obras ingenieriles de protección</li> <li>• Creación de un fondo de contingencias meteorológicas.</li> <li>• Identificación de grupos humanos vulnerables al cambio climático y zonificación de áreas alternativas para acuicultura y protección de bancos naturales.</li> </ul>

	Proliferación de especies invasivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentar un programa de reconversión tecnológica para el uso integral del pez diablo ya existente en el estado y su control.</li> <li>• Creación de una Unidad de Manejo para el cocodrilo de pantano en las lagunas de Amela, Alcuzahue y Valle de las Garzas, lo cual permitirá a su vez consolidar el uso turístico/recreativo.</li> </ul>
	Proliferación de enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar políticas y códigos de buenas prácticas que permitan asegurar la sustentabilidad de la acuicultura.</li> <li>• Conformar programas de gestión de riesgos sanitarios y ambientales.</li> <li>• Promover programas de sanidad de los organismos acuáticos cultivados.</li> <li>• Instrumentar programas formativos básicos de control y manejo sanitario a pequeños acuicultores.</li> </ul>
	Uso irracional del agua y contaminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manejo y conservación del recurso hídrico.</li> <li>• Implementar un programa de reconversión tecnológica basado en sistemas alternativos de uso eficiente del agua como sería el caso de sistemas de recirculación.</li> </ul>
	Conflictos de interés por recurso hídrico entre acuicultura – agricultura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentar programa eficiente de manejo y conservación del recurso hídrico en el que se estimule el uso de sistemas productivos con uso eficiente de recurso hídrico.</li> </ul>
	Incremento de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover estudios hidrobiológicos sobre el comportamiento de las especies pesqueras y acuícolas locales ante la variabilidad ambiental.</li> <li>• Desarrollar tecnologías alternas para el cultivo de especies (preferentemente endémicas) con mayor resistencia a la variabilidad ambiental y que a su vez, no representes riesgos al ambiente</li> </ul>

# ECONOMÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Dr. Ángel Licona Michel

## 1. Introducción

---

El presente informe muestra reflexiones acerca de los niveles de contaminación generados en el Mundo, México y la Entidad de Colima, asimismo cómo estos afectan las condiciones de vida en el planeta. Se revisa información acerca de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, entre las que sobresalen las emisiones de dióxido de carbono, ocasionadas por la dinámica de los sectores productivos que conforman la estructura de la economía, para dar empleo y mejorar los niveles de ingreso, los cuales al aumentar, incrementan los niveles de consumo y demanda de bienes que al ser producidos necesitan en su proceso de los energéticos provenientes de los combustibles fósiles, y al ser utilizados estos últimos alteran los niveles de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, así como la temperatura del planeta.

Si bien la dinámica de la economía altera los niveles de las emisiones, también en el seno de la economía se generan políticas que tratan de mitigar los gases de efecto invernadero, así como los efectos que traen consigo en el planeta por medio del calentamiento global. Para ello existen consensos con la intención de que las actividades productivas realicen ajustes en sus procesos por medio de la creación y utilización de tecnologías que sean más amigables con el planeta, es decir estimular un crecimiento económico verde.

Mencionado lo anterior, en el informe se tienen los siguientes objetivos:

1. Revisar y analizar información que nos permita dar un marco de referencia acerca del cambio climático.
2. Analizar las principales actividades económicas del estado de Colima.
3. Propuestas de políticas públicas para mitigar las emisiones de dióxido de carbono, así como los efectos del cambio climático en el Estado de Colima.

De acuerdo con los objetivos, el informe se conforma en la primera parte con el análisis documental, una segunda parte por las principales actividades económicas en el Estado de Colima y una tercera con las propuestas de políticas para mitigar los efectos del cambio climático. Para su desarrollo se tuvo apoyo financiero de los Fondos Mixtos y se logró concluir con una tesis de licenciatura.

---

## 2. Análisis documental que permite crear un contexto para elaborar un diagnóstico de la situación económica en el estado de Colima

---

El cambio climático es un efecto de los altos niveles de producción basada en combustión fósil que ha emprendido el mundo desde la Revolución Industrial en el siglo XIX. Actualmente, el calentamiento global afecta cada elemento de la vida del hombre en la tierra, desde sus fuentes de alimento, hasta las de su energía, pasando por sus propias fuentes de ingreso, comercio, transporte e industria. A medida que los países desarrollados

y en vías de desarrollo comprendan los vínculos de interdependencia que implica el calentamiento global, se desarrollarán por medio de políticas, medidas de combate al mismo, bien sean agrícolas, industriales, energéticas o comerciales.

La causa del calentamiento global son las emisiones de gases de efecto invernadero que generan un hueco en la capa de ozono, permitiendo la entrada de rayos ultravioleta, los cuales descongelan los polos, aumentando el nivel de mar. Al aumentar el nivel, las corrientes de agua modifican las estaciones y provocan huracanes o sequías intensas que afectan los niveles de producción agrícola y por ende los precios de los bienes que contribuyen al aumento o disminución de la pobreza.

En 2005, Jared Diamond, biólogo estadounidense, publicó su libro “Colapso: ¿por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen?”, hace referencia a la desaparición de sociedades, debido a factores asociados al cambio climático. Entre esas sociedades, Diamond destaca a los vikingos en Groenlandia y a los mayas en Mesoamérica, quienes fracasaron tanto en prevenir los problemas ocasionados por el deterioro de sus ecosistemas, como por ofrecer una solución viable a los mismos.

De tal suerte, que en la historia de la humanidad ya han existido casos de sociedades que desaparecen por la alteración irremediable de su entorno, ¿qué se puede esperar de un mundo globalizado e interdependiente, que en los últimos dos siglos ha generado altos niveles de contaminación? A fin de determinar con precisión la evolución del cambio climático, en 1988 la Organización Mundial de Meteorología y el Programa Medioambiental de la Organización de Naciones Unidas crearon el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), cuyo objetivo es analizar información científica sobre el calentamiento global y proponer opciones para mitigarlo (IPCC, 2013). Los reportes del IPCC establecieron como objetivo mantener el calentamiento global menor a 2 grados Celsius anual (UNEP, 2013).

Los paleo-climatólogos reconocen que durante el período interglaciar Eemian (hace 129 mil años), el planeta presentaba temperaturas de 2 grados Celsius más cálidas que en la actualidad, y cuyos niveles del mar eran de cinco a seis metros más elevados que en el período posindustrial. El reporte del IPCC sugiere que el aumento del nivel del mar en los próximos años sería de 60 centímetros (UNESCO, 2013). Una predicción conservadora para algunos autores, como Peter Newell y Matthew Paterson (2011), quienes consideran que, aun manteniendo el ascenso de la temperatura mundial menor a los dos grados y el nivel del mar a 60 centímetros, como lo pronostica el IPCC; grandes centros urbanos, como Shanghái, Londres, Boston, Nueva York y Mumbai corren graves riesgos de inundarse.

Newell y Paterson opinan que bastaría con la descongelación de la Antártida y de Groenlandia para alcanzar una elevación del nivel de mar de entre seis y 25 metros. Muy superior a la del período Eemian. Tales condiciones augurarían un escenario catastrófico para la humanidad, que ha sido interpretado o anunciado en novelas de ciencia-ficción como “The Drowned World” de J.G. Ballard (1962) y en documentales como “Inconvenient Truth” (2006) del ex vice-presidente estadounidense Al Gore.

El lenguaje diplomático a nivel mundial supone el reconocimiento general de los riesgos y amenazas que implica el cambio climático. Los mecanismos propuestos por convenciones internacionales (Kioto en 1997 y Copenhague en el 2009) economistas, meteorólogos, y otros científicos, para mitigar el impacto del cambio climático, sugieren la descarbonización de la economía mundial. Dicha sugerencia afectaría intereses de sectores económicos importantes en el mundo, tales como la minería, las petroleras, las industrias

manufactureras, de transporte, e incluso a la forma de vida consumista en ciudades y países desarrollados. Ello explica la ambivalencia en apoyo a compromisos de parte de algunos países hacia las convenciones internacionales. Abordar el calentamiento climático para ofrecer alternativas viables requerirá de la voluntad y el compromiso de todos los actores en el sistema, estatales y no estatales. El sistema económico capitalista, como se conoce actualmente, se concentra en aumentar niveles de producción, originando períodos de expansión y contracción de acuerdo a la correlación entre oferta y demanda.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, en su página web<sup>22</sup> muestra la siguiente frase del Secretario General de la ONU, Ban Ki Moon: “el cambio climático es el reto definitorio de nuestra generación” (PNUMA, 2013). Resultaría obvio suponer que el Secretario General de la ONU promueva la cooperación entre los Estados y actores involucrados, dentro de un marco institucional, para resolver un problema en común.

Lo que no parece tan obvio es lograr una propuesta viable y convincente para todos los actores que conforman la humanidad. De acuerdo con los informes del PNUMA, la contaminación de ecosistemas acuáticos y terrestres se puede limitar, eliminando algunos fertilizantes, imponiendo severas multas a fábricas que arrojan desechos a ríos, lagos y mares, y creando reservas naturales protegidas bajo normas estatales e internacionales, ahora el problema que se tiene es que no en todos los rincones del planeta puede existir una verificación y cumplimiento para hacer reducir los niveles de contaminación. Por lo tanto existe un verdadero desafío en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, si en el mundo se toma una decisión de descarbonizar la economía mundial, cuya energía proviene de la combustión fósil. Sería extremadamente complejo prohibir inmediatamente el uso de fuentes tradicionales de energía en la economía capitalista en la cual nos movemos. Por lo tanto, el reto definitorio ante el cambio climático ocasionado por las emisiones de gases de efecto invernadero, radica en las decisiones que toman los actores de las diversas economías y países que conforman el planeta: ¿abandonar el capitalismo como sistema económico por sus impactos negativos en el medio ambiente? O ¿buscar fuentes de energía que permitan la expansión de la economía, reemplazando gradualmente los combustibles fósiles, en beneficio del medio ambiente? La segunda opción es la que gana fuerza en las naciones, así como entre los grandes grupos industriales de las naciones más desarrolladas, que se enriquecen cada día más al generar las tecnologías verdes y comercializarlas en los diferentes mercados.

El capitalismo estimula la generación de riqueza en períodos de expansión, así como su caída en períodos de recesión. En economía los ciclos de expansión y contracción son normales. En el calentamiento global no sucede lo mismo. El deterioro del medio ambiente y la destrucción de ecosistemas son provocados por el actual modelo de expansión industrial, que privilegia altos niveles de producción, basados en combustión de energías fósiles. A partir de los años 80s, existe una promoción a la flexibilización de las políticas económicas de los países, dejando al libre-mercado la tarea de regular la oferta y la demanda. El dominio del mercado financiero, de las redes de producción mundial, y del concepto de globalización como generadora de interdependencia moldearon el debate sobre el calentamiento global desde la década de los 80s, así como las respuestas a los problemas que de ahí derivaban. En esta misma década, dado los problemas ocasionados en el medio ambiente y en la sociedad por el crecimiento de las industrias y las emisiones de contaminantes, se emprenden nuevos proyectos tratando de mitigar efectos en el medio

---

<sup>22</sup> <http://www.pnuma.org/> También puede consultarse <http://www.un.org/es/climatechange/>

ambiente, entre ellos se impulsa “la nueva política ambiental” o la “modernización ecológica”, cuya objetivo era demostrar la compatibilidad del crecimiento económico de la época con la protección del medio ambiente<sup>23</sup>.

De los proyectos antes mencionados para mitigar los efectos del crecimiento de la economía sobre el medio ambiente, surgen dos mecanismos para combatir el cambio climático. El primero establece impuestos a la emisión de CO<sub>2</sub>, dicho mecanismo fue inmediatamente descartado de la agenda, por considerarse que el aumento de costos de producción, a raíz de dicho impuesto, provocaría la movilización industrial a países que otorgaran mejores condiciones arancelarias. La segunda propuesta era la creación de un mercado de emisiones de carbono negociables.

El mercado de emisiones negociables fue propuesto por primera vez en 1989, en un artículo de Michael Grubb, cuya idea de intercambiar permisos para emitir CO<sub>2</sub> atrapó la atención del mundo. Básicamente la propuesta era crear un mercado, donde los actores (Estados o empresas) cuyo costo de reducción de emisiones fuera menor a otros, ofrecieran permisos de emisión de CO<sub>2</sub> a los Estados que los requirieran. La administración de Bill Clinton presidente de los Estados Unidos apoyó esta iniciativa en 1996 para que se incluyera en el Protocolo de Kioto. Se trataba de una opción adecuada a la ideología del libre mercado, pues suponía beneficios superiores a la otra propuesta que favorecía el establecimiento de impuestos sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La creación de un mercado de emisiones de CO<sub>2</sub> comenzó a funcionar a finales de la década de los 90s, cuando se crearon empresas como EcoSecurities (1997), CO<sub>2</sub>e.com (2000), Punto Carbono (2000), quienes junto con bancos como Barclays y Dresdner Kleinwort, desarrollaron estrategias comerciales en el mercado recién nacido. Incluso, en el año 2004 se celebró la primera Exposición global del mercado de carbono, donde más de 100 proyectos fueron negociados<sup>24</sup>.

En la medida que el mercado de carbono crecía, más actores financieros se acercaban promoviendo mecanismos de mercado como derivados, opciones y swaps. Algunos ambientalistas no veían con buenos ojos un mercado que intercambiara permisos de contaminación, pero lo que más preocupaba era la no ratificación del Protocolo de Kioto<sup>25</sup> en el Congreso estadounidense. Tras la llegada de George Bush a la Casa Blanca en el 2001, el nuevo presidente aseguró a senadores republicanos que no firmaría el protocolo, pues el costo de la reducción de emisiones excedía los beneficios relativos. Para el 2004, Rusia ratificaba el acuerdo y Kioto entraba en vigor con 141 signatarios, que aportaban el 55% de los gases de efecto invernadero (Stiglitz, 2006).

Otras convenciones sobre el cambio climático han seguido la ruta de Kioto. Por ejemplo, en el 2009 la Convención de Copenhague reunió a 114 países y establecieron como objetivos: mantener el aumento de la temperatura mundial menor a 2 grados Celsius, apoyar la transferencia de tecnología y técnicas de producción pro ambientales, continuar con la disminución progresiva de emisiones de gases invernaderos, y apoyar los mecanismos de mercados orientados a la consecución de estos objetivos (UNFCCC, 2013). La reunión de Copenhague fue criticada por su fracaso al establecer un acuerdo que

---

<sup>23</sup> Globalization and Environmental Reform : the Ecological Modernization of the Global Economy. MITI Press, Cambridge. 2003.

<sup>24</sup> [www.carbonexpo.com](http://www.carbonexpo.com)

<sup>25</sup> [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php)

comprometiera a todos los participantes. Por ello, las esperanzas de ambientalistas se fijaron en la Convención de Cancún del 2010, donde participaron 190 países, que se comprometían a lo mismo: transferencia de tecnología “verde”, compromiso de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, asistencia a países subdesarrollados para mitigar los efectos del calentamiento global, establecer instituciones y sistemas sólidos para el cumplimiento de estos objetivos, y proteger los bosques del mundo, reconociendo su importancia como transformadores del carbono<sup>26</sup>. La reunión de Cancún sustrajo las mismas conclusiones y compromisos ambiguos de Copenhague. Misma situación se presenta en la reunión sobre el cambio climático, en Doha, Qatar, durante el año 2012.

En este contexto, estudios hechos por el Global Environment Programme (2012), los cuales son financiados por el United Nations Environment Programme (UNEP), a través de reportes informan acerca de cómo se encuentran los niveles de contaminación, así como de las posibles tendencias, soluciones y proyecciones a futuro en el medio ambiente, las cuales coadyuvan con los tomadores de decisiones para mejorar el entorno en que vivimos.

De acuerdo con el reporte, los principales drivers o “conductores” del cambio ambiental en el mundo en los últimos años son el crecimiento de la población y el desarrollo económico, que han llevado al límite a los sistemas ambientales, desestabilizándolos y colocándolos en una situación de peligro. Estos se han manifestado en presiones sobre la energía, el transporte, y la urbanización. Dichas presiones pueden incluir extracción de recursos, uso y modificación del suelo.

En México el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, de acuerdo con el INEGI (2010) contempla que las emisiones de Gas Metano producidas entre los años 2001 y 2006, se concentraron en los sectores del Petróleo y gas natural, Fermentación entérica, Eliminación de desechos sólidos, Tratamiento y eliminación de aguas residuales, Combustibles sólidos, Residencial, comercial y agrícola, Manejo de estiércol, Conversión de bosques y pastizales, Producción de electricidad, Consumo propio, Manufactura e industria de la construcción, Transporte, Cultivo de arroz, Quemadas de residuos agrícolas, Tratamiento biológico de los desechos sólidos y por la Incineración abierta de desechos. Siendo los principales que emiten más gas metano el sector del petróleo y gas natural, la fermentación entérica, el tratamiento y eliminación de aguas residuales y la eliminación de desechos sólidos.

Asimismo el INEGI muestra que las emisiones de Óxido Nitroso entre el 2001 y el 2006, son producidas por los sectores: Suelos agrícolas, Transporte, Manejo de estiércol, Tratamiento y eliminación de aguas residuales, Producción de electricidad, Residencial, comercial y agrícola, Manufactura e industria de la construcción, Cambio de uso de suelo, Tratamiento biológico de los desechos sólidos, Incineración abierta de desechos, Producción de ácido nítrico, Consumo propio y Quemadas de residuos agrícolas.

Como podemos darnos cuenta, las sociedades con el mejoramiento de las condiciones de vida en la población, impactan el medio ambiente, tanto en la cantidad de habitantes, como en el tipo de actividades que estas realicen. Mientras la población aspira a mejores condiciones de vida, demandará bienes y servicios, así como energía para funcionar. Tenemos presente que las principales fuentes de energía en la actualidad son los combustibles fósiles, entre ellos el petróleo, gas natural, así como el carbón que sigue

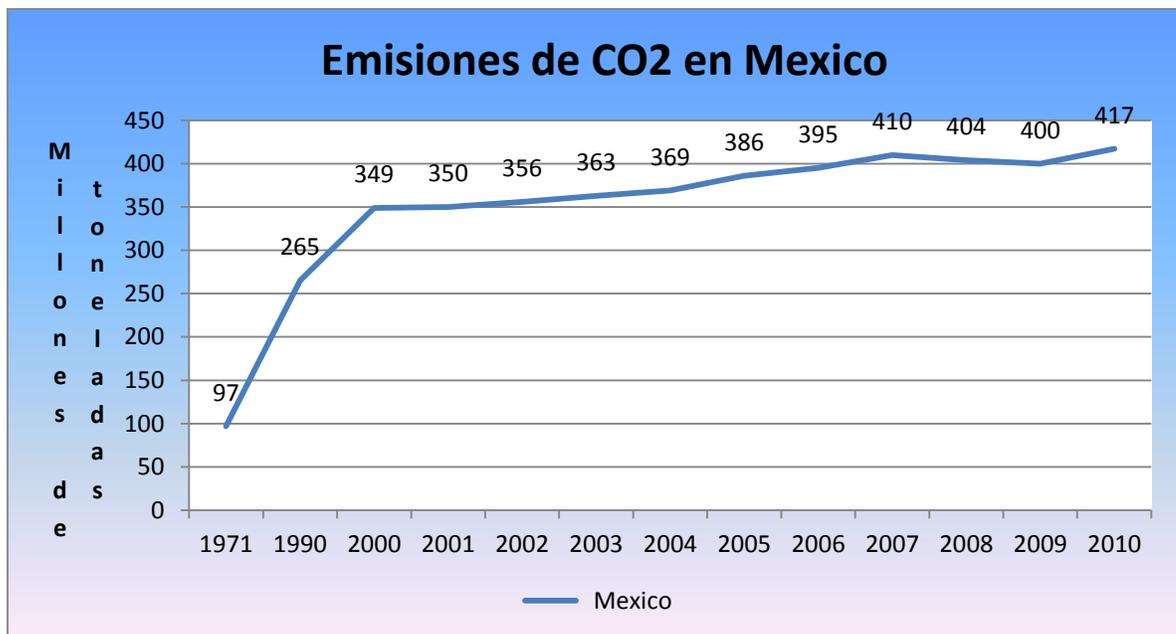
---

<sup>26</sup> The Cancun Agreements. <http://cancun.unfccc.int/cancun-agreements/main-objectives-of-the-agreements/#c33>. Consultado el 18/01/2013.

siendo utilizado en la industria; y son de los mayores emisores de CO<sub>2</sub>. Otro de los impactos se relaciona con el transporte, sector que permite a la población lograr una mayor urbanización, impactando en la producción y el comercio que demandan un mayor dinamismo del transporte y los convierten en uno de los mayores consumidores de energía vinculada con los combustibles fósiles.

Otras emisiones que contaminan la atmosfera son el azufre, que contribuye a la acidificación de las aguas, el nitrógeno, del cual tampoco existe un avance general en su control, y que ocasionan mayores daños en Asia y América Latina.

La atmosfera, es una de las áreas más afectadas por el cambio climático, y sus posibles soluciones requieren de grandes inversiones en crear tecnologías amigables con el medio ambiente, que países en desarrollo no pueden hacerlas por carecer de capital financiero y humano que puedan crearlas, por lo cual en dichos países se observa un crecimiento en los niveles de contaminación, en el aire, capa de ozono, agua y suelo que alteran la salud de los humanos, ecosistemas, cultivos y la atmosfera. Prueba de ello es México, país que en 1971 emitía 97 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y para el año 2010 la cifra llegó a las 417 teniendo un crecimiento en cuatro décadas que supera el 300% (OECD, 2013), ver gráfica EC1.



**Figura EC1. Emisiones de CO<sub>2</sub> en México.**

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la página de la OECD [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2013/emissions-of-carbon-dioxide\\_factbook-2013-70-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2013/emissions-of-carbon-dioxide_factbook-2013-70-en)

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2011) considera que algunas de las principales estrategias para lograr reducir los niveles de contaminación, es a través de una estrategia de crecimiento verde, por ello recomienda a los países diseñar e implementar políticas especializadas, con incentivos y/o mejora de las instituciones para transformar las actividades económicas por medio del uso de tecnologías amigables con el medio ambiente.

Es relevante considerar las propuestas de la OCDE, así como del PNUMA por en México, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 2010, ocasionadas por el Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) tuvieron un incremento del 33.4% con respecto al año de 1990, con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 1.5%. Lo cual genera que México se encuentre entre los 15 países que más emisiones de CO<sub>2</sub> emite a la atmosfera por la quema de combustibles fósiles (INEGEI, 2013).

México al ser un importe emisor de Gases de Efecto Invernadero, necesita que en sus 31 Entidades Federativas, así como en la Ciudad de México, se tenga un control sobre las emisiones que están produciendo en cada uno de ellos, para que así puedan emprenderse diversas políticas que ayudan en la disminución de la contaminación, así como en la mitigación de los efectos por el aumento de la temperatura del planeta.

Por lo tanto en México se han creado leyes especiales para el cuidado del medio ambiente, sobresalen:

- Ley General de Cambio Climático con la cual se pretende garantizar a la sociedad de un derecho que le garantice un medio ambiente sano.
- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable por medio de ella se tiene una mayor protección de los bosques, así como cuidado de los mismos, para lograr desarrollo social, ecológico y ambiental del país.
- Ley General para el Equilibrio Ecológico y Protección del ambiente, trata la preservación y restauración del equilibrio ecológico.
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable fue parte importante como ayuda al freno de la tala ilegal de árboles y conservar los ecosistemas.

Si bien en México existen leyes y avances para el cuidado del medio ambiente, también se presentan los diferentes niveles de contaminación por Entidad Federativa y en lo que corresponde al Estado de Colima, se tiene un registro de los niveles de contaminación en los diez municipios que conforman el Estado. En el cuadro 1 y gráfica 2, puede observarse que Manzanillo, Colima, Tecomán y Villa de Álvarez, son los que generan los mayores niveles de contaminación, asimismo, de acuerdo con Datos del INEGI en dichos lugares es donde se concentra el mayor número de habitantes, y de igual manera son los sitios en los que se tienen los más altos niveles de riqueza de la entidad.

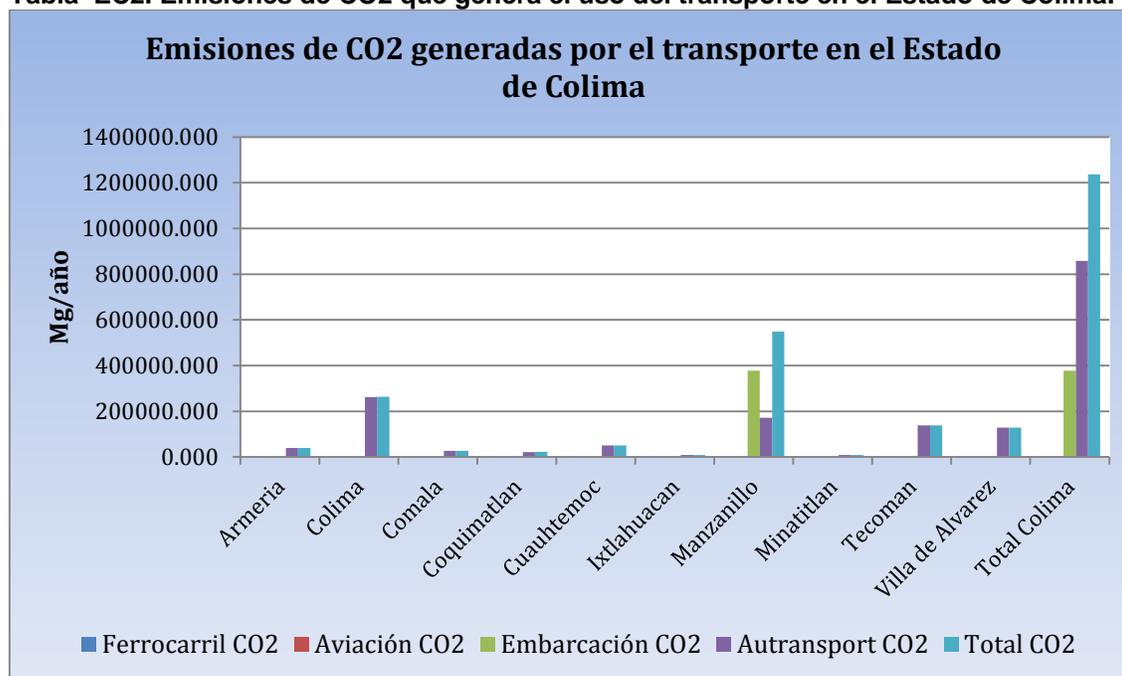
**Tabla EC1. Emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el Transporte en el Estado de Colima (Mg/año).**

	Ferrocarril	Aviación	Embarcación	Autotransporte	Total
MUNICIPIO	CO <sub>2</sub>				
Armería	44.343			38,901.0	38945.388
Colima	28.581	118.4		262,817.5	262964.516
Comala	0.000			27,001.9	27001.892
Coquimatlán	45.814			22,047.3	22093.071
Cauhtémoc	54.430			50,689.2	50743.580
Ixtlahuacán	0.000			8,383.6	8383.564
Manzanillo	54.851	658.35	377,727	171,117.7	549557.898
Minatitlán	0.000			9,514.9	9514.910

Tecomán	50.858			138,955.8	139006.659
Villa de Álvarez	0.000			128,376.3	128376.321
<b>Total Colima</b>	<b>278.9</b>	<b>776.8</b>	<b>377,727</b>	<b>857,805.1</b>	1236587.799

Fuente: Elaborado con base en el Informe de Gases de Efecto Invernadero para el Estado de Colima

**Tabla EC2. Emisiones de CO2 que genera el uso del transporte en el Estado de Colima.**



Fuente: Elaboración con base a la Fig EC1

Ahora bien dichas emisiones cómo impactan en Colima. Estado que se caracteriza por ubicarse entre las entidades que tiene menor superficie territorial del país. De igual manera es la entidad que aporta el 0.5% del Producto Interno Bruto Nacional, y por extensión territorial, ocupa el lugar 28, asimismo la riqueza de la entidad es generada principalmente por el sector terciario que representa el 70.44%, el secundario el 23.30% y el primario el 6.26% (INEGI, 2013). Sin embargo, su producción agrícola tiene una mayor importancia relativa. La producción agrícola es básicamente frutícola y representa una parte proporcional importante de la economía nacional al situarse en el octavo lugar de estados productores de frutales.

Es el limón agrio el de más alto valor en la producción agrícola al representar 23.09% del valor total; le siguen en importancia la copra con 11.96%, el plátano con 8.35% y el melón con 8.17%.

El estado de Colima por varios años ocupó el primer lugar nacional como productor de limón agrio, el segundo lugar en la producción de copra, el quinto en la producción de plátano y el sexto en la producción de melón. Las cifras anteriores demuestran que la producción agrícola en el estado se ha adecuando a las condiciones de la región y ha permitido colocar al estado dentro de los primeros lugares en la producción frutícola nacional.

Mencionado lo anterior, presentamos las principales actividades económicas del Estado de Colima.

### 3. Principales actividades económicas del Estado de Colima.

**Colima** es un estado en constante crecimiento económico, cuenta para su desarrollo con ventajas competitivas, sobresaliendo su ubicación geográfica, el puerto marítimo, la dinámica de su población, el incremento de infraestructura, crecientes actividades que ocupan a la población, entre ellas las agroindustriales, extractivas, comercio y servicios que contribuyen al fortalecimiento y diversificación de la economía. El estado se divide en diez municipios, Armería, Colima, Comala, Coquimatlán, Cuauhtémoc, Ixtlahuacán, Manzanillo, Minatitlán, Tecomán, Villa de Álvarez, viendo en total en el estado durante el año 2012, 322 790 hombres (49.6%) y 327 765 mujeres (50.4%), sumando 650,555 habitantes (INEGI, 2014).

Haciendo un desglose de las actividades del Estado de Colima por los 10 municipios que conforman la entidad, encontramos que las principales actividades económicas por municipio son:

**Armería.** En el municipio de Armería se encuentran ubicadas un total de 1,302 unidades económicas (UE), las cuales representan el 4.33% del total de empresas que existen en el Estado. El 2% corresponde con actividades del sector primario relacionadas con la agricultura, cría y explotación de animales, pesca y caza; para el sector secundario es el 12% con actividades relacionadas con la extracción de sal y agroindustrias de producción de coco rallado; y el sector terciario 64% donde sobresale el comercio, los servicios educativos y de salud, transportes y servicios profesionales entre otros.

**Colima.** En el municipio de Colima se encuentran ubicadas un total de 9,527 UE, las cuales representan el 31.7% del total de empresas del Estado. Las actividades más destacadas se concentran en un 2% en el sector primario, 12% en el secundario y 64% terciario, siendo los más representativos la industria de la Construcción, industria manufacturera relacionada con la fabricación de jabones, salsas picantes, dulces regionales, equipales, zapatos, huaraches, elaboración de agua de coco y jugo de naranja, comercio, servicios financieros, servicios profesionales, servicios educativos y de salud, actividades de Gobierno. En el sector primario sobresale la producción de limón, caña de azúcar, maíz grano y pasto.

**Comala.** En Comala se cuenta con 803 UE, las cuales representan el 2.7% del total de empresas ubicadas en el Estado. El 0.5% corresponde al sector primario, el 17.6% al secundario y el 81.9% al terciario, siendo las actividades más relevantes el procesamiento de café, productos lácteos, fabricación de muebles de madera decorados al óleo, fabricación de materiales para construcción, de igual manera el comercio y el turismo son partes importantes de la economía.

**Coquimatlán.** Contó con 641 UE, que representan el 2.13% del total de empresas del Estado, estando concentradas en el sector primario el 1.6%, el secundario 12.6% y en el terciario el 85.8%. De las actividades más destacadas se encuentra la minería: explotación de yacimientos ferríferos (yeso, mármol y calizas) del cerro Náhuatl, empacadoras de cítricos y de carnes frías, fábricas de muebles, planta de fabricación de aceite de limón, planta de purificación de agua, procesadora de miel de abeja, herrerías artísticas, la pesca es otra actividad destacada del municipio, especialmente por la captura de langostinos y chacales, estanques de siembra de tilapia, así como la agricultura es la

base fundamental de la economía del municipio; los principales cultivos son: maíz grano, limón, pastos y elote.

**Cuauhtémoc.** Tiene 941 UE, las cuales representan el 3.12% del total de empresas existentes en el Estado. Corresponde el 0.3% al sector primario, el 9.5% al secundario y el 90.2% al terciario, las actividades más representativas se encuentran en la peletizadora de Alzada que transforma millones de pelets y residuos metálicos para la fabricación de acero, otra actividad de gran importancia es la industria azucarera del Ingenio Quesería, Cuauhtémoc ocupa el primer lugar a nivel estatal en el cultivo de la caña de azúcar, en Buenavista, se cultiva arroz de gran calidad, producción que destaca en el municipio, así como factorías que elaboran herramientas agrícolas.

**Ixtlahuacán.** Es el municipio en el cual se encuentra ubicadas el menor número de UE, siendo en total 140, las cuales representan el 0.46% del total de empresas del Estado. El 0.7% se concentra en el sector primario, el 5% en el secundario, el 94.3% en el terciario. Las actividades más relevantes se concentran en el comercio, servicios, construcción, industrias manufactureras, cultivo de hortalizas entre ellas el melón y sandía.

**Manzanillo.** Se encuentran ubicadas un total de 7,150 UE, las cuales representan el 23.8% del total de empresas en el Estado. El 1.7% forma parte del sector primario, el 7.8% del secundario, el 90.5% del terciario, las actividades más representativas se relacionan con el movimiento del puerto, el turismo, la industria de la transformación, la microindustria con productos alimenticios, actividades salineras, así como la industria de la construcción.

**Minatitlán.** En el municipio se cuenta con 297 UE, las cuales representan el 1% de las empresas, el 1% se encuentra en el sector primario, el 10% en el secundario, el 89% en el terciario. La explotación minera es la actividad más importante para el municipio, cuenta con el depósito mineral más grande del país, calculado en 200 millones de toneladas, también cultivan maíz, café, naranja, caña de azúcar, hortalizas, aguacate, durazno y manzana.

**Tecomán.** Tiene 5,276 UE, las cuales representan el 17.5% del total de empresas en el estado, el 0.8% se concentra en el sector primario, el 10.1% en el secundario, y el 89.1% en el terciario. Sus actividades principales se relacionan con el comercio; enfocado principalmente en alimentos, vestido, calzado, artículos para el hogar, papelerías, ferreterías, muebles y materiales para construcción, asimismo destaca la Industria de la Transformación la cual es trascendental para Tecomán; sobresaliendo la fábrica de cemento APASCO, la embotelladora Coca Cola, las plantas procesadoras de cal, fábricas de aceite de limón y una fábrica de pectina, derivado de la corteza del limón, otra parte importante de la economía de Tecomán es el cultivo de limón, otra parte importante es la agroindustria del limón, las empaquetadoras, fábricas de Fertilizantes y plaguicidas, así como el servicio de hospedaje y preparación de alimentos y bebidas.

**Villa de Álvarez.** En el municipio existen 4,013 UE, las cuales representan el 13.3% del total de empresas en el Estado. El sector primario contribuye con el 0.1%, el secundario con el 12.8% y el terciario con el 87.1%, siendo las actividades económicas más importantes el comercio, los servicios, la industria Manufacturera y la industria de la construcción es una actividad representativa para el Municipio de Villa de Álvarez ya que en ésta se ocupan casi el 25% de los empleos formales.

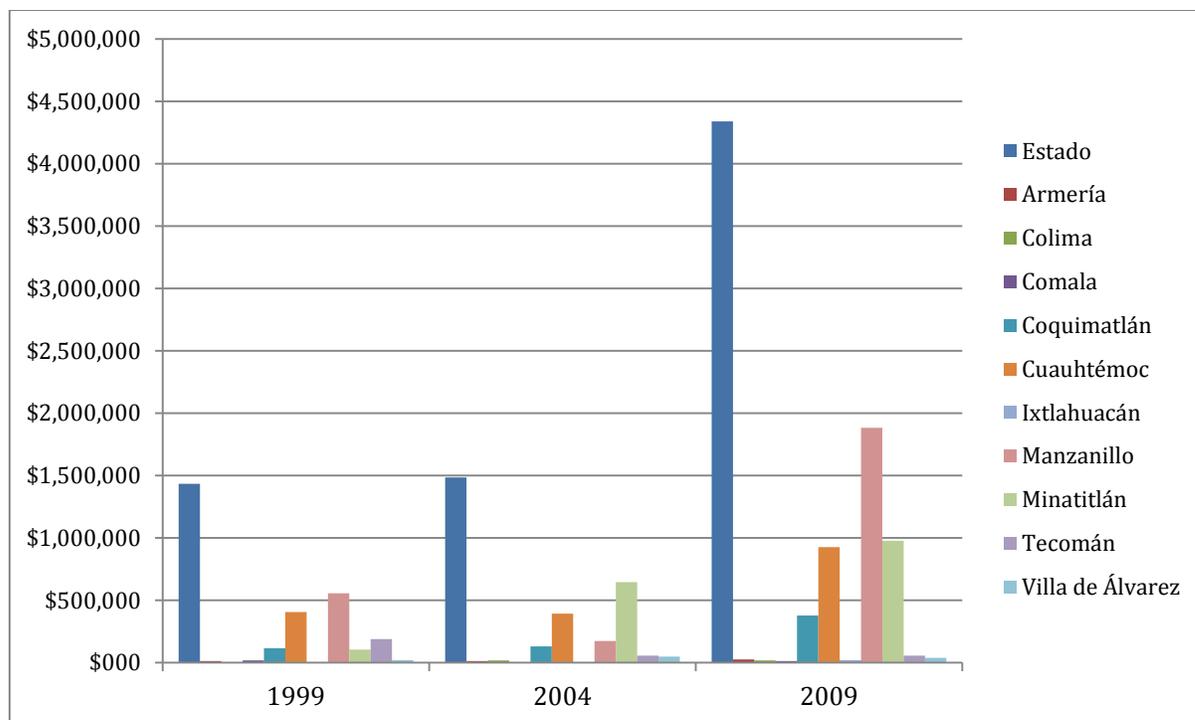
#### 4. Análisis del sector minero en el estado de Colima en 1999, 2004 y 2009.

Dentro de los aspectos que tienen que ver con minerales en el estado de Colima, se encuentran los depósitos de sal de la zona costera de Cuyutlán, los cuales han sido explotados desde la época colonial por los indígenas en el siglo XVI (1532). Los yacimientos metálicos de hierro, toman importancia en la entidad, con el descubrimiento de la mina Peña Colorada en 1867 (SE, 2011).

En los años cincuenta, gracias a que la Secretaría de Patrimonio Nacional tuvo la visión de desarrollar una búsqueda en la zona de la Costa del Pacífico, lugar en donde se conocía de la existencia de yacimientos ferríferos, se estudiaron a través de vuelos aéreos por parte de la Comisión Planificadora de la Costa de Jalisco y que abarcaba parte del estado de Colima, así como por la Secretaría de Recursos Hidráulicos para el Río Armería y por el Consejo de Recursos Naturales no Renovables. Así fue como se encontraron yacimientos en dicha zona, y entre los más importantes destacan lo del estado de Colima, como: La Huerta, Peña Colorada, Cerro de la Mina, Cerro Náhuatl y otros (SE, 2011).

De acuerdo con información de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en su censo económico llevado a cabo en 1999, la actividad del sector minero (incluye minería no metálica y minería metálica, minería de rocas, arcillas y arenas, y explotación de otros metales no metálicos), en el estado de Colima, para el año referido, tuvo una producción bruta total medida en miles de pesos, de \$1, 433,901.00 (INEGI, 1999).

De igual forma, en el censo económico de 2004, el sector minero en el estado tuvo una producción de \$1, 486,196.00 miles de pesos. Los resultados de este censo indican que la producción total del estado en el sector tuvo un crecimiento del 1.80% respecto al 1999, es decir el crecimiento general del sector fue muy bajo. Para 2009, la producción del estado de Colima en el sector minero fue de \$4,341,396.00 miles de pesos, cifra que respecto a la producción de 2004, tuvo un crecimiento del 70.9%, y del 74.0% respecto a la producción de 1999, el municipio que logró la mayor cantidad de producción fue Manzanillo, con una producción de \$1,883,726.00 miles de pesos, seguido de Minatitlán con \$977,705.00 miles de pesos y Cuauhtémoc con \$927,313.00 miles de pesos (INEGI, 2004 y 2009).



**Figura EC2. Valor de la actividad minera por municipio y estatal durante 1999, 2004 y 2009.** Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI de los censos económicos de 1999, 2004 y 2009.

En el estado de Colima los yacimientos minerales que predominan son los de hierro ligados al manganeso, y en menor proporción el cobre, plata, plomo, zinc oro, en las arenas negras de las playas existe hierro y titanio (SE, 2011) a continuación se puede observar los principales minerales metálicos que se extraen en el estado, así como la zona y su localización geográfica (Ver tabla EC2).

No.	REGIÓN	DISTRITO O ZONA MINERALIZADA	NOMBRE DEL PROSPECTO	MINERALIZACIÓN
I	MINATITLÁN	Distrito Peña Colorada	Las Pesadas, Chanqueahuil, El Meco, Las Truchas-Playitas, El Gato	Fierro
		Distrito Cerro Náhuatl		
		Zona El Astillero	El Astillero, Llanitos, La Carbonera	Fierro
		Zona El Arrayanal	El Arrayanal, El Ocote	Cobre y Fierro
		Zona La Sidra	Los Laureles-La Sidra, La Muñeca	Fierro y Cobre
II	EL ZALATÓN	Zona Piscila	Piscila, Las Trancas, La Presa, La Tepamera	Fierro
		Tamala		Pb, Cu, Zn.
		La Gallina y Las Golondrinas		Cobre

**Figura EC3. Regiones mineras en el estado, distritos, nombre del prospecto y tipo de mineralización en el estado de Colima para el 2011.** Fuente: Secretaría de Economía (SE), (2011). *Panorama minero del estado de Colima.* Gobierno Federal. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/COLIMA.pdf>

La principal empresa minera que se encuentra trabajando en el estado de Colima, es la mina de Peña Colorada, ubicada en el municipio de Minatitlán, la cual, se acuerdo con la SE (2011), produce 16, 000 toneladas anuales de material ferroso.

Además de la explotación minera de hierro, existen en el estado de Colima otras formas de explotación de materiales no metálicos, los cuales corresponden a la producción de cemento, en el municipio de Tecomán, por la empresa de Cementos Apasco; la producción de sal, en el municipio de Armería y por la empresa Sociedad Cooperativa de Sal de Villa de Álvarez, S.C. L.; la producción caliza, en el municipio de Colima, por la empresa Cal Coliman, S. A. de C. V.; la producción de Yeso en el municipio de Colima, por la empresa Yesos Guadalajara, S.A. de C. V. (ver cuadro 3) (SE, 2011).

No.	COMPañÍA	NOMBRE DE LA MINA	MUNICIPIO	SUBSTANCIA	PRODUCCIÓN t/d
1	CEMENTOS APASCO, S. A. de C. V.	Las Caleras y Madrid	Tecomán	Caliza	8,300
2	SOC. COOP. DE SAL DE VILLA DE ÁLVAREZ, S. C. L.	Cuyutlán	Armería	Sal	1,100
3	CAL COLIMÁN, S. A. de C. V.	Cerro Galindo	Colima	Caliza	70
4	YESOS GUADALAJARA, S. A. de C. V.	La Salada	Colima	Yeso	55
5	SOC. COOP. DE SALINEROS DE COLIMA, S. C. L.	Cuyutlán	Armería	Sal	15

**Figura EC4. Principales minas en explotación de minerales no metálicos en el estado de Colima, 2011.**

Fuente: Secretaría de Economía (SE), (2011). *Panorama minero del estado de Colima*. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/COLIMA.pdf>

Es importante mencionar que entre las principales actividades relacionadas con la agricultura y que son susceptibles a los cambios en el medio ambiente, son los cultivos de chile verde, melón, sandía, maíz grano, sorgo forrajero, limón, mango, papaya, plátano y caña de azúcar. En la tabla EC3 se muestra la relevancia que tienen dichos cultivos en el ámbito nacional.

**Tabla EC3. Principales cultivos en el estado de Colima, 2009**

CULTIVOS PRINCIPALES DEL ESTADO DE COLIMA	
Monitor Agroeconómico 2009	
<b>RIEGO</b>	Lugar Nacional
Maíz Grano	26°
Sorgo Forrajero	12°
Melón	6°
Sandía	4°
Chile verde	14°
<b>TEMPORAL</b>	
Maíz Grano	25°
Maíz Forrajero	9°
Sorgo grano	18°

<b>PERENNES</b>	
Limón	1°
Mango	10°
Caña de azúcar	14°
Papaya	6°
Plátano	4°

Fuente: Monitor agroeconómico del estado de Colima 2009, SAGARPA.  
<http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/Documents/COLIMA.pdf>

Colima, es un estado dinámico en sus sectores económicos, destacando actividades manufactureras, agrícolas, y de extracción, las cuales desde el punto de vista ambiental, impactan de manera significativa en el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales y en particular, al cambio climático. Si sumamos a las actividades económicas, la generación de electricidad en el estado y las emisiones de CO<sub>2</sub> que se generan, se consideraría la falta de un compromiso con la sustentabilidad y el uso de energías limpias.

## **5. Propuestas de políticas públicas para mitigar las emisiones de dióxido de carbono, así como los efectos del cambio climático en Colima**

El país de México con sus entidades federativas y con las instituciones que conforman la República, impulsan políticas encaminadas a la promoción de actividades que sean amigables con el medio ambiente.

Para ello buscan que el crecimiento de la economía se sustente en empresas que utilizan en sus procesos tecnologías verdes, las cuales no logran al momento penetrar en el grueso de la estructura productiva, pero con el diseño de Leyes encaminadas al cuidado del medio ambiente, entre ellas la Ley General de Cambio Climático, Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable, así como la Ley General para el Equilibrio Ecológico y Protección del Ambiente, consideramos se generan condiciones de mayor aprendizaje de las reglas en las cuales pueden funcionar los negocios teniendo presente que la actividad realizada cuide e impulse procesos que cuidan el crecimiento de la economía, así como del medio ambiente.

La dinámica seguida por México muestra que la economía mantiene un crecimiento económico, si bien no suficiente para generar riqueza en todos los sectores de la población, también se observa que a pesar de incrementarse la riqueza de la sociedad, si crecen los niveles de emisiones de dióxido de carbono, por lo tanto se requiere dinamizar la generación de infraestructura que estimule a las empresas para vender y comprar bienes que hacen disminuir las emisiones de contaminantes. Las instituciones están obligadas al diseño de políticas estratégicas que impulsen más infraestructura para mitigar procesos que utilizan tecnologías que no son amigables con el medio ambiente, entre ellas la generación de energía y transporte que demanda alto volumen de combustibles fósiles.

Las Leyes y políticas que implementan los gobiernos a través de sus instituciones, determinan el desempeño y el futuro de la actividad económica, de igual manera son la clave para entender las interrelaciones entre los diversos actores económicos, políticos y sociales, que a través de sus acciones estimulan o frenan la creación de infraestructura para el desarrollo de tecnologías y procesos verdes.

Douglas North (1993) plantea que las instituciones son un conjunto de reglas, procedimientos de aceptación y cumplimiento que restringen el comportamiento de los individuos con el objetivo de maximizar la riqueza o la utilidad. Las instituciones reducen la incertidumbre al proporcionar una estructura a la vida diaria, ejemplo, las regulaciones gubernamentales, los impuestos, que den seguimiento al cuidado del medio ambiente, pero para ello hemos mencionado que es necesario contar con infraestructura variable decisiva que permita cimentar las bases para el desarrollo de una economía verde en el mediano y largo plazo.

Al transformar las instituciones sus Leyes y políticas en apoyo de una economía responsable y comprometida con el cuidado del medio ambiente, contempla incrementar la infraestructura y los niveles de competitividad por medio de la existencia de un número mayor de oferentes y demandantes que involucra a todas las actividades de la estructura productiva, para que cada una de ellas contribuya en la disminución de las emisiones, sin dejar de dinamizar los mercados de bienes y servicios.

Hemos mencionado que nuestro país México y las instituciones, así como las entidades que lo conforman entre ellas el Estado de Colima, realizan esfuerzos por reducir los niveles de contaminación y mejorar el medio ambiente.

Por ejemplo, se logran avances para la creación de tecnologías e innovaciones que coadyuvan al mejoramiento del medio ambiente; entre ellos luz sustentable que fue implementado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que consiste en reemplazar alrededor de 47 millones de focos que consumen mucha electricidad por focos ahorradores y con esto reducir en 18% el consumo de electricidad doméstica. También sobresale el programa de sustitución de aparatos electrodomésticos en el hogar para el ahorro de energía, sustituyendo refrigeradores y aires acondicionados con más de diez años de antigüedad por aparatos nuevos y eficientes en el consumo de energía. De acuerdo con lo publicado en el informe de gobierno del año 2007, se tuvo un ahorro por año de 29, 779,014 kilowatts por hora y llevo a contribuir con la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> con un equivalente a 13,464 toneladas de electricidad doméstica. (CFE).

Para el año 2009 se creó el Programa Especial de Cambio Climático (PECC), el cual fue creado para combatir el cambio climático, y México demostrar a la comunidad internacional de que el país tiene la capacidad de cumplir con el objetivo del Protocolo de Kioto de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>, asimismo incursionar en actividades relacionadas con el crecimiento verde, que contribuyen al cuidado del medio ambiente.

Continuando con la dinámica de trabajo para favorecer el cuidado del medio ambiente, México como anfitrión de la cumbre del cambio climático en 2010, impulsó la propuesta de un Fondo Verde, con el cual se pretende mitigar los efectos del calentamiento global entre la población, así como disminuir la contaminación del planeta.

El Fondo Verde consiste, en crear un mecanismo financiero eficiente que gestione incentivos económicos para países en desarrollo, los cuales puedan reducir la deforestación y tener un uso sostenible de los bosques, asimismo se busca que tengan acceso a tecnologías que no sean tan dañinas para el medio ambiente, contribuyendo con ello a la disminución de la contaminación. En estos puntos se debe tenerse presente que el sector privado juega un papel importante en el apoyo de las acciones de mitigación y de la utilización de tecnologías limpias.

Las leyes implementadas y el trabajo desarrollado en beneficio del medio ambiente, permite que en 2012 el total de áreas naturales protegidas en México sea el equivalente de una superficie de 25.33 millones de hectáreas con una cobertura de 21.9% del territorio nacional, a ello puede sumarse el programa Pro árbol encaminado al desarrollo forestal y actividades de protección al ambiente, que permite hacer crecer las áreas naturales protegidas, el cuidado de las mismas se logra por medio de comités de vigilancia de la población que vive a los alrededores.

Con el trabajo desarrollado y la leyes implementadas, México busca beneficios de la comunidad internacional en pro del medio ambiente, es así que conociendo la existencia del Instituto Global sobre Crecimiento Verde por sus siglas en inglés GGGI, impulsado y creado por Corea del Sur, con sede en Seúl, y que concentra sus esfuerzos en la utilización de tecnologías que sean más amigables con el medio ambiente (GGGI, 2014). México se propuso y creó en el año 2012 el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), el cual tiene como antecedente el Instituto Nacional de Ecología creado en 1992 que se encargaba de la normatividad en materia ecológica. Ahora sus funciones son más amplias para lograr que las actividades realizadas por los mexicanos sean más amigables con el medio ambiente (INECC, 2014).

El INECC al igual que La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), son instituciones que tienen la responsabilidad del diseño de políticas y estrategias para cuidado del medio ambiente, así como de los recursos naturales, es por ello que deben fungir como gestores y facilitadores en la transferencia de tecnologías climáticas que favorezcan el desarrollo de actividades productivas amigables con el medio ambiente. Asimismo establecer redes nacionales e internacionales con otros Centros o Institutos como es el caso del Instituto Global de Crecimiento Verde de Corea del Sur, facilitando la adopción y transferencia de las tecnologías que impulsen el movimiento hacia una economía baja en carbono.

Con las actividades emprendidas por las diferentes instituciones Mexicanas en pro del medio ambiente, así como las diversas Leyes que se han creado para coadyuvar en la transformación de las actividades productivas, consideramos que en el Estado de Colima, por sus características propias, son factibles de implementarse la siguientes políticas que favorecen la reducción de la emisiones de contaminantes, de igual manera permite adaptarse a las nuevas tendencias de producir, consumir y transportarse en una sociedad que debe actuar ante el cambio climático:

- Política de inversión en la creación de infraestructura que permita en las principales calles de las ciudades de Colima, Manzanillo, Tecomán y Villa de Álvarez, el desplazamiento en bicicletas.
- Política de subsidio para la compra de bicicletas por parte de la población en los municipios de Colima, Manzanillo, Tecomán y Villa de Álvarez.
- Política que permita la circulación del transporte colectivo por un carril único, con lo cual se eficiente el tiempo de traslado por parte de la población.
- Política que estimule la inversión en nuevas líneas ferroviarias para reducir el transporte de carga por la autopista Guadalajara-Manzanillo
- Política de reforestación permanente en todos los parques y jardines, así como en escuelas del Estado de Colima.
- Política que impulse y mantenga reforestados los alrededores de la autopista Guadalajara-Manzanillo.

- Política de reforestación en los alrededores de todas las carreteras que se encuentran en el Estado de Colima.
- Política de reforestación en todos los caminos saca cosechas del Estado de Colima.
- Política que promueva e incluso subsidie la inversión en celdas solares para generar energía en la zonas habitacionales del Estado de Colima
- Política que promueva la inversión en el tratamiento de desechos y tratamiento de aguas negras.

Con estas políticas se contribuye en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, y de igual manera se estimula la creación de empleo verdes transformando la estructura productiva del Estado de Colima.

## **6. Reflexiones finales**

---

La política del cuidado del medio ambiente, genera acciones que impulsan el crecimiento verde para combatir el cambio climático, así como mejorar el consumo de la energía, creando inversiones en sectores, creadores e impulsores de nuevas tecnologías relacionadas con el medio ambiente.

México, se encuentra inmerso en el desarrollo de políticas y estrategias para disminuir las emisiones y mitigar los efectos del cambio climático. Por ello tiene la necesidad de impulsar la creación de tecnologías que contribuyen al cuidado del medio ambiente, las cuales consideramos en los años por venir tendrán una demanda creciente entre los diversos sectores que conforman la economía, dada la problemática que está generando en el mundo el calentamiento global, y con ello cada vez existe mayor sensibilidad entre la población por cuidar su mundo. En este escenario, de mayor impulso al desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente o tecnologías verdes, Colima como entidad federativa debería tener un vínculo más estrecho con las nuevas tendencias y por ello debe emprender inversiones en infraestructura que transforme los procesos con actividades económicas limpias.

De igual manera, aprovechar los avances tecnológicos generados en otros países, comprando tecnología o pagando por el derecho de explotación de patentes vinculadas con la generación de tecnología verde, entre ellas la solar, eólica, mareomotriz, así como de motores para el transporte público que son amigable con el planeta, y que las sociedades con su dinámica creciente demandan servicios de transporte para desplazar bienes y servicios, así como personas que robustecen la estructura productiva y hacer crecer la economía conservando el medio ambiente.

Para terminar el presente informe, debemos mencionar que el Estado de Colima, cuenta con los recursos naturales y legales para hacer de las energías renovables un sector importante en la economía, y con ello contribuir en la mitigación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como generar empleos relacionados con las industrias verdes, lo cual puede ser entre otras una política pública relevante en el contexto del mediano y largo plazo para la entidad que empieza a verse golpeada con abundantes lluvias ocasionadas con huracanes que posiblemente se encuentren relacionados con el cambio climático.

# RECURSOS HÍDRICOS

Dr. Leopoldo Espinosa Mendoza

## Introducción

---

El propósito de esta sección es llevar a cabo una evaluación de los recursos hídricos en el estado de Colima con el fin de determinar la capacidad de adaptación al cambio climático en el estado.

El agua es un elemento transversal y debe de formar parte de cualquier análisis de vulnerabilidad frente al cambio climático y en los consecuentes planes de adaptación.

En el marco de este Programa Estatal de Acciones ante el Cambio Climático (PAECC) se articulan las políticas y acciones de suministro y uso eficiente de agua con aquellas orientadas a la atención de los riesgos.

Colima se encuentra en la región hidrológica VIII Lerma-Santiago-Pacífico de la CONAGUA que comprende al estado de Colima en su totalidad, así como áreas de Jalisco, Michoacán, Nayarit, Zacatecas, Querétaro, Guanajuato y el Estado de México (Figura RH1). Al igual que el resto de los estados de la república, tiene tres tipos principales de usuarios: urbano (que incluye al industrial, doméstico y comercial), agrícola y medio ambiente.



**Figura RH1. Regiones hidrológicas administrativas de la CONAGUA (FUENTE: Atlas del Agua en México 2013).**

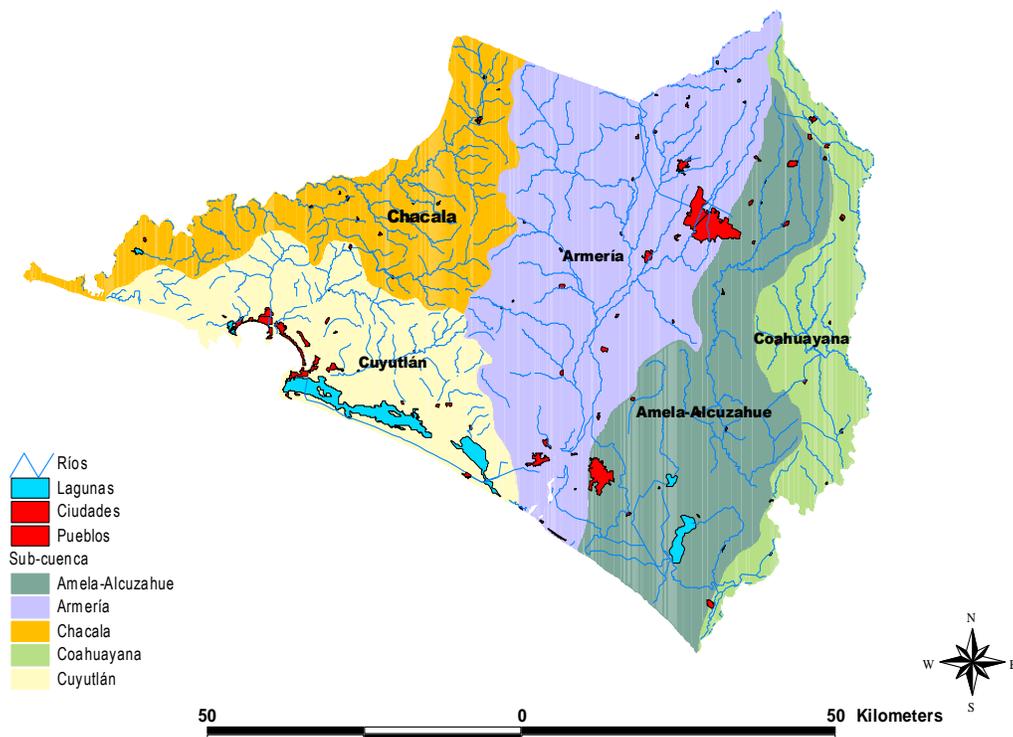


## AGUAS SUPERFICIALES

### RÍOS PRINCIPALES

Las principales subcuencas en el estado de Colima se presentan en la siguiente figura (Figura RH3).

## SUBCUENCAS



**Figura RH3. Principales escorrentías superficiales en el estado de Colima. (Fuente: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOHIDROLOGICO EN EL ESTADO DE COLIMA)**

De estas, el río Armería representa la fuente principal de agua superficial en el estado. La cuenca del río Armería se localiza al suroeste de la región hidrológica número 16, ocupando una superficie de 9,902 km<sup>2</sup>. El área comprendida dentro del estado de Colima tiene una superficie de 2,209.16 km<sup>2</sup>, es decir, 40.49% del territorio del estado. Como su nombre lo indica, la corriente principal de la cuenca es el río Almería, el cual nace en el estado de Jalisco, en la sierra de Cacoma a 1,800 m.s.n.m. por la unión de tres ríos: río Tuxcacuesco o El Capula, río Jalapa o San Juan y el río Ayuquila o Sacalapa. Desemboca en Boca de Pascuales en el Océano Pacífico. Los afluentes principales del río Almería son el ríos San Palmar, Antonio de la Lumbre, Comala y Colima y los arroyos Agua Zarca, Chino y Charco Verde (Medina-Pineda, 2009).

En cuanto a calidad de agua, un estudio realizado por el Instituto Tecnológico de Monterrey concluyó que la subcuenca del río Coahuayana presenta la calidad de agua más deteriorada, seguida de la cuenca del río Marabasco y en todo el estado es evidente la contaminación por el empleo indiscriminado de agroquímicos, descargas de aguas residuales domésticas, pecuarias e industriales sin tratamiento y la erosión como producto de la deforestación. Los ríos Marabasco y Coahuayana presentan altos niveles de coliformes totales, coliformes fecales y de fosfatos, lo que evidencia la presencia de descargas domésticas y agropecuarias sin tratamiento (Mahlknecht et al., 2008).

De acuerdo con el estudio del ITESM, sobre la disponibilidad de agua en las subcuencas del estado de Colima, se concluye que existe un grado de presión sobre el recurso de moderado a fuerte. La subcuenca de Coahuayana presenta un grado de presión más fuerte, seguida de la subcuenca de Marabasco y finalmente de la subcuenca de Cuyutlán (Pasten-Zapata et al., 2011).

## AGUAS SUBTERRÁNEAS

---

### ACUÍFEROS PRINCIPALES

Los principales acuíferos en el estado se presentan en la Figura RH4.



En términos de calidad, existen 11 acuíferos y su calidad es buena en su mayoría. Aunque de acuerdo con el estudio del ITESM, los acuíferos de Valle de Ixtlahuacán, Marabasco, Armería y Venustiano Carranza sobrepasan algunos de los límites máximos permisibles de acuerdo con la norma mexicana de agua potable NOM-127-SSA1-1994 (Pasten-Zapata et al., 2011). Dicho estudio también establece que los acuíferos son vulnerables a degradación y contaminación debido a su alta permeabilidad y a encontrarse cercanos a la superficie terrestre.

En términos de disponibilidad en el 2013, de acuerdo con el Atlas del Agua en México (2013), en Colima un sólo acuífero se encuentra en condición de déficit, y corresponde al acuífero de Valle de Ixtlahuacán (CONAGUA, 2013a). Sin embargo, el estudio del ITESM encontró que, además del acuífero de Valle de Ixtlahuacán, el de Alzada-Tempames también resultó sin disponibilidad pero que la presión sobre el recursos va de moderada a fuerte por lo que la disponibilidad del recursos el limitada (Pasten-Zapata et al., 2011). Mahlkecht et al. (2008) señala a los acuíferos de Central-Peña Blanca y Minatitlán como con una presión media a fuerte, mientras que el resto tiene una presión fuerte por lo que se recomienda no incrementar las extracciones de agua subterránea debido al decremento en del promedio de los niveles freáticos.

## DISPONIBILIDAD DE AGUA

---

De acuerdo con el estudio de EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOHIDROLOGICO EN EL ESTADO DE COLIMA se concluye que el potencial conforme al análisis hidrológico realizado es suficiente para mantener el estado de equilibrio en el estado. Sin embargo, este equilibrio debe cuidarse mediante un sistema de monitoreo que anualmente este considerando su comportamiento. A su vez, Mahlkecht et al. (2008) señalan que es necesario tener una mayor vigilancia y control sobre los volúmenes comprometidos para los diferentes usos y con el fin de evaluar el efecto de posibles medidas implementadas para revertir las condiciones adversas de calidad en los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, consideran indispensable la implementación de una red de monitoreo.

## USUARIOS POR TIPO DE ACTIVIDAD

De acuerdo con el documento Estadísticas del Agua en México 2013 (CONAGUA, 2013b), para diciembre de 2012 Colima tenía un volumen concesionado de 1,733.5 hm<sup>3</sup>, de los cuáles agrícola 1,616.1 hm<sup>3</sup> fueron destinados a uso agrícola, 88.9 hm<sup>3</sup> a público y 28.5 hm<sup>3</sup> a industria autoabastecida (sin termoeléctrica).

De este modo, es claro que sector agrícola es el mayor consumidor de agua en el estado (93%), muy por encima del uso público (5%) e industrial autoabastecido (1%).

## INFRAESTRUCTURA

---

### PRESAS

De acuerdo con datos del Atlas del Agua en México 2013 (CONAGUA, 2013a) la presa principal en el estado de Colima lleva por nombre oficial Laguna de Amela, pero comúnmente es referida como presa Tecomán. Su capacidad al NAMO es de 38.34 hm<sup>3</sup> y altura de la cortina de 6.35 m. La presa fue terminada en 1963, se encuentra ubicada en la corriente del río Coahuayana y para el 2012 contaba con una capacidad útil de 33.93 hm<sup>3</sup>.

### ACUEDUCTOS

El acueducto principal en Colima es el de Armería-Manzanillo que inició operaciones en 1987. Su longitud es de 50 km, con un caudal de diseño de 250 litros por segundo (lps) (CONAGUA, 2013a).

### INFRAESTRUCTURA URBANA

Existen discrepancias en cuanto a la infraestructura en materia del agua en el estado. Por una parte, el Boletín de Prensa del INEGI 135/13 con fecha del 10 de abril de 2013 afirma que en Colima, todos los municipios tienen agua potable de la red pública; 100% de los municipios que cuentan con agua también cuentan con servicio de alcantarillado de la red pública; y el 100% dan tratamiento a sus aguas residuales (INEGI, 2013). Sin embargo, de acuerdo con información más detallada en el Atlas del Agua en México 2013 (CONAGUA, 2013a), los números son diferentes. Un resumen se presenta a continuación:

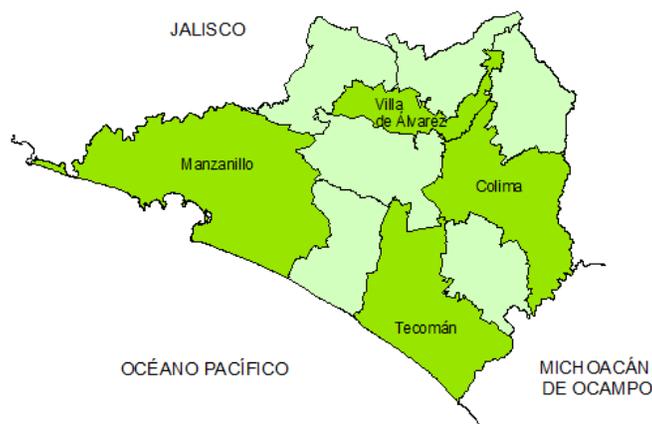
### AGUA POTABLE

En Colima, se reportaron 309 tomas de captación de agua para abastecimiento público; de ellas, el 70% son pozos; y en el 47% de todas las fuentes de captación se cuenta con macro medidor funcionando, lo que permite cuantificar la cantidad de agua que se extrae (INEGI, 2013). Esto contrasta con lo señalado por la CONAGUA (2013<sup>a</sup>) y el propio Gobierno de Estado de Colima (2009) en donde se enfatiza la necesidad de contar con la micro y macromedición de agua con el fin de tener un mejor control sobre el manejo del recurso.

En 4 municipios, ubicados en su mayoría en la región centro y sur del estado, en los que reside 83% de la población, se concentra el 58% de todas las fuentes de captación; destacando entre estos el municipio de Colima con más de 57 tomas; en tanto que Villa de Álvarez, Tecomán y Manzanillo, la cifra va de 25 a 57 tomas (Figura RH5).

Municipios que concentran más de la mitad de tomas de agua para abastecimiento público, 2013

Municipios	Tomas	% Respecto al total de tomas (309) de la entidad
<b>4</b>	<b>179</b>	<b>58</b>
Colima	58	18.8
Manzanillo	57	18.5
Tecomán	39	12.6
Villa de Álvarez	25	8.1



**Figura 5. Porcentaje de tomas de agua para abastecimiento público en los cuatro municipios principales de Colima (Fuente: INEGI, 2013).**

De acuerdo con datos de reporte de CONAGUA Estadísticas del Agua en México, Edición 2013, a diciembre de 2012 Colima contaba con una población total de 684,227 habitantes con una cobertura de agua potable del 97.6%, es decir, atendiendo a 655,572 habitantes.

El agua suministrada a la población fue del orden de 3,763 lps de los cuáles el 96.9% es desinfectado, es decir, 3,620 lps.

De acuerdo con CONAGUA (2012), en 2012 existían 39 plantas potabilizadoras en la entidad con capacidad instalada de 12 lps y caudal potabilizado de 5 lps. De estas, 14 son del tipo filtros de carbón activado con caudal tratado de 1 lps y 24 con ósmosis inversa y caudal de 4 lps (Tabla RH1a y RHb).

**Tabla RH1a. Plantas potabilizadoras en el estado de Colima (FUENTE: Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2012).**

**Plantas potabilizadoras municipales en operación en el estado de Colima  
Dic-12**

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	Observaciones
Armería	Rincón de López	Rincón de López	Osmosis inversa	0.16	0.06	
Colima	El Amarradero	Amarradero	Osmosis inversa	0.35	0.05	
Colima	Los Asmoles	Los Asmoles	Osmosis inversa	1	0.5	
Colima	Colima	Lázaro Cárdenas	Osmosis inversa	0.35	0.02	
Colima	Las Guasimas (Borregas)	Guasimas	Osmosis inversa	0.35	0.02	
Colima	Los Ortices	Los Ortices	Osmosis inversa	1	0.5	
Colima	Puerta de Anzar	Puerta de Anzar	Osmosis inversa	0.35	0.02	
Comala	La Becerrera	La Becerrera	Osmosis inversa	0.33	0.02	
Coquimatlán	La Sidra	La Sidra	Ablandamiento	0.35	0.02	
Cuauhtémoc	Chiapa	Chiapa	Osmosis inversa	0.35	0.02	
Cuauhtémoc	Palmillas	Palmillas	Osmosis inversa	0.5	0.3	
Ixtlahuacán	Las Trancas	Las Trancas	Osmosis inversa	0.13	0.06	
Manzanillo	Manzanillo	Campos	Filtro de Carbón Activado	0.12	0.29	
Minatitlán	Benito Juárez de Peña Colorada (El Poblado)	El Poblado	Filtro de Carbón Activado	0.12	0.03	
Minatitlán	Minatitlán	Colonia los Mangos	Osmosis inversa	0.35	0.02	
Minatitlán	Paticajo	Paticajo	Filtro de Carbón Activado	0.2	0.02	
Minatitlán	Las Pesadas	Las Pesadas	Filtro de Carbón Activado	0.12	0.03	
Minatitlán	San Antonio	San Antonio	Osmosis inversa	0.2	0.15	
Minatitlán	El Sauz (Los Sauces)	El Sauz	Filtro de Carbón Activado	0.12	0.03	
Minatitlán	El Terrero	El Terrero	Filtro de Carbón Activado	0.2	0.02	
Tecomán	Caleras	Caleras	Osmosis inversa	0.13	0.06	
Tecomán	Callejones	Callejones	Osmosis inversa	0.13	0.1	
Tecomán	Cerro de Ortega	Cerro de Ortega	Osmosis inversa	0.27	0.13	
Tecomán	Cerro de Ortega	Cerro de Ortega II	Osmosis inversa	0.33	0.17	
Tecomán	Chanchopa	Chanchopa	Osmosis inversa	0.33	0.2	
Tecomán	El Saucito	El Saucito	Osmosis inversa	0.2	0.02	

**Tabla RH1b: Plantas potabilizadoras en el estado de Colima (continuación)**

**Plantas potabilizadoras municipales en operación en el estado de Colima  
Dic-12**

Municipio	Localidad	Nombre de la planta	Proceso	Capacidad instalada (l/s)	Caudal potabilizado (l/s)	Observaciones
Tecomán	Cofradía de Morelos	Cofradía de Morelos	Osmosis inversa	0.33	0.25	
Tecomán	Colonia Bayardo	Bayardo (Nvo. Caxitlán)	Osmosis inversa	0.33	0.3	
Tecomán	Colonia Ladislao Moreno	Ladislao Moreno	Osmosis inversa	0.33	0.22	
Tecomán	Madrid	Madrid	Osmosis inversa	0.27	0.22	
Tecomán	Madrid	Madrid I	Osmosis inversa	0.33	0.28	
Tecomán	La Salada	La Salada	Osmosis inversa	0.2	0.15	
Tecomán	San Miguel del Ojo de Agua	San Miguel del Ojo de Agua	Osmosis inversa	0.33	0.23	
Tecomán	Tecomán	Ruiz Cortínez	Osmosis inversa	0.13	0.15	
Villa de Álvarez	Ciudad de Villa de Álvarez	Col. Real de Minas	Filtro de Carbón Activado	0.12	0.03	
Villa de Álvarez	Ciudad de Villa de Álvarez	Ramón Serrano	Filtro de Carbón Activado	0.35	0.02	
Villa de Álvarez	Ciudad de Villa de Álvarez	Solidaridad	Filtro de Carbón Activado	0.35	0.02	
Villa de Álvarez	Juluapan	Juluapan	Filtro de Carbón Activado	0.35	0.02	
Villa de Álvarez	El Nuevo Naranjal	Nuevo Naranjal	Filtro de Carbón Activado	0.35	0.02	
<b>Total de plantas :</b>			<b>39</b>	<b>11.8</b>	<b>4.7</b>	

Es evidente que, al igual que la mayoría de los estados del país, el único tratamiento que se le da al agua antes de ser enviada para uso urbano es la desinfección. El volumen de agua tratada por las 39 plantas potabilizadoras es muy pequeño comparado el volumen desinfectado.

De acuerdo con datos del Atlas de Agua en México 2013, la eficiencia de cloración del 2006 al 2012 en el estado de Colima aumentó de 91.4% a 96.81% y todos los estados del país tuvieron valores por arriba del 70%.

El agua suministrada a la población es de 3,736 lps lo que equivale a una dotación de agua per cápita por día es de 480 l por persona por día, **lo que la establece como de las más altas del país** (CONAGUA, 2013c).

### ALCANTARILLADO

Para diciembre de 2012, se tenía una cobertura de alcantarillado del 97.7% en Colima, es decir, 656,692 habitantes de un total de 684,227.

### TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para diciembre de 2012 en Colima existían 56 plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una capacidad instalada 1866 lps y un caudal tratado de 1,356 lps. El 53.3% de tratamiento se realiza mediante 10 PTAR con lagunas estabilización (72 lps), 1,206 lps en 9 PTAR de lodos activados; 5 lps en 2 tanques Imhoff; 1 lps en 1 tanque séptico y 72 lps en 34 PTAR de otro tipo.

La ciudad de Colima presenta una cobertura de tratamiento de aguas residuales del 98% atendiendo a una población de 278,805 habitantes mediante 11 plantas de tratamiento con capacidad instalada de 853 lps y tratando 643 lps.

Por su parte, Manzanillo atiende a 164,303 habitantes con una cobertura del 89% mediante 10 plantas de tratamiento con capacidad instalada de 500 lps y tratando 343 lps.

### PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN INDUSTRIAL

---

En diciembre de 2012 existían 8 PTAR con capacidad instalada de 435 lps y operación de 311 lps; 3 de tipo tratamiento primario con 215 lps y 5 de tipo secundario tratando 96 lps (CONAGUA, 2013b).

### DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES SIN TRATAMIENTO

De acuerdo con INEGI (2013) en el 2010 se registraron 7 puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en la entidad; el 86% se localiza en ríos y arroyos. El municipio

de Comala concentra el 86% del total de puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en ríos y arroyos de la entidad.

### FACTURACIÓN DEL SERVICIO DE AGUA DE LA RED PÚBLICA

En los 10 municipios de la entidad se factura por la prestación del servicio de agua de la red pública. Sin embargo, en ninguno de ellos la facturación se hace por servicio medido; en 7 de ellos se hace a través de una cuota fija y en 3 se realiza una combinación de tarifas.

### INVERSIONES REPORTADAS POR ENTIDAD FEDERATIVA SEGÚN EL SECTOR DE ORIGEN DEL RECURSO, 2012 (MILLONES DE PESOS)

A continuación se presentan las cifras reportadas de inversión de acuerdo con el documento Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Edición 2013 de CONAGUA (CONAGUA, 2013c).

En el 2012 se invirtieron en Colima un total de 304.2 millones de pesos de los cuáles 203.3 millones fueron de origen Federal, 47.2 Estatal, 19.1 Municipal y 34.6 millones de otros tipo. De estos, 96.8 millones se aplicaron para saneamiento, 72.1 en mejoramiento de eficiencia, 61.1 en agua potable, 48.7 en alcantarillado y 25.6 millones en Otros.

En zonas urbanas fueron gastados 257.4 millones de pesos, de los cuales 96.8 millones fueron para saneamiento, 72.1 en mejoramiento de eficiencia, 37.2 en agua potable, 31.2 en alcantarillado y 25.6 en otros.

Por otro lado, en zonas rurales se gastaron un total de 46.8 millones de pesos, de los cuales 23.8 correspondieron a agua potable y 17.5 a alcantarillado.

### TARIFAS DE AGUA POTABLE

Al 2012, en la ciudad de Colima la tarifa de agua potable es de 4.3 pesos/m<sup>3</sup> en consumo de 30 m<sup>3</sup> por mes. Sin embargo, al incluir el cobro del alcantarillado y saneamiento la tarifa aumenta a aprox. 8.5 pesos por m<sup>3</sup> (también en consumo de 30 m<sup>3</sup> por mes). Por su parte, las tarifas para uso industrial y comercial, para un consumo de 30 m<sup>3</sup> por mes son, 5.8 pesos/m<sup>3</sup> (CONAGUA, 2013c).

### INFRAESTRUCTURA AGRÍCOLA

Como se mencionó con anterioridad, el sector agrícola es el mayor consumidor de agua en el estado (93%), muy por encima del doméstico (5%) e industria autoabastecida (1%).

En el estado se encuentra el distrito de riego 053 con una superficie de 39,348 ha, superficie regada de 28,658 ha y volumen distribuido de 599 hm<sup>3</sup> (CONAGUA, 2013a).

En cuanto a superficie sembrada, los cultivos más importantes en el 2009 en el estado fueron: pastos (61,210 ha), limón (21, 287 ha), copra (19,354 ha), maíz grano (13,370 ha) y caña de azúcar (9,633 ha). En cuanto a valor de la producción, en primer lugar se encuentra el limón con un valor de 1,336 millones de pesos, seguido de pastos (407 millones), caña de azúcar (309 millones) y plátano (305 millones) ([www.campocolima.gob.mx](http://www.campocolima.gob.mx)).

## CULTURA del AGUA

El gobierno del estado de Colima, en el Plan Estatal de Desarrollo 2009 – 2015, reconoce la importancia de impulsar una nueva cultura del agua que tienda a modificar patrones culturales que se caracterizan por una carencia de comunicación e información sobre el recurso hídrico. Mediante esto, se espera que la población se sensibilice en el uso racional del recurso y favorecer el intercambio de información y conocimiento de utilidad para lograr su manejo adecuado y la preservación del mismo, con la participación de los organismos operadores que prestan el servicio de agua potable y saneamiento, mediante el establecimiento de canales efectivos de comunicación con los usuarios. Reconoce también que se debe impulsar la participación privada y social en el suministro y gestión del agua.

---

## CONCLUSIONES

- 1) la precipitación en Colima es alta (900-1,200 mm/año), comparado con un promedio nacional anual de 760 mm para el periodo 1971-2000, de acuerdo con el Atlas Digital del Agua México 2012
- 2) a pesar de ello, la CONAGUA clasifica a la región administrativa que le corresponde a Colima (región VIII) como región de ALTA presión sobre el recurso.
- 3) La calidad de las aguas superficiales del estado es de moderada a baja (Pastén-Zapata et al., 2011).
- 4) De los once acuíferos en la entidad, los acuíferos de Ixtlahuacán y de Alzada-Tepames se encuentran en estado de sobreexplotación
- 5) el 47% de las aguas residuales generadas no son tratadas
- 6) la dotación de agua por habitante es de 450 litros por segundo, una de las más altas del país
- 7) la agricultura consume el 93% del agua del estado

## IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE OPORTUNIDAD

---

(Algunas de las acciones identificadas en el Plan Estatal de Desarrollo de Colima 2009-2015 y en el presente diagnóstico que se deben promover)

- 1) un control sobre el uso del recurso mediante la implementación de micro y macromedidores
- 2) estudios para determinar el verdadero valor del agua en el estado
- 3) el establecimiento de programas de prevención y corrección de líneas de conducción de agua y drenaje
- 4) la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales; la meta es que cada municipio cuente con, al menos, una planta de tratamiento de aguas residuales trabajando eficientemente
- 5) el aprovechamiento del agua de lluvia con el fin de contar con una mayor cantidad de agua y también para evitar arrastres por los arroyos de la vía pública que causan desgaste del pavimento
- 6) la elaboración del proyecto de Reforma de la Ley de Aguas del Estado de Colima con el fin de lograr uniformidad en la aplicación del ordenamiento en todo el territorio del estado
- 7) un diagnóstico para determinar la viabilidad del reuso de aguas residuales tratadas en el estado
- 8) la actualización del inventario de perforaciones en el estado con el fin de regular la extracción de agua subterránea y, por ende, la sobreexplotación de acuíferos
- 9) la revisión de los volúmenes concesionados para los diversos usos y monitorear de manera efectiva su cumplimiento.

# RECOMENDACIONES PARA COMUNICAR EL CAMBIO CLIMÁTICO EN COLIMA

Dr. Rosalba Thomas Muñoz

## Introducción

---

El cambio climático es un tema paradigmático en la actualidad. Ha generado controversias y motivado el afán de gobiernos e instituciones para lograr consensos en su atención e impacto. Sin embargo, comprender su complejidad va más allá de las prioridades internacionales, pues no solo corresponde a los científicos dimensionar sus características y variables, sino también a tomadores de decisiones, instituciones educativas y principalmente medios de comunicación, siendo los precursores del tema a nivel masivo.

Este documento presenta los resultados de un proyecto de investigación realizado en el marco del Programa Estatal de Acciones ante el Cambio Climático de Colima (PEACC en adelante). Tuvo como objetivo general la identificación del escenario social y las líneas de acción públicas, pertinentes para la argumentación de una estrategia de comunicación del cambio climático en el estado. Para ello, se realizó la identificación y análisis de las particularidades del cambio climático como “objeto” de conocimiento social; la identificación y análisis de los conocimientos, creencias y representaciones sociales sobre cambio climático; la identificación de las prácticas cotidianas relacionadas con la reducción de gases de efecto invernadero y la identificación de las barreras psicosociales y de comunicación que inhiben la participación colimense en una estrategia comunicativa.

La metodología de la investigación se orientó a identificar los fundamentos teóricos sobre la comunicación del cambio climático, el análisis de estrategias de comunicación teóricas y prácticas, la aplicación de técnicas de investigación cualitativa (redes semánticas, entrevistas, talleres participativos y observación directa). Para el análisis de los resultados se utilizó el software Maqxda 2014 y Microsoft Excel 2014.

Como resultado de estas técnicas, se realizó un documental de 26 minutos en el que se muestran aspectos de las entrevistas, redes semánticas y observación directa en el contexto del proyecto de investigación. Este producto servirá como preámbulo a las propuestas de políticas públicas de comunicación del cambio climático que aquí se presentan y a los resultados generales del PEACC en Colima.

## Justificación

---

La comunicación ambiental es una estrategia que se ha retomado desde la educación ambiental, aunque pocas veces ha sido enlazada al ámbito mediático. Diseñar estrategias de comunicación y difusión de los temas ambientales implica un análisis necesariamente contextual (Nieto-Caraveo, 2005), no obstante queda falto de las aportaciones que también

pueden hacer los medios (impresos, audiovisuales y virtuales), como expertos en comunicación.

Desde la comunicación ambiental se han generado objetivos orientados más al ámbito académico que hacia la generación de una estrategia de difusión mediática. El conocimiento científico generado para la comunicación ambiental debe retomarse mediáticamente, así, estas estrategias enriquecerían no sólo el discurso de la sustentabilidad, sino también sus prácticas con las que se modifica la realidad de los sujetos.

En México esta tendencia es moderadamente notoria desde hace algunos años. Los medios de comunicación no han establecido una relación clara entre el conocimiento científico y su propia labor como transmisores o filtros para la sociedad. El que no exista una agenda ambiental de medios en México no quiere decir que no se hayan identificado desde hace algunos años temas emergentes producto de intereses individuales más que de posturas mediáticas (orientadas principalmente por el discurso internacional).

La Agenda 21, uno de los principales documentos producidos por la Conferencia de Río de Janeiro en 1992, incorpora por primera vez la generación de sistemas de información como indicadores de la sustentabilidad. Estos sistemas permitirían a la sociedad conocer no sólo el estado ecológico del planeta, sino darse cuenta de la situación social, política y económica de los países participantes. Para Enrique Leff (2001:118), con ello se fomenta la creación de datos, indicadores e informes y promueve el acceso público a dichas herramientas. A partir de entonces, Leff asienta que los políticos empiezan a “reverdecen” sus discursos (p.120). En todos los países se promueve desde entonces la creación de indicadores de sustentabilidad. Estos indicadores funcionan como metas cuantificables y evaluables para situar avances en la aplicación del modelo de sustentabilidad. Se instala la institucionalidad ambiental considerando a México, Brasil, Chile y Colombia como los principales precursores en Latinoamérica, seguidos por Argentina, Costa Rica, Cuba y Perú (Leff, 2001:115).

El tipo de información que se genera con los indicadores está orientada a compendios estadísticos, cartográficos, estados del ambiente, catastros de vegetación nativa e información producto de sistemas de información geográfica. Pero, incluso para Enrique Leff, asesor del PNUMA, todo ello sigue siendo insuficiente; apoyado por Rayen Quiroga (2005) reconoce en Latinoamérica una de las regiones con mayor riqueza y biodiversidad en el mundo. La información de acuerdo con Leff, sigue siendo dispersa y discontinua (2001:115).

Los tomadores de decisiones pueden hacer uso de esa información, pero hace falta sistematizarla y actualizarla para que vaya más allá de las puras variables ecológicas. Se trata no sólo de comprender aquello que tradicionalmente se considera como ambiental, sino ahondar en lo que menciona Leff como calidad y disponibilidad del agua, atmósfera, uso de los suelos, biodiversidad, ecosistemas, etc., para obtener información transdimensional (Ídem. p. 16). Falta relacionar las dinámicas económicas, sociales y ecosistémicas para una mejor gestión de la sustentabilidad regional y el cambio climático.

En muchas ocasiones la cultura de la información no viaja por vías institucionales, más bien se traslada por cauces informales. Estos no tienen la misma veracidad y disponibilidad para que los ciudadanos generen su propia postura. Al final, dice Leff, la información queda sin compartirse arraigada a ciertos grupos de poder (Ídem. p. 132).

Desde luego el problema no radica solamente en la generación [o manipulación] de la información por grupos de poder. La sociedad tiene también un poder que, en las últimas décadas, se ha proclamado en los discursos internacionales: la gobernanza. Al respecto Fontaine (2005:137) cita al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 1997, de donde se deriva el PNUMA), diciendo que ésta

*Abarca no sólo los mecanismos, procesos e instituciones a través de los cuales los ciudadanos articulan sus intereses, median sus discrepancias y ejercen sus derechos y obligaciones legales, sino también el uso optimizado y equitativo de los recursos.*

Leff discute al respecto diciendo que “la ciudadanía, en un contexto de desinformación y de predominio de valores individualistas, recibe pasivamente la información que otros deciden que se difunda” (2001:134). Por lo tanto, la respuesta no es producir solamente procesos y productos informativos sobre cambio climático, sino crear dinámicas, prácticas y la cultura para usar todos esos sistemas con que se cuenta. Ese conocimiento podrá aplicar entonces todo el potencial transformador de la problemática que intenta cambiar la sustentabilidad.

La respuesta a “¿y cómo se hace todo eso?” que evidentemente salta a la vista, no es un asunto banal, sobre todo porque según Leff, sigue existiendo poca voluntad política para invertir en la producción de información ambiental crítica (Ídem: 117). Esto sólo podrá lograrse con la participación organizada y consciente de la sociedad. Cuando se clarifique el significado práctico y cotidiano de la sustentabilidad y el cambio climático y cuando se pueda profundizar en las capacidades de entendimiento, participación y empoderamiento de los ciudadanos.

Por otro lado, en junio de 1998 en la ciudad de Aarhus, Dinamarca, se llevó a cabo la Convención sobre acceso a la información, participación del público en la toma de decisiones y acceso a la justicia en asuntos ambientales, realizada en el marco de la Cuarta Conferencia Ministerial del Proceso “Ambiente para Europa”. Para Enrique Leff, esta Convención ha sido desde entonces un parteaguas en el desarrollo de mecanismos para garantizar el acceso público y la participación con base en información ambiental (2001:119).

El objetivo de la convención fue

*Contribuir a proteger el derecho de cada persona, de las generaciones presentes y futuras, a vivir en un medio ambiente que permita garantizar su salud y su bienestar, cada parte garantizará los derechos de acceso a la información sobre el medio ambiente, la participación del público en la toma de decisiones y el acceso a la justicia en asuntos ambientales de conformidad con las disposiciones de la presente Convención (Comisión Económica para Europa 1999, citado en Leff: 2001:119).*

Se enfatiza este proceso porque la institucionalización, no sólo de la necesidad de generar más y mejor información acerca de los asuntos ambientales, sino también del fomento a la participación pública en la toma de decisiones, se vuelve crucial en el discurso actual de cambio climático y sustentabilidad. Cuando se garantiza el acceso a la información y se promueve la autogestión y autodeterminación, se logra que tanto los individuos como los grupos organizados puedan también tener claras las exigencias sobre

la calidad y la seguridad en los productos, servicios e información que se les da, ya sea que provengan de servicios públicos o privados.

Pero, ¿cómo es que las personas no reaccionan ante lo que sucede a su alrededor? Para Enrique Leff, si las personas supieran lo que se analizan, discute y concluye por los especialistas, difícilmente la sociedad permitiría que todo siguiera como si nada (op. cit. p. 134). A las personas no les llega esa información.

Leff argumenta que

*difícilmente conocemos el impacto sanitario de la exposición a residuos y químicos, tampoco se nos informa del contenido ni consecuencias de los tratados de libre comercio, y en casi todos nuestros países, los ciudadanos sospechamos, pero no podemos “probar” el deterioro de los ecosistemas producto de la sobre explotación de recursos naturales, o la contaminación excesiva de aguas, aires y suelos (Ídem, p. 133).*

¿Si la gente lo supiera, tendría la misma reacción de apatía cuando se le cuestiona su interés en la política o el medio ambiente? La participación ciudadana en torno a esos temas se limita a la receptividad. Cuando hay repercusiones en su calidad de vida, en el bienestar, en el progreso, los ciudadanos no deberían ser sólo receptores de datos predefinidos o de agendas diseñadas por personas ajenas a su contexto. Los ciudadanos pueden determinar qué se debe construir en su ciudad, que misión tendrán sus instituciones, qué temas enseñar en las escuelas, producir su propia información, etc.

Cuando la información es producto de un discurso cotidiano, la sociedad puede argumentar su demanda de bienes y servicios, conocer sobre el estado de los bosques y fabricación de papel en temporadas, estar consciente de la sobrepesca o de los ecosistemas costeros, saber de las consecuencias en su salud de la contaminación urbana o de alimentos no sanos, los impactos del cambio climático, etc. Con ello se aumenta la calidad en las decisiones y se genera conciencia del impacto individual y colectivo. Ahí es donde entra el papel de los medios de comunicación. El principal desafío es hacer participar a la sociedad. Para ello, los medios deben transmitir un discurso sobre cambio climático pertinente, comprensible, que sea capaz de indicar la importancia de decidir por sí mismas lo que sucede o sucederá a su alrededor.

## ORIGEN DE LAS RECOMENDACIONES

---

### Contexto local

Los problemas ambientales, sociales, económicos y políticos que se presentan actualmente en el planeta son un reto que tendrá que enfrentar el ser humano en el presente siglo, de otra manera, su forma de vida actual se transformará radicalmente. Algunos ejemplos de estas amenazas que constituyen una preocupación creciente de los gobiernos y las comunidades en el ámbito global son: la gran concentración de contaminantes en océanos, ríos y acuíferos; el deterioro de los suelos por un inadecuado aprovechamiento agrícola y forestal; la contaminación de los medios ambientales como el agua, suelo, atmósfera, biota, ecosistemas, etc., que forman parte de importantes sistemas ambientales, tales como los urbanos, industriales, agrícolas, rurales, mineros; pero además, podemos mencionar también la desaparición de más de un millón de especies de animales

portadoras de información genética de gran valor; el crecimiento de problemas como la pobreza, con 1200 millones de personas sobreviviendo con menos de un dólar al día, 104 millones de niños sin acceso a servicios educativos dignos; en contraste con los excesivos patrones de consumo de los que dependen los países desarrollados (ONU, 2008-2010).

En México, donde la dependencia económica de los recursos naturales es un factor común, los problemas de la sustentabilidad y aquellos asociados al manejo y aprovechamiento de los recursos naturales se hacen cada vez más visibles. Algunos de estos agrandan la dependencia hacia los recursos petroleros con pocas alternativas de inversión hacia las energías renovables, la calidad y disponibilidad de agua para consumo humano, o bien, a detener la pérdida de biodiversidad, pobreza extrema, inseguridad e impunidad y corrupción como los grandes temas por resolver. La vulnerabilidad ante las amenazas asociadas a fenómenos naturales como los volcanes, sismos y condiciones hidrometeorológicas va en aumento. Todo esto aunado a los limitados recursos destinados a la educación hace de México un país con serios problemas por resolver.

En el ámbito local, Colima, con una extensión de 5 625 km<sup>2</sup> (INEGI, 2010) ocupa el lugar número treinta y uno a nivel nacional por su número de habitantes, siendo al año 2010, 650,555. En términos de riesgos ambientales el estado cuenta con el volcán de mayor actividad del país, que lo ubica como una zona de alto riesgo sísmico. Además, cada año la trayectoria de muchos huracanes pasa por sus costas y ha sufrido eventos impactantes de tsunamis y deslizamientos en su historia reciente. También, el desarrollo de la zona portuaria de Manzanillo está aumentando los riesgos antropogénicos en el estado.

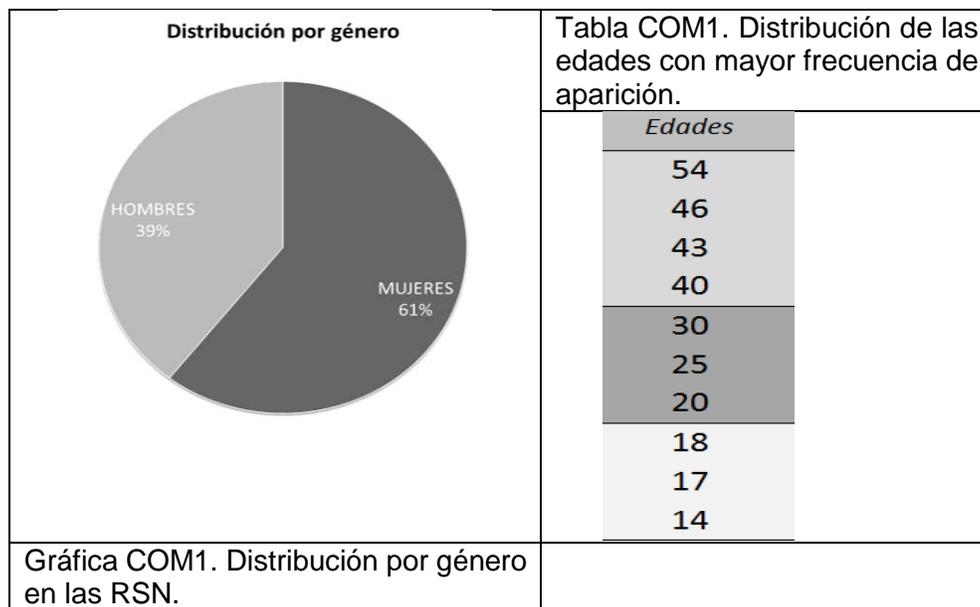
Colima cuenta además con gran riqueza en sus recursos naturales, teniendo 139 Km de litorales más de 22 ríos, cinco lagunas, tres valles, el Volcán de Colima con una altitud de 3 820 metros sobre el nivel del mar y diversos tipos de flora y fauna en la sierra (Pino, roble, encino, arrayán; Ardilla, jabalí de collar, venado de cola blanca, ocelote, tigrillo, zorra y onza); valles (Especies forrajeras y frutales, como mango, papaya, tamarindo, limón y palma de coco; Tapacaminos, torcaza, zanate, tlacuache, ceniztonle, conejo y coyote) y costas (Guamúchil, guayacán, mezquite, chicalite, crucillo y mangle; Agujón, cornuda, dorado, tiburón, pez vela y tortugas negra, golfina y laúd). Cuenta con tres áreas naturales protegidas: El Jabalí, Las Huertas y el Archipiélago de Revillagigedo (INEGI, 2005).

A pesar de lo anterior, también se presentan grandes problemas que van más allá de las cuestiones ambientales y que de igual forma es necesario analizar. Por ejemplo, la tala clandestina de bosques, sobreexplotación de los recursos naturales, pérdida creciente de biodiversidad, deficiente planeación del crecimiento urbano (Colima es el estado con mayor parque vehicular del país –en proporción a su número de habitantes, además de una densidad de población por encima del promedio nacional); calidad y disponibilidad del agua (con el problema del tratamiento de aguas negras y residuales); no tiene alternativas viables para el tratamiento de los residuos sólidos (los rellenos sanitarios de los principales municipios están completamente rebasados e incluso no cumplen los criterios para ser considerados como rellenos sanitarios, sino como tiraderos a cielo abierto); la contaminación del suelo por agroquímicos en las zonas rurales; una deficiente planeación de políticas públicas con enfoque ambiental; se carece de un órgano de gobierno para implementar las políticas ambientales que se establecen en la Ley Ambiental para el Desarrollo Sustentable y tampoco se cuenta con suficientes docentes con perfil en educación ambiental. Estos y otros temas hacen de Colima un estado con problemas de sustentabilidad para cuya atención se pueden combinar medidas correctivas y preventivas, aunque en este último caso, no por mucho tiempo.

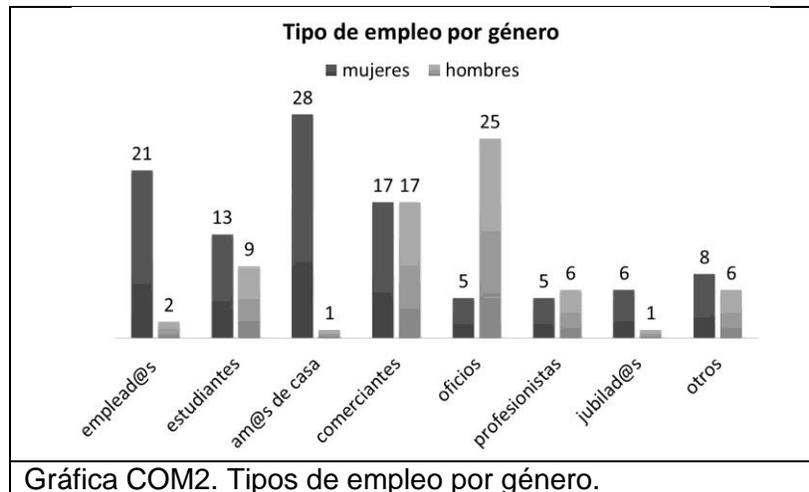
## Redes semánticas

Esta técnica cualitativa de investigación fue utilizada en esta investigación dado que se entiende el aprendizaje de acuerdo a los postulados de las teorías constructivistas, donde los procesos mentales son entendidos como una gran cantidad de enlaces, redes, nodos y conexiones entre el conocimiento adquirido y el que ya está interiorizado en la mente de las personas (Cfr. Figueroa, Solís y González, 1974; Carrasco, Sarmiento y Acosta, 1982; Galvis, 1992; Lajoie y Derry, 1993).

El modelo cognitivo de las Redes Semánticas Naturales promovido por López (*et al.*, 1992), señala que “la información se organiza mentalmente en forma de una red de palabras, donde los vocablos o hechos establecen relaciones que, como conjunto, producen un significado. Un individuo a través de la experiencia, la adquisición de conocimiento y el desarrollo de habilidades y destrezas, va construyendo en su memoria, una red de conceptos interconectados que le permiten asociar una palabra clave, con otras palabras [definidoras] que le ayudan a integrar todas las situaciones asociadas con el concepto” (Jiménez, *et al.*, 1995). De esta forma, se pretende identificar la forma en que las personas perciben el concepto de *cambio climático* y *sustentabilidad*, así como las palabras asociadas y algunas acciones para reducir el cambio climático. La muestra identificó un total de 170 participantes con las siguientes características generales.



Los datos sociodemográficos identificados también permitieron analizar los tipos de empleo de acuerdo al género. Estos resultados se muestran en la siguiente gráfica.

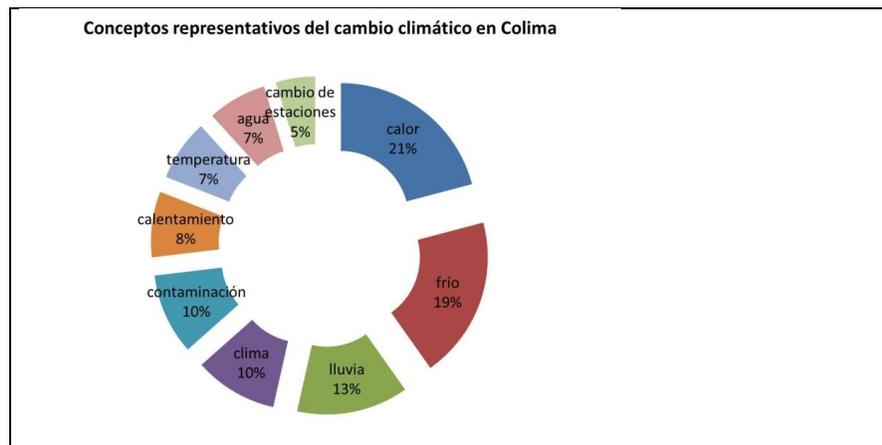


La Gráfica COM2 muestra que un 90% de las mujeres son empleadas de algún negocio, mientras que el mayor porcentaje de empleos masculinos es por ejercer algún oficio. La proporción de la dedicación como amas de casa, sigue siendo enfocada a las mujeres, mientras que se identifica la misma cantidad de personas dedicadas al comercio y otras más que ejercen como profesionistas.

Los valores que se obtuvieron de las palabras identificadas por los participantes son las siguientes:

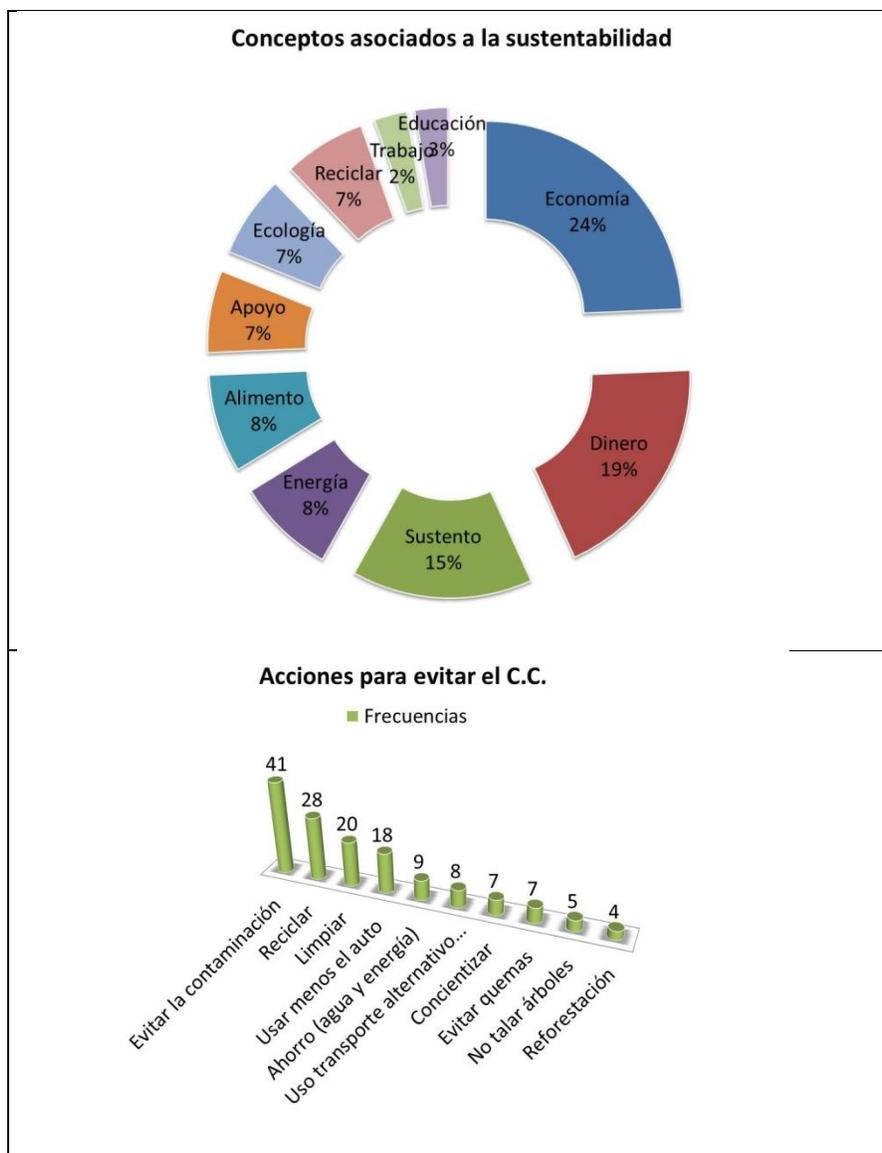
- Cantidad de palabras mencionadas en total: 880
- Riqueza conceptual o valor semántico de los conceptos<sup>27</sup>: 230
- Conceptos con mayor peso semántico<sup>28</sup>: 10

Los resultados generales fueron los siguientes:



<sup>27</sup> Se refiere a aquellas palabras que no se repitieron o que no tienen sinónimos dentro de la misma lista general.

<sup>28</sup> Son las palabras que más se mencionaron por los participantes.



De manera general puede resaltarse la dificultad de los participantes para asociar al concepto de cambio climático palabras que vayan más allá de frío o calor. Se observa la simplicidad con la que se entiende el tema, así como también la dificultad para identificar acciones que no sean evitar la contaminación, reciclar o limpiar, muy comentadas o difundidas por los medios de comunicación convencionales como la televisión o la radio. Con relación a la noción de sustentabilidad, se identifica la asociación que se hace de este concepto con palabras como *economía* y *dinero*, aspecto interesante, dado que esta noción se ha promovido en sus inicios por algunos autores o críticos al sistema económico actual, como una alternativa al modelo globalizador, por lo que resulta contradictorio que se presente entre los colimenses entendido con el principio económico y de dinero.

## PRINCIPIOS DE LA COMUNICACIÓN AMBIENTAL

---

El cambio climático, visto como un problema ambiental percibido puramente en el ámbito global, tiene una serie de condiciones que lo hacen ser un objeto sustancialmente complejo, ya sea científicamente, como en su percepción social y política. Los avances científicos han podido constatar su existencia y profundizar en sus características a partir del trabajo multidisciplinario que analiza e interpreta evidencias directas e indirectas, en un proceso que se somete a debate permanente y a negociaciones llenas de controversias dentro de la misma comunidad científica y en los espacios donde se comunica a la sociedad y a otros agentes de decisión.

Cabe mencionar que todo problema ambiental, sin excepción del cambio climático, contiene información científica o de fuentes especializadas en sus orígenes, sin embargo llega a la mayoría de los ciudadanos a través de medios, contextos e intermediarios que no tienen la misma lógica de comprensión de la ciencia, por lo que simplifican, reducen, interpretan, distorsionan o bien, modulan la información en función de otro tipo de variables o intereses.

Además de lo anterior, la forma en que se construye socialmente la percepción del cambio climático, en cuanto a la valoración de su grado de amenaza y a las predisposiciones para actuar consecuentemente, intervienen también factores psicosociales, culturales e incluso situacionales, relacionados con nuestras propias limitaciones para manejar la información y con una necesidad de acordar colectivamente significados y valores, de acuerdo a los entornos y situaciones que facilitan –u obstaculizan– una toma de conciencia y acciones consecuentes de ciudadanos y colectivos sociales.

De acuerdo a ello, cualquier estrategia de comunicación debe contar con información básica acerca de cómo la población va conformando sus representaciones colectivas en torno del cambio climático. Es necesario dar seguimiento sistemático a la construcción de una cultura común frente a los problemas ambientales complejos, de manera que las estrategias puedan orientarse, o reorientarse evaluando también el nivel de aceptación o rechazo de las políticas implementadas para mitigar las consecuencias del cambio climático o favorecer su adaptación.

De acuerdo con Meira (2008), se han identificado al respecto, ciertos patrones que obstaculizan la apreciación del cambio climático y su estimación del potencial de amenaza, que entorpecen la toma de decisiones en todos los niveles, a saber:

- **La tendencia a entender la atmósfera como un espacio inmenso y ‘vacío’, capaz de absorberlo todo, y que ha permanecido inalterado e inalterable a lo largo del tiempo.** Esta creencia compartida por muchos, va en contra de la idea de la atmósfera como un sistema frágil y pequeña, en proporción al volumen de la Tierra, que además ha ido cambiando cíclicamente su composición y dinámica a lo largo de la historia natural del planeta.
- **La confusión entre tiempo atmosférico y clima.** Si diariamente se experimentan cambios de temperatura de varios grados entre mínimas y máximas, a los que respondemos sin alterar sustancialmente nuestras vidas, ¿cómo se puede considerar una amenaza relevante el incremento decimal de la temperatura media del planeta en un período de tiempo mucho más largo? La confusión entre tiempo y

clima también entorpece la adecuada interpretación del cambio a nivel global y la valoración de su potencial de amenaza.

- **Pensar que el calentamiento es un proceso lineal y los cambios que se produzcan seguirán una evolución gradual en el tiempo que permitirá la adopción de estrategias de respuesta y adaptación también progresivas.** Esta percepción ignora que, en la escala del tiempo geológico, el calentamiento actual está siendo extremadamente rápido y tampoco tiene en cuenta que se pueden producir cambios drásticos e impredecibles, al traspasar determinados umbrales, cuyos efectos pueden ser catastróficos.
- **Destacar la importancia de los fenómenos extremos, minimizando los cambios graduales y progresivos en el medio** (derivados en gran medida de las limitaciones de nuestro sistema sensorial). De tal forma, sobrevaloramos fenómenos meteorológicos extremos, y no apreciamos, o valoramos, cambios sutiles, pero relevantes, que se están produciendo, por ejemplo, en el incremento de las temperaturas medias o en la dinámica de los ecosistemas.
- **La percepción de que la acción individual es inapreciable e irrelevante ante la magnitud y la complejidad del problema.** Esta falta de empoderamiento constituye una de las principales barreras psicosociales que entorpece el paso de la toma de conciencia sobre el problema a la acción responsable. Esto es, aun cuando se perciba el problema, puede considerarse que la respuesta individual es irrelevante e inútil dada la escala del mismo.
- **La representación social del cambio climático se realiza a partir de ideas, creencias y concepciones ya construidas anteriormente sobre la crisis ambiental** en general o bien, sobre un problema ambiental en particular, sin embargo, muchos de estos problemas nada tienen que ver con el cambio climático. Cuando en la mayoría de las personas se tiene un conocimiento científico limitado que le permita entender la complejidad del cambio climático, mucha de esta comprensión se limita aún más cuando se tienen ideas reutilizadas o representaciones instauradas previamente sobre otros temas.

Así, como menciona Landeros (2005), el análisis del cambio climático se complica todavía más cuando agregamos factores psicológicos y sociales. Prácticamente en cada uno de los fenómenos y procesos entran en juego otros aspectos además de la pura información o datos duros, como son la cultura, los valores, las creencias, las actitudes, las normas sociales, las normas personales y la conducta cotidiana, lo que hace que el panorama sea todavía más sumamente complicado

## RECOMENDACIONES GENERALES PARA COMUNICAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

---

De acuerdo a la información presentada previamente, se describen a continuación algunas propuestas para la elaboración de políticas públicas que faciliten la comunicación del cambio climático para el estado de Colima. Todas las propuestas se identifican en un nivel general, dado que lo que se busca es difundir nociones del cambio climático mucho más complejas e integradas dentro del contexto específico de Colima, y de las situaciones que en cada municipio se requieren de acuerdo a los impactos que se prevén para los próximos años.

- 1) **La tendencia a entender la atmósfera como un espacio inmenso y ‘vacío’, capaz de absorberlo todo, y que ha permanecido inalterado e inalterable a lo largo del tiempo.**

*Propuesta 1: Crear la Feria de las Ciencias como un programa entre la Secretaría de Educación y universidades con perfil orientado hacia las ciencias atmosféricas, en el que se promueva la participación de todo público y donde se expongan materiales y espacios referidos al cambio climático y a su dinámica compleja.*

- 2) **La confusión entre tiempo atmosférico y clima.**

*Propuesta 2: En coordinación entre las Secretarías de Educación y Cultura y el IMADES, convocar a un concurso de carteles donde se explique de manera creativa la diferencia entre tiempo atmosférico y clima. Difundir los carteles ganadores en los espectáculos oficiales.*

- 3) **Pensar que el calentamiento es un proceso lineal y los cambios que se produzcan seguirán una evolución gradual en el tiempo que permitirá la adopción de estrategias de respuesta y adaptación también progresivas.**

*Propuesta 3: En coordinación con Protección Civil generar el mapa de vulnerabilidad social ante fenómenos naturales y difundir en sitios públicos de manera permanente.*

- 4) **Destacar la importancia de los fenómenos extremos, minimizando los cambios graduales y progresivos en el medio** (derivados en gran medida de las limitaciones de nuestro sistema sensorial).

*Propuesta 4: Generar el Atlas de Cultura y Biodiversidad de Colima, estableciendo las relaciones entre naturaleza y cultura y previendo los impactos y consecuencias en ambas dimensiones.*

- 5) **La percepción de que la acción individual es inapreciable e irrelevante ante la magnitud y la complejidad del problema.**

*Propuesta 5: En coordinación con los Ayuntamientos, generar programas de participación ciudadana en los comités de barrio, en los que se activen acciones para mitigar o adaptarse a los efectos que se prevén para Colima en los próximos años. Por ejemplo: autosuficiencia alimentaria por medio de huertos orgánicos en los jardines públicos.*

- 6) **La representación social del cambio climático se realiza a partir de ideas, creencias y concepciones ya construidas anteriormente sobre la crisis ambiental.**

*Propuesta 6. Generar un documental sobre la problemática ambiental de Colima, haciendo hincapié en los efectos constatados del cambio climático para los próximos años y en las diferentes concepciones de las problemáticas referidas. Por ejemplo, la problemática del agua en Colima versus impacto del cambio climático en los recursos hídricos de Colima.*

## CONCLUSIONES

---

La publicidad comercial se ha caracterizado por generar un gran número de mensajes que diariamente impactan a los consumidores finales, detonando un gran número de anuncios e información en la que muy pocas veces se fomenta una mejora en la calidad de vida de las personas (aunque muchas veces esa es la idea clave). Ante ello, se privilegia el uso del ejercicio publicitario como una manera de circular una mayor cantidad de bienes y servicios (Orozco, 2010:169).

Sin embargo, uno de los ámbitos menos abordados en el marco de la comunicación publicitaria, es el de la publicidad social o comunicación ambiental, que permitan diseñar campañas mucho más eficaces en el cumplimiento de sus objetivos. Es así que la mercadotecnia social se entiende como “la planificación y desarrollo de programas que tienen como objetivo la puesta en marcha de ideas y acciones sociales de beneficio para la comunidad” (Alvarado, 2010). Se entiende también por Orozco como “aquella cuyos objetivos propiamente publicitarios son sociales, y sirven a una entidad cuya finalidad última o razón de ser es también social y, por lo tanto, exenta de otros intereses políticos o comerciales (Orozco, 2010:170).

Con estos criterios, la comunicación del cambio climático se concibe dentro de estas dimensiones sociales de la publicidad, apelando a la razón de que los individuos deberán

reflexionar y comprender las consecuencias que se prevén a corto, mediano y largo plazo, en las que se tendrá que mitigar o adaptarse en su vida cotidiana.

Para comunicar el cambio climático en Colima, es necesario, además de las condiciones presentadas anteriormente, que los funcionarios públicos sean líderes para difundir el mensaje de una manera más acertada, menos difusa o simplista. 'Enverdecer' sus discursos requiere de una mayor rigurosidad para hacer uso de los conceptos e ideas. Es necesario dejar atrás la idea de que 'apoyando la ecología' se tendrá un mundo mejor; se debe olvidar que un programa de reciclaje o separación de basura solucionará el problema de la generación; o que cerrar la llave del agua resuelve el problema de fugas.

Crear políticas públicas integradas entre los niveles de gobierno y las dependencias, ayudará a ver el problema con la complejidad con que se requiere, asignando tareas compartidas entre gobiernos, sociedad civil, ámbito privado y medios de comunicación. Esta integración se vuelve ya una prioridad.

## REFERENCIAS.

---

- Álvarez, A. (2014). Los vehículos foráneos en Colima, un registro estatal. Monografía de la Especialidad en Ciencias del Ambiente, Gestión y Sustentabilidad. México: Universidad de Colima.
- Anderson, J. R., E. E, Hardy, J. T. Roach y R. E Witmer (1976), A land use and land cover classification system for use with remote sensor data, Geológica survey professional paper 964, Washington.
- Anónimo. Evaluación del potencial geohidrológico en el estado de Colima
- Arellano, B., Roca, J., Queraltó, P. & Al Haddad, B. (2009). Some Considerations about the Urban Sprawl Process in USA, Mexico and Spain. 49th European Congress of the Regional Science Association International. España: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Arfeuille, (2014)
- Bautista-Godínez, E; Silva-Casarín, R; y Salles A. de Almeida, P., 2003. Predicción de Marea de Tormenta Generada por Ciclones Tropicales. Revista Ingeniería Hidráulica en México.
- Bitran, D. 2001: Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el periodo 1980-991. Publicado por el Sistema Nacional de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres en la Serie: Impacto Socioeconómico de los Desastres en México.
- Capel, H. (2009). Investigaciones Geográficas. Recuperado el 16 de junio de 2014 de <http://www.ejournal.unam.mx/rig/RIG070/RIG000007002.pdf>
- Cédulas de Operación Anual (COA), 2004-2012.
- Censo Económico 2004. INEGI
- Censo Económico 2009. INEGI.
- Centro de Información para el Desarrollo del Estado de Colima (CIDECOL).

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2006. Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Hidrometeorológicos.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2007 (a). Ciclones Tropicales. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación. México, D. F.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2007 (b). Inundaciones. Serie Fascículos. Secretaría de Gobernación. México, D. F.

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), 2008. Aplicación de la metodología para la elaboración de mapas de riesgo por inundaciones costeras por marea de tormenta. Fenómenos Hidrometeorológicos. Caso Isla Arena, Municipio de Calkíni, Campeche.

CEPAL, 2007: Información para la gestión de riesgo de desastres. Estudio de cinco países: México. Mario Ordaz Schroeder (coordinador) y Antonio Zeballos Cabrera. CEPAL-ONU, 268pp. (disponible 14 de agosto de 2014, en <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/9/33659/mexicoliviano.pdf>)

Cervantes, A. (2009). Accidentes de tránsito. Asunto de Estado y Salud Pública. Movilidad Amable 6, 100-101. México: ITDP.

Comisión Nacional del Agua (2012). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, Diciembre 2012. Subdirección General de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ([www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)).

Comisión Nacional del Agua (2013a). Atlas del Agua en México 2013. Subdirección General de Planeación. ([www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)).

Comisión Nacional del Agua (2013b). Estadísticas del Agua en México, Edición 2013. Subdirección General de Planeación. ([www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)).

Comisión Nacional del Agua (2013c). Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2013. Subdirección General de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento ([www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)).

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009. Sistema Meteorológico Nacional. Información Histórica de Ciclones Tropicales. Temporada 2000. <http://smn.conagua.gob.mx/>

CONANP, 2010. Estrategia de Cambio climático para Áreas Protegidas. 2da Edición. SEMARNAT, México.

Conapo. (2007). Proyecciones de la Población de México 2005-2050. México: Consejo Nacional de Población.

CONEVAL 2012: Principales resultados: Pobreza y rezago social 2010 Colima (Disponible en <http://www.coneval.gob.mx/coordinacion/entidades/Documents/Colima/principal/06triptico.pdf>)

Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

CTS. (2010). El intercambio fácil, la ciudad próspera. Entrevista con Eugene Towle. México: Centro de Transporte Sostenible. Recuperado el 11 de agosto de 2014 en <http://www.ctsmexico.org/node/264>.

Cuevas Guzmán, Ramón. 2002. Proyecto de investigación: Flora arbórea del estado de Colima, México. CUCSUR, Universidad de Guadalajara. Pp. 27.

Delgado, G. (coord.). (2012). Transporte, ciudad y cambio climático. México: UNAM.

DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas)

Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes (DGMIC, 2012)

Dirección General de Regulación Ambiental. Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del Distrito Federal.

Dueñas, E. (2011). Transporte y movilidad urbana en los municipios de Colima y Villa de Álvarez. Monografía de la Especialidad en Ciencias del Ambiente, Gestión y Sustentabilidad. México: Universidad de Colima.

EIA. (2014). Annual Energy Outlook 2014 with Projections to 2040. Estados Unidos: Energy Information Administration.

- FAO (1995), Forest resources assesment 1990, FAO forestry paper 124, Roma.
- FAO (2013). El Estado Mundial de la Agricultura y la alimentación. Recuperado el 10 de octubre 2014 de <http://www.fao.org/docrep/018/i3301s/i3301s.pdf>
- FAO 2011b.: Energy-smart food for people and climate. Issue Paper. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation
- FAO 2014: The Water-Energy-Food Nexus: A new approach in support of food security and sustainable agricultura.
- FAO. 2011a: The state of the world's land and water resources for foodand agriculture (SOLAW) – Managing systems at risk. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations and London, Earthscan.19
- Farreras S.; Ortiz F. M. y Alcalá G., 2003. Riesgo de Maremotos en Ciudad Lázaro Cárdenas, Michoacán. El Colegio de México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada: El Colegio de Michoacán. México.
- Figuroa, O. (2005). Transporte urbano y globalización. Políticas y efectos en América Latina [versión electrónica]. Eure, 31 (94), 41-53.
- Galicia-Pérez, Marco A.; Gaviño-Rodríguez, Juan H. y Torres-Orozco, Ernesto, 2008. Aspectos de la circulación marina y el oleaje en la bahía de Manzanillo. Revista Iridia de la Universidad de Colima: 40-48.
- Galicia-Pérez, Marco A.; Martínez-Venegas, R.; Gaviño-Rodríguez, J.; Torres-Orozco, E; Quijano-Scheggia, S., 2007. Riesgos hidrometeorológicos en la región de Manzanillo, Colima. Memoria del XVI Congreso Mexicano de Meteorología, Edición Internacional. Boca del Río, Veracruz, México. Noviembre del 2007.
- Galindo, I., Barrón, J. Y Padilla, J.I., 2009: Relación entre ganadería extensiva e incendios en zonas forestales del estado de Colima. Avances en Investigación Agropecuaria 13(3): 17-33
- Galindo, L. (2009). La economía del cambio climático en México. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

García-Balan, R., 2008. Riesgo de Inundación por Marea de Tormenta en el Municipio de Cd. Madero, Tamaulipas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Global Environment Outlook 5 (2012), Environment for the Future We Want, United Nations Environment Programme, Malta, 2012.

Globalization and Environmental Reform: the Ecological Modernization of the Global Economy. MTI

Gobierno de Colima. (2009). Plan Estatal de Desarrollo 2009-2015.

Graf M., S., E. Santana C., E. Jardel P., M. Gómez y S. García R. (2003). "Vinculación social y arreglos institucionales para la gestión de las áreas naturales protegidas: El caso de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlan, México", en J. Carabias, J. de la Maza y R. Cadena (eds.). Capacidades Necesarias para el Manejo de Áreas Protegidas en América Latina. México, The Nature Conservancy.

Grandolini. G. 2012. Manejo de riesgo en México y Colombia-Una contribución al desarrollo. Disponible en: <http://www.bancomundial.org>

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Guevara Sanginés, Alejandro (2007). "La descentralización de la gestión ambiental: fundamentos, estrategias y prácticas en México". México, Instituto Nacional de Ecología.

Hoff, H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn 2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm, Sweden: Stockholm Environment Institute (SEI).

Horst A, Mahlkecht J, López-Zavala MA & Mayer B. (2011) The origin of salinity and sulphate contamination of groundwater in the Colima State. Environ. Earth. Sci.

<http://oceanografia.cicese.mx/predmar/>

<http://smn.conagua.gob.mx/ciclones/ciclon.html>

<http://www.ine.gob.mx/>

IBM. (2011). Frustration Rising: IBM 2011 Commuter Pain Survey. Recuperado el 10 de marzo de 2014 en <http://www03.ibm.com/press/us/en/presskit/35314.wss>

INE, 2000. Ordenamiento ecológico General del Territorio. SEMARNAP. Pp. 36.

INE. (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicana. México: Instituto Nacional de Ecología – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado el 3 de enero de 2014, de [http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=618](http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=618)

INECC, 20013: <http://www.inecc.gob.mx/irdef> (visitado 3 de julio de 2013)

INECC-PNUD, 2012, Guía Metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático. (disponible al 16 de octubre de 2014 en: [http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012\\_estudio\\_cc\\_vyagef3.pdf](http://www.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/2012_estudio_cc_vyagef3.pdf))

INEGEI (2013), <http://www.ine.gob.mx/>

INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda 2010.

INEGI (2013), <http://www.inegi.org.mx/>

INEGI (2014), <http://cuentame.inegi.org.mx/default.aspx>

INEGI 2012: 368 Indicadores principales del Banco de Información INEGI para Colima. (Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=08>)

INEGI, 2010. Consultado el 11 de octubre de 2014 [http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/territorio/recursos\\_naturales.aspx?tema=me](http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/col/territorio/recursos_naturales.aspx?tema=me)

INEGI. (2006). Censo de población y vivienda 2005. Recuperado el 2013, de [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)

INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2000; Censo de Población y Vivienda 2010.

INEGI. XII Censo General de Población y Vivienda 2010.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2013). Estadística Básica sobre Medio Ambiente, Datos de Colima. Boletín de Prensa No. 135/13. Comunicación Social INEGI.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2000. Serie de Conjuntos de Datos Vectoriales de la Carta Topográfica escala 1:50 000, en formato digital. México.

International Energy Agency (IEA). 2013. World Energy Outlook. IEA PUBLICATIONS, Paris, France. November 2013. [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013\\_Executive\\_Summary\\_Spanish.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2013_Executive_Summary_Spanish.pdf)

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005 y Cálculo de Incertidumbre, Julio de 2013, Consultoría en Ingeniería de Proyectos S de RL.

IPCC (2013), Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC. Disponible en: [http://www.ipcc.ch/organization/organization\\_history.shtml#.UGI\\_pY1IRWQ](http://www.ipcc.ch/organization/organization_history.shtml#.UGI_pY1IRWQ). Consultado el 25/04/2013.

IPCC. (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

IPCO. (2010). Agenda Estratégica de Movilidad y Transporte de la Zona Metropolitana de Colima. México: Ayuntamiento de Colima.

IPCO. (2011). Estudio de Factibilidad de implementación de Ciclovías en el Centro Histórico de Colima. México: Ayuntamiento de Colima.

- IPCO. (2011). Plan de Manejo de la Zona Centro de la ciudad de Colima. México: Programa de Apoyo a la Realización de Estudios de Factibilidad para Centros Urbanos y Metropolitanos.
- Iracheta, A., & Pedrotti, C. (2011). Expansión metropolitana y producción habitacional en la Zona Metropolitana de Toluca. México: El Colegio Mexiquense.
- ITDP. (2011). Our Cities Ourselves: 8 Principles for Transport in Urban Life. Nueva York: ITDP.
- Lambin, E. F. (1997), Modelling and monitoring land-cover change processes in tropical regions, *Progress in Physical Geography*, 21, 3:375-393.
- Lee, H, J. L. Carr y A. Lanckerani (1995), Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set, *Biodiversity and Conservation*, 4:128-155.
- Ley General de Cambio Climático. Diario Oficial de la Federación de los Estados Unidos Mexicanos, Ciudad de México, México, 6 de junio de 2012.
- Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 2013)
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, 2012)
- Licencia Ambiental Única (LAU)
- Lim, B. y E. Spanger-Siegfried, (Eds). 2004. Adaptation Policy Framework for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures. New York. United Nations Development Programme. 248 pp.
- Lowy, M. (2012) Ecosocialismo: La alternativa radical a la catástrofe ecológica capitalista. España: Biblioteca Nueva.
- Mahlknecht J, López-Zavala MA, Caballero-García CA, Horst A, Hernández-Limón G, Herrera-Carrillo I, Pastén\_Zapata E. (2008). Evaluación diagnóstica de la calidad y disponibilidad del agua superficial y subterránea en el estado de Colima. Reporte Clave COLIMA-2005-C01-3, Instituto Tecnológico de Monterrey.
- Medina, S. (2012). La importancia de la reducción del uso del automóvil en México. Tendencias de motorización, del uso del automóvil y de sus impactos. México: ITDP.

- Medina-Pineda, N. A. (2002). Estudio hidrobiológico de la cuenca del río Almería para las predicciones de un desarrollo sustentable. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad de Colima.
- Merino, Leticia y Gerardo Segura. 2002. El Manejo de los recursos forestales en México 1992-2002. Procesos, tendencias y políticas públicas. UNAM, PROCYMAF.
- MOTTANA, A., R. CRESPI & G. LIBORIO (1999). Minerales y Rocas, guías de la naturaleza. Editorial GRIJALBO. Barcelona.
- Naciones Unidas, 1998: Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 2000. Última actualización el 7 de Febrero de 2001. [www.nhc.noaa.gov/index](http://www.nhc.noaa.gov/index).
- Newell P. Paterson M. (2011), Climat et Capitalisme. Editorial De Boeck.
- NOM-043-SEMARNAT-1993
- NOM-085-SEMARNAT-1994
- NORTH, Douglas (1993), Instituciones, cambio institucional y desempeño económico, México D.F. Ed. FCE.
- OECD, (2013), [http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2013/emissions-of-carbon-dioxide\\_factbook-2013-70-en](http://www.oecd-ilibrary.org/economics/oecd-factbook-2013/emissions-of-carbon-dioxide_factbook-2013-70-en)
- Olvera-Malagón, C., 2008. Áreas Costeras de Manzanillo que Presentan Riesgo para la Vida Humana ante la Ocurrencia de un Tsunami. Secretaría de Marina. Memorias del IX Seminario Taller Internacional de la Red Mexicana de Ciudades Hacia la Sustentabilidad. Compiladores Quintanilla-Montoya A. L. y Iracheta Cenecorta A. Ed. El Colegio Mexiquense Publicaciones Primera Edición 2008. 392pp.
- OMS. (2012). Global Health Observatory [Estadísticas en línea]. Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 15 de enero de 2014 en [www.who.int/gho/en/](http://www.who.int/gho/en/).
- Organización Mundial de la Salud (Nota descriptiva N°225. Mayo de 2010)

- Orozco, N. (2011). El transporte y la movilidad urbana sustentable: un reto para la zona Metropolitana en Colima. Monografía de la Especialidad en Ciencias del Ambiente, Gestión y Sustentabilidad. México: Universidad de Colima
- Padilla-Lozoya, R., 2007. Huracanes en el Estado de Colima 1573-1999: Ocurrencia del Riesgo por Fenómenos Hidrometeorológicos. VI Congreso Internacional y XII Nacional de Ciencias Ambientales 2007. Chihuahua, Mex.
- Padilla-Velarde E., R. Cuevas-Guzmán, G. Ibarra-Manríquez y S. Moreno-Gómez, 2006: Riqueza y biogeografía de la flora arbórea del estado de Colima, *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77: 271-295.
- Página de internet del Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente. International Council on Metals and the Environment (ICMM)
- Palacio-Prieto, J. L., G. Bocco, A. Velázquez, J. F. Mass, F. Takaki-Takaki, A. Victoria, L. Luna-González, G. Gómez-Rodríguez, J. López-García, M. Palma, I. Trejo-Vázquez, A. Peralta, J. Prado-Molina, A. Rodríguez- Aguilar, R. Mayorga-Saucedo y F. González. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional 2000. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía* 43:183-203.
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) 2006
- Pardo, C. (2005). Salida de emergencia: reflexiones sociales sobre las políticas del transporte. *Universitas Psychologica*. Consultado el 15 de octubre de 2014 en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64740302>.
- Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., Van der Linden, P. J. and C.E. Hanson, Eds. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- Pastén-Zapata E, Calderón-Zúñiga H, Mahlkecht J, López-Zavala MA, Caballero-García CA, Horst A "Evaluación diagnóstica de la calidad y disponibilidad del agua superficial y subterránea en el Estado de Colima". En: El impacto de los fondos

mixtos en el desarrollo regional. Volumen I. Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. ISBN 978-607-95050-7-3

Pavia, E. \*, Graef, F. and J. Reyes. 2009. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY  
Int. J. Climatol. 29: 1324–1329.

PEMEX. (2006). Anuario Estadístico 2005. Recuperado el octubre de 2009, de  
Publicaciones: [www.pemex.gob.mx](http://www.pemex.gob.mx)

Pérez-Parrado, R., García-Concepcian, O., Salas-García, I., 1998. Modelo dinámico para  
el pronóstico de la elevación del nivel del mar por la acción de un ciclón tropical y su  
aplicación. Instituto de Planificación Física e Instituto de Meteorología. La Habana,  
Cuba.

Pielke et al 2012: Dealing With Complexity and Extreme Events Using a Bottom-Up,  
Resource-Based Vulnerability Perspective. Extreme Events and Natural Hazards:  
The Complexity Perspective Geophysical Monograph Series 196. American  
Geophysical Union.

PNUMA (2013), Programa de las Naciones Unidas para el Cambio Climático. Disponible  
en: [http://www.pnuma.org/cambio\\_climatico/index.php](http://www.pnuma.org/cambio_climatico/index.php). Consultado el 12/05/2013

RETC (Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes), 2004-2012. Secretaría  
de Energía

Sánchez, L. (Coord.). (2009). Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono,  
reporte final. México: CTS.

Sarricolea, P. (2011) La isla de calor urbana, ¿Un indicador de la sostenibilidad ambiental  
de las ciudades?. Chile: Foro Internacional Medamerica.

SCT (2009)

SCT f. (2005). Secretaría de comunicaciones y trasportes. Recuperado el diciembre de  
2009, de Infraestructura carretera: [www.sct.gob.mx](http://www.sct.gob.mx)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA).(2009). Monitor Agroeconómico 2009 del Estado de Colima. <http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/Documents/COLIMA.pdf>

Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y H. Ayuntamiento de Manzanillo, Col., 2004. Estudio Integral del Atlas de Riesgos para Manzanillo. Coquimatlan, Colima.

Secretaría de Desarrollo Urbano Colima. (2003). Plan de Educación Ambiental para el Estado de Colima. Colima.

Secretaría de Desarrollo Urbano Colima. (2013). Programa de Ordenamiento Ecológico y Territorial del Estado de Colima. Colima, IMADES.

Secretaría de Economía (SE), (2011). Panorama minero del estado de Colima. Gobierno Federal. <http://www.sgm.gob.mx/pdfs/COLIMA.pdf>

Secretaría de Marina, 2001. Trayectoria de Ciclones Tropicales que se presentan en el Pacífico Nor-Oriental, Golfo de México y Mar Caribe, durante el año 2000. Subsecretaría De Marina, Dirección General de Investigación y Desarrollo. Dirección General Adjunta de Hidrografía y Cartografía. México D. F.

Secretaría de Salud. (2008). Programa de Acción Específico 2007-2012. Seguridad Vial. México: Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud.

Secretaría de Salud. (2010). Metodología para desarrollar un observatorio de lesiones causadas por el tránsito. Recuperado el 10 de octubre de 2014 en [http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Documentos/Observatorio/Metodologia\\_Desarrollo\\_Observatorio.pdf](http://conapra.salud.gob.mx/Interior/Documentos/Observatorio/Metodologia_Desarrollo_Observatorio.pdf)

SEFOME. Secretaría de Fomento Económico.

SEGOB 2010: Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones, consultado el 11 de octubre de 2014. [http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM\\_Colima](http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Colima)

SEGOB 2012: Sistema de Alerta Temprana ante Ciclones Tropicales (disponible: <http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/62/1/imagenes/siatct.pdf>)

SEMARNAT, 2004-2012.

SEMARNAT. 2001. Programa Sectorial de Medio Ambiente 2001-2006. Tema: Los bosques y selvas. Dirección General Forestal. Pp. 37.

SEMARNAT-INE, 1999

SENER (2010). Prospectiva de Mercado de Gas Natural 2010-2025.

SENER. (2004). Perspectivas del mercado de gas licuado de petróleo 2004-2013. Recuperado el Diciembre de 2009, de [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

SENER. (2006). Balance Nacional de Energía 2005. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx).

SENER. (2006). Perspectiva de petrolíferos 2005-2014. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx).

SENER. (2007 b). Perspectiva de petrolíferos 2006-2015. [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx).

SENER. (2007). Perspectiva del mercado de gas LP 2007-2016. Recuperado el diciembre de 2009, de [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

SENER. (2009). Secretaria de energía. Recuperado el Diciembre de 2009, de Hidrocarburos, precios del gas Lp: [www.sener.gob.mx](http://www.sener.gob.mx)

SENER. 2012. Prospectiva del Sector Eléctrico 2012-2026. México, D.F. [http://sener.gob.mx/res/PE\\_y\\_DT/pub/2012/PSE\\_2012\\_2026.pdf](http://sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf)

Silva-Bátiz, F. A., S. Hernández-Vázquez, A. J. Nené-Preciado y A. D. Vázquez-Lule. Caracterización del sitio de manglar Laguna de Cuyutlán, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

Sistema automatizado de información censal, SAIC (Versión 6.0). INEGI.

Stern, N. 2006. Stern Review on the Economics of Climate Change. Disponible en [www.sternreview.org.uk](http://www.sternreview.org.uk). El Informe Stern se publicó en Internet el 30 de Octubre de 2006 y se puede solicitar en papel a Cambridge University Press desde enero de 2007.

Stiglitz J. (2006), Making Globalization work. Editorial Norton. suelo. Informe Técnico. INE-IG (UNAM). URL>

The Cancun Agreements. Disponible en: <http://cancun.unfccc.int/cancun-agreements/main-objectives-of-the-agreements/#c33>. Consultado el 18/01/2013.

The World Bank. Tópico: vocabulario y metodología para la estimación general del carbono.

Torres, Judit y Ana Luz Quintanilla-Montoya (2014). "Alteraciones antrópicas: historia de la Laguna de Cuyutlán, Colima", en Investigación ambiental: Ciencia y política pública. Vol. 6, no. 1.

Torrico Canaviri, G, S. Ortiz Cañipa, L.A. Salamanca Mazuelo, y R. Quiroga Becerra de la Roca, 2008: Los enfoques teóricos del desastre y la gestión local del riesgo (Construcción crítica del concepto). NCCR–OXFAM–FUNDEPCO. La Paz, Bolivia. 79p) Disponible en: <http://www.eird.org/cd/herramientas-recursos-educacion-gestion-riesgo/pdf/spa/doc17856/>

UNEP (2013), Programa Medioambiental de la ONU. Disponible en: <http://www.unep.org/PDF/PressReleases/temperature-briefing-21-02-10-final-e.pdf>. Consultado el 25/04/2013

UNESCO (2013), Élévation et variabilité du niveau de la mer. 2010. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001893/189369f.pdf>. Consultado el 23/03/2013.

United Nations. Copenhagen Accord. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/l07.pdf>. Consultado el 18/01/2013.

Valls, R. (2014). El transporte público, herramienta para reducir la pobreza en Latinoamérica. Consultado el 14 de octubre de 2014 en [http://internacional.elpais.com/internacional/2014/09/13/actualidad/1410631865\\_508313.html](http://internacional.elpais.com/internacional/2014/09/13/actualidad/1410631865_508313.html)

Vázquez Botello, A. 2008: Evaluación regional de la vulnerabilidad actual y futura de la zona costera mexicana y los deltas más impactados ante el incremento del nivel del mar

debido al cambio climático y fenómenos hidrometeorológicos extremos. Informe Final. Número de registro: INE/A1-051/2008. 121p.

Velázquez, A., J.F. Mas y J.L., Palacio, 2002. Análisis del cambio de uso del

Venegas-Martínez Raúl, 2006. Zonas de Riesgo Hidrometeorológico en Manzanillo, Colima. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad de Colima.

WB-SEGOB, 2012: FONDEN: El Fondo de Desastres Naturales de México—una reseña. México. Secretaria de Gobernación. 82 p.

Westerling AL, H.G. Hidalgo, D.R. Cayan y T.W. SWetman, 2006: Warming and earlier spring increase wetern US forest wildfire activity. Science. 313(5789): 940-943.

## Apéndices.

---

### INDICE DE FIGURAS

---

#### Índice de figuras sobre componente de Energía y Transporte

Figura E1. Perspectivas de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria	10
Figura E2. Capacidad efectiva instalada nacional (Participación porcentual).	13
Figura E3. Evolución del PIB y el consumo nacional de energía eléctrica, 1990-2012 (Variación anual)	14
Figura E4. Consumo nacional de energía eléctrica, 2002-2012 (GWh)	14
Figura E5. Evolución sectorial de las ventas internas de energía eléctrica, 2002-2012 (GWh)	15
Figura E6. Subcategorías del Sector Energía	21
Figura E8. Contribución de las emisiones de CO <sub>2</sub> e por subcategoría y municipio	30
Figura E9. Emisiones de CO <sub>2</sub> e (Gg/año), municipio y sector	31
Figura E10. Emisiones de CO <sub>2</sub> e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte	32
Figura E11. Emisiones de CO <sub>2</sub> e (Mg/año), por tipo de vehículo	34
Figura E12. Porcentaje de emisiones de CO <sub>2</sub> e por tipo de combustible	34
Figura E13. Emisiones de CO <sub>2</sub> e (Gg/año), municipio y sector	35
Figura E15. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas Metropolitanas selectas de México, 2009	40
Figura E16. Crecimiento de vivienda en México, 2001-2010 (miles de unidades)	41
Figura E17. Crecimiento medio anual urbano, poblacional y de automóviles particulares por zona metropolitana 1980-2010	42
Figura E18. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas metropolitanas selectas de México, 2009 (millones de pesos)	43
Figura E19. Proyección del parque vehicular de México a 2030	45
Figura E20. Kilómetros recorridos totales por el parque vehicular de México, 1990-2010	46
Figura E21. Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> por modo de transporte	47
Figura E22. Índice de malestar por viajes traslado hogar-trabajo/estudio (2011)	49
Figura E23. Estimación de externalidades asociadas al uso del automóvil en zonas metropolitanas selectas de México, 2009 (millones de pesos)	50
Figura E24. Gráfica de Vehículos de motor registrados en circulación en el estado de Colima, 2001-2012	50
Figura E25. Gráfica de Movilidad en Colima	52
Figura E26. Resultados de encuesta de Movilidad sustentable a la pregunta “¿De qué vehículos dispones para moverte?”	53
Figura E27. Resultados de encuesta de movilidad sustentable con respecto a medios motorizados o no motorizados	53
Figura E28. Resultados de la encuesta de movilidad sustentable a las preguntas “¿Cuánto tiempo tardas en llegar a tu destino (trabajo-estudio?)” y “En promedio ¿Cuánto gastas al día en transporte?”	54
Figura E29. Vehículos de motor registrados en circulación en el estado de Colima, 2001-2012	60
Figura E1. Perspectivas de crecimiento de la demanda mundial de energía primaria	61

### Índice de figuras sobre componente Procesos Industriales

Figura PI1. Estimación de emisiones a futuro. Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Colima 2005	66
Figura PI2. Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos.	67
Figura PI3. Manejo Adecuado de sustancias químicas.	69

### Índice de figuras sobre componente Cambio de Uso de Suelo

Figura CUS1. Distribución de los diferentes tipos de cobertura vegetal en el estado de Colima	109
Figura CUS2. Modelo de dinámica de procesos de cambio de uso de suelo.	110
Figura CUS3. Diagrama de flujo de la probabilidad de transición entre los diferentes usos de suelo y la dinámica de procesos de cambio de uso de suelo para Colima.	111
Figura CUS4. Procesos del cambio de cobertura y del uso del suelo (colima) 1976-2000.	113
Figura CUS5. Superficie deforestada y áreas conservadas en 25 años en el estado de Colima	115
Figura CUS6. Tasa de cambio anual (expresada en porcentaje) obtenida por tipo de cobertura para el período 1976-2000.	116
Figura CUS7. Índice de Calidad Ambiental.	117
Figura CUS8. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Calidad Ambiental.	117
Figura CUS9. Índice de fragilidad ecológica.	118
Figura CUS10. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Fragilidad Ecológica.	119
Figura CUS11. Erosión potencial hídrica.	120
Figura CUS12. Superficie estatal que cubre cada categoría del Índice de Erosión Potencial Hídrica.	121
Figura CUS13. Superficie municipal en el 2000, por tipo de bosque en el estado de Colima	122
Figura CUS14. Porcentaje que corresponde a cada municipio del total de área deforestada en 25 años (1976-2000)	123
Figura CUS15. Zonas deforestadas en un periodo de 25 años (1976-2000) en Colima, sobre el modelo de elevación.	124
Figura CUS16. Zonas deforestadas y bosques remanentes en áreas de recarga con pendientes menores al 20%.	125
Figura CUS17. Porcentaje que abarca cada una de las subcuencas del Estado de Colima.	126
Figura CUS18. Porcentaje que corresponde a cada subcuenca por tipo de bosque (2000).	126
Figura CUS19. Porcentaje de deforestación que corresponde a cada subcuenca (1976-2000).	127
Figura CUS20. Porcentaje de la superficie que abarca cada categoría del ICA e IFE por cada subcuenca	128
Figura CUS21. Priorización de microcuencas para el estado de Colima.	131

### Índice de figuras sobre componente de Vulnerabilidad y Adaptación

Figura V1. Número de incendios forestales por año (línea azul), promedio de hectáreas afectadas por incendio (línea roja) y estimación de anomalía de humedad del suelo (mm) sobre el estado de Colima.	157
---	-----

Figura V2. Total de recursos empleados en la recuperación de desastres (barra morada) en Colima, la parte proveniente del FONDEN (barra verde), de fondos estatales (barra roja) y de otras fuentes, como los Apoyos Parciales Inmediatos (barra azul).	159
Figura V3. Recursos destinados (millones de pesos) a la prevención de desastres en el Estado de Colima (barra azul), considerando los recursos federales (barras rojas), y la aportación complementaria.	160
Figura V4. Clasificación de climas en Colima de acuerdo a INEGI. Referido al total de la superficie estatal.	161
Figura V5. Promedio anual de temperatura (°C) y precipitación acumulada anual (mm) en el estado de Colima.	162
Figura V6. Ciclo anual de la temperatura (°C) máxima (línea azul), mínima (línea roja) y precipitación (mm), con valores medios mensuales para la ciudad de Colima, Colima	163
Figura V7. Climatología de la temperatura máxima en el estado de Colima.	164
Figura V8. Climatología de la temperatura mínima en el estado de Colima. A) para los meses (EFM) y para los meses de verano (JAS).	165
Figura V9. Precipitación acumulada mensual promedio (mm) en diversas estaciones climatológicas del estado de Colima.	165
Figura V10. Anomalía promedio de precipitación (mm) para los meses de verano (JJAS) bajo condiciones a) El Niño y b) La Niña.	166
Figura V11. Condiciones extremas de temperatura máxima (°C) en Colima, determinadas por el percentil a) 95% y b) 99%.	167
Figura V12. Condiciones extremas de precipitación diaria (mm/día) en Colima, determinadas por el percentil a) 95% y b) 99%.	167
Figura V13. Actividad quinquenal de ciclones tropicales en el Pacífico del este entre 1959 y 2009, de acuerdo a la Categoría (CAT) dad por la escala Saffir-Simpson.	168
Figura V14. Temperatura máxima diaria (°C) entre 1950 y 2011, en Colima, Colima (línea roja) y su versión suavizada (línea púrpura). Número de días en un año promedio por década, en que se rebasan los 35°C (barras azules).	169
Figura V15. Número de días por año en que la temperatura máxima en Tecomán, Colima rebasa los 35°C.	170
Figura V16. Número de días en que la precipitación es igual o mayor a 30mm/día en la ciudad e Colima entre 1950 y 2011.	170
Figura V17. Número de días en que la precipitación es igual o mayor a 30mm/día en la ciudad e Colima entre 1955 y 2011.	170
Figura V18. Tendencia del percentil 95% de la precipitación diaria en el estado de Colima entre 1979 y 2011.	171
Figura V19. Tendencia de a) la temperatura máxima en Mar-Abr-May y de b) la temperatura mínima en Jun-Jul-Ago-Sep. El D°C para el periodo 1979-2011.	171
Figura V20. Comportamiento de la temperatura máxima promedio mensual y espacial sobre el estado de Colima entre 1979 y 2011. El recuadro muestra el índice de la PDO.	172
Figura V21. Comportamiento de la precipitación acumulada mensual y (promedio espacial) sobre el estado de Colima entre 1979 y 2011.	173
Figura V 23. Comportamiento de la humedad del suelo (kg/m <sup>2</sup> ) promedio mensual y espacial sobre el estado de Colima entre 1979 y 2010.	173
Figura V24. Localización del estado de Colima en la RHA VIII.	174
Figura V25. Cuencas y ríos en el estado de Colima.	175
Figura V26. Variaciones y tendencia en el nivel medio del mar en el Puerto de Manzanillo, Colima.	176
Figura V27. Municipios en la costa del Estado de Colima: Manzanillo, Armería y Tecomán	181
Figura V28. Gráfica de incremento en densidad de población (hab/km <sup>2</sup> ) para los municipios de Armería, Manzanillo y Tecomán.	182

Figura V29. Niveles de vulnerabilidad por densidad de población en el Estado de Colima, en 1980 (izq.) y 2010 (der).	183
Figura V30. Imagen de satélite de la Bahía de Santiago en Manzanillo. El cuadro inferior, muestra la elevación desde el punto indicado por la flecha, hacia la playa	184
Figura V31. Municipios costeros de Colima, con indicadores de vulnerabilidad física.	185
Figura V32. Municipios costeros de Colima, con indicadores de vulnerabilidad económica por bienes expuestos.	186
Figura V33. Porcentajes de viviendas construidas con materiales resistentes para 1980 (barras azules), y para 2010 (barras naranja).	187
Figura V34. Niveles de vulnerabilidad en los municipios costeros de Colima, en relación con materiales de construcción de viviendas en 1980 y 2010.	188
Figura V35. Trayectoria del huracán Jova e intensidad de lluvia registrada durante los días 8 al 12 de octubre de 2011.	189
Figura V36. Delimitación de hidrográfica de las cuencas Armería, Chacala – Purisima y Coahuayana (izq.) y mapa de pendientes $< 3^\circ$ y $> 3^\circ$ , según la delimitación 368hidrográfica de las cuencas (der.).	189
Figura V37. Distribución de valores de NC (SCS) obtenidos para las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana.	190
Figura V38. Distribución espacial de la lluvia en las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, de acuerdo al percentil 99% de la precipitación diaria.	191
Figura V39. Distribución de valores de escurrimiento obtenidos para las cuencas Armería, Chacalaca – Purificación y Coahuayana, de acuerdo al método de escurrimientos del SCS-NRCS.	191
Figura V40. Zonas potencialmente indudables por acumulación de escurrimientos y presencia de cuerpos de agua.	192
Figura V41. Riesgo hidrológico por escurrimiento, de acuerdo al NC y lámina de lluvia de 300 mm.	192
Figura V42. Registro de gastos máximos durante el mes de septiembre 1999, para el Río Armería, Colima. El círculo denota el día de la inundación.	193
Figura V43. Registro de gastos máximos durante el mes de septiembre en año con inundación en el municipio de Armería, Colima. El círculo denota el día de la inundación.	193
Figura V44. Distribución espacial del percentil 95% de la precipitación.	194
Figura V45. Estimación del riesgo de inundación por efecto del incremento en escurrimientos debido al cambio de uso de suelo entre 1976 y 2010. La escala de la derecha denota niveles de riesgo por terciles, siendo verde el nivel bajo, amarillo el medio y rojo el alto.	195
Figura V46. Mapa de incremento de riesgo entre 1976 y 2010 (puntos rojos) y zonas inundables (puntos azules).	195
Figura V47. Índice de Riesgo de Deforestación (INE IRDef 2.0.1, con base en la cartografía de uso de suelo y vegetación de S4 de INEGI.	196
Figura V48. Vista de la cuenca del río Armería y localización de los centros urbanos.	197
Figura V49. Superficie sembrada de cultivos perennes en modalidad de riego	198
Figura V50. Valor de la producción de los cultivos perennes.	199
Figura V51. Relación del volumen de producción del limón (línea verde) y las temperaturas máximas (línea anaranjada).	199
Figura V52. Superficie sembrada de pastos (barras rosa) y el valor de su producción (línea negra)..	200
Figura V53. Grado de siniestralidad del maíz grano (línea anaranjada) y su relación con la precipitación (barras verdes).	201
Figura V54. Puntos de calor FIRMS (modis) y número de incendios reportados (SEMARNAT) para el estado de Colima entre 1992 y 2013.	203
Figura V55. Puntos de calor acumulados del periodo 2001-2013 en el estado de Colima	203
Figura V56. Número de incendios forestales en Colima entre el 2000 y el 2013 como función del mes.	204

Figura V57. Total de hectáreas afectadas por incendio forestal entre el 2000 y el 2011	204
Figura V58. Anomalía NDVI del 10 al 25 de junio (colores) y acumulado de puntos de calor para el 2013.	205
Figura V59. Casos de dengue por año en el estado de Colima con base en información de SINAVE hasta 2012.	206
Figura V60. Casos de dengue por semana epidemiológica entre 2008 y 2010 en el estado de Colima. Fuente: Monografía del dengue, 2012. SINAVE.	207
Figura V61. Anomalías de humedad del suelo durante el verano de 2009.	207
Figura V62. Precipitación diaria y humedad del suelo en el occidente de México entre 2000 y 2012.	207
Figura V63. Temperatura máxima diaria para el Estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).	208
Figura V64. Humedad del suelo diaria en el Estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).	208
Figura V65. Humedad específica del aire a 2m diaria para el estado de Colima. Promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).	209
Figura V66. Precipitación acumulada en el estado de Colima promedio (línea azul), en el 2008 (línea roja) y en el 2009 (línea verde).	209
Figura V67. Casos de dengue clásico en Colima por semana durante el 2009, con base en datos de COFEPRIS.	210

### Índice de figuras sobre componente de Vulnerabilidad en la Zona Costera

Figura ZC2.1. Localización del Estado de Colima y sus Municipios	220
Figura ZC2.2. Localización de los 3 municipios costeros del estado de Colima, delimitados por las líneas en color rojo.	221
Figura ZC2.3 Municipio de Manzanillo, cabecera municipal, principales poblados y localidades.	223
Figura ZC2.4. Viento dominante en Manzanillo. Comportamiento del viento en un día normal:	224
Figura ZC2.5 Viento dominante con ciclón próximo.	224
Figura ZC2.6. Ubicación del municipio de Armería en el estado de Colima.	227
Figura ZC2.7. Ubicación del municipio de Tecomán en el estado de Colima.	228
Figura ZC4.1. Ubicación de los 26 puntos estratégicos en Manzanillo (a) con banco de nivel (BN-0, 1987) usado como referencia para el levantamiento topográfico, Sámano (2010), b) los 20 puntos en el Municipio de Armería y c) 22 puntos en el Municipio de Tecomán.	232
Figura ZC4.2 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Manzanillo	234
Figura ZC4.3 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Armería	235
Figura ZC4.4 Curvas de nivel con puntos de referencia (a) y localidades dentro de la cota de 3 km (b) en el Municipio de Tecomán	236
Figura ZC4.5. Número de habitantes por localidades rurales menores a 2500 en cada Municipio y por curva de nivel.	240
Figura ZC4.6. a) Trayectoria del Huracán Lane y (b) posiciones más cercanas al Estado de Colima (HP-1, HP-2 y HP-3) de acuerdo a los reportes de la SEMAR y la NOAA.	241
Figura ZC4.6. a) Trayectoria del Huracán Kenna y (b) posiciones más cercanas al Estado de Colima (HP-1, HP-2, HP-3 y HP-4) de acuerdo a los reportes de la NOAA.	241
Figura ZC4.7. Zona de influencia considerada para el cálculo del periodo de retorno. Se muestra la trayectoria descrita por el huracán Lane del 2000.	243

Figura ZC5.1.1. Mapa de peligro de inundación por marea de tormenta, Playa de Oro (a) y Bahía de Santiago (b) en el Municipio de Manzanillo.	249
Figura ZC5.1.3. Mapa de peligro de inundación por marea de tormenta, Bahía de Manzanillo (a) y Punta Campos (b) en el Municipio de Manzanillo.	250
Figura ZC 5.1.4 Mapa de vulnerabilidad a inundación por marea de tormenta, Playa de Oro (a) y Bahía de Santiago (b) en el Municipio de Manzanillo.	251
Figura ZC5.1.5 Mapa de vulnerabilidad a inundación por marea de tormenta, Bahía de Manzanillo (a) y Punta Campos (b) en el Municipio de Manzanillo.	252

### **Índice de figuras sobre componente Pesquero y Acuícola**

Figura PA1. Edad de los pescadores por grupos	256
Figura PA 2. Años de Experiencia en la pesca	256
Figura PA 3 Características educativas del sector pesquero en el estado de Colima	257
Figura PA 4 Situación conyugal del sector pesquero del estado de Colima	257
Figura PA 5. Seguridad social en el sector pesquero del estado de Colima	258
Figura PA 6 Percepción sobre beneficios relacionados a las Organizaciones Pesqueras del Estado de Colima	259
Figura PA 7. Nivel laboral del Pescador	259
Figura PA 8 Temporada de pesca	260
Figura PA 9. Factores que podrían mejorar la condición de vida y/o trabajo en los pescadores del estado de Colima	260
Figura PA 10. Porcentaje de pescadores que han recibido apoyo para modernizar sus embarcaciones	262
Figura PA 11. Percepción sobre la situación de la Pesca en los próximos dos años	262
Figura PA 12. Serie histórica de la producción pesquera de lisa en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1999-2012	265
Figura PA 13. Serie histórica de la producción pesquera de jaiba en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1999-2012	267
Figura PA 14. Serie histórica de la producción pesquera de camarón en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 2006-2012	268
Figura PA 15. Serie histórica de la producción pesquera de huachinango en peso vivo (toneladas) en el estado de Colima, periodo 1960-2012	269
Figura PA 16. Serie histórica de la producción pesquera de tiburón en peso vivo (toneladas) desembarcada en el estado de Colima, periodo 1991-2012	272
Figura PA 17. Serie histórica de la producción pesquera de atún desembarcada en el estado de Colima, periodo 1960-2012.	274
Figura PA 18. a) Ubicación geográfica de las UPAs en el estado de Colima, b) UPAs en operación por municipio.	276
Figura PA 19. Porcentaje de UPAs por municipio.	277
Figura PA 20. Edad de los acuicultores por grupos	277
Figura PA 21. Años de experiencia en la actividad acuícola	278
Figura PA 22. Características educativas del sector acuícola en el estado de Colima	278
Figura PA 23. Situación conyugal del sector acuícola del estado de Colima	278
Figura PA 24. Seguridad social en el sector acuícola del estado de Colima	279
Figura PA 25. Percepción de los actores sobre la situación de la actividad acuícolas en los próximos dos años	279
Figura PA 26. Opinión de los acuicultores acerca de los factores que contribuirían a mejorar sus condiciones de vida	280
Figura PA 27. Tipo de apoyo y porcentaje de acuicultores que han recibido	280

Figura PA 28. Principales especies cultivadas en el estado de Colima	281
Figura PA 29. Producción acuícola por municipio	281
Figura PA 30. Hectáreas destinadas a la acuicultura por municipio	282
Figura PA 31. Área de espejo de agua para fines acuícolas (hectáreas).	282
Figura PA 32. Superficie destinada a la acuicultura por municipio	282
Figura PA 33. Ubicación geográfica de las granjas acuícolas y el tipo de infraestructura.	283
Figura PA 34. Sistemas de cultivo asociados a la engorda de camarón blanco en el estado de Colima	284
Figura PA 35 Recambio de agua en cultivos de camarón blanco	284
Figura PA 36. Origen de los alevines hormonados y porcentajes de cultivo de tilapia con y sin hormona	285
Figura PA 37. Porcentajes de recambio de agua en cultivos de tilapia	285
Figura PA 38. Vegetación circundante asociada a los cultivos de tilapia	288
Figura PA 39. Vegetación circundante asociada a los cultivos de camarón	288
Figura PA 40. Marco legal de las granjas en el estado de Colima	289
Figura PA 41. Asesoría técnica por municipios en granjas acuícolas del estado de Colima	290
Figura PA 42. Asesoría técnica en cultivos de tilapia y camarón	291
Figura PA 43. Principales municipios pesqueros y ubicación de sus zonas de pesca comercial ribereña en el estado de Colima.	292
Figura PA 44. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y temperaturas promedio.	293
Figura PA 45. Mapa base de Colima donde se muestran los rasgos hidrológicos, vías terrestres y vegetación conservada.	294
Figura PA 46. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y uso de suelo.	295
Figura PA 47. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) y textura del suelo.	296
Figura PA 48. Ubicación de las granjas acuícolas (puntos claros) e infraestructura eléctrica existente.	300
Figura PA 49. Gradiente de vulnerabilidad en los principales municipios pesqueros	301
Figura PA. 50. Nivel de elevación sobre el NMM en los municipios del estado de Colima	302
Figura PA. 51. Ubicación de la Laguna de Cuyutlán, como principal cuerpo de agua en el estado	306
Figura PA 52. Relación de daños por el huracán Jova (2011) en la infraestructura interna (erosión de bordos, pérdida de organismos, afectaciones en insumos y equipos operativos) y externa (daños en caminos/accesos y red eléctrica) en algunos de los municipios con actividad acuícola	306
Figura PA 53. Organismos liberados al medio natural por efectos del huracán Jova	307
Figura PA 54. Gradiente de vulnerabilidad en los municipios con actividad acuícola	308

### **Índice de figuras sobre componente Economía y Cambio Climático**

Figura EC1. Emisiones de CO2 en México.	318
Figura EC2. Valor de la actividad minera por municipio y estatal durante 1999, 2004 y 2009.	324
Figura EC3. Regiones mineras en el estado, distritos, nombre del prospecto y tipo de mineralización en el estado de Colima para el 2011.	324
Figura EC4. Principales minas en explotación de minerales no metálicos en el estado de Colima, 2011.	325

### Índice de figuras sobre componente de Recursos Hídricos

Figura RH1. Regiones hidrológicas administrativas de la CONAGUA	332
Figura RH2. Precipitación anual promedio en el estado de Colima. La mayor precipitación que se localiza en la zona norte del estado	333
Figura RH3. Principales escorrentías superficiales en el estado de Colima	334
Figura RH4. Principales acuíferos activos en el estado de Colima	336
Figura RH5. Porcentaje de tomas de agua para abastecimiento público en los cuatro municipios principales de Colima	339

## INDICE DE GRÁFICOS

---

### Índice de Gráficos del componente de Procesos Industriales

GRÁFICA PI1. Unidades económicas del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.	67
GRÁFICA PI2. Personal ocupado dependiente de la razón social del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.	68
GRÁFICA PI3. Valor agregado censal bruto del sector industrial manufacturero por municipios, Colima.	69
GRÁFICA PI4. Emisiones totales de las Industrias manufactureras y de la construcción para el año 2005, Colima.	72
GRÁFICA PI5. Generación estimada de residuos peligrosos según el tipo de industria (ton/año), Colima.	75
GRÁFICA PI6. Tendencia de estimaciones totales de residuos peligrosos 2004-2012.	76
GRÁFICA PI7. Licencias de funcionamiento expedidas a fuentes fijas de jurisdicción federal.	78
GRÁFICA PI8. Reporte de emisiones y transferencias de sustancias reportadas por el Estado de Colima (ton/año).	84
GRÁFICA PI9. Reporte de transferencias de sustancias reportadas por el Estado de Colima (ton/año).	85
GRÁFICA PI10. Tendencias de emisiones y transferencias de sustancias contaminantes en el Estado de Colima (ton/año).	86
GRÁFICA PI11. Tendencias de transferencias de sustancias contaminantes en el Estado de Colima (ton/año).	87
GRÁFICA PI12. Emisiones al aire por el sector industria de cemento y cal.	88
GRÁFICA PI13. Emisiones al ambiente por el sector industria de cemento y cal.	89
GRÁFICA PI14. Emisiones al aire por el sector industrial energético.	89
GRÁFICA PI15. Emisiones totales por el sector industrial químico (kg/año).	90
GRÁFICA PI16. Emisiones totales por el sector industrial metalúrgico.	91
GRÁFICA PI17. Registro de emisiones totales por el sector industrial alimenticio.	92
GRÁFICA PI18. Registro de transferencias totales por el sector industrial alimenticio.	93
GRÁFICA PI19. Emisiones totales por el sector industrial bebidas y tabaco.	94
GRÁFICA PI20. Emisiones y transferencias totales por el sector industrial tratamiento de residuos peligrosos.	95

GRÁFICA PI21. Emisiones totales por el sector industrial petróleo y petroquímica de la empresa Pemex Refinación.	96
GRÁFICA PI22. Emisiones al aire presentadas por el sector industrial petróleo y petroquímica de la empresa Pemex Refinación.	96
GRÁFICA PI23. Emisiones totales presentadas por el sector industrial petroquímico.	97

### Índice de gráficos del componente de comunicación

Gráfica COM1. Distribución por género en las RSN.	350
Gráfica COM2. Tipos de empleo por género.	350

## INDICE DE TABLAS

---

### Índice de tablas del componente de Energía y Transporte

Tabla E1. Consumo energético por tipo de combustible en Colima	22
Tabla E2. Consumo energético por sector	22
Tabla E3. Consumo energético para provisión de electricidad en Manzanillo	23
Tabla E4. Consumo energético para provisión de electricidad	23
Tabla E5. Consumo energético por aeropuertos en Colima	24
Tabla E6. Tipo, número y rendimiento (km/l) de vehículos	25
Tabla E7. Número de vehículos por Municipio	25
Tabla E8. Consumo energético por municipio en TJ/año	26
Tabla E9. Consumo energético por embarcaciones en TJ/año	26
Tabla E10. Consumo energético del subsector comercial por municipio	27
Tabla E11. Consumo energético del subsector residencial por municipio	28
Tabla E12. Consumo energético del subsector agropecuario por municipio	28
Tabla E13. Emisiones de GEI en Gg/año por subcategoría	29
Tabla E14. Emisiones de GEI en Gg/año por municipio	30
Tabla E15. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad	31
Tabla E16. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad	33
Tabla E17. Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo	33
Tabla E18. Consumo y emisiones de GEI por tipo de actividad	36
Tabla E19. Porcentaje total de automóviles no registrados en el padrón vehicular por municipio, 2013	51

### Índice de tablas del componente de Procesos Industriales

Tabla PI1. Emisiones por municipio y tipo de contaminante.	71
Tabla PI2. Emisiones por proceso industrial y uso de productos, y tipo de contaminante.	72

Tabla PI3. Inventario de Emisiones de GEI por el sector industrial para el año 2005, Colima.	73
Tabla PI4. Factores de emisión kg/tj para el año 2005, Colima	73

### **Índice de tablas del componente Cambio de Uso de Suelo**

Tabla CUS1. Fuentes de información.	104
Tabla CUS2. Superficie, tipo de cobertura y uso del suelo para el Estado de Colima en 1976 y 2000.	107
Tabla CUS3. Definición y criterios para identificar cada uno de los procesos de cambio de uso de suelo.	109
Tabla CUS 4. Reclasificación de las coberturas y usos del suelo y los procesos ecológicos.	111
Tabla CUS5. Porcentaje de superficie estatal por tipo de cobertura y su tasa de cambio anual estimada para el período de 1976-2000.	115
Tabla CUS6. Superficie forestal al 2000 por municipio	122
Tabla CUS 7. Superficies deforestadas por cada subcuenca y los principales procesos que intervinieron en el período 1976-2000.	127
Tabla CUS 8. Primer nivel de priorización de microcuencas con base en su porcentaje de superficie deforestada, y los porcentajes de superficies predominantes por cada uno de los índices manejados (ICA, IFE, Eph).	129
Tabla CUS 9. Trece microcuencas prioritarias con base en su % de deforestación y sus valores bajos de ICA y altos de IFE y/o Eph.	132
Tabla CUS10. Microcuencas prioritarias para la conservación de la mayor superficie de los diferentes tipos de bosques en Colima.	133

### **Índice de tablas del componente Cambio de Residuos Sólidos**

Tabla RSU 1. Residuos generados en los municipios del Estado de Colima.	137
Tabla RSU2. Residuos sólidos urbanos en el Estado de Colima.	138
Tabla RUS3. Gases con efecto invernadero generados en la gestión de RSU y potencial del calentamiento global	139
Tabla RSU4. Emisiones por quema a cielo abierto de residuos sólidos	141

### **Índice de tablas del componente de Vulnerabilidad y Adaptación**

Tabla V1 Ciclones tropicales que han ocasionado afectaciones en el estado de Colima entre 1992 y 2011	153
Tabla V2. Peligros climáticos emergentes bajo cambio climático y potenciales impactos en un contexto de vulnerabilidad creciente.	157
Tabla V3 Apoyos recibidos por Colima del FOPREDEN.	157
Tabla V4. Ciclones tropicales con ojo del huracán hasta 200 km de distancia, que afectaron las costas de Colima.	178
Tabla V5: Indicadores de vulnerabilidad para densidad de población	182
Tabla V6. Indicadores de vulnerabilidad para vulnerabilidad física, tomando en cuenta la presencia de manglares, arrecifes de coral y pendiente mayor a 5 m cerca de la playa.	184
Tabla V7. Indicadores de vulnerabilidad económica por bienes expuestos.	186

Tabla V8. Indicadores de vulnerabilidad económica, en función del porcentaje de viviendas construidas con materiales resistentes.	187
Tabla V9. Cultivos principales en Colima.	197
Tabla V10. Información histórica de los sectores productivos.	201

### **Índice de tablas del componente Vulnerabilidad de la Zona Costera**

Tabla ZC4.1. Dimensiones costeras por municipio.	232
Tabla ZC4.1. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Manzanillo. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.	237
Tabla ZC4.2. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Armería. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.	237
Tabla ZC4.3. Localidades menores a 2500 habitantes en el Municipio de Tecomán. Se indica la población (P) entre las cotas de 1-5, 5-10 y 10-20 metros.	238
Tabla ZC4.4. Clasificación de la amplitud de la marea de tormenta propuesta por el CENAPRED (2006c).	242
Tabla ZC4.5. Rangos del índice de vulnerabilidad y valor máximo de los daños por vivienda. Modificación de tabla del CENAPRED (2006b).	244
Tabla ZC5.1. Parámetros calculados para cada posición (HP-1, HP-2 y HP-3) de Lane con datos de la NOAA y la SEMAR en el Municipio de Manzanillo.	245
Tabla ZC5.2. Parámetros calculados para cada posición (HP-1, HP-2 y HP-3) del Huracán con datos de la NOAA en el Municipio de Manzanillo.	245
Tabla ZC5.3. Amplitud de la marea de tormenta en cada punto de los 26 establecido en el Municipio de Manzanillo, obtenida con datos reportados por la NOAA.	246
Tabla ZC5.4. Amplitud de la marea de tormenta en cada punto de los 26 establecido en el Municipio de Manzanillo, obtenida con datos reportados por la SEMAR.	247
Tabla ZC5.5. Probabilidad de ocurrencia y periodo de retorno para cada categoría de ciclón tropical para el Municipio de Manzanillo.	253
Tabla ZC5.6 Período de retorno para cada categoría de ciclón tropical, en la escala Saffir-Simpson, con datos históricos de ciclones tropicales de 1949-2013 con trayectorias en el área de influencia frente a la costa del Estado de Colima.	253
Tabla ZC5.7 Comparación del periodo de retorno (Tr) en años mediante el programa Calculo_Tr_Ciclones2005_2.2 propuesto por el CENAPRED y la función de Poisson, para cada categoría de ciclón tropical.	254

### **Índice de tablas del componente Pesquero y Acuícola**

Tabla PA1. Características educativas en los principales municipios pesqueros del estado	256
Tabla PA2. Situación conyugal en los municipios pesqueros del estado	257
Tabla PA3. Apreciación de los pescadores sobre el desempeño de las organizaciones pesqueras por municipio pesquero	258
Tabla PA4. Factores que podrían mejorar la condición de vida y/o trabajo en los pescadores de los principales municipios pesqueros	260
Tabla PA5. Equipos de comunicación y navegación utilizados por pescadores de los municipios costeros	261
Tabla PA6. Porcentaje de pescadores por municipio que han recibido apoyo para modernizar sus embarcaciones	262
Tabla PA7. Algunos tópicos relevantes que han sido evaluados y determinados en la Laguna de Cuyutlán.	264

Tabla PA8. Variabilidad promedio sobre diversos indicadores técnicos/operativos de los cultivos de tilapia y camarón durante un ciclo de cultivo (Tomado de Fracchia – Duran y Liñan Cabello, 2013).	286
Tabla PA9. Conflictos priorizados entre las unidades de producción acuícola con otras unidades de producción y/u otros sectores, así como otras problemáticas que dificultan el desarrollo de la acuicultura (según los productores de tilapia y camarón). Tomado de Fracchia-Durán y Liñán-Cabello, 2013.	287
Tabla PA10. Componentes de vulnerabilidad estimados con información de la encuesta aplicada a los pescadores.	287
Tabla PA 11. Grado de vulnerabilidad en los principales municipios costeros, calculado con datos de la tabla 9.	297
Tabla PA 12. Grado de vulnerabilidad en los principales municipios costeros	298
Tabla PA13 Rasgos comparativos del nivel de desarrollo en el cultivo de camarón y de tilapia en Colima y su nivel de vulnerabilidad a contingencias asociadas al cambio climático	307
Tabla PA14. Grado de Vulnerabilidad en la actividad acuícola de los municipios del estado	307

### **Índice de tablas del componente Economía y Cambio Climático**

Tabla EC1. Emisiones de CO2 generadas por el Transporte en el Estado de Colima (Mg/año).	319
Tabla EC2. Emisiones de CO2 que genera el uso del transporte en el Estado de Colima.	319
Tabla EC3. Principales cultivos en el estado de Colima, 2009	325

### **Índice de tablas del componente de Recursos Hídricos**

Tabla RH1a. Plantas potabilizadoras en el estado de Colima	340
Tabla RH1b: Plantas potabilizadoras en el estado de Colima (continuación)	341